Muster Maschinenbau GmbH
Beispielstraße 1
12345 Musterstadt
Allemagne

DOCUMENTATION TECHNIQUE CE

Projet exemple : cellule de soudage robotisée RSZ-2600, marquage CE

Cellule de soudage robotisée RSZ-2600 (ensemble de machines)

N° de projet	MUSTER-2026-001-FR
Client	Andrea Bergmann, Beispiel Stahlbau GmbH
Site	Site de l’exploitant, hall 2 (livraison après la réception en usine)
Date de version	03/11/2026
N° de document	MUSTER-2026-001-FR-DOS
Autorisation	Brouillon

DESCRIPTION DE LA MACHINE

Cellule de soudage MAG robotisée RSZ-2600 pour le soudage à l’arc d’assemblages en acier jusqu’à 40 kg de poids de pièce en production en série. Machine spéciale, exemplaire unique. Configuration en ensemble de machines : (1) robot industriel à bras articulé, 6 axes, portée 2600 mm, charge utile 12 kg, livré par le fabricant du robot en tant que quasi-machine avec déclaration UE d’incorporation selon l’annexe V, partie B, et notice d’assemblage selon l’annexe XI. …

Extrait : la description complète figure au début du module 1.

Table des matières

1. **Appréciation du risque** — 42 phénomènes dangereux
2. **Normes appliquées** — 24 normes
3. **Déclaration de conformité** — 1 déclaration
4. **Documentation technique** — Avancement 97 %
5. **Rapports d’essai** — 76/80 contrôlés
6. **Sécurité fonctionnelle** — 5 fonctions de sécurité
7. **Cybersécurité** — 8 sections sur 9 entièrement documentées
8. **Notice d’instructions** — 13 chapitre(s)

Les entrées sont cliquables dans le PDF.

1. Appréciation du risque

selon l’EN ISO 12100

Description de la machine

Cellule de soudage MAG robotisée RSZ-2600 pour le soudage à l’arc d’assemblages en acier jusqu’à 40 kg de poids de pièce en production en série. Machine spéciale, exemplaire unique.

Configuration en ensemble de machines : (1) robot industriel à bras articulé, 6 axes, portée 2600 mm, charge utile 12 kg, livré par le fabricant du robot en tant que quasi-machine avec déclaration UE d’incorporation selon l’annexe V, partie B, et notice d’assemblage selon l’annexe XI. (2) Table tournante à deux postes, axe de rotation vertical et rotation de 180 degrés, paroi centrale de séparation fixe avec rideau de protection contre le rayonnement de soudage, brides pneumatiques de serrage des pièces. (3) Source de courant de soudage MAG 400 A à 60 % de facteur de marche, marquée CE, avec dévidoir et station de nettoyage de la torche. (4) Aspiration des fumées de soudage 1800 m³/h avec cartouche filtrante. Tous les composants sont commandés ensemble et mis sur le marché en tant qu’une seule unité.

Concept de protection : clôture périphérique de 2200 mm de haut, avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et fenêtres d’observation de protection pour le soudage ; une porte de maintenance en tant que protecteur mobile avec dispositif de verrouillage et interverrouillage selon le principe du courant de repos, déverrouillage de secours depuis l’intérieur et dispositif de condamnation pour cadenas personnels ; rideau lumineux de type 4, résolution 30 mm, au poste de chargement, distance de sécurité calculée selon l’EN ISO 13855 ; automate de sécurité ; arrêts d’urgence au pupitre de commande, à la porte de maintenance et sur la console de programmation, agissant sur toutes les sous-machines de la cellule ; sélecteur de mode de fonctionnement verrouillable avec les modes Automatique et Réglage ; en mode de réglage, vitesse réduite de manière sûre à 250 mm/s et dispositif de validation.

Fonctionnement : chargement et déchargement manuels au poste avant correspondant par du personnel qualifié et formé, temps de cycle d’environ 90 secondes. Aucun accès du personnel à la zone de travail du robot en mode automatique.

Phénomènes dangereux : écrasement et choc par le robot et la table tournante, rayonnement de l’arc dans les domaines UV et IR, fumées et gaz de soudage, surfaces chaudes et projections de soudage, bruit, danger électrique, énergie pneumatique accumulée.

Caractéristiques techniques : tension assignée 400 V CA 50 Hz, puissance raccordée 32 kVA, air comprimé 6 bar, niveau de pression acoustique d’émission au poste de chargement 84 dB(A) avec incertitude de mesure K de 2,5 dB, niveau de puissance acoustique pondéré A de 96 dB(A). Installation fixe dans un hall de production à l’intérieur.

Raccordements de données : la commande de la cellule est reliée au robot, à la table tournante et à la source de courant de soudage par PROFINET avec PROFIsafe. Via une interface OPC UA, la cellule reprend les ordres du MES de l’exploitant et renvoie les données de production. La télémaintenance par le fabricant passe par une passerelle VPN que l’exploitant active au pupitre de commande. Le panneau IHM dispose d’un port USB pour les sauvegardes.

Première mise sur le marché : mars 2027. Machine complète.

Cellule de soudage robotisée RSZ-2600 (ensemble de machines)

Utilisation prévue : soudage MAG automatisé d'assemblages en acier jusqu'à 40 kg de poids de pièce en production en série. L'opérateur place manuellement les pièces au poste avant correspondant de la table tournante à deux postes, les serre pneumatiquement et retire les assemblages soudés ; le procédé de soudage est exécuté de manière entièrement automatique par le robot derrière la paroi centrale de séparation fixe. La cellule est destinée à une utilisation fixe dans un hall de production (à l'intérieur) et ne doit être utilisée que par du personnel qualifié et formé dans les modes de fonctionnement Automatique et Réglage. Matériaux admis : aciers de construction non revêtus conformément au descriptif de mode opératoire de soudage (DMOS) approuvé. Toute autre utilisation, en particulier le soudage de pièces revêtues ou galvanisées, est considérée comme non conforme à l'utilisation prévue.

Limites de la machine : limites d'utilisation : pièces jusqu'à 40 kg, dimensions maximales 800 x 600 x 400 mm ; les pièces de plus de 15 kg sont chargées à l'aide d'un auxiliaire de levage fourni sur site par l'exploitant (capacité de charge d'au moins 40 kg). Soudage MAG (procédé 135) d'aciers de construction non revêtus S235 à S355, fil plein de 1,0 à 1,2 mm, gaz de protection M21 (mélange argon-CO2), temps de cycle d'environ 90 secondes.

Limites dans l'espace : surface au sol de la cellule d'environ 6,5 x 4,0 m plus une allée de maintenance d'au moins 1,0 m de large tout autour de la clôture périphérique ; accès du personnel uniquement par le poste de chargement avec le rideau lumineux et par la porte de maintenance à interverrouillage.

Limites dans le temps : conçue pour un fonctionnement en deux équipes (16 h par jour ouvré) ; intervalles de maintenance conformément à la notice d'instructions ; durée de vie prévue de 12 ans.

Limites environnementales : à l'intérieur, de +5 à +40 degrés C, humidité relative jusqu'à 70 pour cent sans condensation, sol industriel plan et porteur, ventilation suffisante du hall.

Limites énergétiques et interfaces : 400 V CA 50 Hz, puissance raccordée 32 kVA ; air comprimé 6 bar (+/- 0,5 bar) ; alimentation en gaz de protection par le réseau de distribution de l'exploitant ou par une batterie de bouteilles ; aspiration des fumées de soudage 1800 m³/h avec cartouche filtrante, recyclage de l'air épuré dans le hall.

Mauvais usage raisonnablement prévisible : contournement ou manipulation des protecteurs : escalade de la clôture périphérique, passage de la main à travers ou par-dessus le rideau lumineux, manipulation de l'interverrouillage de la porte de maintenance ou du dispositif de validation. Présence d'une deuxième personne dans la cellule en mode de réglage hors du champ de vision du personnel de réglage. Intervention dans la table tournante pendant la rotation, par exemple pour repositionner une pièce ayant glissé. Chargement de pièces non admises : trop lourdes, trop grandes, huileuses, revêtues ou galvanisées (émission accrue de substances dangereuses). Levage manuel de pièces de plus de 15 kg sans auxiliaire de levage. Fonctionnement avec une cartouche filtrante saturée ou avec l'aspiration arrêtée. Travaux de nettoyage, de maintenance et de dépannage sans séparation de l'énergie ni protection contre une remise sous énergie (énergie électrique, énergie pneumatique résiduelle). Utilisation par du personnel non formé. Observation de l'arc sans protection par des personnes se trouvant à proximité lorsque la porte de maintenance est ouverte en mode de réglage.

Modes de fonctionnement: Mode automatique, Réglage / marche par à-coups, Mode maintenance, Transport et installation, Nettoyage, Dépannage, Mise hors service / démontage

Méthode d’appréciation du risque appliquée

Justificatif de l’appréciation du risque

- Date de l’appréciation du risque: 18/08/2026
- Indice de révision: Rev. 2
- Participants: M. Beispiel, responsable CE (animation); Jonas Weber, inspecteur de mise en service; Conception mécanique; Conception électrique et automatisme; Production et assemblage

L’appréciation suit l’EN ISO 12100:2010 : déterminer les limites de la machine (paragraphe 5.3), identifier les phénomènes dangereux (5.4), estimer le risque (5.5), évaluer le risque (5.6) et réduire le risque en trois étapes (article 6).

Indice de risque (IR) = gravité (G) × probabilité d’occurrence (P) (matrice 2D inspirée de l’EN ISO 12100, max. 25).

Selon EN ISO 12100, paragraphe 5.5.2.2, la gravité (G) décrit l’étendue du dommage possible : réversible ou irréversible et nombre de personnes concernées.

Selon EN ISO 12100, paragraphe 5.5.2.3, la probabilité d’occurrence (P) regroupe trois éléments : la fréquence et la durée de l’exposition, la probabilité d’apparition d’un événement dangereux et la possibilité d’éviter ou de limiter le dommage.

Gravité du dommage possible (G)

- G 1 (Blessure légère) : réversible, traitée par les premiers secours, sans traitement médical ni arrêt de travail (écorchure, contusion légère)
- G 2 (Blessure modérée) : réversible, traitement médical nécessaire, guérison sans séquelles durables, arrêt de travail de quelques jours au plus (plaie par coupure, entorse)
- G 3 (Blessure grave) : réversible, mais traitement hospitalier et guérison prolongée, arrêt de travail de plus d’une semaine (fracture, coupure profonde, brûlure au deuxième degré)
- G 4 (Blessure très grave) : irréversible : dommage permanent, perte ou perte définitive de la fonction d’une partie du corps, maladie professionnelle (amputation, cécité, surdité due au bruit)
- G 5 (Mortelle) : irréversible : décès d’une ou de plusieurs personnes, y compris avec un décalage dans le temps par rapport à l’événement

Probabilité d’occurrence (P)

- P 1 (Improbable) : exposition rare et brève ; l’événement dangereux suppose plusieurs défaillances indépendantes ; le dommage peut en règle générale être évité
- P 2 (Rare) : exposition occasionnelle (moins d’une fois par mois) ; l’événement dangereux suppose une défaillance d’un composant ou un comportement erroné ; le dommage peut le plus souvent être évité
- P 3 (Occasionnelle) : exposition régulière (de mensuelle à hebdomadaire) ; une seule défaillance suffit déjà à provoquer l’événement dangereux ; le dommage ne peut être évité que dans des conditions favorables
- P 4 (Fréquente) : exposition fréquente (quotidienne) ou prolongée ; l’événement dangereux est à prévoir dans le déroulement habituel ; le dommage est difficilement évitable
- P 5 (Très fréquente) : exposition permanente ou à chaque cycle de travail ; sans mesure de prévention, l’événement dangereux se produit régulièrement ; le dommage n’est pas évitable

Évaluation et acceptation du risque résiduel

- Critère d’acceptation : un risque résiduel est considéré comme suffisamment réduit lorsque toutes les phases de vie et tous les modes de fonctionnement ont été examinés, que l’ordre de priorité des trois étapes a été respecté, que, selon l’état de la technique, aucune autre mesure de l’étape 1 ou 2 n’est réalisable, que les mesures ne créent pas de nouveaux phénomènes dangereux et que les risques résiduels restants figurent dans les informations pour l’utilisation (EN ISO 12100, paragraphe 5.6.2).
- faible (IR ≤ 4) : risque résiduel acceptable ; mentionner les risques résiduels dans les informations pour l’utilisation.
- moyen (IR ≤ 9) : acceptation uniquement avec une justification écrite expliquant pourquoi, selon l’état de la technique, aucune autre mesure de l’étape 1 ou 2 n’est réalisable ; informations pour l’utilisation obligatoires.
- élevé (IR ≤ 15) : inacceptable ; des mesures supplémentaires de l’étape 1 ou 2 sont nécessaires avant l’évaluation du risque résiduel.
- très élevé (IR ≤ 25) : inacceptable ; la machine ne doit pas être mise sur le marché dans cet état.

Niveaux de risque : ≤4 faible · ≤9 moyen · ≤15 élevé · ≥16 très élevé. Étapes de mesures selon EN ISO 12100 : étape 1 = prévention intrinsèque (paragraphe 6.2) · étape 2 = protection et mesures de prévention complémentaires (paragraphe 6.3) · étape 3 = informations pour l’utilisation (paragraphe 6.4).

Protection contre la corruption (security for safety)

Analyse des menaces selon prEN 50742 (projet), voie A, dans le cadre de cette appréciation du risque ; 9 scénarios du type de phénomène dangereux « Corruption/sécurité informatique » évalués, base juridique de chaque scénario entre crochets (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, points 1.1.9, 1.2.1 et 1.2.6). L’IEC 62443-3-3 est citée pour chaque scénario comme référence pour la voie B. Pas de présomption de conformité tant qu’aucune référence au Journal officiel de l’Union européenne n’existe.

Inventaire des interfaces: Réseau / bus de terrain / intégration dans la ligne de production; Accès à distance / télémaintenance; USB / supports de stockage amovibles; Panneau de commande (IHM) avec gestion des utilisateurs et des paramètres; Accès d’ingénierie / de programmation

Couverture des phases de vie:
Élimination: aucun phénomène dangereux identifié

Normes citées sans présomption de conformité : EN 149 (demi-masques filtrants de protection contre les particules; cadre juridique: Règlement (UE) 2016/425 relatif aux équipements de protection individuelle), EN 169 (filtres de protection pour le soudage), EN 388 (gants de protection contre les risques mécaniques; cadre juridique: Règlement (UE) 2016/425 relatif aux équipements de protection individuelle), EN 407 (gants de protection contre les risques thermiques; cadre juridique: Règlement (UE) 2016/425 relatif aux équipements de protection individuelle), EN 60903 (gants isolants pour travaux sous tension; cadre juridique: Règlement (UE) 2016/425 relatif aux équipements de protection individuelle), EN ISO 11611 (vêtements de protection pour le soudage et les techniques connexes; cadre juridique: Règlement (UE) 2016/425 relatif aux équipements de protection individuelle), EN ISO 16321 (protection des yeux et du visage au travail; cadre juridique: Règlement (UE) 2016/425 relatif aux équipements de protection individuelle), EN ISO 20345 (chaussures de sécurité; cadre juridique: Règlement (UE) 2016/425 relatif aux équipements de protection individuelle), EN ISO 25980 (rideaux, lamelles et écrans transparents de protection pour le soudage), ISO 7010 (signaux de sécurité enregistrés). Ces normes ne figurent pas au Journal officiel de l’Union européenne en tant que normes harmonisées pour la directive relative aux machines ou le règlement sur les machines et ne confèrent donc aucune présomption de conformité ; leur application en tant que règle de l’art reconnue est admise.

Phénomènes dangereux par partie de machine

Sous-machine / interface	Phénomènes dangereux	Risque initial le plus élevé	Risque résiduel le plus élevé
Alimentation en gaz de protection / réseau de conduites	1	IR 8 (Moyen)	IR 4 (Faible)
Aspiration des fumées de soudage (unité de filtration)	2	IR 9 (Moyen)	IR 3 (Faible)
Automate de sécurité / ingénierie	1	IR 10 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Commande / journalisation	1	IR 9 (Moyen)	IR 3 (Faible)
Commande / réseau	1	IR 12 (Élevé)	IR 4 (Faible)
Dispositif de serrage pneumatique (table tournante)	1	IR 12 (Élevé)	IR 4 (Faible)
Dispositif de serrage pneumatique / réseau d’air comprimé	1	IR 12 (Élevé)	IR 3 (Faible)
Ensemble de l’installation (accès aux zones)	1	IR 10 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Ensemble de l’installation (aspiration / zone de soudage)	1	IR 16 (très élevé)	IR 8 (Moyen)
Ensemble de l’installation (commande / commande de sécurité)	1	IR 10 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Ensemble de l’installation (coordination de l’arrêt d’urgence)	1	IR 10 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Ensemble de l’installation (coordination du redémarrage)	1	IR 15 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Ensemble de l’installation (démontage / élimination)	1	IR 8 (Moyen)	IR 4 (Faible)
Ensemble de l’installation (installation)	1	IR 8 (Moyen)	IR 4 (Faible)
Ensemble de l’installation (intégration du système)	1	IR 10 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Ensemble de l’installation (interface CEM)	1	IR 8 (Moyen)	IR 4 (Faible)
Ensemble de l’installation (transport / installation)	1	IR 10 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Ensemble de l’installation (zone de soudage / table tournante)	1	IR 16 (très élevé)	IR 8 (Moyen)
IHM / paramétrage	1	IR 12 (Élevé)	IR 4 (Faible)
Installation électrique (armoire de commande / source de courant de soudage)	1	IR 10 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Interface : table tournante / robot de soudage	1	IR 10 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Interfaces avec les équipements tiers	1	IR 8 (Moyen)	IR 4 (Faible)
Liaison de données MES / cloud	1	IR 9 (Moyen)	IR 3 (Faible)

Sous-machine / interface	Phénomènes dangereux	Risque initial le plus élevé	Risque résiduel le plus élevé
Logiciel / documentation	1	IR 9 (Moyen)	IR 3 (Faible)
Passerelle de télémaintenance / commande de la cellule	1	IR 12 (Élevé)	IR 4 (Faible)
Poste de chargement	1	IR 15 (Élevé)	IR 6 (Moyen)
Poste de chargement (côté retrait)	1	IR 12 (Élevé)	IR 6 (Moyen)
Poste de chargement (interface du rideau lumineux)	1	IR 10 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Poste de chargement (poste de l’opérateur)	1	IR 16 (très élevé)	IR 8 (Moyen)
Poste de chargement / allée de maintenance	2	IR 9 (Moyen)	IR 6 (Moyen)
Réseau de communication	1	IR 12 (Élevé)	IR 4 (Faible)
Robot de soudage	2	IR 15 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Robot de soudage / zone de soudage	2	IR 12 (Élevé)	IR 4 (Faible)
Source de courant de soudage / câbles de soudage	1	IR 8 (Moyen)	IR 4 (Faible)
Source de courant de soudage / gabarit	1	IR 8 (Moyen)	IR 4 (Faible)
Table tournante (unité rotative)	1	IR 15 (Élevé)	IR 5 (Moyen)
Torche de soudage	1	IR 9 (Moyen)	IR 3 (Faible)
Torche de soudage / dévidoir	1	IR 12 (Élevé)	IR 6 (Moyen)

42 phénomènes dangereux au total. Un phénomène dangereux concernant plusieurs phases de vie apparaît sous chacune d’elles, ce qui donne 106 entrées.

Transport (1 phénomène dangereux)

N° 28 Mécanique

Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû à la chute de pièces lors du transport et de l'installation de la cellule: lors du transport par grue ou par chariot élévateur de composants de la cellule (segments de clôture périphérique, armoire de commande, bâti de base du robot), des pièces peuvent tomber à la suite d'erreurs d'élingage ou d'un balancement de la charge et frapper des personnes.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (transport / installation) · aussi dans : Assemblage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Tous les composants de la cellule (segments de clôture périphérique, armoire de commande, bâti de base du robot) sont munis de points de levage intégrés de manière permanente, conçus selon les normes applicables (par ex. anneaux de levage selon la DIN 580 ou écrous à anneau selon la DIN 582), avec une charge maximale d'utilisation (CMU) clairement marquée pour chaque point de levage. Le centre de gravité de chaque composant est positionné par conception ou documenté par un marquage sur le composant, de sorte qu'un accrochage stable sans balancement de la charge, avec un angle d'élingage d'au plus 60 degrés par rapport à la verticale (β ≤ 60°), puisse être maintenu (conception sur la base de la règle DGUV 109-017 allemande comme référence de planification). Cela réduit la probabilité d'une erreur d'élingage par la conception elle-même.
Étape 2 · Protection	Risque résiduel dû au balancement de la charge et à la présence de personnes dans la zone dangereuse : (1) documentation technique de transport : pour chaque composant, un plan d'élingage (dessin avec points de levage, position du centre de gravité, choix des accessoires de levage et CMU) est à fournir dans le cadre des documents d'assemblage (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4.2, informations relatives au transport et à la manutention). (2) Balisage de la zone dangereuse : pendant tous les levages à la grue, la zone située sous la charge et sur ses côtés est à sécuriser par des barrières physiques (ruban de balisage, barrières de chantier), de sorte qu'aucun accès involontaire de personnes ne soit possible. (3) Accessoires de levage : choix et utilisation d'accessoires de levage contrôlés (chaînes, élingues, manilles) avec une CMU suffisante et un certificat de contrôle valide conformément à l'ordonnance allemande sur la sécurité des équipements de travail (BetrSichV). Une fonction de sécurité au sens de l'EN ISO 13849-1 n'est pas applicable à cette phase de transport ; aucun PLr n'est à attribuer.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4.2) : (1) inclure les plans d'élingage avec points de levage, position du centre de gravité et CMU par composant aux chapitres 5.2 et 5.3. (2) Exigence de qualification : les opérations de grutage et l'élingage des charges ne doivent être effectués que par des élingueurs instruits et habilités (qualification selon l'information DGUV 209-013 allemande). (3) Signalisation d'avertissement sur chaque composant : signal d'avertissement « Avertissement ; Charges suspendues » (W015 selon l'EN ISO 7010:2020), indication de la masse et de la CMU de chaque point de levage directement sur le composant. (4) Spécification des EPI : casque de sécurité, chaussures de sécurité (S3) et gilet haute visibilité obligatoires pendant toutes les opérations de transport. (5) Remarque : il est interdit de se tenir sous des charges suspendues.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) lors du transport et de l'installation. La gravité reste de 5, car des sous-ensembles pesant jusqu'à environ 1900 kg (table tournante) sont levés. À l'étape 1, toutes les unités de transport disposent de points de levage intégrés à demeure et repérés, avec charge maximale d'utilisation et centre de gravité documenté, pour un élingage à 60 degrés au plus par rapport à la verticale. Les appareils de levage, les chariots élévateurs et les accessoires de levage ne font pas partie de la machine ; le fabricant ne peut influer sur l'opération de levage elle-même qu'au moyen des points de levage, du plan d'élingage et du marquage, et ces moyens sont mis en œuvre (étape 2 : plan d'élingage pour chaque composant, balisage de la zone dangereuse, exigence d'accessoires de levage contrôlés conformément à l'ordonnance allemande sur la sécurité des équipements de travail BetrSichV). Aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 sur la machine empêchant les erreurs d'élingage ou le balancement lors du levage à la grue n'a été identifiée. Le risque restant consiste en des erreurs d'élingage et en la présence de personnes sous la charge. Les masses, les points de levage, l'interdiction de stationner sous les charges suspendues et les EPI figurent dans la notice d'instructions (chapitre 5) et sur les composants (signal W015, chapitre 2.4).

Assemblage (3 phénomènes dangereux)

N° 28 Mécanique

Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû à la chute de pièces lors du transport et de l'installation de la cellule: lors du transport par grue ou par chariot élévateur de composants de la cellule (segments de clôture périphérique, armoire de commande, bâti de base du robot), des pièces peuvent tomber à la suite d'erreurs d'élingage ou d'un balancement de la charge et frapper des personnes.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (transport / installation) · aussi dans : Transport · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Tous les composants de la cellule (segments de clôture périphérique, armoire de commande, bâti de base du robot) sont munis de points de levage intégrés de manière permanente, conçus selon les normes applicables (par ex. anneaux de levage selon la DIN 580 ou écrous à anneau selon la DIN 582), avec une charge maximale d'utilisation (CMU) clairement marquée pour chaque point de levage. Le centre de gravité de chaque composant est positionné par conception ou documenté par un marquage sur le composant, de sorte qu'un accrochage stable sans balancement de la charge, avec un angle d'élingage d'au plus 60 degrés par rapport à la verticale (β ≤ 60°), puisse être maintenu (conception sur la base de la règle DGUV 109-017 allemande comme référence de planification). Cela réduit la probabilité d'une erreur d'élingage par la conception elle-même.
Étape 2 · Protection	Risque résiduel dû au balancement de la charge et à la présence de personnes dans la zone dangereuse : (1) documentation technique de transport : pour chaque composant, un plan d'élingage (dessin avec points de levage, position du centre de gravité, choix des accessoires de levage et CMU) est à fournir dans le cadre des documents d'assemblage (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4.2, informations relatives au transport et à la manutention). (2) Balisage de la zone dangereuse : pendant tous les levages à la grue, la zone située sous la charge et sur ses côtés est à sécuriser par des barrières physiques (ruban de balisage, barrières de chantier), de sorte qu'aucun accès involontaire de personnes ne soit possible. (3) Accessoires de levage : choix et utilisation d'accessoires de levage contrôlés (chaînes, élingues, manilles) avec une CMU suffisante et un certificat de contrôle valide conformément à l'ordonnance allemande sur la sécurité des équipements de travail (BetrSichV). Une fonction de sécurité au sens de l'EN ISO 13849-1 n'est pas applicable à cette phase de transport ; aucun PLr n'est à attribuer.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4.2) : (1) inclure les plans d'élingage avec points de levage, position du centre de gravité et CMU par composant aux chapitres 5.2 et 5.3. (2) Exigence de qualification : les opérations de grutage et l'élingage des charges ne doivent être effectués que par des élingueurs instruits et habilités (qualification selon l'information DGUV 209-013 allemande). (3) Signalisation d'avertissement sur chaque composant : signal d'avertissement « Avertissement ; Charges suspendues » (W015 selon l'EN ISO 7010:2020), indication de la masse et de la CMU de chaque point de levage directement sur le composant. (4) Spécification des EPI : casque de sécurité, chaussures de sécurité (S3) et gilet haute visibilité obligatoires pendant toutes les opérations de transport. (5) Remarque : il est interdit de se tenir sous des charges suspendues.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) lors du transport et de l'installation. La gravité reste de 5, car des sous-ensembles pesant jusqu'à environ 1900 kg (table tournante) sont levés. À l'étape 1, toutes les unités de transport disposent de points de levage intégrés à demeure et repérés, avec charge maximale d'utilisation et centre de gravité documenté, pour un élingage à 60 degrés au plus par rapport à la verticale. Les appareils de levage, les chariots élévateurs et les accessoires de levage ne font pas partie de la machine ; le fabricant ne peut influer sur l'opération de levage elle-même qu'au moyen des points de levage, du plan d'élingage et du marquage, et ces moyens sont mis en œuvre (étape 2 : plan d'élingage pour chaque composant, balisage de la zone dangereuse, exigence d'accessoires de levage contrôlés conformément à l'ordonnance allemande sur la sécurité des équipements de travail BetrSichV). Aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 sur la machine empêchant les erreurs d'élingage ou le balancement lors du levage à la grue n'a été identifiée. Le risque restant consiste en des erreurs d'élingage et en la présence de personnes sous la charge. Les masses, les points de levage, l'interdiction de stationner sous les charges suspendues et les EPI figurent dans la notice d'instructions (chapitre 5) et sur les composants (signal W015, chapitre 2.4).

N° 29 Mécanique — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû à une stabilité insuffisante de la cellule lors de l'installation: si la cellule est installée sur un sol irrégulier ou non porteur, ou si les chevilles de charge ne sont pas posées et serrées conformément aux prescriptions, l'installation peut basculer ou se déplacer ; les personnes se trouvant à proximité peuvent être heurtées.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (installation) · aussi dans : Mise en service · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Stabilité assurée par conception, au moyen d'un bâti de base suffisamment dimensionné et rigide en torsion (structure en châssis soudé ou en acier de construction) avec une large surface d'appui et un centre de gravité bas, selon l'EN ISO 12100:2010, paragraphe 6.2.6 (stabilité). Des perçages de fixation dans le bâti de base pour l'ancrage au sol avec 2 × 4 chevilles de charge M16 sont à prévoir de sorte que l'ancrage soit possible sans retouche ; l'ancrage est conçu de manière à ne pas pouvoir se desserrer de lui-même et à ne pouvoir être desserré qu'avec un outil. La position du centre de gravité et la résistance au basculement sont à vérifier par calcul dans le cadre de la conception (vérification de la stabilité selon l'EN ISO 12100:2010, paragraphe 6.2.6).
Étape 2 · Protection	(1) Fourniture d'un plan d'installation spécifique à la machine (plan coté avec une capacité portante minimale du sol de 10 kN/m², tolérance de planéité du support et positions des points d'ancrage) dans le cadre de la documentation de livraison, à faire approuver par l'exploitant avant le début de l'assemblage. (2) Marquage des points d'ancrage sur le bâti de base par des repères permanents (flèche ou inscription), afin que le personnel d'assemblage puisse identifier sans ambiguïté les positions. (3) Pour l'état d'assemblage avant la pose des chevilles : vérification de la stabilité sans ancrage (vérification de la résistance au basculement, rapport des moments stabilisants aux moments de renversement d'au moins 1,5 selon les indications du fabricant). Ces mesures ne sont pas des fonctions de sécurité au sens de l'EN ISO 13849-1 et n'exigent pas de PLr.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	(1) Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : chapitre 7 (Conditions d'installation) et chapitre 8 (Assemblage et installation) avec des prescriptions impératives pour : la capacité portante minimale du sol (au moins 10 kN/m²), la planéité requise du support, l'obligation d'ancrage au sol avec 2 × 4 chevilles de charge M16 (couple de serrage 110 Nm) avec indication du type de cheville et de la profondeur d'ancrage, et renvoi au plan d'installation. (2) Marquage d'avertissement sur le bâti de base : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Risque de basculement avant ancrage » sur au moins deux côtés opposés du bâti de base, visible pendant l'assemblage. (3) Exigence de qualification : l'installation et l'ancrage ne doivent être effectués que par du personnel spécialisé qualifié (mécaniciens industriels ou monteurs ayant l'expérience de l'installation de machines) ; exigence à indiquer dans la notice d'instructions. (4) Mention relative aux EPI : chaussures de sécurité (EN ISO 20345, classe de protection S3) et gants de protection pendant l'assemblage ; spécification dans la notice d'instructions.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 39 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Le raccordement d'équipements tiers crée une situation dangereuse: un équipement tiers raccordé (système de commande de ligne ou MES de niveau supérieur de l'exploitant, passerelle de télémaintenance, signaux côté exploitant de l'aspiration ou de l'alimentation en gaz) envoie des signaux inattendus, écrit dans des variables de commande ou occupe des ressources. La machine démarre, change de mode de fonctionnement ou ignore des conditions d'arrêt parce que les fonctions de l'équipement tiers n'ont pas été prises en compte dans l'appréciation du risque. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, premier alinéa ; point 1.2.1, quatrième alinéa, point h) ; point 1.2.4.4]

Sous-machine : Interfaces avec les équipements tiers · aussi dans : Mise en service, Fonctionnement

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Réaliser les interfaces avec les équipements tiers comme des interfaces de signaux définies à sémantique établie (aucune autorisation de mouvements par des seuls signaux tiers), ne faire transiter les signaux relatifs à la sécurité que par des entrées et sorties sûres, associer sans ambiguïté la chaîne d'arrêt et d'arrêt d'urgence de l'équipement tiers.
Étape 2 · Protection	Liste blanche des participants et variables autorisés, contrôle de plausibilité des ordres entrants, verrouillage des changements de mode de fonctionnement via des interfaces externes, diagnostic des participants manquants ou inconnus. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.2, SR 2.1, SR 3.5, SR 5.2, SR 7.7.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions et description des interfaces à l'attention de l'intégrateur (signaux, états, exigences applicables à l'ensemble de machines selon l'annexe III, point 1.2.4.4), indication que le raccordement d'équipements non approuvés exige une nouvelle appréciation du risque.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Mise en service (9 phénomènes dangereux)

N° 12 Électrique

Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû au contact direct ou indirect avec des parties actives de la source de courant de soudage, de l'armoire de commande du robot et de la commande de la cellule (400 V CA, 32 kVA): le contact avec des bornes, des câbles ou l'intérieur de l'armoire de commande, lorsque l'armoire est ouverte sans séparation de l'alimentation, peut entraîner une électrisation avec fibrillation ventriculaire ou des brûlures.

Sous-machine : Installation électrique (armoire de commande / source de courant de soudage) · aussi dans : Maintenance, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Toutes les parties actives à l'intérieur de l'armoire de commande (bornes, barres, bornes de puissance de la source de courant de soudage) sont réalisées avec des couvercles protégeant contre le contact (indice de protection au moins IP 2X ou IPXXB selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.2), de sorte que le contact avec des parties actives soit empêché par la forme même de l'enveloppe, sans protecteur. En outre, les distances minimales entre parties actives et parties accessibles sont conçues de manière à conserver l'indice de protection IP 2X même porte d'armoire ouverte (capots de protection, couvercles isolants sur les borniers). Cela répond par analogie à l'annexe III, point 1.5.1 (alimentation en énergie électrique), du règlement (UE) 2023/1230, ainsi qu'à l'EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.
Étape 2 · Protection	1. Séparation et mise hors tension (consignation, LOTO) : interrupteur principal avec position ARRÊT verrouillable selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 5.3, et l'EN ISO 14118:2018 (prévention de la mise en marche inattendue / séparation de l'énergie). L'interrupteur principal doit séparer l'installation complète du réseau sur tous les pôles en tant qu'appareil de sectionnement ; la tension résiduelle aux condensateurs de la source de courant de soudage doit être ramenée en dessous de 60 V CC en 5 s au moyen d'un temps de décharge ou d'un circuit de décharge actif ; si cela n'est pas atteint, un avis d'avertissement indiquant le temps de décharge est apposé sur l'enveloppe (EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.4). Verrouillage des portes d'armoire : les portes des armoires de commande principales sont munies d'une serrure qui ne peut être ouverte qu'avec une clé et empêche toute ouverture non autorisée (EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.2). 2. Liaison équipotentielle de protection et conducteur de protection : toutes les enveloppes d'armoire de commande, la source de courant de soudage et l'armoire de commande du robot sont reliées par un conducteur de protection (PE) continu de section suffisante (EN 60204-1:2018, paragraphe 8.2), de sorte qu'en cas de défaut d'isolement, le courant de défaut soit évacué en toute sécurité et que le dispositif de protection (disjoncteur / DDR) déclenche. 3. Dispositif à courant différentiel résiduel (DDR) : utilisation d'un DDR (type B, car des courants de défaut continus provenant des variateurs de fréquence et de la source de courant de soudage sont possibles) avec un courant différentiel de fonctionnement assigné de 30 mA pour les circuits sur lesquels des personnes travaillent ; dans les circuits où un DDR n'est pas compatible avec le procédé de soudage, une surveillance de l'isolement est utilisée à la place (EN 60204-1:2018, paragraphes 6.3.3 et 7.7). Ne constitue pas une fonction de sécurité avec exigence de PLr ; les mesures agissent de manière passive et par conception (signalisation d'avertissement : voir étape 3).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : documenter la procédure de séparation (consignation, LOTO) sous forme d'instruction pas à pas, y compris le temps de décharge des condensateurs de la source de courant de soudage et la vérification de l'absence de tension à l'aide d'un appareil de mesure approprié (testeur de tension de catégorie CAT III 600 V). Exigence de qualification : les travaux sur l'installation électrique ne doivent être effectués que par des personnes qualifiées en électricité (PQE) selon la prescription allemande de prévention des accidents DGUV Vorschrift 3, ou par des personnes initiées à l'électricité sous la surveillance d'une PQE. Spécification des EPI : gants isolants (selon l'EN 60903, classe 00 pour des tensions jusqu'à 500 V CA), lunettes de protection (protection contre l'arc électrique) et chaussures électriquement isolantes à porter lors de travaux dans une armoire ouverte. Signalisation d'avertissement : signal d'avertissement W012 « Avertissement ; Électricité » selon l'EN ISO 7010:2020 à apposer de façon durable et bien visible sur toutes les portes d'armoire et sur la source de courant de soudage. Mention du risque résiduel dans la notice d'instructions : après actionnement de l'interrupteur principal, les condensateurs de la source de courant de soudage et du variateur de fréquence du robot peuvent encore présenter des tensions dangereuses (temps d'attente d'au moins 1 minute pour la source de courant de soudage, pour l'entraînement du robot selon les indications du fabricant du robot) ; l'absence de tension doit toujours être vérifiée par une mesure.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à la tension électrique de 400 V CA. À l’étape 1, les parties actives sont recouvertes de manière à être protégées contre le contact des doigts (IP 2X selon l’EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.2), y compris lorsque la porte de l’armoire est ouverte. Après l’étape 2, l’interrupteur principal verrouillable coupe tous les pôles, les portes d’armoire ne peuvent être ouvertes qu’avec une clé, le circuit intermédiaire CC de la source de courant de soudage se décharge jusqu’à 60 V au plus en 1,9 s mesurées, le conducteur de protection (0,08 Ω), l’impédance de la boucle de défaut (0,28 Ω) et la résistance d’isolement (> 100 MΩ) ont été contrôlés, et la protection en cas de défaut est assurée par un DDR de type B ou par une surveillance de l’isolement. Le risque restant réside dans le travail de la personne qualifiée en électricité, qui doit effectuer des mesures sur des parties actives dans l’armoire ouverte lors de la mise en service et de la recherche de défauts. Ces mesures ne peuvent pas être effectuées hors tension ; pour ces phases de vie, aucune autre mesure de l’étape 1 ou de l’étape 2 n’est donc réalisable, et la gravité reste de 5. La procédure de consignation, y compris la vérification de l’absence de tension, la qualification de personne qualifiée en électricité, les EPI isolants et le signal W012 figurent dans la notice d’instructions (chapitres 2.4, 2.6, 8.1 et 10).

N° 29 Mécanique

Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû à une stabilité insuffisante de la cellule lors de l’installation: si la cellule est installée sur un sol irrégulier ou non porteur, ou si les chevilles de charge ne sont pas posées et serrées conformément aux prescriptions, l’installation peut basculer ou se déplacer ; les personnes se trouvant à proximité peuvent être heurtées.

Sous-machine : Ensemble de l’installation (installation) · aussi dans : Assemblage · Proposé avec l’assistance de l’IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Stabilité assurée par conception, au moyen d’un bâti de base suffisamment dimensionné et rigide en torsion (structure en châssis soudé ou en acier de construction) avec une large surface d’appui et un centre de gravité bas, selon l’EN ISO 12100:2010, paragraphe 6.2.6 (stabilité). Des perçages de fixation dans le bâti de base pour l’ancrage au sol avec 2 × 4 chevilles de charge M16 sont à prévoir de sorte que l’ancrage soit possible sans retouche ; l’ancrage est conçu de manière à ne pas pouvoir se desserrer de lui-même et à ne pouvoir être desserré qu’avec un outil. La position du centre de gravité et la résistance au basculement sont à vérifier par calcul dans le cadre de la conception (vérification de la stabilité selon l’EN ISO 12100:2010, paragraphe 6.2.6).
Étape 2 · Protection	(1) Fourniture d’un plan d’installation spécifique à la machine (plan coté avec une capacité portante minimale du sol de 10 kN/m², tolérance de planéité du support et positions des points d’ancrage) dans le cadre de la documentation de livraison, à faire approuver par l’exploitant avant le début de l’assemblage. (2) Marquage des points d’ancrage sur le bâti de base par des repères permanents (flèche ou inscription), afin que le personnel d’assemblage puisse identifier sans ambiguïté les positions. (3) Pour l’état d’assemblage avant la pose des chevilles : vérification de la stabilité sans ancrage (vérification de la résistance au basculement, rapport des moments stabilisants aux moments de renversement d’au moins 1,5 selon les indications du fabricant). Ces mesures ne sont pas des fonctions de sécurité au sens de l’EN ISO 13849-1 et n’exigent pas de PLr.
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	(1) Notice d’instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : chapitre 7 (Conditions d’installation) et chapitre 8 (Assemblage et installation) avec des prescriptions impératives pour : la capacité portante minimale du sol (au moins 10 kN/m²), la planéité requise du support, l’obligation d’ancrage au sol avec 2 × 4 chevilles de charge M16 (couple de serrage 110 Nm) avec indication du type de cheville et de la profondeur d’ancrage, et renvoi au plan d’installation. (2) Marquage d’avertissement sur le bâti de base : signal d’avertissement général W001 selon l’EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Risque de basculement avant ancrage » sur au moins deux côtés opposés du bâti de base, visible pendant l’assemblage. (3) Exigence de qualification : l’installation et l’ancrage ne doivent être effectués que par du personnel spécialisé qualifié (mécaniciens industriels ou monteurs ayant l’expérience de l’installation de machines) ; exigence à indiquer dans la notice d’instructions. (4) Mention relative aux EPI : chaussures de sécurité (EN ISO 20345, classe de protection S3) et gants de protection pendant l’assemblage ; spécification dans la notice d’instructions.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 30 Combinaison — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû à un paramétrage erroné de la commande du robot ou de la commande de sécurité (par ex. distances de sécurité erronées, limites de vitesse erronées en mode de réglage, autorisations de zone erronées): des paramètres erronés peuvent faire que des fonctions de sécurité ne fonctionnent pas comme prévu et mettent ainsi des personnes en danger par des mouvements du robot ou de la table tournante.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (commande / commande de sécurité) · aussi dans : Réglage, Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Les paramètres relatifs à la sécurité (limites de vitesse, zones de protection, autorisations de zone) sont enregistrés exclusivement dans la commande de sécurité (automate de sécurité) et protégés contre toute modification non autorisée ou involontaire par un concept d'accès par rôles protégé par mot de passe. Les jeux de paramètres des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 sont enregistrés dans la commande de sécurité sous forme de jeux de données non modifiables protégés par somme de contrôle (par ex. CRC-32 ou équivalent), de sorte que toute modification involontaire soit détectée automatiquement au démarrage du système et qu'un état sûr soit imposé. Ce principe correspond au principe de commande intrinsèquement sûr selon l'EN ISO 12100, paragraphe 6.2.11 (principes de commande limitant l'apparition de phénomènes dangereux) et réduit la possibilité que des paramètres erronés deviennent effectifs.
Étape 2 · Protection	1. Exigence de validation avant libération : toute modification de paramètres relatifs à la sécurité exige un essai de réception documenté (essai fonctionnel de toutes les fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 concernées) réalisé par deux personnes habilitées (principe du double contrôle) avant la remise en service. La commande de sécurité ne peut libérer le mode automatique qu'après un acquittement positif. Base : EN ISO 13849-2:2012 (validation des fonctions de sécurité) et EN ISO 11161:2007+A1:2010 (vérification et validation des systèmes de fabrication intégrés). 2. Vérification des paramètres par la commande de sécurité : la commande de sécurité (PLr e pour les SF-02 et SF-04, PLr d pour les SF-01, SF-03 et SF-05 selon l'EN ISO 13849-1:2023) contrôle la cohérence des paramètres relatifs à la sécurité par rapport à des valeurs de référence enregistrées (comparaison de sommes de contrôle) au démarrage et de manière cyclique. En cas d'écart, un arrêt de catégorie 1 selon l'EN 60204-1:2018 est déclenché et un redémarrage est bloqué (pas de redémarrage automatique selon l'EN ISO 14118:2018). 3. Mode de réglage SF-05 : la vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s (SF-05, PLr d) est limitée au niveau matériel dans la commande de sécurité et ne peut pas être contournée par des paramètres de la commande du robot. La surveillance est assurée par une SRP/CS selon l'EN ISO 13849-1:2023, catégorie et PL conformes à la SF-05 (PLr d). 4. Autorisation de zone de la table tournante SF-04 : l'autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés (SF-04, PLr e) est effectuée exclusivement par la commande de sécurité sur la base de signaux de capteurs vérifiés ; une autorisation causée par de seuls paramètres de zone erronés dans la commande du robot est exclue par conception. 5. Gestion des modifications : toutes les modifications de paramètres sont enregistrées avec horodatage, identification de l'utilisateur et valeur précédente/suivante dans un journal des modifications inviolable (piste d'audit) de la commande de sécurité. Base : EN ISO 11161:2007+A1:2010.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la procédure de modification des paramètres avec un guide pas à pas, liste de tous les paramètres relatifs à la sécurité pour chaque fonction de sécurité (SF-01 à SF-05), obligation de réaliser un essai de validation après chaque modification et obligation de documentation dans le journal des modifications. 2. Exigence de qualification : les modifications de paramètres de la commande de sécurité ne doivent être effectuées que par du personnel spécialisé justifiant d'une qualification en sécurité fonctionnelle (par ex. certification TÜV d'ingénieur en sécurité fonctionnelle, Functional Safety Engineer, ou équivalent) et connaissant le système. Cela doit figurer dans la notice d'instructions et dans une procédure d'exploitation. 3. Signalisation d'avertissement : le signal d'avertissement « Avertissement ; Électricité » (W012 selon l'EN ISO 7010:2020) et le signal d'interdiction complémentaire « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006) sont à apposer sur la commande de sécurité et sur l'armoire de commande. En outre, un panneau d'information portant la mention : « Modifications de paramètres uniquement par du personnel spécialisé habilité ; essai de validation ultérieur requis ». 4. Liste de contrôle de mise en service : avant chaque première mise en service et après chaque modification de paramètres, une liste de contrôle de mise en service spécifique au système est à remplir et à signer (base : EN ISO 11161:2007+A1:2010).

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à un paramétrage incorrect. À l’étape 1, les paramètres relatifs à la sécurité sont conservés uniquement dans l’automate de sécurité, protégés par un concept d’accès basé sur les rôles et par des jeux de paramètres protégés par somme de contrôle. Après l’étape 2, l’automate de sécurité contrôle les paramètres par rapport à la référence au démarrage et de manière cyclique et déclenche un arrêt avec verrouillage de redémarrage en cas d’écart, la limite de vitesse de la SF-05 ne peut pas être écrasée via la commande du robot, l’autorisation de rotation SF-04 provient uniquement de l’automate de sécurité, et chaque modification est journalisée et validée selon le principe du double contrôle conformément à l’EN ISO 13849-2:2012 avant libération. Le risque restant est un paramètre spécifié de manière incorrecte par du personnel autorisé et non détecté lors de la validation. Les paramètres doivent rester modifiables pour la mise en service, les transformations et les nouveaux dispositifs de serrage ; aucune mesure capable de détecter une valeur techniquement incorrecte, mais correctement saisie et validée, n’est disponible selon l’état de la technique. Procédure de modification, qualification, liste de contrôle de mise en service et panneau textuel relatif à l’obligation de validation sur l’armoire de commande : notice d’instructions, chapitres 2.4 et 2.6.

N° 31 Combinaison — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû aux niveaux de sécurité différents des sous-machines de fabricants différents (robot, source de courant de soudage, table tournante, aspiration): un verrouillage d'interface absent ou incomplet entre les sous-machines peut faire qu'une sous-machine démarre alors qu'une autre se trouve dans un état dangereux (EN ISO 11161).

Sous-machine : Ensemble de l'installation (intégration du système) · aussi dans : Fonctionnement, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Architecture système avec une commande de sécurité unique de niveau supérieur (Safety Master) comme principe de commande intrinsèquement sûr selon l'EN ISO 12100, paragraphe 6.2.11 : tous les signaux d'état relatifs à la sécurité des sous-machines (mode de fonctionnement du robot, position finale de la table tournante, fonctionnement de l'aspiration, source de courant de soudage prête) transitent exclusivement par la commande de sécurité. Aucun entraînement de sous-machine ne reçoit de signal d'autorisation tant que la commande de sécurité n'a pas jugé l'état global sûr. Grâce à cette centralisation, la possibilité d'un verrouillage d'interface incomplet est réduite au minimum par conception : il n'existe aucun chemin d'autorisation parallèle et indépendant entre les sous-machines. La définition des interfaces est réalisée selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 (intégration du système, responsabilités, description des interfaces) et est documentée dans le concept de sécurité de l'installation complète.
Étape 2 · Protection	1. Matrice de verrouillage selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : pour chaque combinaison de sous-machines, une matrice d'états complète (mode de fonctionnement × état des autres sous-machines) est établie et mise en œuvre dans la commande de sécurité. Chaque signal d'autorisation est réalisé comme une combinaison ET de tous les états de sécurité pertinents. 2. La fonction de sécurité SF-04 (autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée, PLr e) garantit que la table tournante ne tourne que lorsque le champ de protection du rideau lumineux est libre, que les brides sont fermées et que le robot se trouve de façon démontrable en dehors de la zone de rotation. La fonction de sécurité est conçue en PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023 et validée selon l'EN ISO 13849-2:2012. 3. La fonction de sécurité SF-01 (arrêt sûr à l'ouverture de la porte de maintenance, catégorie d'arrêt 1, PLr d) et la SF-02 (arrêt sûr à l'interruption du rideau lumineux, PLr e) sont coordonnées sur l'ensemble de l'installation : un signal d'arrêt d'une sous-machine déclenche l'arrêt coordonné de toutes les sous-machines via la commande de sécurité. La catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 9.2.2, s'applique au robot et à la table tournante. 4. L'arrêt d'urgence de l'installation complète (SF-03, catégorie d'arrêt 1, PLr d) selon l'EN ISO 13850:2015 agit simultanément sur toutes les sous-machines via la commande de sécurité. Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont disposés au pupitre de commande, à la porte de maintenance et sur la console de programmation. 5. Prévention de la mise en marche inattendue selon l'EN ISO 14118:2018 : après chaque arrêt (arrêt d'urgence, déclenchement d'un moyen de protection, interruption de l'alimentation en énergie), un ordre de redémarrage délibéré est requis ; le redémarrage automatique est exclu. 6. Mode de réglage à vitesse réduite de manière sûre (SF-05, 250 mm/s, PLr d) et dispositif de validation selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.7.7 ; dans ce mode, le robot et la table tournante ne se déplacent qu'avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite de manière sûre, et la source de courant de soudage est mise à l'arrêt de manière sûre par la SF-01 tant que la porte de maintenance est ouverte.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions de l'installation complète conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4 : la logique de verrouillage d'interface (matrice d'états, conditions d'autorisation par sous-machine) doit être documentée intégralement. Pour chaque sous-machine, le point de transfert de la responsabilité de sécurité (fabricant de la sous-machine jusqu'à l'interface, intégrateur à partir de l'interface) est défini par écrit dans le concept de sécurité de l'installation complète selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 et doit être indiqué dans la notice d'instructions. Exigence de qualification : la mise en service, le paramétrage et les modifications de la commande de sécurité ne doivent être effectués que par du personnel spécialisé qualifié connaissant l'EN ISO 13849-1:2023 et l'EN ISO 11161. Signalisation d'avertissement au pupitre de commande : signal d'avertissement « Avertissement ; Démarrage automatique » (W018 selon l'EN ISO 7010:2020). La notice d'instructions doit décrire les procédures de recherche de défauts et de mise en service, y compris l'ordre dans lequel les sous-machines peuvent être mises en service et les étapes de vérification du verrouillage d'interface avant le premier fonctionnement automatique.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) aux interfaces des sous-machines de différents fabricants. Le robot (quasi-machine avec déclaration d’incorporation), la source de courant de soudage et l’unité d’aspiration disposent de leurs propres systèmes de commande, et leur intégration exige une logique de niveau supérieur. À l’étape 1, tous les états relatifs à la sécurité passent par un automate de sécurité unique, sans voies d’autorisation parallèles. Après l’étape 2, une matrice de verrouillage de tous les modes de fonctionnement et états est réalisée sous forme de logique ET, les SF-01 à SF-05 agissent sur l’ensemble de l’installation, chaque arrêt entraîne un arrêt coordonné de toutes les sous-machines, et la validation est effectuée selon l’EN ISO 13849-2:2012 et l’EN ISO 11161:2007+A1:2010. Le risque restant est une erreur systématique dans la spécification de la matrice qui n’est pas détectée lors de la validation. La sécurité interne des sous-machines achetées relève de la responsabilité de leurs fabricants respectifs ; aux interfaces dont le fabricant de l’ensemble de machines est responsable, aucune autre mesure de l’étape 1 ou de l’étape 2 allant au-delà du verrouillage central et de sa validation n’a été identifiée. Points de transfert de responsabilité, séquence de mise en service et étapes d’essai du verrouillage des interfaces : notice d’instructions, chapitres 1.1, 2.6 et 8.3.

N° 37 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Corruption accidentelle par erreur de configuration ou de manipulation: chargement d’une recette ou d’un fichier de paramètres incorrect, rôles et mots de passe non configurés (mot de passe par défaut actif), configuration restaurée de manière incomplète après un défaut. Des réglages relatifs à la sécurité s’écartent de la configuration approuvée sans que cela soit remarqué. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point b) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point d) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point e)]

Sous-machine : IHM / paramétrage · aussi dans : Réglage, Fonctionnement

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Séparer les réglages relatifs à la sécurité des recettes de procédé afin qu’un changement de recette ne puisse pas les modifier ; limiter strictement les plages de valeurs dans l’automate de sécurité (limites issues de l’appréciation du risque, annexe III, point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)).
Étape 2 · Protection	Changement de mot de passe imposé à la mise en service, modèle de rôles avec approbation en double contrôle pour les modifications relatives à la sécurité, comparaison de la configuration active avec la référence approuvée (somme de contrôle) au démarrage avec affichage de tout écart, journal des modifications. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.5, SR 2.1, SR 3.4, SR 7.6.
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	Notice d’instructions : liste de contrôle de mise en service (mots de passe, rôles, sauvegarde de la configuration de référence), description des données désignées comme relatives à la sécurité, instruction de contrôle fonctionnel après modification de la configuration.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 38 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Défaillance ou perturbation de la liaison au réseau de communication: défaillance du réseau, surcharge (tempête de diffusion, déni de service), rupture de câble ou changement de segment de réseau interrompent la communication entre composants de commande ou la communication orientée sécurité (PROFIsafe). Au rétablissement, un démarrage inattendu se produit ou des valeurs de consigne obsolètes sont reprises de manière incontrôlée. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.2.6 ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a) ; point 1.2.3]

Sous-machine : Réseau de communication · aussi dans : Fonctionnement

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Concevoir les fonctions de sécurité de sorte qu'une perte de communication conduise à l'état sûr (watchdog, surveillance temporelle des télégrammes de sécurité) et qu'un redémarrage ne survienne qu'après un acquittement volontaire (annexe III, point 1.2.3). Découpler la communication relative à la sécurité de la communication standard.
Étape 2 · Protection	Segmentation du réseau et limitation de la charge (limitation de débit, protection contre les tempêtes de diffusion sur les commutateurs), surveillance de la qualité du réseau avec message de diagnostic, comportement défini en cas de perte de liaison dans tous les modes de fonctionnement, testé et documenté. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 7.1, SR 7.2, SR 5.1, SR 5.2.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : exigences relatives au réseau de l'exploitant (segmentation, participants autorisés, aucun appareil tiers dans le segment de sécurité), description du comportement en cas de défaillance de la communication et de la procédure de redémarrage.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 39 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Le raccordement d'équipements tiers crée une situation dangereuse: un équipement tiers raccordé (système de commande de ligne ou MES de niveau supérieur de l'exploitant, passerelle de télémaintenance, signaux côté exploitant de l'aspiration ou de l'alimentation en gaz) envoie des signaux inattendus, écrit dans des variables de commande ou occupe des ressources. La machine démarre, change de mode de fonctionnement ou ignore des conditions d'arrêt parce que les fonctions de l'équipement tiers n'ont pas été prises en compte dans l'appréciation du risque. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, premier alinéa ; point 1.2.1, quatrième alinéa, point h) ; point 1.2.4.4]

Sous-machine : Interfaces avec les équipements tiers · aussi dans : Assemblage, Fonctionnement

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Réaliser les interfaces avec les équipements tiers comme des interfaces de signaux définies à sémantique établie (aucune autorisation de mouvements par des seuls signaux tiers), ne faire transiter les signaux relatifs à la sécurité que par des entrées et sorties sûres, associer sans ambiguïté la chaîne d'arrêt et d'arrêt d'urgence de l'équipement tiers.
Étape 2 · Protection	Liste blanche des participants et variables autorisés, contrôle de plausibilité des ordres entrants, verrouillage des changements de mode de fonctionnement via des interfaces externes, diagnostic des participants manquants ou inconnus. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.2, SR 2.1, SR 3.5, SR 5.2, SR 7.7.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions et description des interfaces à l'attention de l'intégrateur (signaux, états, exigences applicables à l'ensemble de machines selon l'annexe III, point 1.2.4.4), indication que le raccordement d'équipements non approuvés exige une nouvelle appréciation du risque.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 40 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Logiciel relatif à la sécurité non identifiable ou non marqué: la version et la somme de contrôle du logiciel de sécurité ne peuvent pas être consultées sur la machine, et les logiciels et données relatifs à la sécurité ne sont pas désignés comme tels. Après une intervention, une mise à jour ou un remplacement d'appareil, il est impossible de déterminer si la machine est encore dans l'état contrôlé ; un fonctionnement avec un logiciel non approuvé passe inaperçu. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.1.9, quatrième alinéa ; point 1.7.4.2]

Sous-machine : Logiciel / documentation · aussi dans : Maintenance, Fonctionnement

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Concevoir le logiciel relatif à la sécurité comme une unité délimitée avec son propre numéro de version et sa propre somme de contrôle (séparée du logiciel standard et de visualisation), de sorte qu'une identification univoque soit techniquement possible.
Étape 2 · Protection	Page d'information sur l'IHM affichant la version et la somme de contrôle de tous les composants logiciels relatifs à la sécurité (toujours facilement accessible sans ouverture de session, annexe III, point 1.1.9, quatrième alinéa), marquage des données relatives à la sécurité dans les noms de fichiers, les menus et les exports, comparaison avec le procès-verbal de réception au démarrage. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 3.4.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : liste des logiciels et données relatifs à la sécurité avec leurs versions (annexe III, point 1.7.4.2), instructions pour consulter les informations de version, indication de leur importance pour la conformité et de l'obligation de signaler les écarts.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 43 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Accès d'ingénierie non sécurisé à l'automate de sécurité: l'accès de programmation de la commande de sécurité ou de l'automate de sécurité est accessible sans mot de passe ou avec les identifiants par défaut du fabricant ; le programme de sécurité peut être écrasé ou mis à l'état d'arrêt pendant le fonctionnement, et le forçage des entrées et des sorties est possible. Les fonctions de protection sont rendues inopérantes ou les actionneurs sont commandés directement. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, deuxième alinéa ; point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a)]

Sous-machine : Automate de sécurité / ingénierie · aussi dans : Maintenance, Recherche de défauts

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Accès de programmation de l'automate de sécurité séparé physiquement du réseau de procédé (port dédié, dans l'armoire électrique verrouillée), pas de forçage de signaux relatifs à la sécurité dans la version de série, modification du programme uniquement lorsque la machine est à l'arrêt sécurisé.
Étape 2 · Protection	Mot de passe individuel pour l'accès au programme de sécurité avec changement de mot de passe obligatoire à la mise en service, niveaux de protection en écriture et de protection d'accès de la commande activés, journalisation de tous les accès et modifications de programme avec version et somme de contrôle, affichage de l'état du programme sur l'IHM. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 1.5, SR 2.1, SR 2.8, SR 3.4, SR 7.7.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : protection d'accès et gestion des mots de passe comme obligation de l'exploitant, interdiction de modifier le programme sans nouveau contrôle et sans documentation, renvoi aux exigences en cas de modification substantielle.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) lié à l'accès d'ingénierie à la commande de sécurité. L'accès doit rester disponible pour la mise en service, la maintenance et la recherche de défauts. À l'étape 1, le port de programmation est séparé du réseau de procédé à l'intérieur de l'armoire de commande verrouillée, le forçage de signaux relatifs à la sécurité est exclu dans l'état de livraison, et les modifications de programme ne sont autorisées qu'à l'état d'arrêt sécurisé. Après l'étape 2, un mot de passe individuel, la protection en écriture et des niveaux de protection d'accès sont actifs, chaque accès et chaque modification de programme sont journalisés avec version et somme de contrôle, et l'état du programme peut être consulté sur le panneau IHM (justification selon l'IEC 62443-3-3 SR 1.1, 1.5, 2.1, 2.8, 3.4 et 7.7). Le risque restant est un usage abusif ou une erreur d'une personne disposant d'un mot de passe valide et de la clé de l'armoire. Aucune mesure technique permettant de distinguer les modifications autorisées des modifications abusives n'est disponible selon l'état de la technique ; les écarts deviennent détectables par comparaison de la version et de la somme de contrôle avec le procès-verbal de réception. La gestion des mots de passe en tant qu'obligation de l'exploitant et l'interdiction de modifier le programme sans nouvel essai ni documentation figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.6 et 13).

Réglage (24 phénomènes dangereux)

N° 1 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 3 · **IR 15**

Danger d'écrasement et de cisaillement dû à la table tournante lors de la rotation automatique: des parties du corps de l'opérateur (mains, bras) peuvent être happées et écrasées entre la table tournante et la paroi centrale de séparation fixe ou la clôture périphérique, en particulier lorsque l'opérateur passe la main dans la zone de rotation pendant la rotation pour repositionner une pièce déplacée (mauvais usage raisonnablement prévisible).

Sous-machine : Table tournante (unité rotative) · aussi dans : Fonctionnement, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Dimensionner les écartements entre le bord de la table tournante et la paroi centrale de séparation fixe, ainsi que la clôture périphérique, de manière à ne créer aucun point d'écrasement : les écartements ne doivent pas être inférieurs aux écartements minimaux de l'EN ISO 13854:2019, tableau 1 (25 mm pour les doigts, 100 mm pour la main, 120 mm pour le bras, 500 mm pour le corps). Alternativement, réduire l'écartement de sorte qu'aucune partie du corps ne puisse y pénétrer (dimensions d'ouverture selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4). Lorsqu'aucune des deux valeurs d'écartement ne peut être atteinte, la géométrie du bâti de la table doit être conçue de manière à ne créer aucune forme de coin convergent (flancs parallèles ou divergents au lieu d'un espace convergent). En complément : réduire la masse et la vitesse de rotation de la table tournante au minimum fonctionnellement nécessaire (dimensionnement de l'entraînement) afin de limiter l'énergie cinétique agissant dans la zone d'écrasement.
Étape 2 · Protection	Risque résiduel après l'étape 1 : la zone de rotation reste une zone dangereuse dans laquelle il est interdit de pénétrer tant que l'entraînement fonctionne. Mesures de protection techniques : 1. Autorisation du mouvement de rotation uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée (SF-04, PLr e, EN ISO 13849-1:2023) : un ESPE (rideau lumineux de type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020) surveille entièrement la zone de rotation ; disposition et distance de sécurité selon l'EN ISO 13855:2024. 2. Interverrouillage de la porte de maintenance selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours (SF-01, PLr d ; catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018). 3. Mode de réglage : mouvement de rotation uniquement à vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s et avec le dispositif de validation actionné (SF-05, PLr d, catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018). 4. Arrêt d'urgence dans la zone de l'opérateur selon l'EN ISO 13850:2015, intégré à la SF-03 (PLr d, catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018). 5. Séparation de l'énergie avant toute intervention : vanne d'isolement avec verrouillage mécanique (consignation) selon l'EN ISO 4414:2010 ; immobiliser la table tournante par verrouillage mécanique positif dans sa position finale (EN ISO 14118:2018).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions : il est interdit de pénétrer dans la zone de rotation lorsque la table tournante est en mouvement ou non sécurisée. Avant toute intervention (par ex. repositionnement d'une pièce), l'installation doit être complètement mise hors tension et sécurisée (consignation/déconsignation, lockout/tagout). Une procédure distincte avec dispositif de validation s'applique au mode de réglage ; elle est décrite dans la notice d'instructions. 2. Signaux d'avertissement sur la machine : les signaux suivants sont apposés sur la table tournante : signaux d'avertissement W019 « Avertissement ; Écrasement » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » et signal d'interdiction P015 « Ne pas passer la main » (selon l'EN ISO 7010:2020). 3. Qui peut intervenir : le réglage et le dépannage ne doivent être effectués que par du personnel formé. La formation doit être répétée au moins une fois par an et consignée par écrit. 4. Équipement de protection individuelle : les gants de protection ne protègent pas contre l'écrasement. Ne passer la main dans la zone de rotation que lorsque la table tournante est à l'arrêt. Les chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345 sont obligatoires dans toute la zone de l'installation.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026



Avertissement : risque d'écrasement

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1). La gravité reste de 5 : la masse et l'entraînement de la table tournante sont nécessaires à la rotation de 180 degrés avec une charge utile pouvant atteindre 2 x 40 kg plus les dispositifs de serrage, à une cadence d'environ 90 secondes, et ont déjà été limités au niveau fonctionnellement nécessaire à l'étape 1 ; les écartements sont dimensionnés selon l'EN ISO 13854:2019 et l'EN ISO 13857:2019, et les bords de la table ne présentent aucune forme de coin convergent. Toute réduction supplémentaire de l'énergie empêcherait la rotation. Après l'étape 2, la table ne tourne que lorsque la zone de rotation est dégagée (SF-04, PL e), la porte de maintenance est interverrouillée (SF-01, PL d), le mode de réglage est limité à 250 mm/s avec dispositif de validation (SF-05) et la table est verrouillée mécaniquement de manière positive avant toute intervention. Un accident suppose donc de passer délibérément la main dans la table en rotation en contournant ces dispositifs ; aucune mesure supplémentaire de l'étape 1 ou de l'étape 2 qui rendrait ce mauvais usage plus difficile sans empêcher la rotation n'a été identifiée. L'interdiction et l'obligation de consigner l'installation avant toute intervention figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.2, 2.6 et 9.1), et les signaux W019, W024 et P015 sont apposés sur la table tournante.

N° 2 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 3 · **IR 15**

Danger d'écrasement et de happement dû au robot de soudage (robot industriel) en mode de réglage: à vitesse réduite (commande à action maintenue), des opérateurs ou du personnel de réglage peuvent être écrasés ou happés entre le bras du robot et les équipements périphériques (clôture périphérique, table tournante, gabarit de soudage) par des mouvements inattendus du robot.

Sous-machine : Robot de soudage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Limitation de la vitesse à 250 mm/s au maximum (vitesse du TCP) en mode de réglage par la commande du robot, en tant qu'exigence de conception intrinsèque du robot (EN ISO 10218-1:2025, paragraphes 5.2.7 et 5.5.3). En complément : les distances minimales entre les positions extrêmes du robot en mode de réglage et les équipements périphériques fixes (clôture périphérique, table tournante, gabarit de soudage) sont à maximiser par conception, dans la mesure où l'implantation de la cellule le permet, afin de réduire géométriquement les points d'écrasement et de happement. Les points d'écrasement restants, inférieurs à une distance minimale de 500 mm (corps) ou de 300 mm (tête) selon l'EN ISO 13854:2019, tableau 1, et qui ne peuvent être éliminés par conception, sont reportés à l'étape 2 en tant que risque résiduel.
Étape 2 · Protection	SF-05 « Vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation en mode de réglage », PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023 : la fonction de sécurité SLS (vitesse limitée de manière sûre, appelée dans le présent document vitesse réduite de manière sûre) est réalisée par une SRP/CS de PLr d. Le dispositif de validation (à 3 positions, avec fonction panique) selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.7.7, doit être actionné en continu ; au relâchement ou à l'enfoncement complet, un arrêt de catégorie 1 selon l'EN 60204-1:2018 est déclenché. Le personnel de réglage porte la console de programmation sur lui ; la console de programmation doit être seule habilitée à autoriser le mouvement tant que des personnes se trouvent dans l'espace protégé (EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.7.5). L'accès à l'espace protégé en mode de réglage n'est possible que par la porte de maintenance avec interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025. L'interverrouillage ne libère la porte pour le mode de réglage qu'une fois le mode de fonctionnement « Réglage » sélectionné sur le sélecteur de mode de fonctionnement verrouillable. Séparation de l'énergie avant d'entrer dans l'espace protégé sans la console de programmation : séparation sûre selon l'EN ISO 14118:2018 (préparation de la consignation). Les points d'écrasement restants ont été vérifiés par rapport aux écartements minimaux de l'EN ISO 13854:2019, tableau 1, lors de la réception en usine.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mode de réglage exclusivement par du personnel de réglage instruit et autorisé, disposant d'une qualification avérée d'opérateur de robot. Description des postures et des zones de déplacement admissibles en mode de réglage. Signalisation d'avertissement à la porte de maintenance : signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020 et mention « Toujours emporter le dispositif de validation ». Spécification des EPI : chaussures de sécurité S3 (EN ISO 20345), vêtements de protection ajustés (aucun risque de happement par des vêtements amples). Mention dans la notice d'instructions : il est interdit d'entrer dans l'espace protégé sans console de programmation active et sans dispositif de validation.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026



Avertissement : démarrage automatique

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) en mode de réglage. L'apprentissage et le contrôle des trajectoires de soudage exigent que le régleur observe la torche de près au niveau du gabarit pendant que le robot se déplace ; la présence dans l'espace protégé ne peut donc pas être exclue par conception pour cette tâche. À l'étape 1, la vitesse du TCP est limitée à 250 mm/s (EN ISO 10218-1:2025) et les distances par rapport aux équipements périphériques ont été augmentées autant que l'implantation de l'installation le permet. Après l'étape 2, les mouvements ne sont possibles qu'à vitesse surveillée de manière sûre (SF-05, PL d), avec le dispositif de validation à trois positions maintenu en continu, la console de programmation est seule à commander les mouvements, et l'interverrouillage ne libère la porte de maintenance qu'en mode de réglage sélectionné sur le sélecteur de mode de fonctionnement verrouillable. Les mesures de prévention prévues par l'EN ISO 10218-2:2025 pour le mode de réglage sont ainsi mises en œuvre ; aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 permettant encore le réglage à proximité de la trajectoire n'est identifiable selon l'état de la technique. Le risque restant est l'écrasement dû à une erreur de manipulation malgré le dispositif de validation ; la qualification, les postures admissibles et le comportement dans l'espace protégé sont spécifiés dans la notice d'instructions (chapitres 2.3, 2.6 et 9.3).

N° 4 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Danger d'écrasement à l'interface entre la table tournante et le robot de soudage (zone de transfert): pendant la rotation, le gabarit chargé se déplace dans la zone de travail du robot ; l'entrée non coordonnée du robot dans la zone de rotation ou l'absence de verrouillage entre le mouvement de la table tournante et l'autorisation du robot peut entraîner des collisions et des blessures par écrasement.

Sous-machine : Interface : table tournante / robot de soudage · aussi dans : Fonctionnement, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Le rayon de rotation de la table tournante et la limite de l'espace de travail du robot (enveloppe du TCP) sont coordonnés lors de la phase de conception de sorte que la zone de rotation maximale du gabarit et l'espace de travail minimal du robot conservent entre eux une distance minimale géométrique ≥ 500 mm (écartement minimal pour éviter l'écrasement du corps selon l'EN ISO 13854:2019, tableau 1) lorsque les deux mouvements seraient actifs simultanément. Cela réduit au minimum la zone de chevauchement par conception ; la suppression complète du chevauchement n'est pas possible avec cette topologie de système en raison de contraintes fonctionnelles, de sorte que le chevauchement résiduel est sécurisé par l'étape 2.
Étape 2 · Protection	SF-04 « Autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée » en PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023 (graphe de risque : S2/F2/P2). Réalisation sous forme de fonction de sécurité à verrouillage dans l'automate de sécurité : (a) surveillance de l'arrêt du robot : le robot doit se trouver dans une position de repos définie en dehors de la zone de rotation et le confirmer par un signal de retour sûr (sortie sûre de la commande du robot selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphes 5.4.7 et 5.5.8) avant que l'autorisation de la table tournante soit accordée. (b) Autorisation de la table tournante vers le robot : tant que la table tournante n'est pas en position finale et verrouillée, la commande du robot ne reçoit aucun signal d'autorisation pour la zone d'entrée ; la table tournante est verrouillée mécaniquement de manière positive dans sa position finale. (c) Interverrouillage de la porte de maintenance donnant sur la zone de rotation selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours, intégré à la SF-01 (PLr d). (d) Arrêt d'urgence de l'installation complète selon l'EN ISO 13850:2015, intégré à la SF-03 (PLr d), catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018. (e) En mode de réglage, la SF-05 s'applique : vitesse réduite de manière sûre ≤ 250 mm/s avec dispositif de validation (PLr d) ; le personnel de réglage ne peut entrer dans la zone de rotation qu'avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite. La distance entre la clôture périphérique et la zone de rotation respecte l'EN ISO 13857:2019, tableau 2 ; la clôture périphérique est conçue selon l'EN ISO 14120:2015.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la logique de verrouillage SF-04 et des modes de fonctionnement Automatique et Réglage ; mention explicite de l'interdiction d'entrer dans la zone de rotation lorsque l'installation fonctionne. Mode de réglage : exigence de qualification à documenter (uniquement du personnel spécialisé formé, connaissant le dispositif de validation). Signalisation d'avertissement à la zone de rotation : signaux d'avertissement W019 « Avertissement ; Écrasement » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » selon l'EN ISO 7010:2020 ; à la porte de maintenance, en complément, le signal d'interdiction « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006). Spécification des EPI dans la notice d'instructions : chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345 ; en mode de réglage, en complément, vêtements de protection ajustés (aucun risque d'accrochage par des vêtements amples). Remarque sur le risque résiduel en mode de réglage et lors de la recherche de défauts : toujours maintenir le dispositif de validation actionné, ne jamais entrer dans la zone de rotation sans dispositif de validation.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) au transfert entre la table tournante et le robot. Le robot doit atteindre le poste qui vient d'être amené par rotation ; une séparation géométrique complète de la zone de rotation et de l'espace de travail du robot n'est donc pas possible pour des raisons fonctionnelles avec cette implantation de l'installation. À l'étape 1, le chevauchement a été réduit par une distance minimale de 500 mm entre le rayon de rotation et l'enveloppe du TCP. Le chevauchement restant fait l'objet d'un verrouillage mutuel : la table tournante ne tourne que lorsque la commande du robot confirme la position de repos en dehors de la zone de rotation par une sortie sûre, et le robot n'est autorisé que lorsque la table est verrouillée dans sa position finale (SF-04, PL e selon le graphe de risque S2/F2/P2). Un accident suppose donc une défaillance de ce verrouillage ou une entrée pendant le fonctionnement de l'installation par neutralisation de l'interverrouillage (SF-01). L'autorisation est déjà réalisée au niveau de performance requis ; une mesure supplémentaire de l'étape 1 ou de l'étape 2 ne réduirait pas de manière mesurable la probabilité d'occurrence. En mode de réglage, la SF-05 s'applique avec 250 mm/s et dispositif de validation. La logique de verrouillage, l'interdiction d'entrer et le comportement en mode de réglage sont décrits dans la notice d'instructions (chapitres 2.5, 2.6 et 9.3).

N° 5 Mécanique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Chute de pièces ou d'éléments du gabarit par défaillance du dispositif de serrage pneumatique: en cas de défaillance ou de fuite de l'air comprimé, les éléments de serrage s'ouvrent de manière incontrôlée ; des pièces pouvant atteindre 40 kg peuvent tomber de la table tournante et frapper des personnes au poste de chargement.

Sous-machine : Dispositif de serrage pneumatique (table tournante) · aussi dans : Fonctionnement, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Utilisation de brides à fermeture pneumatique avec un clapet anti-retour piloté (clapet de maintien de pression) dans la ligne de serrage, directement au niveau du vérin de serrage : en cas de défaillance de l'air comprimé ou de fuite dans la conduite d'alimentation, la pression de serrage reste emprisonnée dans le vérin et la pièce reste serrée ; les brides ne s'ouvrent que lorsque le clapet est ouvert activement par pilotage. La force de serrage est dimensionnée pour le poids maximal de pièce de 40 kg, majoré d'un coefficient de sécurité selon l'EN ISO 4414:2010. En complément : limitation de la pression de service au niveau requis pour la fonction de serrage, afin de réduire au minimum l'énergie pneumatique accumulée (EN ISO 4414:2010).
Étape 2 · Protection	1. Surveillance de la pression de serrage avec fonction de sécurité : un pressostat dans la ligne de serrage surveille la pression de serrage ; si la pression descend sous la pression de serrage minimale, l'autorisation du mouvement de rotation de la table tournante est bloquée (couplée à la SF-04, PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023). Tant que la pression de serrage n'est pas confirmée, la table tournante ne tourne pas. 2. Verrouillage mécanique du mouvement de rotation : verrouillage positif de la table tournante en position de chargement, afin d'empêcher une rotation involontaire avec une pièce serrée ou non serrée ; le verrouillage n'est levé qu'après confirmation de la pression de serrage (couplé à la SF-04, PLr e). 3. Enveloppe/dispositif de retenue : dispositif mécanique de retenue (tôle déflectrice) sous la table tournante, dimensionné pour le poids maximal de pièce de 40 kg et la hauteur de chute maximale, afin de tenir les pièces qui tombent à l'écart du poste de chargement ; conception selon l'EN ISO 14120:2015. 4. Distance de sécurité au poste de chargement : implantation du poste de chargement de sorte que la zone dangereuse sous la table tournante se trouve en dehors de la zone de présence habituelle.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description du principe de serrage (brides à fermeture pneumatique avec clapet de maintien de pression) et de la surveillance de la pression de serrage ; interdiction de rester sous la table tournante pendant le fonctionnement et pendant la recherche de défauts sans immobilisation sécurisée ; conduite à tenir en cas de défaillance de l'air comprimé (arrêter la machine, rétablir l'alimentation en air comprimé, ne retirer la pièce qu'après contrôle de la pression). 2. Séparation de l'énergie avant toute intervention : consigne de décompression complète du système pneumatique avant les travaux de maintenance et d'entretien selon l'EN ISO 4414:2010 et l'EN ISO 14118:2018 (prévention du redémarrage inattendu et de la libération inattendue d'énergie) ; en raison du clapet de maintien de pression, la pression de serrage reste emprisonnée dans les vérins de serrage, de sorte que les brides doivent être ouvertes et mises à l'échappement avant tout travail sur le dispositif de serrage ; prévoir une vanne d'isolement et d'échappement verrouillable. 3. Signalisation d'avertissement : apposer sur la table tournante et au poste de chargement les signaux d'avertissement W015 « Avertissement ; Charges suspendues » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » selon l'EN ISO 7010:2020. 4. Qualification : les travaux de recherche de défauts et de réglage ne doivent être réalisés que par du personnel spécialisé formé ; exigences à préciser dans la notice d'instructions. 5. EPI : prescrire le port de chaussures de sécurité (S3 selon l'EN ISO 20345) au poste de chargement au titre de la protection contre le risque résiduel.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 6 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 3 · **IR 15**

Danger d'écrasement et de choc dû au redémarrage inattendu de la table tournante ou du robot après un arrêt d'urgence ou après un dépannage: en l'absence d'un système coordonné de prévention du redémarrage (EN ISO 11161), des sous-machines individuelles peuvent démarrer automatiquement alors que des personnes se trouvent encore dans la zone dangereuse.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (coordination du redémarrage) · aussi dans : Recherche de défauts, Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le redémarrage après un arrêt d'urgence ou après un dépannage est un événement du système de commande qui ne peut être éliminé par conception, compte tenu du principe de fonctionnement de l'installation complète (fonctionnement automatique coordonné du robot et de la table tournante), sans supprimer la fonction de la machine. Il n'existe aucune mesure géométrique ou énergétique qui empêcherait le redémarrage lui-même sans supprimer la fonction de la machine. La protection doit donc être assurée entièrement par des mesures de l'étape 2 (système de commande et verrouillage).
Étape 2 · Protection	1. Prévention coordonnée du redémarrage selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : la commande de l'installation complète ne doit autoriser le redémarrage d'une sous-machine (table tournante, robot) qu'après qu'un ordre de redémarrage manuel délibéré a été donné depuis une position sûre en dehors de toutes les zones dangereuses. L'ordre de redémarrage ne doit pas être déclenché automatiquement après l'acquittement de l'arrêt d'urgence ou après un dépannage. 2. La fonction de sécurité SF-01 (arrêt sûr, catégorie d'arrêt 1 à l'ouverture de la porte de maintenance, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023) et la SF-03 (arrêt d'urgence de l'installation complète, catégorie d'arrêt 1, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023) garantissent que tous les entraînements sont amenés à l'arrêt de manière sûre. La prévention du redémarrage est réalisée comme partie intégrante des fonctions de sécurité SF-01, SF-03 et SF-04 et est exécutée à leur PLr respectif (SF-04 : PLr e ; SF-01 et SF-03 : PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023). 3. Fonction de sécurité SF-04 (autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée, PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023) : la table tournante ne peut exécuter son mouvement de rotation que lorsque la zone de rotation a été détectée comme dégagée par le rideau lumineux de type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020 (positionné selon l'EN ISO 13855:2024). Cette fonction reste active après le redémarrage et empêche le démarrage en présence de personnes. 4. Fonction de sécurité SF-05 (vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation en mode de réglage, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023) : en mode de réglage, le redémarrage doit être libéré exclusivement par un dispositif de validation (à 3 positions selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.7.7), de sorte qu'un redémarrage inattendu à pleine vitesse soit exclu. 5. Mise hors tension et séparation de l'énergie selon l'EN ISO 14118:2018 : avant d'entrer dans la zone dangereuse pour la recherche de défauts ou la maintenance, l'alimentation en énergie de tous les entraînements concernés (électrique, pneumatique selon l'EN ISO 4414:2010) doit être coupée au moyen d'un appareil de sectionnement verrouillable et sécurisée contre toute remise sous tension involontaire (consignation). L'énergie résiduelle (énergie pneumatique accumulée) doit être dissipée avant toute intervention ; la table tournante doit être verrouillée de manière positive dans sa position finale. 6. Interverrouillage de la porte de maintenance selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours : l'interverrouillage maintient la porte de maintenance fermée tant que les mouvements dangereux n'ont pas été amenés à l'arrêt de manière sûre (catégorie d'arrêt 1 achevée). L'intégration est réalisée dans le cadre de la SF-01 (PLr d).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la séquence de redémarrage après un arrêt d'urgence et après un dépannage ; indication explicite que le redémarrage n'est admissible qu'une fois toutes les zones dangereuses entièrement évacuées et qu'un ordre d'acquittement manuel a été donné depuis l'extérieur. Description de la procédure de consignation selon l'EN ISO 14118:2018 pour toutes les activités de maintenance et de recherche de défauts. 2. Signalisation d'avertissement à la porte de maintenance et aux unités d'acquittement : avertissement de redémarrage inattendu (signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020), mention de l'obligation d'acquitter depuis l'extérieur. 3. Exigence de qualification : les activités de réglage et de maintenance ne doivent être réalisées que par du personnel spécialisé instruit, formé à la procédure de redémarrage et à la méthode de consignation (EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 7.5.12). 4. Spécification des EPI : porter des chaussures de sécurité (S3 selon l'EN ISO 20345) en entrant dans la zone dangereuse pour la recherche de défauts ou la maintenance ; EPI complémentaires selon l'appréciation du risque du poste de travail de l'exploitant.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à un redémarrage inattendu. Le redémarrage est un événement de commande du mode automatique coordonné du robot et de la table tournante ; aucune mesure de conception ne permet de l’empêcher sans mettre en échec la fonction de la cellule (étape 1). Après l’étape 2, le système de commande global n’autorise le redémarrage, conformément à l’EN ISO 11161:2007+A1:2010, que sur un ordre volontaire donné depuis le pupitre de commande situé en dehors des zones dangereuses, le verrouillage de redémarrage fait partie des SF-01, SF-03 (PL d) et SF-04 (PL e), l’autorisation de rotation contrôle la zone de rotation également après le redémarrage, et le dispositif de condamnation pour cadenas personnels empêche la fermeture de la porte de maintenance tant qu’une personne se trouve dans la cellule. Pour la recherche de défauts et la maintenance, l’interrupteur principal verrouillable et la vanne d’air comprimé verrouillable à fonction d’échappement selon l’EN ISO 14118:2018 sont prévus. Le risque restant est une mise en marche alors qu’une personne n’a ni posé son cadenas ni consigné l’installation et que, simultanément, le verrouillage de redémarrage est défaillant. Aucune mesure technique remplaçant la consignation par la personne n’est disponible selon l’état de la technique. La séquence de redémarrage et la procédure de consignation sont décrites dans la notice d’instructions (chapitres 9.5 et 10.4).

N° 7 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Fonction d'arrêt d'urgence absente ou non coordonnée entre les sous-machines (robot, table tournante, source de courant de soudage, aspiration): un arrêt d'urgence sur une sous-machine n'arrête pas nécessairement toutes les autres sous-machines ; des personnes peuvent être mises en danger par des composants qui continuent de fonctionner.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (coordination de l'arrêt d'urgence) · aussi dans : Fonctionnement, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : la coordination de plusieurs commandes indépendantes exige nécessairement une logique de commande de niveau supérieur. Une simple mesure de conception (géométrie, limitation d'énergie, substitution) ne peut pas remplacer l'interconnexion manquante des circuits d'arrêt d'urgence. Le principe de fonctionnement de l'installation complète impose une coordination active de la commande.
Étape 2 · Protection	Circuit d'arrêt d'urgence de niveau supérieur (SF-03) selon l'EN ISO 13850:2015 et l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : tous les dispositifs d'arrêt d'urgence de l'installation complète sont intégrés dans un circuit de sécurité commun de niveau supérieur qui, lors de l'actionnement en un point quelconque, amène toutes les sous-machines dangereuses (robot, table tournante, source de courant de soudage, pneumatique) à un arrêt coordonné ; l'aspiration poursuit son fonctionnement pour des raisons d'exploitation. Catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018 (arrêt contrôlé, suivi de la coupure de l'énergie) : le robot effectue un arrêt contrôlé le long de sa trajectoire, la table tournante freine activement, la source de courant de soudage est mise hors tension et les brides restent serrées grâce au clapet de maintien de pression. La poursuite du fonctionnement de l'aspiration n'est pas une fonction de sécurité, mais est nécessaire pour l'exploitation. La fonction de sécurité SF-03 est spécifiée en PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023 et réalisée en catégorie 3 avec PL d. L'intégration du robot est réalisée par la commande du robot selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.3.3 (portée de l'arrêt d'urgence, interface de sécurité avec la commande de niveau supérieur). Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont à concevoir selon l'EN ISO 13850:2015 (bouton-poussoir à tête champignon, fond jaune, à verrouillage automatique, déverrouillage uniquement par une action volontaire). Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont à positionner de sorte qu'au moins un dispositif d'arrêt d'urgence soit accessible depuis chaque poste de travail sans exposition à un danger (EN ISO 13850:2015). Verrouillage du redémarrage : après un arrêt d'urgence, une réinitialisation manuelle est requise avant que l'installation puisse redémarrer (EN ISO 13850:2015, paragraphe 4.1.4), afin d'empêcher un redémarrage inattendu selon l'EN ISO 14118:2018.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la topologie d'arrêt d'urgence de l'installation complète avec un plan d'implantation de tous les dispositifs d'arrêt d'urgence et de la zone d'action de chacun. Consigne claire : après un arrêt d'urgence, la zone dangereuse de toutes les sous-machines doit être inspectée avant la réinitialisation. Mode de réglage et recherche de défauts : consigne selon laquelle une intervention dans la zone dangereuse n'est admissible qu'après l'arrêt complet de toutes les sous-machines et après avoir empêché la fermeture de la porte de maintenance (cadenas personnel dans le dispositif de condamnation). Exigence de qualification : réglage et recherche de défauts uniquement par du personnel spécialisé instruit connaissant la topologie d'arrêt d'urgence. Signalisation au pupitre de commande : panneau textuel indiquant la zone d'action des dispositifs d'arrêt d'urgence (l'arrêt d'urgence agit sur toutes les sous-machines de la cellule), complété par le signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dans la coordination de l'arrêt d'urgence. La liaison des circuits d'arrêt d'urgence de plusieurs sous-machines n'est possible qu'au moyen du système de commande ; il n'existe aucune mesure de l'étape 1 à cet effet. Un circuit d'arrêt d'urgence de niveau supérieur SF-03 en catégorie 3 avec PL d est réalisé ; il arrête ensemble le robot, la table tournante, la source de courant de soudage et la partie pneumatique depuis chaque dispositif d'arrêt d'urgence (pupitre de commande, porte de maintenance, console de programmation), avec réarmement manuel selon l'EN ISO 13850:2015 et zone d'action selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 ; le niveau de performance requis est atteint et les points d'essai relatifs à l'arrêt d'urgence sont réussis. Le risque restant est la poursuite du mouvement lors de l'arrêt contrôlé en catégorie d'arrêt 1. Cette catégorie a été choisie parce que le robot freine de manière contrôlée sur sa trajectoire et que les brides maintiennent la pièce grâce au clapet de maintien de pression ; un arrêt de catégorie 0 supprimerait ce contrôle sans éliminer la poursuite du mouvement. L'arrêt d'urgence est une mesure de prévention complémentaire et ne remplace aucun moyen de protection. La disposition et la zone d'action des dispositifs d'arrêt d'urgence figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.5 et 9.5) et sur le panneau textuel au pupitre de commande.

N° 8 Mécanique — Risque avant : S 3 · O 4 · **IR 12**

Danger de coupure et de piqûre dû au fil de soudage (fil plein de 1,0 à 1,2 mm) à la torche de soudage: le fil dépassant de la torche agit comme une aiguille ; lors du réglage, de l'enfilage du fil ou du nettoyage de la torche, les mains et les doigts peuvent être piqués ou coupés.

Sous-machine : Torche de soudage / dévidoir · aussi dans : Maintenance, Nettoyage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Rétraction automatique du fil à la fin du soudage : la commande du dévidoir rétracte automatiquement le fil d'une longueur définie (5 à 10 mm) dans la torche après chaque cycle de soudage, de sorte que la pointe acérée du fil soit en retrait dans le tube contact et ne dépasse plus librement. Par conception, cela réduit au minimum le point dangereux (pointe de fil en saillie) pour les phases de vie de réglage et de nettoyage. En complément : choix d'un système de dévidage qui, en mode d'avance lente (réglage), ne fait avancer le fil que lorsque le bouton est maintenu enfoncé (commande à action maintenue), de sorte que le fil n'avance pas de manière incontrôlée.
Étape 2 · Protection	1. Limitation mécanique de la longueur de fil : une butée de longueur de fil réglable (capuchon de protection de torche avec ouverture définie) est prévue sur le col de la torche et limite le fil en saillie à la dimension minimale nécessaire au procédé. 2. Blocage du dévidage automatique du fil : le dévidage automatique du fil est bloqué dès que la porte de maintenance est ouverte ; porte ouverte, le fil ne peut être avancé qu'en mode d'avance lente à vitesse d'enfilage réduite. 3. Mode d'avance lente du dévidoir : le mode d'avance lente à vitesse d'enfilage réduite est une fonction de la source de courant de soudage, non une fonction de sécurité ; il est destiné à empêcher une avance rapide involontaire du fil. 4. Marquage du point dangereux sur la torche et le dévidoir avec le signal d'avertissement W022 « Avertissement ; Élément pointu » selon l'EN ISO 7010:2020.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention explicite que le fil de soudage présente une pointe acérée capable de percer la peau même à l'arrêt. Description de la procédure sûre d'enfilage du fil (n'avancer le fil qu'en mode d'avance lente à vitesse d'enfilage réduite, couper proprement l'extrémité du fil avec une pince coupante, ne jamais tâter avec la main nue). 2. Signalisation d'avertissement sur le support de torche et sur le dévidoir : signal d'avertissement W022 « Avertissement ; Élément pointu » selon l'EN ISO 7010:2020. 3. Exigence de qualification : les activités sur la torche et le dévidoir (enfilage du fil, nettoyage) ne doivent être réalisées que par du personnel spécialisé instruit ; exigence à documenter dans la notice d'instructions. 4. Spécification des EPI : des gants de protection résistant à la coupure (selon l'EN 388, résistance à la perforation d'au moins le niveau de performance 2) doivent être portés lors de l'enfilage du fil et du nettoyage de la torche ; spécification à inclure dans la notice d'instructions et sur l'affichage au poste de travail. 5. Remarque sur la coupe sûre de la pointe du fil : avant toute intervention manuelle sur la torche, la pointe du fil doit être coupée proprement et sans bavure avec une pince coupante appropriée ; l'outil doit être mis à disposition au poste de travail.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû à l'extrémité du fil. Le fil doit dépasser du tube contact pour l'arc. Le retrait automatique après chaque cycle et la marche par à-coups selon le principe de la commande à action maintenue (étape 1), la limitation de longueur par le capuchon de protection de torche, le blocage du dévidage automatique du fil lorsque la porte de maintenance est ouverte et le coupe-fil de la station de nettoyage de la torche (étape 2) limitent la longueur de fil exposée à la dimension de procédé. L'enfilage du fil lors du changement de fil et les travaux sur la torche restent des tâches manuelles au cours desquelles la main travaille nécessairement au niveau du fil ; un dispositif de protection entre la main et le fil ne peut pas être utilisé pour ces tâches, de sorte qu'aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'est réalisable. La blessure par perforation ou par coupure qui subsiste est réversible. Elle est contrée à l'étape 3 par des gants résistant à la coupure selon l'EN 388, par la coupe nette de l'extrémité du fil avant toute tâche manuelle, par la limitation au personnel instruit et par le signal W022 sur le support de torche et sur le dévidoir (notice d'instructions, chapitres 2.4 et 2.6).

N° 9 Mécanique

Risque avant : S 4 · O 4 · **IR 16**

Danger ergonomique et danger d'écrasement lors du chargement et du déchargement manuels de pièces jusqu'à 40 kg: Les pièces jusqu'à 15 kg sont chargées à la main, les pièces de plus de 15 kg avec l'auxiliaire de levage fourni par l'exploitant ; en cas de mauvais usage raisonnablement prévisible (levage sans l'auxiliaire de levage), il en résulte une sollicitation de l'appareil locomoteur ainsi qu'un risque de perte de prise, avec chute consécutive de la pièce sur les pieds ou les mains.

Sous-machine : Poste de chargement (poste de l'opérateur) · aussi dans : Fonctionnement · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Limitation de la masse des pièces manipulées manuellement à 15 kg au maximum. Ce seuil est fixé par le fabricant pour environ 40 levages par heure et est déduit de la masse de référence selon l'EN 1005-2:2003+A1:2008. Pour les pièces de plus de 15 kg et jusqu'à 40 kg, le support de pièce au poste de chargement est conçu de manière à permettre le chargement par le haut avec l'auxiliaire de levage fourni par l'exploitant, sans changer de prise (accès dégagé, profondeur d'insertion, géométrie des butées de positionnement).
Étape 2 · Protection	1. Le poste de chargement est préparé pour un auxiliaire de levage fourni par l'exploitant (auxiliaire de levage non compris dans la fourniture, capacité de charge d'au moins 40 kg, rayon d'action couvrant toute la zone de chargement). L'accès par le haut est dégagé, de sorte que l'opérateur puisse atteindre la position de chargement sans changer de prise ni lâcher la pièce. 2. Marquage au sol (jaune/noir selon l'ASR A1.3 allemande) de la zone de dépose et de pivotement de l'auxiliaire de levage au poste de chargement, afin que l'opérateur ne se tienne pas sous la charge suspendue pendant le chargement. 3. Le rideau lumineux au poste de chargement (SF-02, PLr e) sécurise la zone dangereuse de l'ouverture de la machine ; il ne protège pas contre la chute de la pièce elle-même, mais il limite la zone dans laquelle les mains peuvent se trouver pendant le chargement.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication claire de la règle de manutention (jusqu'à 15 kg à la main, au-delà de 15 kg avec l'auxiliaire de levage fourni par l'exploitant, capacité de charge d'au moins 40 kg) et des points d'accrochage corrects sur la pièce. Indication de la posture du corps pendant le chargement selon l'EN 1005-4. 2. Signalisation d'avertissement au poste de chargement : signaux d'avertissement W015 « Avertissement ; Charges suspendues » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » et signal d'obligation M008 « Port de chaussures de sécurité obligatoire » selon l'EN ISO 7010:2020. Panneau textuel « Manutention manuelle uniquement jusqu'à 15 kg, utiliser l'auxiliaire de levage au-delà » directement au poste de chargement. 3. Exigence de qualification : les opérateurs doivent être instruits de l'utilisation de l'auxiliaire de levage et de la manutention ergonomique correcte avant de commencer le travail (instruction documentée). 4. Spécification des EPI : chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345 et gants de protection (résistants à la coupure, bonne adhérence) à prescrire comme EPI minimaux pour toutes les activités de chargement et de déchargement.

Risque après : G 4 · P 2 · **IR 8 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 8 (G 4, P 2) lors du chargement et du déchargement. Les pièces jusqu'à 40 kg font partie de l'utilisation prévue, et le chargement manuel constitue le concept de la machine (notice d'instructions, chapitre 2.1) ; un chargement automatique irait à l'encontre de ce concept. À l'étape 1, la manutention manuelle est limitée à 15 kg (spécification du fabricant dérivée de la masse de référence de l'EN 1005-2:2003+A1:2008), et le gabarit est conçu de sorte que les pièces plus lourdes soient chargées par le haut avec l'auxiliaire de levage, sans reprise en main. Après l'étape 2, le poste de chargement est préparé pour l'auxiliaire de levage fourni par l'exploitant, et sa zone de pivotement est marquée au sol. La machine ne peut pas déterminer si une pièce de plus de 15 kg est soulevée sans l'auxiliaire de levage ; le risque restant est ce mauvais usage, avec surcharge du système musculosquelettique ou chute de la pièce. Aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 empêchant ce mauvais usage sans aller à l'encontre du chargement manuel n'a été identifiée. Le panneau textuel « Manutention manuelle jusqu'à 15 kg uniquement, au-delà utiliser l'auxiliaire de levage », les chaussures de sécurité S3, l'instruction du personnel et l'obligation de l'exploitant de fournir l'auxiliaire de levage figurent dans la notice d'instructions (chapitres 1.2, 2.4 et 9.1).

N° 10 Mécanique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Danger de trébuchement, de glissade et de chute dans la zone du poste de chargement et de l'allée de maintenance, dû aux projections de soudage sur le sol, aux câbles, aux flexibles (air comprimé, gaz de protection) et aux zones humides lors des travaux de nettoyage.

Sous-machine : Poste de chargement / allée de maintenance · aussi dans : Fonctionnement, Maintenance, Nettoyage, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Éloigner par conception les câbles et flexibles (air comprimé, gaz de protection) de la zone de sol du poste de chargement et de l'allée de maintenance, en les faisant passer dans des goulottes, des chaînes porte-câbles ou des systèmes de guidage de câbles suspendus au plafond, de sorte qu'aucun risque de trébuchement n'apparaisse. Concevoir les raccordements au poste de chargement sous forme de colonnes suspendues au plafond ou de panneaux de prises muraux. Réduire l'exposition du sol aux projections de soudage au moyen de tôles de protection intégrées à la conception (écrans pare-projections) au poste de soudage, de sorte que les projections vers la zone de l'opérateur soient réduites au minimum. Le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; l'exigence relative au site d'installation (revêtement de sol antidérapant) est transmise à l'exploitant à l'étape 3.
Étape 2 · Protection	Limiter le risque résiduel dû aux risques de trébuchement et de glissade restants au moyen des mesures techniques suivantes : (1) marquages au sol (jaune/noir selon l'ASR A1.3 allemande) pour identifier les voies de circulation et les zones dangereuses conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.5.15. (2) Éclairage fixe suffisant du poste de chargement et de l'allée de maintenance conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.4, afin de détecter à temps les obstacles et les zones humides ; l'éclairage intégré à la machine selon l'EN 1837 fournit 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l'allée de maintenance. (3) Tapis de protection contre les projections dans la zone de soudage immédiate, faciles à retirer et à nettoyer.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : (1) mention du danger de trébuchement et de glissade dû aux projections de soudage, aux flexibles et à l'humidité ; prescrire des intervalles et des procédures de nettoyage pour la zone de sol. (2) Exigence de qualification : toutes les personnes entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance doivent avoir été instruites des dangers et de l'organisation des voies de circulation. (3) Spécification des EPI : des chaussures de sécurité à semelle antidérapante (S3 selon l'EN ISO 20345) doivent être portées en entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance. (4) Signalisation d'avertissement à l'accès au poste de chargement et à l'allée de maintenance : apposer le signal d'avertissement W011 « Avertissement ; Sol glissant » et le signal d'obligation M008 « Port de chaussures de sécurité obligatoire » selon l'EN ISO 7010:2020. (5) Exigence relative au site d'installation : revêtement de sol antidérapant au poste de chargement et dans l'allée de maintenance, classe de résistance au glissement R 11 au moins selon la règle DGUV 108-003 allemande.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû au trébuchement, à la glissade et à la chute. À l'étape 1, les câbles et les flexibles ont été éloignés de la zone de sol, et des écrans pare-projections réduisent les projections sortant de la cellule. Subsistent les projections de soudage qui atteignent le sol par l'ouverture, ouverte pour le chargement, et les zones humides lors du nettoyage. L'ouverture doit rester ouverte pour le chargement, et le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; d'autres mesures de conception sur la machine n'agissent pas sur ces causes. Après l'étape 2, les voies de circulation sont marquées, le poste de chargement est éclairé à 500 lx et l'allée de maintenance à 200 lx, et des tapis de protection contre les projections amovibles sont prévus dans la zone de soudage ; l'essai des points de trébuchement et de glissade est réussi. Toute mesure technique supplémentaire ne ferait que remplacer le nettoyage du sol, qui est spécifié comme tâche quotidienne. Le nettoyage quotidien (notice d'instructions, chapitre 10.2), les chaussures de sécurité S3 antidérapantes, les signaux W011 et W007 (chapitre 2.4) et l'exigence d'un revêtement de sol antidérapant sur le site d'installation (vue d'ensemble des risques résiduels, chapitre 2.6) constituent les informations pour l'utilisation.

N° 11 Mécanique

Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Danger dû à l'accès simultané de plusieurs personnes à différentes zones de la cellule (EN ISO 11161): une deuxième personne se trouve à l'intérieur de la cellule sans que le personnel de réglage en ait connaissance ; au démarrage du robot ou de la table tournante, la deuxième personne est heurtée.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (accès aux zones) · aussi dans : Maintenance, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le principe de fonctionnement de l'installation complète exige des zones accessibles pour les travaux de réglage, de maintenance et de recherche de défauts. Le danger résulte de la présence simultanée de plusieurs personnes dans différentes zones, ce qui ne peut être résolu par la seule géométrie, la distance ou la limitation d'énergie sans compromettre la finalité d'exploitation. Une réduction de l'énergie du robot ou de la table tournante à un niveau excluant de manière sûre toute blessure n'est pas réalisable techniquement avec ce type d'installation.
Étape 2 · Protection	1. Protection des personnes lorsque plusieurs personnes entrent dans la cellule, selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : la porte de maintenance est équipée d'un dispositif de condamnation pour cadenas personnels. Chaque personne qui entre dans la cellule appose son cadenas personnel sur le dispositif de condamnation de la porte ouverte. Tant qu'un cadenas est posé, la porte ne peut pas être fermée et le mode automatique ne peut pas être démarré. Des mouvements ne sont alors possibles qu'en mode de réglage, avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite de manière sûre. L'acquittement n'est possible que depuis l'extérieur, au pupitre de commande. 2. Interverrouillage de la porte de maintenance selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours depuis l'intérieur selon l'EN ISO 14119:2025, paragraphe 6.9.1, afin que les personnes enfermées à l'intérieur puissent quitter la cellule à tout moment. 3. L'autorisation du démarrage automatique (robot et table tournante) est réalisée sous forme de fonction de sécurité : le démarrage automatique n'est possible que lorsque la porte de maintenance est fermée et maintenue fermée par l'interverrouillage et que l'acquittement a été donné depuis l'extérieur. La fonction d'accès est la SF-01 (arrêt sûr à l'ouverture de la porte de maintenance) en PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023. Indépendamment de cela, l'autorisation de la rotation de la table tournante reste sécurisée par la SF-04 (PLr e). 4. En mode de réglage, la SF-05 s'applique (vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023). Le dispositif de validation est propre à chaque personne. La cellule dispose d'exactement un dispositif de validation, sur la console de programmation ; les mouvements en mode de réglage ne sont donc autorisés que lorsque personne d'autre que la personne qui tient le dispositif de validation ne se trouve dans la cellule (pour la consigne de procédure, voir étape 3). 5. Les distances de sécurité entre l'espace de travail du robot et les zones où des personnes sont présentes respectent l'EN ISO 13857:2019, tableau 2, et l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphes 5.4.6 et 5.8.9.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la protection des personnes à la porte de maintenance (un cadenas personnel par personne dans le dispositif de condamnation, déverrouillage de secours depuis l'intérieur) et de l'obligation d'apposer le cadenas avant d'entrer et de ne le retirer qu'après avoir quitté la cellule. Consigne de procédure pour les interventions à plusieurs personnes (réglage, maintenance, recherche de défauts) avec attribution claire des rôles (responsable, coordination). 2. Signaux d'avertissement à la porte de maintenance : signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020, panneau textuel « Apposer votre cadenas personnel avant d'entrer ». 3. Exigence de qualification : le personnel de réglage et de maintenance doit être instruit du concept d'accès à plusieurs personnes, de l'utilisation du dispositif de condamnation pour cadenas personnels et du déverrouillage de secours. L'instruction doit être documentée. 4. Spécification des EPI dans la notice d'instructions : chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345, vêtements de protection ajustés (aucun risque d'accrochage par des vêtements amples) à l'intérieur de la cellule.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) en cas d’accès de plusieurs personnes. Les travaux de réglage, de maintenance et de recherche de défauts exigent des zones accessibles ; le danger pour une deuxième personne ne peut pas être éliminé par la géométrie ou par la limitation de l’énergie (étape 1). Après l’étape 2, chaque personne qui entre pose son cadenas personnel sur le dispositif de condamnation de la porte de maintenance ; tant qu’un cadenas est posé, la porte ne peut pas être fermée et le mode automatique ne peut pas être démarré, et l’acquittement n’est possible que depuis l’extérieur (SF-01, PL d). Les mouvements ne sont alors possibles qu’en mode de réglage, avec l’unique dispositif de validation attribué à une personne et à 250 mm/s (SF-05, PL d), et le déverrouillage de secours permet aux personnes de quitter la cellule depuis l’intérieur à tout moment. Cette protection des personnes suit l’EN ISO 11161:2007+A1:2010. Le risque restant est qu’une personne entre dans la cellule sans son propre cadenas pendant que le régleur déclenche des mouvements ; même dans ce cas, l’installation ne se déplace qu’à vitesse réduite sous le dispositif de validation du régleur. La pose du cadenas reste un acte de chaque personne ; aucune autre mesure de l’étape 1 ou de l’étape 2 empêchant ce mauvais usage sans restreindre les travaux de réglage n’a été identifiée. Procédure pour les travaux impliquant plusieurs personnes, panneau textuel à la porte et instruction du personnel : notice d’instructions, chapitres 2.4, 2.5, 2.6 et 9.3.

N° 13 Électrique

Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû au courant de soudage au niveau de la pièce et du gabarit: le circuit de soudage conduit des courants élevés (typiquement 100 à 350 A) ; en cas de mauvais raccordement de masse ou d’isolation endommagée, les personnes qui touchent la pièce ou le gabarit peuvent subir une électrisation.

Sous-machine : Source de courant de soudage / gabarit · aussi dans : Fonctionnement, Recherche de défauts · Proposé avec l’assistance de l’IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Concevoir le bâti du gabarit et les supports de pièce de manière que les surfaces conductrices accessibles situées dans le circuit du courant de soudage soient isolées galvaniquement du bâti de la machine par conception, au moyen d’isolants (plaques isolantes en époxy renforcé de fibres de verre entre la plaque de base du gabarit et la table de la machine, ainsi que des inserts de mâchoires de serrage isolants). Par conception, cela interrompt le chemin de courant involontaire par le bâti et les surfaces extérieures accessibles. En complément : définir le point de raccordement du câble de masse directement sur la pièce ou à un emplacement prévu du gabarit non accessible à l’opérateur, et l’intégrer par la forme (évidement, goulotte de passage de câble) de telle sorte qu’un mauvais positionnement de la pince de masse soit rendu difficile par conception.
Étape 2 · Protection	1. Source de courant de soudage : la source de courant de soudage est de classe de protection I et d’indice de protection IP23S selon l’EN IEC 60974-1 ; son intégration dans la chaîne des conducteurs de protection de l’installation complète doit être réalisée selon l’EN 60204-1:2018, paragraphe 8 (sections des conducteurs de protection, points de raccordement). 2. Surveillance du raccordement de masse : la surveillance du courant de masse de la source de courant de soudage est activée ; en cas d’interruption ou de résistance de contact inadmissiblement élevée, le procédé de soudage est bloqué. Cette fonction est un verrouillage d’exploitation sans exigence de PL (ce n’est pas une fonction de sécurité au sens de l’EN ISO 13849-1:2023) ; aucune réduction du risque ne lui est attribuée. 3. Liaison équipotentielle : toutes les parties conductrices du gabarit qui ne sont pas isolées volontairement sont incluses dans la liaison équipotentielle de protection de l’installation (EN 60204-1:2018, paragraphe 8.2). 4. Restriction d’accès pendant le procédé de soudage : le poste de chargement est sécurisé par le rideau lumineux (SF-02, PLr e selon l’EN ISO 13849-1:2023) ; pendant le soudage actif, l’accès à la zone de soudage est empêché par la porte de maintenance à interverrouillage (SF-01, PLr d) et par la logique d’autorisation de la table tournante (SF-04, PLr e), de sorte que le contact avec des parties actives en mode automatique soit empêché à la fois par la conception et par des moyens de commande. 5. Cheminement des câbles : les câbles de soudage et les câbles de masse sont posés dans des goulottes fermées ou des conduits de protection (protection contre les dommages mécaniques) ; les rayons de courbure minimaux indiqués par le fabricant doivent être respectés ; les câbles doivent être fixés avec décharge de traction.
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	1. Notice d’instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description du raccordement correct de la pince de masse (position, nettoyage de la surface de contact, zones de serrage admissibles) ; mention de l’interdiction de toucher la pièce et le gabarit pendant le soudage ; intervalles de contrôle de l’isolation et de l’état des câbles (contrôle visuel chaque jour de travail, mesure d’isolement semestrielle par une personne qualifiée en électricité, voir chapitre 10.2). 2. Exigence de qualification : le réglage, la recherche de défauts et la maintenance de la source de courant de soudage et de ses raccordements ne doivent être effectués que par une personne qualifiée en électricité ou par une personne initiée à l’électricité sous la surveillance d’une personne qualifiée en électricité (termes selon l’EN 60204-1:2018, paragraphe 3.1). 3. Signalisation d’avertissement sur le gabarit et dans la zone de soudage : apposer le signal d’avertissement W012 « Avertissement ; Électricité » selon l’EN ISO 7010:2020 à un endroit bien visible ; apposer un panneau textuel « Contrôler la pince de masse avant de commencer à souder ». 4. Spécification des EPI dans la notice d’instructions : lors du réglage et de la recherche de défauts dans la zone de soudage, porter des gants isolants (classe de protection adaptée à la basse tension) et des vêtements de protection pour le soudage.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 14 Électrique

Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Perturbations CEM entre la source de courant de soudage et la commande de sécurité (commande du robot, unité d'évaluation du rideau lumineux, commande d'interverrouillage): les impulsions parasites haute fréquence de l'arc MAG peuvent influencer les fonctions de sécurité et entraîner un déclenchement intempestif ou, ce qui est plus critique, une défaillance non détectée de fonctions de sécurité (EN ISO 11161).

Sous-machine : Ensemble de l'installation (interface CEM) · aussi dans : Fonctionnement · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Séparation spatiale et galvanique des circuits de soudage et des circuits de sécurité par prescription de conception : (1) poser le conducteur de retour du courant de soudage comme conducteur de retour dédié, proche de la pièce, directement depuis le gabarit de soudage, de sorte qu'aucune boucle de courant de grande surface faisant office d'antenne ne soit créée. (2) Poser les câbles de courant de soudage et les câbles de signaux/commande de sécurité dans des goulottes séparées avec une séparation minimale de 200 mm (distances de séparation selon l'EN 50174-2 et l'EN 60204-1:2018, annexe H) ; croisements uniquement à angle droit. (3) Mettre à la terre la source de courant de soudage et la commande de sécurité sur des barres d'équipotentialité distinctes, reliées à faible impédance au conducteur de protection de l'installation, afin d'éviter les chemins d'impédance commune. Ces mesures réduisent le couplage à la source sans nécessiter de moyen de protection.
Étape 2 · Protection	Pour le risque résiduel restant dû aux perturbations conduites et rayonnées : (1) réaliser tous les câbles de signaux et de commande de sécurité (rideau lumineux SF-02, interverrouillage SF-01, autorisation de rotation SF-04, arrêt d'urgence SF-03) en câbles blindés ; relier le blindage aux deux extrémités, à faible impédance, à la barre d'équipotentialité. (2) Utiliser des filtres secteur (filtres antiparasites) à l'alimentation de la commande de sécurité et de l'unité d'évaluation du rideau lumineux, dimensionnés selon l'EN IEC 61000-6-2:2019 (exigences d'immunité pour les environnements industriels). (3) Installer la commande du robot, l'unité d'évaluation du rideau lumineux et la commande d'interverrouillage uniquement dans des armoires de commande à blindage continu (enveloppes métalliques, entrées de câbles conformes CEM). (4) La commande de sécurité et tous les composants des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 doivent démontrer leur conformité aux exigences d'immunité de l'EN IEC 61000-6-2:2019 (les justificatifs des fabricants de composants sont archivés). (5) Les fonctions de sécurité SF-01 (PLr d), SF-02 (PLr e), SF-03 (PLr d), SF-04 (PLr e) et SF-05 (PLr d) doivent être validées selon l'EN ISO 13849-1:2023 et l'EN ISO 13849-2:2012 ; la validation doit démontrer l'immunité de la SRP/CS selon l'EN ISO 13849-1:2023, annexe L, et les mesures contre les défaillances de cause commune (annexe F). (6) Source de courant de soudage : matériel marqué CE avec une déclaration UE de conformité couvrant également la directive CEM 2014/30/UE ; émissions de la source selon l'EN IEC 60974-10 (CEM des matériels de soudage à l'arc), émissions de l'installation complète selon l'EN IEC 61000-6-4:2019 (rapport d'essai RSZ-2600-EMV-001). (7) Installation complète : réaliser un essai de réception CEM selon l'EN IEC 61000-6-2:2019 à l'état de fonctionnement avec le procédé de soudage actif, afin de vérifier l'immunité des fonctions de sécurité dans des conditions réelles de fonctionnement.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : (1) mention que les modifications du cheminement des câbles (câbles de courant de soudage, câbles de commande) ne doivent être effectuées que par du personnel spécialisé qualifié disposant de compétences en CEM. (2) Consigne de maintenance : contrôle visuel des terminaisons de blindage, des liaisons équipotentielles et de la séparation des goulottes ; intervalle de contrôle de six mois (voir chapitre 10.2). (3) Mention qu'après chaque remplacement de la source de courant de soudage, de la commande du robot ou de composants de sécurité, un nouveau contrôle fonctionnel CEM des fonctions de sécurité est requis. (4) Exigence de qualification : le personnel de réglage (mode de fonctionnement Réglage, SF-05 active) doit être instruit des schémas de défauts liés à la CEM sur les commandes de sécurité. (5) Marquage sur l'armoire de commande de la commande de sécurité : panneau textuel « Ne modifier le cheminement des câbles que conformément au schéma électrique RSZ-2600-EPL-001 ».

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 15 Thermique

Risque avant : S 3 · O 4 · **IR 12**

Danger de brûlure dû aux pièces chaudes et aux cordons de soudure: les assemblages fraîchement soudés atteignent plusieurs centaines de degrés Celsius dans la zone du cordon ; le retrait sans gants de protection appropriés ou le contact avec le cordon peut entraîner de graves brûlures.

Sous-machine : Poste de chargement (côté retrait) · aussi dans : Fonctionnement · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le principe de fonctionnement du soudage à l'arc sous gaz de protection exige nécessairement un apport de chaleur dans la pièce ; la température du cordon qui en résulte ne peut physiquement pas être ramenée à un niveau sûr sans supprimer le procédé de soudage lui-même. Le remplacement du procédé d'assemblage (par ex. collage, boulonnage) n'est pas prévu et ne satisferait pas aux exigences du produit. Une mesure géométrique (distance par rapport au cordon par la forme) ne peut pas être réalisée par conception au point de préhension pour le retrait, car l'opérateur doit saisir l'assemblage.
Étape 2 · Protection	1. Temps de refroidissement imposé : une temporisation de verrouillage côté commande après la fin du soudage (temporisateur dans la commande du système), pendant laquelle l'autorisation du retrait au poste de chargement (côté retrait) reste verrouillée. La temporisation est enregistrée pour chaque programme de soudage ; elle dépend de la géométrie de la pièce et de l'apport de chaleur. Cette fonction n'est pas une fonction de sécurité au sens de l'EN ISO 13849-1 (aucun PLr attribué), mais un verrouillage lié au procédé ; elle réduit la probabilité d'occurrence mais ne remplace pas l'obligation d'utiliser des EPI. 2. Voyant / dispositif de signalisation : indicateur optique (voyant rouge au poste de retrait) actif pendant la temporisation de refroidissement et qui s'éteint dès que l'autorisation est accordée. 3. Écran thermique : la paroi centrale de séparation fixe avec rideau de soudage entre la zone de soudage et le poste de retrait protège l'opérateur de la chaleur rayonnante (conception selon l'EN ISO 13732-1:2008 en ce qui concerne les limites de température de contact, comme référence de conception pour les surfaces pouvant être touchées par inadvertance).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention du risque de brûlure dû aux pièces chaudes et aux cordons de soudure ; indication du temps de refroidissement requis avant le retrait ; obligation de porter des gants de protection thermique (EPI de catégorie II, adaptés à la chaleur de contact selon l'EN 407, niveau de performance de chaleur de contact au moins 3) et, le cas échéant, une protection des avant-bras. 2. Signalisation d'avertissement au poste de retrait : signal d'avertissement W017 « Avertissement ; Surface chaude » et signal d'obligation M009 « Port de gants de protection obligatoire » selon l'EN ISO 7010:2020, à apposer de façon durable et bien visible au poste de chargement (côté retrait) (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.1). 3. Qualification et instruction : les opérateurs et le personnel de réglage doivent être instruits du risque de brûlure, des temps de refroidissement et de l'obligation d'utiliser des EPI avant de commencer le travail ; l'instruction doit être documentée. 4. Mise à disposition des EPI : la notice d'instructions doit inviter l'exploitant à mettre à disposition des gants de protection thermique appropriés (EN 407) et à en contrôler l'utilisation.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû aux pièces chaudes. L'apport de chaleur est inhérent au procédé de soudage et ne peut pas être réduit à un niveau inoffensif, et l'opérateur doit saisir l'assemblage (étape 1 épuisée). Après l'étape 2, la commande bloque le retrait pendant une temporisation de refroidissement enregistrée pour chaque programme de soudage, le voyant rouge du poste de retrait signale le blocage, et la paroi centrale de séparation fait écran à la chaleur rayonnante. Attendre que le cordon passe sous les limites de température de contact selon l'EN ISO 13732-1:2008 dépasserait considérablement le temps de cycle d'environ 90 secondes et irait à l'encontre de la production en série conforme à l'utilisation prévue ; aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'est donc réalisable. Le risque restant est le contact avec des zones du cordon encore chaudes après l'écoulement de la temporisation de verrouillage, qui entraîne une brûlure réversible. Il est contré par des gants de protection contre la chaleur selon l'EN 407, par les signaux W017 et M009 du côté retrait et par l'instruction du personnel (notice d'instructions, chapitres 2.4, 2.6 et 9.1).

N° 16 Thermique

Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Danger de brûlure et d'incendie dû aux projections de soudage (étincelles): lors du soudage MAG, des projections se forment à des températures supérieures à 1500 °C ; elles peuvent atterrir sur des matériaux combustibles (emballages, huiles, vêtements) de l'environnement et provoquer des incendies ou des brûlures.

Sous-machine : Robot de soudage / zone de soudage · aussi dans : Fonctionnement · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Optimisation des paramètres de soudage pour réduire les projections : utilisation d'un procédé d'arc à faibles projections (par ex. arc pulsé ou arc court de type CMT) à la place de l'arc court conventionnel, dans la mesure où la tâche d'assemblage le permet. En réduisant spécifiquement l'énergie et la quantité de projections transférées, la probabilité que des projections susceptibles d'enflammer atteignent des matériaux combustibles est réduite par conception. En complément : positionner la zone de soudage de sorte qu'aucun produit d'exploitation combustible (huiles, lubrifiants, emballages) ne soit stocké ni acheminé dans le rayon de protection contre les projections de 1 m autour de la zone de soudage. Les conduites véhiculant des fluides combustibles doivent être écartées de la zone des projections ou munies d'écrans non combustibles.
Étape 2 · Protection	1. Protecteur : la zone de soudage est entourée par la clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et fenêtres d'observation de protection pour le soudage (EN ISO 14120:2015) et par la paroi centrale de séparation de la table tournante ; les panneaux de remplissage et la paroi centrale de séparation sont non combustibles et résistants aux projections de soudage. Ce cloisonnement empêche les projections de s'échapper vers la zone de travail générale. Du côté du poste de chargement, la paroi centrale de séparation de la table tournante avec son rideau de soudage selon l'EN ISO 25980 protège la zone de soudage. 2. Système d'aspiration dans la zone de soudage : captage des fumées et particules de soudage directement à la source selon l'EN ISO 21904-1:2020, afin d'aspirer les particules incandescentes et de réduire la charge thermique sur l'environnement. 3. Sécuriser la zone d'exclusion de 1 m autour de la clôture périphérique : marquage au sol permanent jaune et noir selon la règle allemande pour les lieux de travail ASR A1.3 et, si possible, barrières physiques ; aucune zone de stockage ou de dépose dans la zone. 4. Protection incendie : prévoir un support pour un extincteur (CO2 ou poudre, pas d'eau en raison de l'installation électrique) à la cellule ; la mise à disposition et le contrôle des agents extincteurs incombent à l'exploitant (mention dans la notice d'instructions, étape 3). 5. Fonctions de sécurité : la porte de maintenance est intégrée à l'automate de sécurité par la SF-01 (PLr d) et l'ouverture de chargement par la SF-02 (PLr e) ; le soudage n'a lieu que porte de maintenance fermée et verrouillée.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention du rayon de protection contre les projections et interdiction de stocker des matériaux combustibles dans la zone de soudage. Indication des plages admissibles des paramètres de soudage (courant, tension, dévidage du fil) pour réduire les projections. Consignes de nettoyage régulier des projections sur les surfaces de la machine et dans la zone de soudage (réduction de la charge calorifique). Consignes de conduite à tenir en cas d'incendie (alerte, première intervention d'extinction, évacuation). 2. Signaux d'avertissement sur la clôture périphérique selon l'EN ISO 7010:2020 : signal d'avertissement général W001 avec le texte complémentaire « Risque d'incendie dû aux projections de soudage ». « Avertissement ; Surface chaude » (W017) dans la zone de soudage. Signal d'obligation M010 « Port de vêtements de protection obligatoire » à la porte de maintenance. 3. Exigence de qualification : le personnel de réglage et les opérateurs doivent être formés à l'utilisation de l'installation de soudage et à la manipulation des équipements de protection incendie. Le personnel de réglage doit justifier d'une qualification de spécialiste du soudage ou d'une instruction équivalente documentée. 4. Spécification des EPI : lors des travaux de réglage dans la zone de soudage, les EPI suivants doivent être portés : vêtements de protection pour le soudage ignifuges (selon l'EN ISO 11611), gants de soudeur (selon l'EN 12477), écran facial de soudage ou casque de soudage avec filtre de soudage selon l'EN ISO 16321-2 (anciennement EN 169). En mode automatique, porte de maintenance fermée, aucun EPI de soudeur n'est requis ; toutefois, il est interdit d'entrer dans la zone de soudage pendant le fonctionnement (notice d'instructions).

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 17 Thermique

Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Risque de brûlure dû à la torche de soudage chaude et au col de torche: le col de torche et le tube contact sont fortement chauffés après le procédé de soudage ; lors du changement de torche, du nettoyage ou du réglage sans temps de refroidissement, les mains et les doigts peuvent être brûlés.

Sous-machine : Torche de soudage · aussi dans : Maintenance, Nettoyage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Utilisation d'un refroidissement actif de la torche (torche refroidie à l'eau au lieu d'une torche refroidie à l'air) : le refroidissement continu à l'eau limite par conception l'énergie thermique dans le col de torche et au tube contact à un niveau de température nettement plus bas. En complément : le support de torche et le système de changement sont conçus de sorte que l'opérateur, lors du changement de torche, ne touche que des zones de préhension thermiquement découplées (poignée en plastique ou en céramique, aucun contact métallique direct avec le col de torche). Conception selon l'EN ISO 13732-1:2008 (seuil de brûlure pour le métal nu d'environ 51 °C pour une durée de contact de 1 min et de 48 °C pour 10 min).
Étape 2 · Protection	1. Surveillance du temps de refroidissement : un capteur de température sur le col de torche renvoie l'information à la commande de la machine ; l'IHM n'indique l'autorisation du changement de torche et du nettoyage qu'une fois la température retombée sous la valeur limite. La fonction est un verrouillage d'exploitation sans exigence de PL selon l'EN ISO 13849-1 ; aucune réduction du risque ne lui est attribuée. 2. Protecteur : la zone de soudage est entourée par la clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et fenêtres d'observation de protection pour le soudage (EN ISO 14120:2015) ; l'accès à la torche pour la maintenance et le nettoyage se fait exclusivement par la porte de maintenance sécurisée (SF-01, PLr d). L'accès involontaire à la torche chaude en mode automatique est ainsi exclu par conception. 3. Mise à disposition d'un repose-torche avec logement thermiquement isolé (coussin en céramique ou en silicone) directement au poste de soudage, de sorte que la torche soit déposée de manière définie après le procédé et ne soit pas posée sur des surfaces métalliques conductrices.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions : indiquer explicitement le temps de refroidissement après la fin du soudage avant tout changement de torche, nettoyage ou travail de réglage sur la torche (valeur de référence selon les indications du fabricant de la torche) ; inclure une procédure de changement de torche comportant l'étape « attendre le temps de refroidissement ou contrôler la température ». 2. Signalisation d'avertissement : apposer de façon durable et bien visible le signal d'avertissement « Avertissement ; Surface chaude » (W017 selon l'EN ISO 7010:2020) dans la zone de la torche et à la porte de maintenance. 3. Qualification : seules des personnes instruites peuvent effectuer les changements de torche et le nettoyage ; l'instruction porte sur le risque de brûlure, les temps de refroidissement et l'utilisation correcte des EPI. 4. Spécification des EPI : des gants de protection thermique (adaptés à la chaleur de contact, classe de protection selon l'EN 407) sont obligatoires lors des changements de torche, du nettoyage et des travaux de réglage sur la torche ; cette exigence doit figurer dans la notice d'instructions et être signalée par le signal d'obligation « Port de gants de protection obligatoire » (M009 selon l'EN ISO 7010:2020) à la porte de maintenance.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 18 Rayonnement — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Phénomène dangereux dû au rayonnement optique de l'arc MAG (UV, visible, IR): l'arc émet un rayonnement ultraviolet, visible et infrarouge intense ; l'observation de l'arc sans protection (y compris par une porte de maintenance ouverte en mode de réglage) peut provoquer des lésions oculaires (kératoconjonctivite, lésions de la rétine) et des brûlures cutanées.

Sous-machine : Robot de soudage / zone de soudage · aussi dans : Fonctionnement · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le principe de fonctionnement du soudage MAG exige nécessairement un arc ouvert à forte intensité de rayonnement ; le courant, la tension et l'énergie de l'arc ne peuvent pas être réduits à un niveau où le danger de rayonnement est éliminé sans interrompre le procédé de soudage. Le déplacement géométrique du point dangereux n'est pas possible dans une installation de soudage robotisée aux positions de soudage variables.
Étape 2 · Protection	1. Cloisonnement de la zone de soudage : clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et fenêtres d'observation de protection pour le soudage, en tant que protecteur fixe selon l'EN ISO 14120:2015 ; panneaux de remplissage et revêtement (noir mat, surface absorbant la lumière) à concevoir de sorte qu'aucune réflexion UV/IR notable ne s'échappe vers l'extérieur. Fenêtres d'observation et rideaux de soudage à concevoir selon l'EN ISO 25980. 2. Porte de maintenance : la porte de maintenance doit être équipée d'un interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025 (verrouillage avec interverrouillage, déverrouillage de secours selon l'EN ISO 14119:2025, paragraphe 6.9.1). La fonction de sécurité « SF-01 Arrêt sûr (catégorie d'arrêt 1) à l'ouverture de la porte de maintenance » doit être réalisée en PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023 : l'interverrouillage ne libère la porte qu'une fois l'arc éteint et le robot à l'arrêt ; il n'est donc pas nécessaire de calculer une distance de sécurité selon l'EN ISO 13855:2024. 3. Mode de réglage porte de maintenance ouverte : tant que la porte de maintenance est ouverte, la source de courant de soudage est mise à l'arrêt de manière sûre par la SF-01 (chaîne de coupure de l'automate de sécurité comme pour la SF-03, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023), de sorte qu'aucun arc ne puisse être amorcé porte ouverte. Le blocage supplémentaire de l'autorisation de soudage dans la commande standard (autorisation de soudage uniquement porte de maintenance fermée et verrouillée) est un verrouillage d'exploitation sans exigence de PL. La fonction « SF-05 Vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation en mode de réglage » (PLr d) s'applique aux mouvements du robot et de la table tournante. Porte de maintenance fermée, l'interverrouillage (SF-01) protège contre le rayonnement de l'arc. 4. Protection contre le rayonnement à l'ouverture de chargement : la paroi centrale de séparation de la table tournante avec son rideau de soudage selon l'EN ISO 25980 protège le poste de chargement, de sorte qu'aucun rayonnement direct ne puisse atteindre l'opérateur.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions : mention du danger de rayonnement de l'arc MAG (UV, visible, IR) conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, points 1.7.4.1 et 1.7.4.2 ; indication que la source de courant de soudage est mise à l'arrêt de manière sûre par la SF-01 tant que la porte de maintenance est ouverte ; description des exigences en matière d'EPI pour les activités de réglage et de maintenance à proximité de la zone de soudage. 2. Exigence de qualification : le personnel de réglage et de maintenance doit connaître le danger de rayonnement lié au soudage à l'arc ; l'instruction selon l'ordonnance allemande sur la protection contre les rayonnements optiques artificiels (OStrV) est à désigner dans la notice d'instructions comme une obligation de l'exploitant. 3. Spécification des EPI : pour les activités où un risque résiduel dû au rayonnement diffusé (par ex. réflexions lors du réglage à proximité immédiate) ne peut être totalement exclu : lunettes de soudage ou écran facial de soudage avec filtre de soudage selon l'EN ISO 16321-2 (anciennement EN 169), vêtements de protection résistant aux UV et gants de protection. 4. Signalisation d'avertissement : signal d'avertissement « Avertissement ; Rayonnement optique » (W027 selon l'EN ISO 7010:2020) à la porte de maintenance et à l'ouverture de chargement ; signaux d'obligation « Protection des yeux obligatoire » (M004) et « Port de vêtements de protection obligatoire » (M010) selon l'EN ISO 7010:2020, à apposer à la porte de maintenance. 5. Données d'émission : informations sur le rayonnement optique de l'arc dans la notice d'instructions conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, points 1.5.10 et 1.7.4.2 ; la base est constituée par les données du fabricant de la source de courant de soudage et par l'évaluation de l'émission de rayonnement selon l'EN 12198 (rayonnement émis par les machines).

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 19 Rayonnement

Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû aux champs électromagnétiques (CEM) générés par la source de courant de soudage et les câbles de soudage: les courants de soudage élevés génèrent de forts champs magnétiques ; les personnes porteuses d'implants actifs (stimulateurs cardiaques, pompes à insuline) peuvent être mises en danger par ces champs.

Sous-machine : Source de courant de soudage / câbles de soudage · aussi dans : Fonctionnement, Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Poser et regrouper les câbles de soudage (conducteur de courant et conducteur de retour) de sorte que les conducteurs aller et retour soient rapprochés au maximum (paires de câbles torsadées ou posées en parallèle à distance minimale l'une de l'autre) : les champs magnétiques des deux conducteurs se compensent en partie, ce qui réduit nettement l'intensité de champ résultante dans l'environnement. Garder les câbles aussi courts que techniquement possible et éviter les enroulements inutiles ou les boucles, car les boucles augmentent l'intensité de champ. Installer la source de courant de soudage à distance du poste de chargement et du pupitre de commande.
Étape 2 · Protection	Sécuriser l'accès à la zone de soudage (cellule de soudage) pendant le fonctionnement au moyen du protecteur fixe existant (clôture périphérique selon l'EN ISO 14120:2015), de sorte que des personnes ne puissent pas pénétrer à proximité immédiate des câbles de soudage actifs pendant le fonctionnement automatique. Concevoir la porte de maintenance avec interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025 (SF-01, PLr d), qui n'autorise l'entrée qu'après la coupure du courant de soudage. En mode de réglage et lors des travaux de maintenance à proximité des câbles : couper le courant de soudage avant d'entrer dans la zone dangereuse et le sécuriser contre toute remise en marche (séparation de l'énergie et arrêt selon l'EN ISO 14118:2018). Les câbles de soudage cheminent entièrement à l'intérieur de la clôture périphérique, de sorte que les personnes situées à l'extérieur de la cellule restent à distance des câbles actifs.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : indication explicite que le fonctionnement de la machine à souder génère de forts champs électromagnétiques. Les personnes porteuses d'implants métalliques actifs ou passifs (stimulateurs cardiaques, pompes à insuline, implants cochléaires, implants métalliques) ne doivent pas pénétrer à proximité immédiate des câbles de soudage et de la source de courant de soudage. Avant de commencer des activités de réglage ou de maintenance à proximité des câbles, le courant de soudage doit être coupé. Exigence de qualification : le personnel de réglage et de maintenance doit être instruit du danger lié aux CEM ; les personnes porteuses d'implants connus doivent être exclues des activités à proximité immédiate des câbles de soudage actifs. Signalisation d'avertissement : apposer le signal d'avertissement « Avertissement ; Champ magnétique » (W006 selon l'EN ISO 7010:2020) à la porte de maintenance, au poste de chargement et sur la source de courant de soudage. En complément, apposer aux mêmes endroits le signal d'interdiction « Accès interdit aux porteurs de dispositifs cardiaques implantés actifs » (P007 selon l'EN ISO 7010:2020). Les émissions de champs électromagnétiques sont à décrire qualitativement dans la notice d'instructions ; la base d'évaluation est constituée par les données du fabricant de la source de courant de soudage selon l'EN IEC 62822-2 (évaluation des matériels de soudage à l'arc au regard de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques).

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 20 Matières/substances — Risque avant : S 4 · O 4 · **IR 16**

Phénomène dangereux dû à l'inhalation de fumées et de vapeurs de soudage (oxydes métalliques, manganèse, oxydes de fer): le soudage MAG de l'acier de construction génère des particules et des gaz nocifs ; en cas d'aspiration insuffisante (cartouche filtrante saturée, installation arrêtée), les concentrations dans la zone respiratoire de l'opérateur dépassent les valeurs limites d'exposition professionnelle.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (aspiration / zone de soudage) · aussi dans : Fonctionnement, Maintenance, Nettoyage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Substitution du produit d'apport de soudage : utilisation de fils pleins à teneur en manganèse démontrablement réduite (alliage à faible teneur en Mn, par ex. teneur en Mn < 1,0 % selon la fiche de données de sécurité) à la place de fils fourrés ou de fils à forte teneur en manganèse, dans la mesure où la tâche de soudage (acier de construction, qualité de soudure) le permet. En complément : optimisation des paramètres de soudage (tension d'arc, vitesse de dévidage du fil, composition du gaz de protection) sur un réglage à faibles fumées conformément à la recommandation du fabricant de la source de courant de soudage, afin de réduire au minimum la formation de fumées à la source. Les deux mesures réduisent la masse de polluants émise et donc la probabilité d'une exposition nocive ; la gravité du dommage possible reste inchangée.
Étape 2 · Protection	Ventilation technique et aspiration selon l'EN ISO 21904-1:2020 (aspiration des fumées de soudage) : captage des fumées de soudage par la hotte de captage au-dessus de la zone de soudage avec un débit volumique de 1800 m³/h, qui garantit la vitesse de captage au point d'émission. Le système d'aspiration doit être équipé d'une surveillance du filtre (pressostat différentiel) qui déclenche une alarme lorsque la cartouche filtrante est saturée ou que l'aspiration est défaillante ; la cellule s'arrête de manière contrôlée et ne peut être redémarrée qu'une fois le défaut éliminé (verrouillage d'exploitation sans exigence de PL selon l'EN ISO 13849-1, aucune réduction du risque ne lui est attribuée). Protection de la zone de soudage par la clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage (EN ISO 14120:2015) et par la paroi centrale de séparation de la table tournante, afin de réduire au minimum la diffusion des fumées vers la zone de l'opérateur. Une surveillance de l'air ambiant pour la concentration de fumées de soudage au poste de chargement est recommandée à l'exploitant comme mesure complémentaire.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication des types de fumées de soudage émises et renvoi aux valeurs limites d'exposition professionnelle à respecter selon la TRGS 900 et la TRGS 528 allemandes ; consigne de contrôle et de remplacement réguliers des cartouches filtrantes (intervalle de maintenance selon les indications du fabricant, EN ISO 21904-1:2020) ; interdiction de souder lorsque le système d'aspiration est en panne ou arrêté. Signaux d'avertissement à la zone de soudage : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Fumées de soudage nocives » et signal d'obligation « Protection respiratoire obligatoire » (M017) en tant que marquage du risque résiduel. Exigence en matière d'EPI : demi-masque filtrant à particules FFP3 selon l'EN 149 ou appareil de protection respiratoire à ventilation assistée pour les travaux de réglage, de maintenance et de nettoyage dans la zone de soudage lorsque le système d'aspiration est arrêté. Exigence de qualification : les opérateurs et le personnel de réglage doivent être instruits des dangers des fumées de soudage et de l'utilisation correcte du système d'aspiration (TRGS 528, paragraphe 5).

Risque après : G 4 · P 2 · **IR 8 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 8 (G 4, P 2) dû aux fumées de soudage. La gravité résulte des propriétés des fumées de soudage (oxydes métalliques, manganèse) et reste inchangée ; le procédé MAG est la finalité de la machine et ne peut pas être remplacé. À l'étape 1, un fil plein à faible teneur en manganèse, dans la mesure où la tâche de soudage le permet, et des paramètres à faibles fumées sont prévus. Après l'étape 2, la hotte de captage située au-dessus de la zone de soudage capte les fumées à 1800 m³/h, la cellule s'arrête de manière contrôlée en cas de défaut de l'aspiration ou de saturation de la cartouche filtrante (seuil d'alarme de défaut 1400 m³/h), la séparation s'effectue en classe W3, et la clôture périphérique et la paroi centrale de séparation font écran pour le poste de chargement ; le captage, l'efficacité et la classe de séparation ont été contrôlés. Un encoffrement complet n'est pas possible, car l'ouverture de chargement doit rester ouverte pour le chargement manuel, et l'aspiration est arrêtée pendant les travaux dans la zone de soudage ; aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'a été identifiée pour cette exposition résiduelle. Le risque restant consiste en des émissions résiduelles au poste de chargement et en une exposition lors des travaux de réglage, de maintenance et de nettoyage. La protection respiratoire FFP3 pour ces travaux, l'interdiction de souder sans aspiration efficace, la maintenance des filtres et les obligations de l'exploitant au titre de la TRGS 528 figurent dans la notice d'instructions (chapitres 1.2, 2.6, 9.1 et 10.2).

N° 24 Bruit

Risque avant : S 4 · O 4 · **IR 16**

Phénomène dangereux dû au bruit lors du procédé de soudage MAG et de l'entraînement de la table tournante: le procédé de soudage (bruit de l'arc, projections) et les entraînements mécaniques génèrent des niveaux de pression acoustique importants au poste de chargement ; en fonctionnement continu (travail en deux équipes, 16 h), le niveau d'exposition quotidienne au bruit LEX,8h peut atteindre ou dépasser les valeurs d'action de l'ordonnance allemande relative à la protection contre le bruit et les vibrations sur le lieu de travail (LärmVibrationsArbSchV).

Sous-machine : Ensemble de l'installation (zone de soudage / table tournante) · aussi dans : Fonctionnement · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Réduction du bruit à la source par des mesures de conception selon l'EN ISO 11688-1 : (1) optimisation du procédé de soudage : choix de paramètres de soudage à faible émission (arc pulsé au lieu d'arc court lorsque cela est techniquement réalisable sur le plan du procédé), car l'arc court génère davantage de projections et d'émissions sonores. (2) Encapsulation de l'entraînement et isolation contre les bruits solidiens de l'entraînement de la table tournante : montage élastique du moteur d'entraînement et du réducteur sur le bâti de la machine afin de réduire la transmission des bruits solidiens aux surfaces rayonnantes. (3) Bâti de machine utilisant des profilés absorbant le son ou amortis (par ex. habillage en tôle garni de tapis d'amortissement bitumineux) au lieu de surfaces en tôle d'acier non amorties, afin de réduire le rayonnement sonore. La mesure et la déclaration des valeurs d'émission sonore seront effectuées à l'étape 2 et à l'étape 3.
Étape 2 · Protection	(1) Protection acoustique de la zone de soudage par la paroi centrale de séparation de la table tournante et par les panneaux de remplissage fermés de la clôture périphérique entre la zone de soudage et le poste de chargement. (2) Encapsulation ou habillage de l'entraînement de la table tournante avec un matériau absorbant le son, à condition que l'accessibilité pour la maintenance soit garantie (habillage à concevoir comme un protecteur selon l'EN ISO 14120:2015). (3) Mesure du bruit au poste de chargement selon l'EN ISO 11202:2010 dans des conditions de fonctionnement représentatives (mode automatique, soudage MAG actif, table tournante en fonctionnement) afin de déterminer le niveau de pression acoustique d'émission LpA (mesuré : 84 dB(A), K = 2,5 dB). Le niveau d'exposition quotidienne au bruit LEX,8h est déterminé par l'exploitant conformément à l'ordonnance allemande relative à la protection contre le bruit et les vibrations sur le lieu de travail (LärmVibrationsArbSchV). Remarque : aucune fonction de sécurité selon l'EN ISO 13849-1 n'est concernée ; la détermination du PLr ne s'applique pas à ce phénomène dangereux.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	(1) Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4.2, u)) : indication du niveau de pression acoustique d'émission mesuré LpA au poste de chargement selon l'EN ISO 11202:2010 et l'EN ISO 4871:2009 (avec incertitude de mesure K) ; lorsque LpA dépasse 80 dB(A), indication complémentaire du niveau de puissance acoustique LWA selon l'EN ISO 3746:2010. Mention des obligations de l'exploitant au titre de l'ordonnance allemande relative à la protection contre le bruit et les vibrations sur le lieu de travail (LärmVibrationsArbSchV) : appréciation du risque, programme de réduction du bruit à partir de la valeur d'action supérieure LEX,8h 85 dB(A), obligation de mettre à disposition une protection auditive à partir de 80 dB(A), obligation de porter une protection auditive à partir de 85 dB(A). (2) Signalisation d'avertissement au poste de chargement : signal d'obligation « Protection de l'ouïe obligatoire » (M003 selon l'EN ISO 7010:2020), à apposer à un endroit bien visible. (3) Qualification et instruction : le personnel d'exploitation doit être instruit par l'exploitant du danger lié au bruit, des valeurs d'action et de l'utilisation correcte de la protection auditive. (4) Spécification des EPI : une protection auditive appropriée (serre-tête antibruit ou bouchons d'oreilles) avec une valeur d'atténuation suffisante (SNR) correspondant au LEX,8h déterminé par l'exploitant doit être mise à disposition par l'exploitant ; choix selon l'EN 458.

Risque après : G 4 · P 2 · **IR 8 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 8 (G 4, P 2) dû au bruit ; gravité 4, car la perte auditive due au bruit est irréversible. Le bruit de l'arc provient du procédé de soudage lui-même ; à l'étape 1, des paramètres de soudage à faible émission, une isolation contre les bruits solidiens de l'entraînement de la table tournante et un habillage amorti sont prévus. Après l'étape 2, la paroi centrale et les panneaux de remplissage fermés de la clôture font écran pour le poste de chargement, et l'entraînement est capoté. Les valeurs mesurées au poste de chargement sont LpA = 84 dB(A) avec K = 2,5 dB selon l'EN ISO 11202:2010 et LWA = 96 dB(A) selon l'EN ISO 3746:2010. L'ouverture de chargement côté opérateur doit rester ouverte, de sorte qu'un encoffrement supplémentaire de ce côté n'est pas possible, et le bruit de l'arc ne peut pas être réduit davantage sans modifier le procédé ; aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'est réalisable. Le niveau d'exposition quotidienne au bruit dépend de l'organisation du travail de l'exploitant. La déclaration d'émission sonore selon l'EN ISO 4871:2009, les obligations relatives à la protection auditive à partir de 80 et 85 dB(A) et le signal M003 figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.4 et 3).

N° 27 Ergonomique

Risque avant : S 2 · O 3 · **IR 6**

Éclairage insuffisant au poste de chargement et dans l’allée de maintenance: un éclairement insuffisant rend plus difficiles le chargement et le déchargement sûrs des pièces ainsi que les travaux de maintenance, et augmente le risque d’erreurs et d’accidents.

Sous-machine : Poste de chargement / allée de maintenance · aussi dans : Fonctionnement, Maintenance, Nettoyage · Proposé avec l’assistance de l’IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Éclairage de poste de travail intégré à la machine, à prévoir dans le cadre de la conception, au poste de chargement et dans l’allée de maintenance : les luminaires sont intégrés durablement à la structure de la machine (encastrés dans le cadre de la clôture périphérique), de sorte que l’éclairement au poste de chargement et dans l’allée de maintenance soit assuré en permanence indépendamment de l’éclairage du hall. La conception est réalisée selon l’EN ISO 12100:2010, paragraphe 6.2.8 (ergonomie), en liaison avec l’EN 1837 (éclairage intégré à la machine) ; l’éclairage tel que réalisé fournit 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance. L’intégration à la conception supprime la dépendance à des sources d’éclairage externes éventuellement insuffisantes.
Étape 2 · Protection	Risque résiduel dû à la défaillance ou à l’ombrage des luminaires intégrés : surveillance de la disponibilité de l’éclairage du poste de travail par la commande de la machine (message en cas de défaillance d’une lampe). En outre, les zones de l’allée de maintenance sont à marquer par des marquages au sol rétroréfléchissants jaunes et noirs selon la règle allemande pour les lieux de travail ASR A1.3 (risques de trébuchement, limites d’allée) et par le signal d’avertissement W007 « Avertissement ; Obstacle au sol » selon l’EN ISO 7010:2020 aux endroits présentant un risque de trébuchement. Une fonction de sécurité au sens de l’EN ISO 13849-1 n’est pas requise pour la surveillance de l’éclairage ; en cas de défaillance de l’éclairage, le travail doit être interrompu (étape 3).
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	Notice d’instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication de l’éclairement de l’éclairage du poste de travail : 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance ; mention qu’en cas de défaillance de l’éclairage intégré, le travail doit être interrompu jusqu’au rétablissement de l’éclairage. Panneau textuel sur la porte de maintenance : « Arrêter le travail en cas de panne d’éclairage ». Exigence de qualification : le personnel de maintenance doit être instruit du contrôle du fonctionnement de l’éclairage avant de commencer le travail. Utiliser des luminaires portatifs appropriés pour de brefs contrôles en cas de panne d’éclairage ; ne reprendre le travail normal qu’après rétablissement de l’éclairage.

Risque après : G 2 · P 1 · **IR 2 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 30 Combinaison — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû à un paramétrage erroné de la commande du robot ou de la commande de sécurité (par ex. distances de sécurité erronées, limites de vitesse erronées en mode de réglage, autorisations de zone erronées): des paramètres erronés peuvent faire que des fonctions de sécurité ne fonctionnent pas comme prévu et mettent ainsi des personnes en danger par des mouvements du robot ou de la table tournante.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (commande / commande de sécurité) · aussi dans : Mise en service, Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Les paramètres relatifs à la sécurité (limites de vitesse, zones de protection, autorisations de zone) sont enregistrés exclusivement dans la commande de sécurité (automate de sécurité) et protégés contre toute modification non autorisée ou involontaire par un concept d'accès par rôles protégé par mot de passe. Les jeux de paramètres des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 sont enregistrés dans la commande de sécurité sous forme de jeux de données non modifiables protégés par somme de contrôle (par ex. CRC-32 ou équivalent), de sorte que toute modification involontaire soit détectée automatiquement au démarrage du système et qu'un état sûr soit imposé. Ce principe correspond au principe de commande intrinsèquement sûr selon l'EN ISO 12100, paragraphe 6.2.11 (principes de commande limitant l'apparition de phénomènes dangereux) et réduit la possibilité que des paramètres erronés deviennent effectifs.
Étape 2 · Protection	1. Exigence de validation avant libération : toute modification de paramètres relatifs à la sécurité exige un essai de réception documenté (essai fonctionnel de toutes les fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 concernées) réalisé par deux personnes habilitées (principe du double contrôle) avant la remise en service. La commande de sécurité ne peut libérer le mode automatique qu'après un acquittement positif. Base : EN ISO 13849-2:2012 (validation des fonctions de sécurité) et EN ISO 11161:2007+A1:2010 (vérification et validation des systèmes de fabrication intégrés). 2. Vérification des paramètres par la commande de sécurité : la commande de sécurité (PLr e pour les SF-02 et SF-04, PLr d pour les SF-01, SF-03 et SF-05 selon l'EN ISO 13849-1:2023) contrôle la cohérence des paramètres relatifs à la sécurité par rapport à des valeurs de référence enregistrées (comparaison de sommes de contrôle) au démarrage et de manière cyclique. En cas d'écart, un arrêt de catégorie 1 selon l'EN 60204-1:2018 est déclenché et un redémarrage est bloqué (pas de redémarrage automatique selon l'EN ISO 14118:2018). 3. Mode de réglage SF-05 : la vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s (SF-05, PLr d) est limitée au niveau matériel dans la commande de sécurité et ne peut pas être contournée par des paramètres de la commande du robot. La surveillance est assurée par une SRP/CS selon l'EN ISO 13849-1:2023, catégorie et PL conformes à la SF-05 (PLr d). 4. Autorisation de zone de la table tournante SF-04 : l'autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés (SF-04, PLr e) est effectuée exclusivement par la commande de sécurité sur la base de signaux de capteurs vérifiés ; une autorisation causée par de seuls paramètres de zone erronés dans la commande du robot est exclue par conception. 5. Gestion des modifications : toutes les modifications de paramètres sont enregistrées avec horodatage, identification de l'utilisateur et valeur précédente/suivante dans un journal des modifications inviolable (piste d'audit) de la commande de sécurité. Base : EN ISO 11161:2007+A1:2010.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la procédure de modification des paramètres avec un guide pas à pas, liste de tous les paramètres relatifs à la sécurité pour chaque fonction de sécurité (SF-01 à SF-05), obligation de réaliser un essai de validation après chaque modification et obligation de documentation dans le journal des modifications. 2. Exigence de qualification : les modifications de paramètres de la commande de sécurité ne doivent être effectuées que par du personnel spécialisé justifiant d'une qualification en sécurité fonctionnelle (par ex. certification TÜV d'ingénieur en sécurité fonctionnelle, Functional Safety Engineer, ou équivalent) et connaissant le système. Cela doit figurer dans la notice d'instructions et dans une procédure d'exploitation. 3. Signalisation d'avertissement : le signal d'avertissement « Avertissement ; Électricité » (W012 selon l'EN ISO 7010:2020) et le signal d'interdiction complémentaire « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006) sont à apposer sur la commande de sécurité et sur l'armoire de commande. En outre, un panneau d'information portant la mention : « Modifications de paramètres uniquement par du personnel spécialisé habilité ; essai de validation ultérieur requis ». 4. Liste de contrôle de mise en service : avant chaque première mise en service et après chaque modification de paramètres, une liste de contrôle de mise en service spécifique au système est à remplir et à signer (base : EN ISO 11161:2007+A1:2010).

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à un paramétrage incorrect. À l’étape 1, les paramètres relatifs à la sécurité sont conservés uniquement dans l’automate de sécurité, protégés par un concept d’accès basé sur les rôles et par des jeux de paramètres protégés par somme de contrôle. Après l’étape 2, l’automate de sécurité contrôle les paramètres par rapport à la référence au démarrage et de manière cyclique et déclenche un arrêt avec verrouillage de redémarrage en cas d’écart, la limite de vitesse de la SF-05 ne peut pas être écrasée via la commande du robot, l’autorisation de rotation SF-04 provient uniquement de l’automate de sécurité, et chaque modification est journalisée et validée selon le principe du double contrôle conformément à l’EN ISO 13849-2:2012 avant libération. Le risque restant est un paramètre spécifié de manière incorrecte par du personnel autorisé et non détecté lors de la validation. Les paramètres doivent rester modifiables pour la mise en service, les transformations et les nouveaux dispositifs de serrage ; aucune mesure capable de détecter une valeur techniquement incorrecte, mais correctement saisie et validée, n’est disponible selon l’état de la technique. Procédure de modification, qualification, liste de contrôle de mise en service et panneau textuel relatif à l’obligation de validation sur l’armoire de commande : notice d’instructions, chapitres 2.4 et 2.6.

N° 32 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû à l'atteinte par-dessus ou par en dessous du rideau lumineux au poste de chargement (mauvais usage raisonnablement prévisible): des personnes passent la main sur le côté du rideau lumineux ou en dessous du rideau lumineux dans la zone de rotation sans que la fonction de protection se déclenche ; la table tournante ou le robot peut démarrer et coincer les mains ou les bras.

Sous-machine : Poste de chargement (interface du rideau lumineux) · aussi dans : Fonctionnement · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le poste de chargement exige une ouverture d'accès en permanence ouverte pour l'introduction manuelle des pièces. La fermeture géométrique complète de cette ouverture par conception rendrait la machine inutilisable. Les distances minimales selon l'EN ISO 13854:2019 ne peuvent pas, en tant que mesure de conception, empêcher le contournement latéral d'un rideau lumineux tant que l'ouverture doit rester disponible pour l'accès de l'opérateur. La limitation de la force ou de l'énergie de la table tournante ou du robot à un niveau non dangereux (étape 1) n'est pas techniquement réalisable avec les masses et les couples en jeu sans nuire à la fonction.
Étape 2 · Protection	1. Champ de protection et protection contre l'atteinte par en dessous : positionner le rideau lumineux (type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020, SF-02, PLr e) de sorte que le champ de protection couvre entièrement l'ouverture de chargement. Les ouvertures restantes sous et à côté du champ de protection sont fermées par des protecteurs fixes (EN ISO 14120:2015) selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4, de sorte que l'atteinte par en dessous ou autour du champ de protection soit impossible. 2. Protection latérale des flancs : des protecteurs fixes (panneaux latéraux ou guides en U) selon l'EN ISO 14120:2015 doivent être montés des deux côtés du rideau lumineux afin d'empêcher par conception le contournement latéral. La profondeur de ces flancs doit être déterminée selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4 (distance de sécurité en fonction de la dimension de l'ouverture), de sorte que la zone dangereuse ne puisse pas être atteinte par le côté. 3. Spécification du rideau lumineux : le rideau lumineux doit être choisi de type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020 et intégré à la fonction de sécurité SF-02 (PLr e). La distance de sécurité entre le rideau lumineux et la zone dangereuse la plus proche doit être calculée et respectée selon l'EN ISO 13855:2024 (atteinte à travers, résolution de 30 mm pour la détection de la main). L'intégration à la commande est réalisée selon l'EN ISO 13849-1:2023, PLr e (SF-02).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication explicite que le contournement latéral du rideau lumineux ou l'atteinte par en dessous est interdit et neutralise la fonction de sécurité SF-02. Description de l'opération de chargement correcte (introduire la pièce par l'avant à travers le rideau lumineux). Mention du danger que représentent la table tournante et le robot lorsque la fonction de protection n'a pas été déclenchée. 2. Signaux d'avertissement (EN ISO 7010:2020) : « Avertissement ; Écrasement des mains » (W024) à apposer des deux côtés des panneaux de flanc et sur le cadre du rideau lumineux. Signal d'interdiction « Ne pas passer la main » (P015) à l'ouverture d'accès. 3. Exigence de qualification : en mode de réglage (SF-05, PLr d, vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation), seul du personnel spécialisé instruit, connaissant le fonctionnement et les limites du rideau lumineux, peut travailler. Cette exigence doit être consignée dans la notice d'instructions et dans la documentation d'instruction. 4. EPI : les gants de protection n'offrent aucune protection contre les dangers d'écrasement et d'entraînement dus à la table tournante ou au robot et ne conviennent pas comme mesure de protection contre ce phénomène dangereux. Cette mention doit figurer dans la notice d'instructions afin d'éviter des hypothèses erronées.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à l'atteinte par le côté ou par en dessous du rideau lumineux. L'ouverture de chargement doit être ouverte en permanence pour le chargement à une cadence d'environ 90 secondes, et la limitation de la force ou de l'énergie de la table tournante et du robot n'est pas réalisable (étape 1). Après l'étape 2, un rideau lumineux de type 4 d'une résolution de 30 mm (SF-02, PL e, catégorie 4) couvre l'ouverture sans muting, les flancs et les ouvertures sous le champ de protection et à côté de celui-ci sont fermés par des protecteurs fixes selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4, et la distance de sécurité est calculée selon l'EN ISO 13855:2024 ; la distance d'arrêt mesurée de la table tournante, de 45 mm, est inférieure à la valeur admissible de 60 mm. Un protecteur mobile à l'ouverture devrait s'ouvrir et se fermer à chaque cycle et créerait son propre point d'écrasement au bord de fermeture ; il ne réduit pas le risque par rapport à la solution mise en œuvre. Le risque restant est le pontage délibéré, par exemple en masquant le champ de protection avec du ruban adhésif. L'interdiction, le contrôle quotidien avec le barreau d'essai, les signaux W024 et P015 à l'ouverture et la mention que les gants ne protègent pas contre l'écrasement figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.2, 2.4, 9.1 et 9.4).

N° 36 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Manipulation de paramètres relatifs à la sécurité via le réseau: un accès en écriture non autorisé via le bus de terrain, OPC UA ou l'interface MES modifie des paramètres relatifs à la sécurité (par ex. surveillance de la porte de maintenance, paramètres du rideau lumineux, limite de vitesse en mode de réglage). La fonction de protection devient inopérante ou la machine fonctionne en dehors des limites définies dans l'appréciation du risque. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, premier alinéa ; point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)]

Sous-machine : Commande / réseau · aussi dans : Fonctionnement

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Conserver les paramètres relatifs à la sécurité uniquement dans l'automate de sécurité et les rendre en principe non inscriptibles via le réseau de procédé (accès en écriture séparé physiquement ou par l'architecture, réseau de sécurité segmenté par rapport à la communication standard). Enregistrer les valeurs limites issues de l'appréciation du risque comme constantes dans le programme de sécurité, et non comme données de recette.
Étape 2 · Protection	Authentification et autorisation pour chaque accès en écriture (rôles, pas de mots de passe par défaut), contrôle d'intégrité de la configuration relative à la sécurité (somme de contrôle/CRC avec procédure de libération), contrôle de plausibilité des valeurs entrantes par rapport aux limites admissibles, journalisation de chaque modification de paramètre avec horodatage et utilisateur. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 2.1, SR 3.4, SR 3.5, SR 5.1, SR 2.8.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : exigences réseau à l'attention de l'exploitant (segmentation, pare-feu, pas de connexion directe de la commande à Internet), liste des paramètres relatifs à la sécurité avec l'indication que les modifications ne sont admises que par du personnel autorisé et suivies d'un contrôle fonctionnel des fonctions de sécurité.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 37 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Corruption accidentelle par erreur de configuration ou de manipulation: chargement d'une recette ou d'un fichier de paramètres incorrect, rôles et mots de passe non configurés (mot de passe par défaut actif), configuration restaurée de manière incomplète après un défaut. Des réglages relatifs à la sécurité s'écartent de la configuration approuvée sans que cela soit remarqué. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point b) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point d) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point e)]

Sous-machine : IHM / paramétrage · aussi dans : Fonctionnement, Mise en service

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Séparer les réglages relatifs à la sécurité des recettes de procédé afin qu'un changement de recette ne puisse pas les modifier ; limiter strictement les plages de valeurs dans l'automate de sécurité (limites issues de l'appréciation du risque, annexe III, point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)).
Étape 2 · Protection	Changement de mot de passe imposé à la mise en service, modèle de rôles avec approbation en double contrôle pour les modifications relatives à la sécurité, comparaison de la configuration active avec la référence approuvée (somme de contrôle) au démarrage avec affichage de tout écart, journal des modifications. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.5, SR 2.1, SR 3.4, SR 7.6.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : liste de contrôle de mise en service (mots de passe, rôles, sauvegarde de la configuration de référence), description des données désignées comme relatives à la sécurité, instruction de contrôle fonctionnel après modification de la configuration.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Fonctionnement (29 phénomènes dangereux)

N° 1 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 3 · **IR 15**

Danger d'écrasement et de cisaillement dû à la table tournante lors de la rotation automatique: des parties du corps de l'opérateur (mains, bras) peuvent être happées et écrasées entre la table tournante et la paroi centrale de séparation fixe ou la clôture périphérique, en particulier lorsque l'opérateur passe la main dans la zone de rotation pendant la rotation pour repositionner une pièce déplacée (mauvais usage raisonnablement prévisible).

Sous-machine : Table tournante (unité rotative) · aussi dans : Réglage, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Dimensionner les écartements entre le bord de la table tournante et la paroi centrale de séparation fixe, ainsi que la clôture périphérique, de manière à ne créer aucun point d'écrasement : les écartements ne doivent pas être inférieurs aux écartements minimaux de l'EN ISO 13854:2019, tableau 1 (25 mm pour les doigts, 100 mm pour la main, 120 mm pour le bras, 500 mm pour le corps). Alternativement, réduire l'écartement de sorte qu'aucune partie du corps ne puisse y pénétrer (dimensions d'ouverture selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4). Lorsqu'aucune des deux valeurs d'écartement ne peut être atteinte, la géométrie du bâti de la table doit être conçue de manière à ne créer aucune forme de coin convergent (flancs parallèles ou divergents au lieu d'un espace convergent). En complément : réduire la masse et la vitesse de rotation de la table tournante au minimum fonctionnellement nécessaire (dimensionnement de l'entraînement) afin de limiter l'énergie cinétique agissant dans la zone d'écrasement.
Étape 2 · Protection	Risque résiduel après l'étape 1 : la zone de rotation reste une zone dangereuse dans laquelle il est interdit de pénétrer tant que l'entraînement fonctionne. Mesures de protection techniques : 1. Autorisation du mouvement de rotation uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée (SF-04, PLr e, EN ISO 13849-1:2023) : un ESPE (rideau lumineux de type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020) surveille entièrement la zone de rotation ; disposition et distance de sécurité selon l'EN ISO 13855:2024. 2. Interverrouillage de la porte de maintenance selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours (SF-01, PLr d ; catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018). 3. Mode de réglage : mouvement de rotation uniquement à vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s et avec le dispositif de validation actionné (SF-05, PLr d, catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018). 4. Arrêt d'urgence dans la zone de l'opérateur selon l'EN ISO 13850:2015, intégré à la SF-03 (PLr d, catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018). 5. Séparation de l'énergie avant toute intervention : vanne d'isolement avec verrouillage mécanique (consignation) selon l'EN ISO 4414:2010 ; immobiliser la table tournante par verrouillage mécanique positif dans sa position finale (EN ISO 14118:2018).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions : il est interdit de pénétrer dans la zone de rotation lorsque la table tournante est en mouvement ou non sécurisée. Avant toute intervention (par ex. repositionnement d'une pièce), l'installation doit être complètement mise hors tension et sécurisée (consignation/déconsignation, lockout/tagout). Une procédure distincte avec dispositif de validation s'applique au mode de réglage ; elle est décrite dans la notice d'instructions. 2. Signaux d'avertissement sur la machine : les signaux suivants sont apposés sur la table tournante : signaux d'avertissement W019 « Avertissement ; Écrasement » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » et signal d'interdiction P015 « Ne pas passer la main » (selon l'EN ISO 7010:2020). 3. Qui peut intervenir : le réglage et le dépannage ne doivent être effectués que par du personnel formé. La formation doit être répétée au moins une fois par an et consignée par écrit. 4. Équipement de protection individuelle : les gants de protection ne protègent pas contre l'écrasement. Ne passer la main dans la zone de rotation que lorsque la table tournante est à l'arrêt. Les chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345 sont obligatoires dans toute la zone de l'installation.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

 Avertissement : risque d'écrasement

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1). La gravité reste de 5 : la masse et l'entraînement de la table tournante sont nécessaires à la rotation de 180 degrés avec une charge utile pouvant atteindre 2 x 40 kg plus les dispositifs de serrage, à une cadence d'environ 90 secondes, et ont déjà été limités au niveau fonctionnellement nécessaire à l'étape 1 ; les écartements sont dimensionnés selon l'EN ISO 13854:2019 et l'EN ISO 13857:2019, et les bords de la table ne présentent aucune forme de coin convergent. Toute réduction supplémentaire de l'énergie empêcherait la rotation. Après l'étape 2, la table ne tourne que lorsque la zone de rotation est dégagée (SF-04, PL e), la porte de maintenance est interverrouillée (SF-01, PL d), le mode de réglage est limité à 250 mm/s avec dispositif de validation (SF-05) et la table est verrouillée mécaniquement de manière positive avant toute intervention. Un accident suppose donc de passer délibérément la main dans la table en rotation en contournant ces dispositifs ; aucune mesure supplémentaire de l'étape 1 ou de l'étape 2 qui rendrait ce mauvais usage plus difficile sans empêcher la rotation n'a été identifiée. L'interdiction et l'obligation de consigner l'installation avant toute intervention figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.2, 2.6 et 9.1), et les signaux W019, W024 et P015 sont apposés sur la table tournante.

N° 3 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Danger de choc et d'écrasement dû au robot de soudage en mode automatique en cas d'accès non autorisé: des personnes qui escaladent la clôture périphérique ou manipulent la porte de maintenance sont heurtées par l'axe du robot se déplaçant à pleine vitesse et à pleine force, ou sont plaquées contre des parties fixes.

Sous-machine : Robot de soudage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le principe de fonctionnement du robot de soudage exige le déplacement libre et rapide du bras du robot avec la charge utile maximale dans l'espace de travail. Limiter la force ou la vitesse à un niveau inoffensif pour les personnes (force de choc inférieure au seuil de douleur) est techniquement incompatible avec les paramètres de procédé requis en mode automatique et empêcherait le soudage. Supprimer la zone dangereuse par la seule géométrie n'est pas possible avec un robot industriel à 6 axes.
Étape 2 · Protection	1. Protecteur fixe : clôture périphérique fixe avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et fenêtres d'observation à filtres de protection pour le soudage selon l'EN ISO 14120:2015 autour de tout l'espace de travail du robot, hauteur 2200 mm. Hauteur et distance par rapport à la zone dangereuse à dimensionner selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 2, de sorte que ni l'atteinte par-dessus ni l'escalade sans moyen auxiliaire ne soient possibles. Les ouvertures restantes sont à dimensionner selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4, de sorte que l'atteinte de la zone dangereuse par en dessous ou à travers soit impossible. 2. Porte de maintenance avec verrouillage et interverrouillage (SF-01) : la porte de maintenance est un protecteur mobile avec dispositif de verrouillage et interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025. L'ouverture de la porte déclenche la SF-01 « Arrêt sûr, catégorie d'arrêt 1 ». L'interverrouillage maintient la porte fermée jusqu'à l'immobilisation sûre du robot. Déverrouillage de secours à prévoir selon l'EN ISO 14119:2025, paragraphe 6.9.1. La SF-01 est spécifiée en PLr d ; intégration dans l'automate de sécurité selon l'EN ISO 13849-1:2023. 3. Protection des moyens de protection contre la neutralisation : le dispositif de verrouillage de la porte de maintenance est protégé contre la neutralisation selon l'EN ISO 14119:2025, paragraphe 8 : actionneur à codage élevé selon l'EN ISO 14119:2025, interrupteur et actionneur montés avec des fixations indémontables. En complément : fixer les panneaux de la clôture périphérique de façon qu'ils ne puissent être démontés qu'avec un outil (pas de fixations à démontage rapide), afin d'exclure toute ouverture non autorisée sans outil. 4. Dispositifs d'arrêt d'urgence (SF-03) : dispositifs d'arrêt d'urgence au pupitre de commande, à la porte de maintenance et sur la console de programmation selon l'EN ISO 13850:2015, intégrés à la SF-03 « Arrêt d'urgence de l'installation complète, catégorie d'arrêt 1 », PLr d. 5. Protection contre le redémarrage inattendu : séparation de l'énergie et prévention du redémarrage selon l'EN ISO 14118:2018 à garantir ; redémarrage après ouverture de la porte uniquement par acquittement volontaire à un pupitre de commande situé en dehors de la zone dangereuse. 6. Mode de réglage (SF-05) : en mode de réglage, mouvement du robot uniquement à vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s et avec dispositif de validation selon la SF-05, PLr d ; intégration selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphes 5.5.6 et 5.7.7, et l'EN ISO 13849-1:2023.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description des règles d'accès à l'espace de travail du robot, interdiction d'escalader la clôture périphérique, procédure de séparation de l'énergie avant l'entrée (consignation selon l'EN ISO 14118:2018), exigences de qualification pour les opérateurs et le personnel de réglage (instruction à la sécurité robot selon l'EN ISO 10218-2:2025). 2. Signalisation d'avertissement sur la clôture périphérique et à la porte de maintenance : signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020 et signal d'interdiction complémentaire « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006). Signalisation à apposer de manière bien visible et durable. 3. Instruction : le personnel d'exploitation et le personnel de réglage sont à instruire avant la première mise en service, puis à intervalles réguliers. L'accès non autorisé est à empêcher par des mesures organisationnelles (contrôle d'accès, commutateur à clé pour le choix du mode de fonctionnement selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.7.2). 4. Mention du risque résiduel dans la notice d'instructions : malgré toutes les mesures de protection, un risque résiduel subsiste en cas de manipulation des moyens de protection ; mention des conséquences pénales et de responsabilité d'une telle manipulation.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) en cas d’accès non autorisé en mode automatique. Limiter la force ou la vitesse du robot à un niveau inoffensif pour les personnes n’est pas compatible avec les paramètres du procédé de soudage (étape 1), de sorte que la gravité reste de 5. L’espace de travail du robot est entouré de tous côtés par une clôture périphérique de 2200 mm de haut selon l’EN ISO 14120:2015, avec des distances selon l’EN ISO 13857:2019, les panneaux ne peuvent être démontés qu’avec un outil, et l’unique porte est dotée d’un dispositif de verrouillage et d’un interverrouillage (SF-01, PL d) et protégée contre la neutralisation selon l’EN ISO 14119:2025, paragraphe 8, par un actionneur à codage élevé et des fixations indémontables. L’accès suppose donc une escalade délibérée à l’aide de moyens auxiliaires ou une manipulation à l’aide d’outils. Contre une neutralisation délibérée à l’aide d’outils, un dispositif de protection supplémentaire n’offre pas de protection fondamentalement différente, car il peut être neutralisé avec un effort comparable ; les mesures contre une neutralisation raisonnablement prévisible sont mises en œuvre. L’interdiction et les conséquences d’une manipulation, les règles d’accès et l’instruction du personnel figurent dans la notice d’instructions (chapitres 2.2, 2.5 et 2.6), et les signaux W018 et D-P006 sont apposés sur la clôture et sur la porte.

N° 4 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Danger d'écrasement à l'interface entre la table tournante et le robot de soudage (zone de transfert): pendant la rotation, le gabarit chargé se déplace dans la zone de travail du robot ; l'entrée non coordonnée du robot dans la zone de rotation ou l'absence de verrouillage entre le mouvement de la table tournante et l'autorisation du robot peut entraîner des collisions et des blessures par écrasement.

Sous-machine : Interface : table tournante / robot de soudage · aussi dans : Réglage, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Le rayon de rotation de la table tournante et la limite de l'espace de travail du robot (enveloppe du TCP) sont coordonnés lors de la phase de conception de sorte que la zone de rotation maximale du gabarit et l'espace de travail minimal du robot conservent entre eux une distance minimale géométrique ≥ 500 mm (écartement minimal pour éviter l'écrasement du corps selon l'EN ISO 13854:2019, tableau 1) lorsque les deux mouvements seraient actifs simultanément. Cela réduit au minimum la zone de chevauchement par conception ; la suppression complète du chevauchement n'est pas possible avec cette topologie de système en raison de contraintes fonctionnelles, de sorte que le chevauchement résiduel est sécurisé par l'étape 2.
Étape 2 · Protection	SF-04 « Autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée » en PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023 (graphe de risque : S2/F2/P2). Réalisation sous forme de fonction de sécurité à verrouillage dans l'automate de sécurité : (a) surveillance de l'arrêt du robot : le robot doit se trouver dans une position de repos définie en dehors de la zone de rotation et le confirmer par un signal de retour sûr (sortie sûre de la commande du robot selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphes 5.4.7 et 5.5.8) avant que l'autorisation de la table tournante soit accordée. (b) Autorisation de la table tournante vers le robot : tant que la table tournante n'est pas en position finale et verrouillée, la commande du robot ne reçoit aucun signal d'autorisation pour la zone d'entrée ; la table tournante est verrouillée mécaniquement de manière positive dans sa position finale. (c) Interverrouillage de la porte de maintenance donnant sur la zone de rotation selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours, intégré à la SF-01 (PLr d). (d) Arrêt d'urgence de l'installation complète selon l'EN ISO 13850:2015, intégré à la SF-03 (PLr d), catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018. (e) En mode de réglage, la SF-05 s'applique : vitesse réduite de manière sûre ≤ 250 mm/s avec dispositif de validation (PLr d) ; le personnel de réglage ne peut entrer dans la zone de rotation qu'avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite. La distance entre la clôture périphérique et la zone de rotation respecte l'EN ISO 13857:2019, tableau 2 ; la clôture périphérique est conçue selon l'EN ISO 14120:2015.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la logique de verrouillage SF-04 et des modes de fonctionnement Automatique et Réglage ; mention explicite de l'interdiction d'entrer dans la zone de rotation lorsque l'installation fonctionne. Mode de réglage : exigence de qualification à documenter (uniquement du personnel spécialisé formé, connaissant le dispositif de validation). Signalisation d'avertissement à la zone de rotation : signaux d'avertissement W019 « Avertissement ; Écrasement » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » selon l'EN ISO 7010:2020 ; à la porte de maintenance, en complément, le signal d'interdiction « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006). Spécification des EPI dans la notice d'instructions : chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345 ; en mode de réglage, en complément, vêtements de protection ajustés (aucun risque d'accrochage par des vêtements amples). Remarque sur le risque résiduel en mode de réglage et lors de la recherche de défauts : toujours maintenir le dispositif de validation actionné, ne jamais entrer dans la zone de rotation sans dispositif de validation.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) au transfert entre la table tournante et le robot. Le robot doit atteindre le poste qui vient d'être amené par rotation ; une séparation géométrique complète de la zone de rotation et de l'espace de travail du robot n'est donc pas possible pour des raisons fonctionnelles avec cette implantation de l'installation. À l'étape 1, le chevauchement a été réduit par une distance minimale de 500 mm entre le rayon de rotation et l'enveloppe du TCP. Le chevauchement restant fait l'objet d'un verrouillage mutuel : la table tournante ne tourne que lorsque la commande du robot confirme la position de repos en dehors de la zone de rotation par une sortie sûre, et le robot n'est autorisé que lorsque la table est verrouillée dans sa position finale (SF-04, PL e selon le graphe de risque S2/F2/P2). Un accident suppose donc une défaillance de ce verrouillage ou une entrée pendant le fonctionnement de l'installation par neutralisation de l'interverrouillage (SF-01). L'autorisation est déjà réalisée au niveau de performance requis ; une mesure supplémentaire de l'étape 1 ou de l'étape 2 ne réduirait pas de manière mesurable la probabilité d'occurrence. En mode de réglage, la SF-05 s'applique avec 250 mm/s et dispositif de validation. La logique de verrouillage, l'interdiction d'entrer et le comportement en mode de réglage sont décrits dans la notice d'instructions (chapitres 2.5, 2.6 et 9.3).

N° 5 Mécanique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Chute de pièces ou d'éléments du gabarit par défaillance du dispositif de serrage pneumatique: en cas de défaillance ou de fuite de l'air comprimé, les éléments de serrage s'ouvrent de manière incontrôlée ; des pièces pouvant atteindre 40 kg peuvent tomber de la table tournante et frapper des personnes au poste de chargement.

Sous-machine : Dispositif de serrage pneumatique (table tournante) · aussi dans : Réglage, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Utilisation de brides à fermeture pneumatique avec un clapet anti-retour piloté (clapet de maintien de pression) dans la ligne de serrage, directement au niveau du vérin de serrage : en cas de défaillance de l'air comprimé ou de fuite dans la conduite d'alimentation, la pression de serrage reste emprisonnée dans le vérin et la pièce reste serrée ; les brides ne s'ouvrent que lorsque le clapet est ouvert activement par pilotage. La force de serrage est dimensionnée pour le poids maximal de pièce de 40 kg, majoré d'un coefficient de sécurité selon l'EN ISO 4414:2010. En complément : limitation de la pression de service au niveau requis pour la fonction de serrage, afin de réduire au minimum l'énergie pneumatique accumulée (EN ISO 4414:2010).
Étape 2 · Protection	1. Surveillance de la pression de serrage avec fonction de sécurité : un pressostat dans la ligne de serrage surveille la pression de serrage ; si la pression descend sous la pression de serrage minimale, l'autorisation du mouvement de rotation de la table tournante est bloquée (couplée à la SF-04, PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023). Tant que la pression de serrage n'est pas confirmée, la table tournante ne tourne pas. 2. Verrouillage mécanique du mouvement de rotation : verrouillage positif de la table tournante en position de chargement, afin d'empêcher une rotation involontaire avec une pièce serrée ou non serrée ; le verrouillage n'est levé qu'après confirmation de la pression de serrage (couplé à la SF-04, PLr e). 3. Enveloppe/dispositif de retenue : dispositif mécanique de retenue (tôle déflectrice) sous la table tournante, dimensionné pour le poids maximal de pièce de 40 kg et la hauteur de chute maximale, afin de tenir les pièces qui tombent à l'écart du poste de chargement ; conception selon l'EN ISO 14120:2015. 4. Distance de sécurité au poste de chargement : implantation du poste de chargement de sorte que la zone dangereuse sous la table tournante se trouve en dehors de la zone de présence habituelle.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description du principe de serrage (brides à fermeture pneumatique avec clapet de maintien de pression) et de la surveillance de la pression de serrage ; interdiction de rester sous la table tournante pendant le fonctionnement et pendant la recherche de défauts sans immobilisation sécurisée ; conduite à tenir en cas de défaillance de l'air comprimé (arrêter la machine, rétablir l'alimentation en air comprimé, ne retirer la pièce qu'après contrôle de la pression). 2. Séparation de l'énergie avant toute intervention : consigne de décompression complète du système pneumatique avant les travaux de maintenance et d'entretien selon l'EN ISO 4414:2010 et l'EN ISO 14118:2018 (prévention du redémarrage inattendu et de la libération inattendue d'énergie) ; en raison du clapet de maintien de pression, la pression de serrage reste emprisonnée dans les vérins de serrage, de sorte que les brides doivent être ouvertes et mises à l'échappement avant tout travail sur le dispositif de serrage ; prévoir une vanne d'isolement et d'échappement verrouillable. 3. Signalisation d'avertissement : apposer sur la table tournante et au poste de chargement les signaux d'avertissement W015 « Avertissement ; Charges suspendues » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » selon l'EN ISO 7010:2020. 4. Qualification : les travaux de recherche de défauts et de réglage ne doivent être réalisés que par du personnel spécialisé formé ; exigences à préciser dans la notice d'instructions. 5. EPI : prescrire le port de chaussures de sécurité (S3 selon l'EN ISO 20345) au poste de chargement au titre de la protection contre le risque résiduel.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 7 Mécanique

Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Fonction d'arrêt d'urgence absente ou non coordonnée entre les sous-machines (robot, table tournante, source de courant de soudage, aspiration): un arrêt d'urgence sur une sous-machine n'arrête pas nécessairement toutes les autres sous-machines ; des personnes peuvent être mises en danger par des composants qui continuent de fonctionner.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (coordination de l'arrêt d'urgence) · aussi dans : Réglage, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : la coordination de plusieurs commandes indépendantes exige nécessairement une logique de commande de niveau supérieur. Une simple mesure de conception (géométrie, limitation d'énergie, substitution) ne peut pas remplacer l'interconnexion manquante des circuits d'arrêt d'urgence. Le principe de fonctionnement de l'installation complète impose une coordination active de la commande.
Étape 2 · Protection	Circuit d'arrêt d'urgence de niveau supérieur (SF-03) selon l'EN ISO 13850:2015 et l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : tous les dispositifs d'arrêt d'urgence de l'installation complète sont intégrés dans un circuit de sécurité commun de niveau supérieur qui, lors de l'actionnement en un point quelconque, amène toutes les sous-machines dangereuses (robot, table tournante, source de courant de soudage, pneumatique) à un arrêt coordonné ; l'aspiration poursuit son fonctionnement pour des raisons d'exploitation. Catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018 (arrêt contrôlé, suivi de la coupure de l'énergie) : le robot effectue un arrêt contrôlé le long de sa trajectoire, la table tournante freine activement, la source de courant de soudage est mise hors tension et les brides restent serrées grâce au clapet de maintien de pression. La poursuite du fonctionnement de l'aspiration n'est pas une fonction de sécurité, mais est nécessaire pour l'exploitation. La fonction de sécurité SF-03 est spécifiée en PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023 et réalisée en catégorie 3 avec PL d. L'intégration du robot est réalisée par la commande du robot selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.3.3 (portée de l'arrêt d'urgence, interface de sécurité avec la commande de niveau supérieur). Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont à concevoir selon l'EN ISO 13850:2015 (bouton-poussoir à tête champignon, fond jaune, à verrouillage automatique, déverrouillage uniquement par une action volontaire). Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont à positionner de sorte qu'au moins un dispositif d'arrêt d'urgence soit accessible depuis chaque poste de travail sans exposition à un danger (EN ISO 13850:2015). Verrouillage du redémarrage : après un arrêt d'urgence, une réinitialisation manuelle est requise avant que l'installation puisse redémarrer (EN ISO 13850:2015, paragraphe 4.1.4), afin d'empêcher un redémarrage inattendu selon l'EN ISO 14118:2018.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la topologie d'arrêt d'urgence de l'installation complète avec un plan d'implantation de tous les dispositifs d'arrêt d'urgence et de la zone d'action de chacun. Consigne claire : après un arrêt d'urgence, la zone dangereuse de toutes les sous-machines doit être inspectée avant la réinitialisation. Mode de réglage et recherche de défauts : consigne selon laquelle une intervention dans la zone dangereuse n'est admissible qu'après l'arrêt complet de toutes les sous-machines et après avoir empêché la fermeture de la porte de maintenance (cadenas personnel dans le dispositif de condamnation). Exigence de qualification : réglage et recherche de défauts uniquement par du personnel spécialisé instruit connaissant la topologie d'arrêt d'urgence. Signalisation au pupitre de commande : panneau textuel indiquant la zone d'action des dispositifs d'arrêt d'urgence (l'arrêt d'urgence agit sur toutes les sous-machines de la cellule), complété par le signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dans la coordination de l'arrêt d'urgence. La liaison des circuits d'arrêt d'urgence de plusieurs sous-machines n'est possible qu'au moyen du système de commande ; il n'existe aucune mesure de l'étape 1 à cet effet. Un circuit d'arrêt d'urgence de niveau supérieur SF-03 en catégorie 3 avec PL d est réalisé ; il arrête ensemble le robot, la table tournante, la source de courant de soudage et la partie pneumatique depuis chaque dispositif d'arrêt d'urgence (pupitre de commande, porte de maintenance, console de programmation), avec réarmement manuel selon l'EN ISO 13850:2015 et zone d'action selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 ; le niveau de performance requis est atteint et les points d'essai relatifs à l'arrêt d'urgence sont réussis. Le risque restant est la poursuite du mouvement lors de l'arrêt contrôlé en catégorie d'arrêt 1. Cette catégorie a été choisie parce que le robot freine de manière contrôlée sur sa trajectoire et que les brides maintiennent la pièce grâce au clapet de maintien de pression ; un arrêt de catégorie 0 supprimerait ce contrôle sans éliminer la poursuite du mouvement. L'arrêt d'urgence est une mesure de prévention complémentaire et ne remplace aucun moyen de protection. La disposition et la zone d'action des dispositifs d'arrêt d'urgence figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.5 et 9.5) et sur le panneau textuel au pupitre de commande.

N° 9 Mécanique

Risque avant : S 4 · O 4 · **IR 16**

Danger ergonomique et danger d'écrasement lors du chargement et du déchargement manuels de pièces jusqu'à 40 kg: Les pièces jusqu'à 15 kg sont chargées à la main, les pièces de plus de 15 kg avec l'auxiliaire de levage fourni par l'exploitant ; en cas de mauvais usage raisonnablement prévisible (levage sans l'auxiliaire de levage), il en résulte une sollicitation de l'appareil locomoteur ainsi qu'un risque de perte de prise, avec chute consécutive de la pièce sur les pieds ou les mains.

Sous-machine : Poste de chargement (poste de l'opérateur) · aussi dans : Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Limitation de la masse des pièces manipulées manuellement à 15 kg au maximum. Ce seuil est fixé par le fabricant pour environ 40 levages par heure et est déduit de la masse de référence selon l'EN 1005-2:2003+A1:2008. Pour les pièces de plus de 15 kg et jusqu'à 40 kg, le support de pièce au poste de chargement est conçu de manière à permettre le chargement par le haut avec l'auxiliaire de levage fourni par l'exploitant, sans changer de prise (accès dégagé, profondeur d'insertion, géométrie des butées de positionnement).
Étape 2 · Protection	1. Le poste de chargement est préparé pour un auxiliaire de levage fourni par l'exploitant (auxiliaire de levage non compris dans la fourniture, capacité de charge d'au moins 40 kg, rayon d'action couvrant toute la zone de chargement). L'accès par le haut est dégagé, de sorte que l'opérateur puisse atteindre la position de chargement sans changer de prise ni lâcher la pièce. 2. Marquage au sol (jaune/noir selon l'ASR A1.3 allemande) de la zone de dépose et de pivotement de l'auxiliaire de levage au poste de chargement, afin que l'opérateur ne se tienne pas sous la charge suspendue pendant le chargement. 3. Le rideau lumineux au poste de chargement (SF-02, PLr e) sécurise la zone dangereuse de l'ouverture de la machine ; il ne protège pas contre la chute de la pièce elle-même, mais il limite la zone dans laquelle les mains peuvent se trouver pendant le chargement.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication claire de la règle de manutention (jusqu'à 15 kg à la main, au-delà de 15 kg avec l'auxiliaire de levage fourni par l'exploitant, capacité de charge d'au moins 40 kg) et des points d'accrochage corrects sur la pièce. Indication de la posture du corps pendant le chargement selon l'EN 1005-4. 2. Signalisation d'avertissement au poste de chargement : signaux d'avertissement W015 « Avertissement ; Charges suspendues » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » et signal d'obligation M008 « Port de chaussures de sécurité obligatoire » selon l'EN ISO 7010:2020. Panneau textuel « Manutention manuelle uniquement jusqu'à 15 kg, utiliser l'auxiliaire de levage au-delà » directement au poste de chargement. 3. Exigence de qualification : les opérateurs doivent être instruits de l'utilisation de l'auxiliaire de levage et de la manutention ergonomique correcte avant de commencer le travail (instruction documentée). 4. Spécification des EPI : chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345 et gants de protection (résistants à la coupure, bonne adhérence) à prescrire comme EPI minimaux pour toutes les activités de chargement et de déchargement.

Risque après : G 4 · P 2 · **IR 8 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 8 (G 4, P 2) lors du chargement et du déchargement. Les pièces jusqu'à 40 kg font partie de l'utilisation prévue, et le chargement manuel constitue le concept de la machine (notice d'instructions, chapitre 2.1) ; un chargement automatique irait à l'encontre de ce concept. À l'étape 1, la manutention manuelle est limitée à 15 kg (spécification du fabricant dérivée de la masse de référence de l'EN 1005-2:2003+A1:2008), et le gabarit est conçu de sorte que les pièces plus lourdes soient chargées par le haut avec l'auxiliaire de levage, sans reprise en main. Après l'étape 2, le poste de chargement est préparé pour l'auxiliaire de levage fourni par l'exploitant, et sa zone de pivotement est marquée au sol. La machine ne peut pas déterminer si une pièce de plus de 15 kg est soulevée sans l'auxiliaire de levage ; le risque restant est ce mauvais usage, avec surcharge du système musculosquelettique ou chute de la pièce. Aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 empêchant ce mauvais usage sans aller à l'encontre du chargement manuel n'a été identifiée. Le panneau textuel « Manutention manuelle jusqu'à 15 kg uniquement, au-delà utiliser l'auxiliaire de levage », les chaussures de sécurité S3, l'instruction du personnel et l'obligation de l'exploitant de fournir l'auxiliaire de levage figurent dans la notice d'instructions (chapitres 1.2, 2.4 et 9.1).

N° 10 Mécanique

Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Danger de trébuchement, de glissade et de chute dans la zone du poste de chargement et de l'allée de maintenance, dû aux projections de soudage sur le sol, aux câbles, aux flexibles (air comprimé, gaz de protection) et aux zones humides lors des travaux de nettoyage.

Sous-machine : Poste de chargement / allée de maintenance · aussi dans : Réglage, Maintenance, Nettoyage, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Éloigner par conception les câbles et flexibles (air comprimé, gaz de protection) de la zone de sol du poste de chargement et de l'allée de maintenance, en les faisant passer dans des goulottes, des chaînes porte-câbles ou des systèmes de guidage de câbles suspendus au plafond, de sorte qu'aucun risque de trébuchement n'apparaisse. Concevoir les raccordements au poste de chargement sous forme de colonnes suspendues au plafond ou de panneaux de prises muraux. Réduire l'exposition du sol aux projections de soudage au moyen de tôles de protection intégrées à la conception (écrans pare-projections) au poste de soudage, de sorte que les projections vers la zone de l'opérateur soient réduites au minimum. Le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; l'exigence relative au site d'installation (revêtement de sol antidérapant) est transmise à l'exploitant à l'étape 3.
Étape 2 · Protection	Limiter le risque résiduel dû aux risques de trébuchement et de glissade restants au moyen des mesures techniques suivantes : (1) marquages au sol (jaune/noir selon l'ASR A1.3 allemande) pour identifier les voies de circulation et les zones dangereuses conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.5.15. (2) Éclairage fixe suffisant du poste de chargement et de l'allée de maintenance conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.4, afin de détecter à temps les obstacles et les zones humides ; l'éclairage intégré à la machine selon l'EN 1837 fournit 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l'allée de maintenance. (3) Tapis de protection contre les projections dans la zone de soudage immédiate, faciles à retirer et à nettoyer.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : (1) mention du danger de trébuchement et de glissade dû aux projections de soudage, aux flexibles et à l'humidité ; prescrire des intervalles et des procédures de nettoyage pour la zone de sol. (2) Exigence de qualification : toutes les personnes entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance doivent avoir été instruites des dangers et de l'organisation des voies de circulation. (3) Spécification des EPI : des chaussures de sécurité à semelle antidérapante (S3 selon l'EN ISO 20345) doivent être portées en entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance. (4) Signalisation d'avertissement à l'accès au poste de chargement et à l'allée de maintenance : apposer le signal d'avertissement W011 « Avertissement ; Sol glissant » et le signal d'obligation M008 « Port de chaussures de sécurité obligatoire » selon l'EN ISO 7010:2020. (5) Exigence relative au site d'installation : revêtement de sol antidérapant au poste de chargement et dans l'allée de maintenance, classe de résistance au glissement R 11 au moins selon la règle DGUV 108-003 allemande.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû au trébuchement, à la glissade et à la chute. À l'étape 1, les câbles et les flexibles ont été éloignés de la zone de sol, et des écrans pare-projections réduisent les projections sortant de la cellule. Subsistent les projections de soudage qui atteignent le sol par l'ouverture, ouverte pour le chargement, et les zones humides lors du nettoyage. L'ouverture doit rester ouverte pour le chargement, et le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; d'autres mesures de conception sur la machine n'agissent pas sur ces causes. Après l'étape 2, les voies de circulation sont marquées, le poste de chargement est éclairé à 500 lx et l'allée de maintenance à 200 lx, et des tapis de protection contre les projections amovibles sont prévus dans la zone de soudage ; l'essai des points de trébuchement et de glissade est réussi. Toute mesure technique supplémentaire ne ferait que remplacer le nettoyage du sol, qui est spécifié comme tâche quotidienne. Le nettoyage quotidien (notice d'instructions, chapitre 10.2), les chaussures de sécurité S3 antidérapantes, les signaux W011 et W007 (chapitre 2.4) et l'exigence d'un revêtement de sol antidérapant sur le site d'installation (vue d'ensemble des risques résiduels, chapitre 2.6) constituent les informations pour l'utilisation.

N° 13 Électrique — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû au courant de soudage au niveau de la pièce et du gabarit: le circuit de soudage conduit des courants élevés (typiquement 100 à 350 A) ; en cas de mauvais raccordement de masse ou d'isolation endommagée, les personnes qui touchent la pièce ou le gabarit peuvent subir une électrisation.

Sous-machine : Source de courant de soudage / gabarit · aussi dans : Réglage, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Concevoir le bâti du gabarit et les supports de pièce de manière que les surfaces conductrices accessibles situées dans le circuit du courant de soudage soient isolées galvaniquement du bâti de la machine par conception, au moyen d'isolants (plaques isolantes en époxy renforcé de fibres de verre entre la plaque de base du gabarit et la table de la machine, ainsi que des inserts de mâchoires de serrage isolants). Par conception, cela interrompt le chemin de courant involontaire par le bâti et les surfaces extérieures accessibles. En complément : définir le point de raccordement du câble de masse directement sur la pièce ou à un emplacement prévu du gabarit non accessible à l'opérateur, et l'intégrer par la forme (évidement, goulotte de passage de câble) de telle sorte qu'un mauvais positionnement de la pince de masse soit rendu difficile par conception.
Étape 2 · Protection	1. Source de courant de soudage : la source de courant de soudage est de classe de protection I et d'indice de protection IP23S selon l'EN IEC 60974-1 ; son intégration dans la chaîne des conducteurs de protection de l'installation complète doit être réalisée selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 8 (sections des conducteurs de protection, points de raccordement). 2. Surveillance du raccordement de masse : la surveillance du courant de masse de la source de courant de soudage est activée ; en cas d'interruption ou de résistance de contact inadmissiblement élevée, le procédé de soudage est bloqué. Cette fonction est un verrouillage d'exploitation sans exigence de PL (ce n'est pas une fonction de sécurité au sens de l'EN ISO 13849-1:2023) ; aucune réduction du risque ne lui est attribuée. 3. Liaison équipotentielle : toutes les parties conductrices du gabarit qui ne sont pas isolées volontairement sont incluses dans la liaison équipotentielle de protection de l'installation (EN 60204-1:2018, paragraphe 8.2). 4. Restriction d'accès pendant le procédé de soudage : le poste de chargement est sécurisé par le rideau lumineux (SF-02, PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023) ; pendant le soudage actif, l'accès à la zone de soudage est empêché par la porte de maintenance à interverrouillage (SF-01, PLr d) et par la logique d'autorisation de la table tournante (SF-04, PLr e), de sorte que le contact avec des parties actives en mode automatique soit empêché à la fois par la conception et par des moyens de commande. 5. Cheminement des câbles : les câbles de soudage et les câbles de masse sont posés dans des goulottes fermées ou des conduits de protection (protection contre les dommages mécaniques) ; les rayons de courbure minimaux indiqués par le fabricant doivent être respectés ; les câbles doivent être fixés avec décharge de traction.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description du raccordement correct de la pince de masse (position, nettoyage de la surface de contact, zones de serrage admissibles) ; mention de l'interdiction de toucher la pièce et le gabarit pendant le soudage ; intervalles de contrôle de l'isolation et de l'état des câbles (contrôle visuel chaque jour de travail, mesure d'isolement semestrielle par une personne qualifiée en électricité, voir chapitre 10.2). 2. Exigence de qualification : le réglage, la recherche de défauts et la maintenance de la source de courant de soudage et de ses raccordements ne doivent être effectués que par une personne qualifiée en électricité ou par une personne initiée à l'électricité sous la surveillance d'une personne qualifiée en électricité (termes selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 3.1). 3. Signalisation d'avertissement sur le gabarit et dans la zone de soudage : apposer le signal d'avertissement W012 « Avertissement ; Électricité » selon l'EN ISO 7010:2020 à un endroit bien visible ; apposer un panneau textuel « Contrôler la pince de masse avant de commencer à souder ». 4. Spécification des EPI dans la notice d'instructions : lors du réglage et de la recherche de défauts dans la zone de soudage, porter des gants isolants (classe de protection adaptée à la basse tension) et des vêtements de protection pour le soudage.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 14 Électrique — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Perturbations CEM entre la source de courant de soudage et la commande de sécurité (commande du robot, unité d'évaluation du rideau lumineux, commande d'interverrouillage): les impulsions parasites haute fréquence de l'arc MAG peuvent influencer les fonctions de sécurité et entraîner un déclenchement intempestif ou, ce qui est plus critique, une défaillance non détectée de fonctions de sécurité (EN ISO 11161).

Sous-machine : Ensemble de l'installation (interface CEM) · aussi dans : Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Séparation spatiale et galvanique des circuits de soudage et des circuits de sécurité par prescription de conception : (1) poser le conducteur de retour du courant de soudage comme conducteur de retour dédié, proche de la pièce, directement depuis le gabarit de soudage, de sorte qu'aucune boucle de courant de grande surface faisant office d'antenne ne soit créée. (2) Poser les câbles de courant de soudage et les câbles de signaux/commande de sécurité dans des goulottes séparées avec une séparation minimale de 200 mm (distances de séparation selon l'EN 50174-2 et l'EN 60204-1:2018, annexe H) ; croisements uniquement à angle droit. (3) Mettre à la terre la source de courant de soudage et la commande de sécurité sur des barres d'équipotentialité distinctes, reliées à faible impédance au conducteur de protection de l'installation, afin d'éviter les chemins d'impédance commune. Ces mesures réduisent le couplage à la source sans nécessiter de moyen de protection.
Étape 2 · Protection	Pour le risque résiduel restant dû aux perturbations conduites et rayonnées : (1) réaliser tous les câbles de signaux et de commande de sécurité (rideau lumineux SF-02, interverrouillage SF-01, autorisation de rotation SF-04, arrêt d'urgence SF-03) en câbles blindés ; relier le blindage aux deux extrémités, à faible impédance, à la barre d'équipotentialité. (2) Utiliser des filtres secteur (filtres antiparasites) à l'alimentation de la commande de sécurité et de l'unité d'évaluation du rideau lumineux, dimensionnés selon l'EN IEC 61000-6-2:2019 (exigences d'immunité pour les environnements industriels). (3) Installer la commande du robot, l'unité d'évaluation du rideau lumineux et la commande d'interverrouillage uniquement dans des armoires de commande à blindage continu (enveloppes métalliques, entrées de câbles conformes CEM). (4) La commande de sécurité et tous les composants des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 doivent démontrer leur conformité aux exigences d'immunité de l'EN IEC 61000-6-2:2019 (les justificatifs des fabricants de composants sont archivés). (5) Les fonctions de sécurité SF-01 (PLr d), SF-02 (PLr e), SF-03 (PLr d), SF-04 (PLr e) et SF-05 (PLr d) doivent être validées selon l'EN ISO 13849-1:2023 et l'EN ISO 13849-2:2012 ; la validation doit démontrer l'immunité de la SRP/CS selon l'EN ISO 13849-1:2023, annexe L, et les mesures contre les défaillances de cause commune (annexe F). (6) Source de courant de soudage : matériel marqué CE avec une déclaration UE de conformité couvrant également la directive CEM 2014/30/UE ; émissions de la source selon l'EN IEC 60974-10 (CEM des matériels de soudage à l'arc), émissions de l'installation complète selon l'EN IEC 61000-6-4:2019 (rapport d'essai RSZ-2600-EMV-001). (7) Installation complète : réaliser un essai de réception CEM selon l'EN IEC 61000-6-2:2019 à l'état de fonctionnement avec le procédé de soudage actif, afin de vérifier l'immunité des fonctions de sécurité dans des conditions réelles de fonctionnement.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : (1) mention que les modifications du cheminement des câbles (câbles de courant de soudage, câbles de commande) ne doivent être effectuées que par du personnel spécialisé qualifié disposant de compétences en CEM. (2) Consigne de maintenance : contrôle visuel des terminaisons de blindage, des liaisons équipotentielles et de la séparation des goulottes ; intervalle de contrôle de six mois (voir chapitre 10.2). (3) Mention qu'après chaque remplacement de la source de courant de soudage, de la commande du robot ou de composants de sécurité, un nouveau contrôle fonctionnel CEM des fonctions de sécurité est requis. (4) Exigence de qualification : le personnel de réglage (mode de fonctionnement Réglage, SF-05 active) doit être instruit des schémas de défauts liés à la CEM sur les commandes de sécurité. (5) Marquage sur l'armoire de commande de la commande de sécurité : panneau textuel « Ne modifier le cheminement des câbles que conformément au schéma électrique RSZ-2600-EPL-001 ».

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 15 Thermique

Risque avant : S 3 · O 4 · **IR 12**

Danger de brûlure dû aux pièces chaudes et aux cordons de soudure: les assemblages fraîchement soudés atteignent plusieurs centaines de degrés Celsius dans la zone du cordon ; le retrait sans gants de protection appropriés ou le contact avec le cordon peut entraîner de graves brûlures.

Sous-machine : Poste de chargement (côté retrait) · aussi dans : Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le principe de fonctionnement du soudage à l'arc sous gaz de protection exige nécessairement un apport de chaleur dans la pièce ; la température du cordon qui en résulte ne peut physiquement pas être ramenée à un niveau sûr sans supprimer le procédé de soudage lui-même. Le remplacement du procédé d'assemblage (par ex. collage, boulonnage) n'est pas prévu et ne satisferait pas aux exigences du produit. Une mesure géométrique (distance par rapport au cordon par la forme) ne peut pas être réalisée par conception au point de préhension pour le retrait, car l'opérateur doit saisir l'assemblage.
Étape 2 · Protection	1. Temps de refroidissement imposé : une temporisation de verrouillage côté commande après la fin du soudage (temporisateur dans la commande du système), pendant laquelle l'autorisation du retrait au poste de chargement (côté retrait) reste verrouillée. La temporisation est enregistrée pour chaque programme de soudage ; elle dépend de la géométrie de la pièce et de l'apport de chaleur. Cette fonction n'est pas une fonction de sécurité au sens de l'EN ISO 13849-1 (aucun PLr attribué), mais un verrouillage lié au procédé ; elle réduit la probabilité d'occurrence mais ne remplace pas l'obligation d'utiliser des EPI. 2. Voyant / dispositif de signalisation : indicateur optique (voyant rouge au poste de retrait) actif pendant la temporisation de refroidissement et qui s'éteint dès que l'autorisation est accordée. 3. Écran thermique : la paroi centrale de séparation fixe avec rideau de soudage entre la zone de soudage et le poste de retrait protège l'opérateur de la chaleur rayonnante (conception selon l'EN ISO 13732-1:2008 en ce qui concerne les limites de température de contact, comme référence de conception pour les surfaces pouvant être touchées par inadvertance).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention du risque de brûlure dû aux pièces chaudes et aux cordons de soudure ; indication du temps de refroidissement requis avant le retrait ; obligation de porter des gants de protection thermique (EPI de catégorie II, adaptés à la chaleur de contact selon l'EN 407, niveau de performance de chaleur de contact au moins 3) et, le cas échéant, une protection des avant-bras. 2. Signalisation d'avertissement au poste de retrait : signal d'avertissement W017 « Avertissement ; Surface chaude » et signal d'obligation M009 « Port de gants de protection obligatoire » selon l'EN ISO 7010:2020, à apposer de façon durable et bien visible au poste de chargement (côté retrait) (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.1). 3. Qualification et instruction : les opérateurs et le personnel de réglage doivent être instruits du risque de brûlure, des temps de refroidissement et de l'obligation d'utiliser des EPI avant de commencer le travail ; l'instruction doit être documentée. 4. Mise à disposition des EPI : la notice d'instructions doit inviter l'exploitant à mettre à disposition des gants de protection thermique appropriés (EN 407) et à en contrôler l'utilisation.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû aux pièces chaudes. L'apport de chaleur est inhérent au procédé de soudage et ne peut pas être réduit à un niveau inoffensif, et l'opérateur doit saisir l'assemblage (étape 1 épuisée). Après l'étape 2, la commande bloque le retrait pendant une temporisation de refroidissement enregistrée pour chaque programme de soudage, le voyant rouge du poste de retrait signale le blocage, et la paroi centrale de séparation fait écran à la chaleur rayonnante. Attendre que le cordon passe sous les limites de température de contact selon l'EN ISO 13732-1:2008 dépasserait considérablement le temps de cycle d'environ 90 secondes et irait à l'encontre de la production en série conforme à l'utilisation prévue ; aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'est donc réalisable. Le risque restant est le contact avec des zones du cordon encore chaudes après l'écoulement de la temporisation de verrouillage, qui entraîne une brûlure réversible. Il est contré par des gants de protection contre la chaleur selon l'EN 407, par les signaux W017 et M009 du côté retrait et par l'instruction du personnel (notice d'instructions, chapitres 2.4, 2.6 et 9.1).

N° 16 Thermique

Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Danger de brûlure et d'incendie dû aux projections de soudage (étincelles): lors du soudage MAG, des projections se forment à des températures supérieures à 1500 °C ; elles peuvent atterrir sur des matériaux combustibles (emballages, huiles, vêtements) de l'environnement et provoquer des incendies ou des brûlures.

Sous-machine : Robot de soudage / zone de soudage · aussi dans : Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Optimisation des paramètres de soudage pour réduire les projections : utilisation d'un procédé d'arc à faibles projections (par ex. arc pulsé ou arc court de type CMT) à la place de l'arc court conventionnel, dans la mesure où la tâche d'assemblage le permet. En réduisant spécifiquement l'énergie et la quantité de projections transférées, la probabilité que des projections susceptibles d'enflammer atteignent des matériaux combustibles est réduite par conception. En complément : positionner la zone de soudage de sorte qu'aucun produit d'exploitation combustible (huiles, lubrifiants, emballages) ne soit stocké ni acheminé dans le rayon de protection contre les projections de 1 m autour de la zone de soudage. Les conduites véhiculant des fluides combustibles doivent être écartées de la zone des projections ou munies d'écrans non combustibles.
Étape 2 · Protection	1. Protecteur : la zone de soudage est entourée par la clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et fenêtres d'observation de protection pour le soudage (EN ISO 14120:2015) et par la paroi centrale de séparation de la table tournante ; les panneaux de remplissage et la paroi centrale de séparation sont non combustibles et résistants aux projections de soudage. Ce cloisonnement empêche les projections de s'échapper vers la zone de travail générale. Du côté du poste de chargement, la paroi centrale de séparation de la table tournante avec son rideau de soudage selon l'EN ISO 25980 protège la zone de soudage. 2. Système d'aspiration dans la zone de soudage : captage des fumées et particules de soudage directement à la source selon l'EN ISO 21904-1:2020, afin d'aspirer les particules incandescentes et de réduire la charge thermique sur l'environnement. 3. Sécuriser la zone d'exclusion de 1 m autour de la clôture périphérique : marquage au sol permanent jaune et noir selon la règle allemande pour les lieux de travail ASR A1.3 et, si possible, barrières physiques ; aucune zone de stockage ou de dépose dans la zone. 4. Protection incendie : prévoir un support pour un extincteur (CO2 ou poudre, pas d'eau en raison de l'installation électrique) à la cellule ; la mise à disposition et le contrôle des agents extincteurs incombent à l'exploitant (mention dans la notice d'instructions, étape 3). 5. Fonctions de sécurité : la porte de maintenance est intégrée à l'automate de sécurité par la SF-01 (PLr d) et l'ouverture de chargement par la SF-02 (PLr e) ; le soudage n'a lieu que porte de maintenance fermée et verrouillée.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention du rayon de protection contre les projections et interdiction de stocker des matériaux combustibles dans la zone de soudage. Indication des plages admissibles des paramètres de soudage (courant, tension, dévidage du fil) pour réduire les projections. Consignes de nettoyage régulier des projections sur les surfaces de la machine et dans la zone de soudage (réduction de la charge calorifique). Consignes de conduite à tenir en cas d'incendie (alerte, première intervention d'extinction, évacuation). 2. Signaux d'avertissement sur la clôture périphérique selon l'EN ISO 7010:2020 : signal d'avertissement général W001 avec le texte complémentaire « Risque d'incendie dû aux projections de soudage ». « Avertissement ; Surface chaude » (W017) dans la zone de soudage. Signal d'obligation M010 « Port de vêtements de protection obligatoire » à la porte de maintenance. 3. Exigence de qualification : le personnel de réglage et les opérateurs doivent être formés à l'utilisation de l'installation de soudage et à la manipulation des équipements de protection incendie. Le personnel de réglage doit justifier d'une qualification de spécialiste du soudage ou d'une instruction équivalente documentée. 4. Spécification des EPI : lors des travaux de réglage dans la zone de soudage, les EPI suivants doivent être portés : vêtements de protection pour le soudage ignifuges (selon l'EN ISO 11611), gants de soudeur (selon l'EN 12477), écran facial de soudage ou casque de soudage avec filtre de soudage selon l'EN ISO 16321-2 (anciennement EN 169). En mode automatique, porte de maintenance fermée, aucun EPI de soudeur n'est requis ; toutefois, il est interdit d'entrer dans la zone de soudage pendant le fonctionnement (notice d'instructions).

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 18 Rayonnement — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Phénomène dangereux dû au rayonnement optique de l'arc MAG (UV, visible, IR): l'arc émet un rayonnement ultraviolet, visible et infrarouge intense ; l'observation de l'arc sans protection (y compris par une porte de maintenance ouverte en mode de réglage) peut provoquer des lésions oculaires (kératoconjonctivite, lésions de la rétine) et des brûlures cutanées.

Sous-machine : Robot de soudage / zone de soudage · aussi dans : Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le principe de fonctionnement du soudage MAG exige nécessairement un arc ouvert à forte intensité de rayonnement ; le courant, la tension et l'énergie de l'arc ne peuvent pas être réduits à un niveau où le danger de rayonnement est éliminé sans interrompre le procédé de soudage. Le déplacement géométrique du point dangereux n'est pas possible dans une installation de soudage robotisée aux positions de soudage variables.
Étape 2 · Protection	1. Cloisonnement de la zone de soudage : clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et fenêtres d'observation de protection pour le soudage, en tant que protecteur fixe selon l'EN ISO 14120:2015 ; panneaux de remplissage et revêtement (noir mat, surface absorbant la lumière) à concevoir de sorte qu'aucune réflexion UV/IR notable ne s'échappe vers l'extérieur. Fenêtres d'observation et rideaux de soudage à concevoir selon l'EN ISO 25980. 2. Porte de maintenance : la porte de maintenance doit être équipée d'un interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025 (verrouillage avec interverrouillage, déverrouillage de secours selon l'EN ISO 14119:2025, paragraphe 6.9.1). La fonction de sécurité « SF-01 Arrêt sûr (catégorie d'arrêt 1) à l'ouverture de la porte de maintenance » doit être réalisée en PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023 : l'interverrouillage ne libère la porte qu'une fois l'arc éteint et le robot à l'arrêt ; il n'est donc pas nécessaire de calculer une distance de sécurité selon l'EN ISO 13855:2024. 3. Mode de réglage porte de maintenance ouverte : tant que la porte de maintenance est ouverte, la source de courant de soudage est mise à l'arrêt de manière sûre par la SF-01 (chaîne de coupure de l'automate de sécurité comme pour la SF-03, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023), de sorte qu'aucun arc ne puisse être amorcé porte ouverte. Le blocage supplémentaire de l'autorisation de soudage dans la commande standard (autorisation de soudage uniquement porte de maintenance fermée et verrouillée) est un verrouillage d'exploitation sans exigence de PL. La fonction « SF-05 Vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation en mode de réglage » (PLr d) s'applique aux mouvements du robot et de la table tournante. Porte de maintenance fermée, l'interverrouillage (SF-01) protège contre le rayonnement de l'arc. 4. Protection contre le rayonnement à l'ouverture de chargement : la paroi centrale de séparation de la table tournante avec son rideau de soudage selon l'EN ISO 25980 protège le poste de chargement, de sorte qu'aucun rayonnement direct ne puisse atteindre l'opérateur.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions : mention du danger de rayonnement de l'arc MAG (UV, visible, IR) conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, points 1.7.4.1 et 1.7.4.2 ; indication que la source de courant de soudage est mise à l'arrêt de manière sûre par la SF-01 tant que la porte de maintenance est ouverte ; description des exigences en matière d'EPI pour les activités de réglage et de maintenance à proximité de la zone de soudage. 2. Exigence de qualification : le personnel de réglage et de maintenance doit connaître le danger de rayonnement lié au soudage à l'arc ; l'instruction selon l'ordonnance allemande sur la protection contre les rayonnements optiques artificiels (OStrV) est à désigner dans la notice d'instructions comme une obligation de l'exploitant. 3. Spécification des EPI : pour les activités où un risque résiduel dû au rayonnement diffusé (par ex. réflexions lors du réglage à proximité immédiate) ne peut être totalement exclu : lunettes de soudage ou écran facial de soudage avec filtre de soudage selon l'EN ISO 16321-2 (anciennement EN 169), vêtements de protection résistant aux UV et gants de protection. 4. Signalisation d'avertissement : signal d'avertissement « Avertissement ; Rayonnement optique » (W027 selon l'EN ISO 7010:2020) à la porte de maintenance et à l'ouverture de chargement ; signaux d'obligation « Protection des yeux obligatoire » (M004) et « Port de vêtements de protection obligatoire » (M010) selon l'EN ISO 7010:2020, à apposer à la porte de maintenance. 5. Données d'émission : informations sur le rayonnement optique de l'arc dans la notice d'instructions conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, points 1.5.10 et 1.7.4.2 ; la base est constituée par les données du fabricant de la source de courant de soudage et par l'évaluation de l'émission de rayonnement selon l'EN 12198 (rayonnement émis par les machines).

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 19 Rayonnement — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû aux champs électromagnétiques (CEM) générés par la source de courant de soudage et les câbles de soudage: les courants de soudage élevés génèrent de forts champs magnétiques ; les personnes porteuses d'implants actifs (stimulateurs cardiaques, pompes à insuline) peuvent être mises en danger par ces champs.

Sous-machine : Source de courant de soudage / câbles de soudage · aussi dans : Réglage, Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Poser et regrouper les câbles de soudage (conducteur de courant et conducteur de retour) de sorte que les conducteurs aller et retour soient rapprochés au maximum (paires de câbles torsadées ou posées en parallèle à distance minimale l'une de l'autre) : les champs magnétiques des deux conducteurs se compensent en partie, ce qui réduit nettement l'intensité de champ résultante dans l'environnement. Garder les câbles aussi courts que techniquement possible et éviter les enroulements inutiles ou les boucles, car les boucles augmentent l'intensité de champ. Installer la source de courant de soudage à distance du poste de chargement et du pupitre de commande.
Étape 2 · Protection	Sécuriser l'accès à la zone de soudage (cellule de soudage) pendant le fonctionnement au moyen du protecteur fixe existant (clôture périphérique selon l'EN ISO 14120:2015), de sorte que des personnes ne puissent pas pénétrer à proximité immédiate des câbles de soudage actifs pendant le fonctionnement automatique. Concevoir la porte de maintenance avec interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025 (SF-01, PLr d), qui n'autorise l'entrée qu'après la coupure du courant de soudage. En mode de réglage et lors des travaux de maintenance à proximité des câbles : couper le courant de soudage avant d'entrer dans la zone dangereuse et le sécuriser contre toute remise en marche (séparation de l'énergie et arrêt selon l'EN ISO 14118:2018). Les câbles de soudage cheminent entièrement à l'intérieur de la clôture périphérique, de sorte que les personnes situées à l'extérieur de la cellule restent à distance des câbles actifs.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : indication explicite que le fonctionnement de la machine à souder génère de forts champs électromagnétiques. Les personnes porteuses d'implants métalliques actifs ou passifs (stimulateurs cardiaques, pompes à insuline, implants cochléaires, implants métalliques) ne doivent pas pénétrer à proximité immédiate des câbles de soudage et de la source de courant de soudage. Avant de commencer des activités de réglage ou de maintenance à proximité des câbles, le courant de soudage doit être coupé. Exigence de qualification : le personnel de réglage et de maintenance doit être instruit du danger lié aux CEM ; les personnes porteuses d'implants connus doivent être exclues des activités à proximité immédiate des câbles de soudage actifs. Signalisation d'avertissement : apposer le signal d'avertissement « Avertissement ; Champ magnétique » (W006 selon l'EN ISO 7010:2020) à la porte de maintenance, au poste de chargement et sur la source de courant de soudage. En complément, apposer aux mêmes endroits le signal d'interdiction « Accès interdit aux porteurs de dispositifs cardiaques implantés actifs » (P007 selon l'EN ISO 7010:2020). Les émissions de champs électromagnétiques sont à décrire qualitativement dans la notice d'instructions ; la base d'évaluation est constituée par les données du fabricant de la source de courant de soudage selon l'EN IEC 62822-2 (évaluation des matériels de soudage à l'arc au regard de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques).

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 20 Matières/substances — Risque avant : S 4 · O 4 · **IR 16**

Phénomène dangereux dû à l'inhalation de fumées et de vapeurs de soudage (oxydes métalliques, manganèse, oxydes de fer): le soudage MAG de l'acier de construction génère des particules et des gaz nocifs ; en cas d'aspiration insuffisante (cartouche filtrante saturée, installation arrêtée), les concentrations dans la zone respiratoire de l'opérateur dépassent les valeurs limites d'exposition professionnelle.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (aspiration / zone de soudage) · aussi dans : Réglage, Maintenance, Nettoyage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Substitution du produit d'apport de soudage : utilisation de fils pleins à teneur en manganèse démontrablement réduite (alliage à faible teneur en Mn, par ex. teneur en Mn < 1,0 % selon la fiche de données de sécurité) à la place de fils fourrés ou de fils à forte teneur en manganèse, dans la mesure où la tâche de soudage (acier de construction, qualité de soudure) le permet. En complément : optimisation des paramètres de soudage (tension d'arc, vitesse de dévidage du fil, composition du gaz de protection) sur un réglage à faibles fumées conformément à la recommandation du fabricant de la source de courant de soudage, afin de réduire au minimum la formation de fumées à la source. Les deux mesures réduisent la masse de polluants émise et donc la probabilité d'une exposition nocive ; la gravité du dommage possible reste inchangée.
Étape 2 · Protection	Ventilation technique et aspiration selon l'EN ISO 21904-1:2020 (aspiration des fumées de soudage) : captage des fumées de soudage par la hotte de captage au-dessus de la zone de soudage avec un débit volumique de 1800 m³/h, qui garantit la vitesse de captage au point d'émission. Le système d'aspiration doit être équipé d'une surveillance du filtre (pressostat différentiel) qui déclenche une alarme lorsque la cartouche filtrante est saturée ou que l'aspiration est défaillante ; la cellule s'arrête de manière contrôlée et ne peut être redémarrée qu'une fois le défaut éliminé (verrouillage d'exploitation sans exigence de PL selon l'EN ISO 13849-1, aucune réduction du risque ne lui est attribuée). Protection de la zone de soudage par la clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage (EN ISO 14120:2015) et par la paroi centrale de séparation de la table tournante, afin de réduire au minimum la diffusion des fumées vers la zone de l'opérateur. Une surveillance de l'air ambiant pour la concentration de fumées de soudage au poste de chargement est recommandée à l'exploitant comme mesure complémentaire.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication des types de fumées de soudage émises et renvoi aux valeurs limites d'exposition professionnelle à respecter selon la TRGS 900 et la TRGS 528 allemandes ; consigne de contrôle et de remplacement réguliers des cartouches filtrantes (intervalle de maintenance selon les indications du fabricant, EN ISO 21904-1:2020) ; interdiction de souder lorsque le système d'aspiration est en panne ou arrêté. Signaux d'avertissement à la zone de soudage : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Fumées de soudage nocives » et signal d'obligation « Protection respiratoire obligatoire » (M017) en tant que marquage du risque résiduel. Exigence en matière d'EPI : demi-masque filtrant à particules FFP3 selon l'EN 149 ou appareil de protection respiratoire à ventilation assistée pour les travaux de réglage, de maintenance et de nettoyage dans la zone de soudage lorsque le système d'aspiration est arrêté. Exigence de qualification : les opérateurs et le personnel de réglage doivent être instruits des dangers des fumées de soudage et de l'utilisation correcte du système d'aspiration (TRGS 528, paragraphe 5).

Risque après : G 4 · P 2 · **IR 8 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 8 (G 4, P 2) dû aux fumées de soudage. La gravité résulte des propriétés des fumées de soudage (oxydes métalliques, manganèse) et reste inchangée ; le procédé MAG est la finalité de la machine et ne peut pas être remplacé. À l'étape 1, un fil plein à faible teneur en manganèse, dans la mesure où la tâche de soudage le permet, et des paramètres à faibles fumées sont prévus. Après l'étape 2, la hotte de captage située au-dessus de la zone de soudage capte les fumées à 1800 m³/h, la cellule s'arrête de manière contrôlée en cas de défaut de l'aspiration ou de saturation de la cartouche filtrante (seuil d'alarme de défaut 1400 m³/h), la séparation s'effectue en classe W3, et la clôture périphérique et la paroi centrale de séparation font écran pour le poste de chargement ; le captage, l'efficacité et la classe de séparation ont été contrôlés. Un encoffrement complet n'est pas possible, car l'ouverture de chargement doit rester ouverte pour le chargement manuel, et l'aspiration est arrêtée pendant les travaux dans la zone de soudage ; aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'a été identifiée pour cette exposition résiduelle. Le risque restant consiste en des émissions résiduelles au poste de chargement et en une exposition lors des travaux de réglage, de maintenance et de nettoyage. La protection respiratoire FFP3 pour ces travaux, l'interdiction de souder sans aspiration efficace, la maintenance des filtres et les obligations de l'exploitant au titre de la TRGS 528 figurent dans la notice d'instructions (chapitres 1.2, 2.6, 9.1 et 10.2).

N° 21 Matières/substances — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû au gaz de protection (mélange argon-CO2 M21) en cas de fuite: l'argon et le CO2 sont plus lourds que l'air, de sorte que le gaz de protection peut s'accumuler près du sol ; en cas de fuites importantes dans des zones mal ventilées, il existe un risque d'asphyxie par déplacement de l'oxygène.

Sous-machine : Alimentation en gaz de protection / réseau de conduites · aussi dans : Maintenance, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Limitation de la pression dans le réseau de conduites : limiter la pression de service de l'alimentation en gaz de protection au niveau minimal requis pour le procédé de soudage (détendeur au raccordement d'alimentation de la cellule). Une pression de système plus basse réduit la quantité de gaz qui s'échappe en cas de défaut et donc le potentiel d'accumulation. En complément : concevoir le tracé des conduites et les points de raccordement de manière à réduire au minimum les fuites par conception : utilisation de raccords à bague coupante ou de raccords à sertir plutôt que de colliers de serrage sur les tronçons de conduite fixes ; réduire les longueurs de flexible au minimum nécessaire à l'exploitation ; ne pas poser de conduites près du sol dans des fosses ou des locaux fermés (les poser près du plafond dans la mesure du possible). Ces mesures agissent directement sur la source d'énergie (gaz sous pression stocké) et sur le lieu du danger (zone d'accumulation).
Étape 2 · Protection	1. Coupure automatique de l'alimentation en gaz : électrovanne (fermée hors tension) dans la conduite d'alimentation en gaz de protection, qui coupe automatiquement l'alimentation en gaz à l'arrêt de la machine, à l'arrêt d'urgence (SF-03) et pendant les pauses de fonctionnement ; en outre, une vanne d'arrêt manuelle à l'extérieur de la cellule. 2. Surveillance des fuites : contrôle de plausibilité de la consommation de gaz par la commande de la machine (indication lorsqu'un débit de gaz apparaît sans procédé de soudage actif, comme indicateur de fuite) ; contrôle visuel quotidien des raccords de flexibles comme exigence de maintenance. 3. Installation de l'alimentation en gaz de protection prévue sur site (rampe de bouteilles ou poste de soutirage) dans une zone ventilée du hall, pas dans des fosses, des sous-sols ou des renfoncements confinés. En cas d'installation dans des zones mal ventilées, l'exploitant est tenu de prévoir un dispositif d'alerte oxygène (mention dans la notice d'instructions). Une fonction de sécurité avec exigence de PLr n'est pas nécessaire pour ce phénomène dangereux ; le risque est maîtrisé par la coupure, le lieu d'installation et la ventilation.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention du risque d'asphyxie par déplacement de l'oxygène en cas de fuites importantes dans des zones mal ventilées ; exigence d'une ventilation suffisante du hall sur le site d'installation ; travaux sur l'alimentation en gaz uniquement conduite fermée et dépressurisée (EN ISO 14118:2018). 2. Qualification : travaux sur les conduites et la robinetterie de gaz comprimé uniquement par du personnel spécialisé instruit ; instruction selon la règle DGUV 100-500 allemande, chapitre 2.26, et la TRGS 528 (obligation de l'exploitant). 3. Signalisation d'avertissement : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Risque d'asphyxie dû au gaz de protection » sur le lieu d'installation de l'alimentation en gaz ; signal d'interdiction complémentaire « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006) sur les locaux d'alimentation verrouillés. 4. Lors de travaux dans des zones confinées ou mal ventilées (par ex. changement de bouteilles dans des renfoncements) : utiliser un détecteur d'oxygène portable ; ne pas travailler seul.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 24 Bruit

Risque avant : S 4 · O 4 · **IR 16**

Phénomène dangereux dû au bruit lors du procédé de soudage MAG et de l'entraînement de la table tournante: le procédé de soudage (bruit de l'arc, projections) et les entraînements mécaniques génèrent des niveaux de pression acoustique importants au poste de chargement ; en fonctionnement continu (travail en deux équipes, 16 h), le niveau d'exposition quotidienne au bruit LEX,8h peut atteindre ou dépasser les valeurs d'action de l'ordonnance allemande relative à la protection contre le bruit et les vibrations sur le lieu de travail (LärmVibrationsArbSchV).

Sous-machine : Ensemble de l'installation (zone de soudage / table tournante) · aussi dans : Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Réduction du bruit à la source par des mesures de conception selon l'EN ISO 11688-1 : (1) optimisation du procédé de soudage : choix de paramètres de soudage à faible émission (arc pulsé au lieu d'arc court lorsque cela est techniquement réalisable sur le plan du procédé), car l'arc court génère davantage de projections et d'émissions sonores. (2) Encapsulation de l'entraînement et isolation contre les bruits solidiens de l'entraînement de la table tournante : montage élastique du moteur d'entraînement et du réducteur sur le bâti de la machine afin de réduire la transmission des bruits solidiens aux surfaces rayonnantes. (3) Bâti de machine utilisant des profilés absorbant le son ou amortis (par ex. habillage en tôle garni de tapis d'amortissement bitumineux) au lieu de surfaces en tôle d'acier non amorties, afin de réduire le rayonnement sonore. La mesure et la déclaration des valeurs d'émission sonore seront effectuées à l'étape 2 et à l'étape 3.
Étape 2 · Protection	(1) Protection acoustique de la zone de soudage par la paroi centrale de séparation de la table tournante et par les panneaux de remplissage fermés de la clôture périphérique entre la zone de soudage et le poste de chargement. (2) Encapsulation ou habillage de l'entraînement de la table tournante avec un matériau absorbant le son, à condition que l'accessibilité pour la maintenance soit garantie (habillage à concevoir comme un protecteur selon l'EN ISO 14120:2015). (3) Mesure du bruit au poste de chargement selon l'EN ISO 11202:2010 dans des conditions de fonctionnement représentatives (mode automatique, soudage MAG actif, table tournante en fonctionnement) afin de déterminer le niveau de pression acoustique d'émission LpA (mesuré : 84 dB(A), K = 2,5 dB). Le niveau d'exposition quotidienne au bruit LEX,8h est déterminé par l'exploitant conformément à l'ordonnance allemande relative à la protection contre le bruit et les vibrations sur le lieu de travail (LärmVibrationsArbSchV). Remarque : aucune fonction de sécurité selon l'EN ISO 13849-1 n'est concernée ; la détermination du PLr ne s'applique pas à ce phénomène dangereux.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	(1) Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4.2, u)) : indication du niveau de pression acoustique d'émission mesuré LpA au poste de chargement selon l'EN ISO 11202:2010 et l'EN ISO 4871:2009 (avec incertitude de mesure K) ; lorsque LpA dépasse 80 dB(A), indication complémentaire du niveau de puissance acoustique LWA selon l'EN ISO 3746:2010. Mention des obligations de l'exploitant au titre de l'ordonnance allemande relative à la protection contre le bruit et les vibrations sur le lieu de travail (LärmVibrationsArbSchV) : appréciation du risque, programme de réduction du bruit à partir de la valeur d'action supérieure LEX,8h 85 dB(A), obligation de mettre à disposition une protection auditive à partir de 80 dB(A), obligation de porter une protection auditive à partir de 85 dB(A). (2) Signalisation d'avertissement au poste de chargement : signal d'obligation « Protection de l'ouïe obligatoire » (M003 selon l'EN ISO 7010:2020), à apposer à un endroit bien visible. (3) Qualification et instruction : le personnel d'exploitation doit être instruit par l'exploitant du danger lié au bruit, des valeurs d'action et de l'utilisation correcte de la protection auditive. (4) Spécification des EPI : une protection auditive appropriée (serre-tête antibruit ou bouchons d'oreilles) avec une valeur d'atténuation suffisante (SNR) correspondant au LEX,8h déterminé par l'exploitant doit être mise à disposition par l'exploitant ; choix selon l'EN 458.

Risque après : G 4 · P 2 · **IR 8 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 8 (G 4, P 2) dû au bruit ; gravité 4, car la perte auditive due au bruit est irréversible. Le bruit de l'arc provient du procédé de soudage lui-même ; à l'étape 1, des paramètres de soudage à faible émission, une isolation contre les bruits solidiens de l'entraînement de la table tournante et un habillage amorti sont prévus. Après l'étape 2, la paroi centrale et les panneaux de remplissage fermés de la clôture font écran pour le poste de chargement, et l'entraînement est capoté. Les valeurs mesurées au poste de chargement sont LpA = 84 dB(A) avec K = 2,5 dB selon l'EN ISO 11202:2010 et LWA = 96 dB(A) selon l'EN ISO 3746:2010. L'ouverture de chargement côté opérateur doit rester ouverte, de sorte qu'un encoffrement supplémentaire de ce côté n'est pas possible, et le bruit de l'arc ne peut pas être réduit davantage sans modifier le procédé ; aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'est réalisable. Le niveau d'exposition quotidienne au bruit dépend de l'organisation du travail de l'exploitant. La déclaration d'émission sonore selon l'EN ISO 4871:2009, les obligations relatives à la protection auditive à partir de 80 et 85 dB(A) et le signal M003 figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.4 et 3).

N° 27 Ergonomique

Risque avant : S 2 · O 3 · **IR 6**

Éclairage insuffisant au poste de chargement et dans l’allée de maintenance: un éclairement insuffisant rend plus difficiles le chargement et le déchargement sûrs des pièces ainsi que les travaux de maintenance, et augmente le risque d’erreurs et d’accidents.

Sous-machine : Poste de chargement / allée de maintenance · aussi dans : Réglage, Maintenance, Nettoyage · Proposé avec l’assistance de l’IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Éclairage de poste de travail intégré à la machine, à prévoir dans le cadre de la conception, au poste de chargement et dans l’allée de maintenance : les luminaires sont intégrés durablement à la structure de la machine (encastrés dans le cadre de la clôture périphérique), de sorte que l’éclairement au poste de chargement et dans l’allée de maintenance soit assuré en permanence indépendamment de l’éclairage du hall. La conception est réalisée selon l’EN ISO 12100:2010, paragraphe 6.2.8 (ergonomie), en liaison avec l’EN 1837 (éclairage intégré à la machine) ; l’éclairage tel que réalisé fournit 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance. L’intégration à la conception supprime la dépendance à des sources d’éclairage externes éventuellement insuffisantes.
Étape 2 · Protection	Risque résiduel dû à la défaillance ou à l’ombrage des luminaires intégrés : surveillance de la disponibilité de l’éclairage du poste de travail par la commande de la machine (message en cas de défaillance d’une lampe). En outre, les zones de l’allée de maintenance sont à marquer par des marquages au sol rétroréfléchissants jaunes et noirs selon la règle allemande pour les lieux de travail ASR A1.3 (risques de trébuchement, limites d’allée) et par le signal d’avertissement W007 « Avertissement ; Obstacle au sol » selon l’EN ISO 7010:2020 aux endroits présentant un risque de trébuchement. Une fonction de sécurité au sens de l’EN ISO 13849-1 n’est pas requise pour la surveillance de l’éclairage ; en cas de défaillance de l’éclairage, le travail doit être interrompu (étape 3).
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	Notice d’instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication de l’éclairement de l’éclairage du poste de travail : 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance ; mention qu’en cas de défaillance de l’éclairage intégré, le travail doit être interrompu jusqu’au rétablissement de l’éclairage. Panneau textuel sur la porte de maintenance : « Arrêter le travail en cas de panne d’éclairage ». Exigence de qualification : le personnel de maintenance doit être instruit du contrôle du fonctionnement de l’éclairage avant de commencer le travail. Utiliser des luminaires portatifs appropriés pour de brefs contrôles en cas de panne d’éclairage ; ne reprendre le travail normal qu’après rétablissement de l’éclairage.

Risque après : G 2 · P 1 · **IR 2 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 31 Combinaison — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû aux niveaux de sécurité différents des sous-machines de fabricants différents (robot, source de courant de soudage, table tournante, aspiration): un verrouillage d'interface absent ou incomplet entre les sous-machines peut faire qu'une sous-machine démarre alors qu'une autre se trouve dans un état dangereux (EN ISO 11161).

Sous-machine : Ensemble de l'installation (intégration du système) · aussi dans : Mise en service, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Architecture système avec une commande de sécurité unique de niveau supérieur (Safety Master) comme principe de commande intrinsèquement sûr selon l'EN ISO 12100, paragraphe 6.2.11 : tous les signaux d'état relatifs à la sécurité des sous-machines (mode de fonctionnement du robot, position finale de la table tournante, fonctionnement de l'aspiration, source de courant de soudage prête) transitent exclusivement par la commande de sécurité. Aucun entraînement de sous-machine ne reçoit de signal d'autorisation tant que la commande de sécurité n'a pas jugé l'état global sûr. Grâce à cette centralisation, la possibilité d'un verrouillage d'interface incomplet est réduite au minimum par conception : il n'existe aucun chemin d'autorisation parallèle et indépendant entre les sous-machines. La définition des interfaces est réalisée selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 (intégration du système, responsabilités, description des interfaces) et est documentée dans le concept de sécurité de l'installation complète.
Étape 2 · Protection	1. Matrice de verrouillage selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : pour chaque combinaison de sous-machines, une matrice d'états complète (mode de fonctionnement × état des autres sous-machines) est établie et mise en œuvre dans la commande de sécurité. Chaque signal d'autorisation est réalisé comme une combinaison ET de tous les états de sécurité pertinents. 2. La fonction de sécurité SF-04 (autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée, PLr e) garantit que la table tournante ne tourne que lorsque le champ de protection du rideau lumineux est libre, que les brides sont fermées et que le robot se trouve de façon démontrable en dehors de la zone de rotation. La fonction de sécurité est conçue en PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023 et validée selon l'EN ISO 13849-2:2012. 3. La fonction de sécurité SF-01 (arrêt sûr à l'ouverture de la porte de maintenance, catégorie d'arrêt 1, PLr d) et la SF-02 (arrêt sûr à l'interruption du rideau lumineux, PLr e) sont coordonnées sur l'ensemble de l'installation : un signal d'arrêt d'une sous-machine déclenche l'arrêt coordonné de toutes les sous-machines via la commande de sécurité. La catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 9.2.2, s'applique au robot et à la table tournante. 4. L'arrêt d'urgence de l'installation complète (SF-03, catégorie d'arrêt 1, PLr d) selon l'EN ISO 13850:2015 agit simultanément sur toutes les sous-machines via la commande de sécurité. Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont disposés au pupitre de commande, à la porte de maintenance et sur la console de programmation. 5. Prévention de la mise en marche inattendue selon l'EN ISO 14118:2018 : après chaque arrêt (arrêt d'urgence, déclenchement d'un moyen de protection, interruption de l'alimentation en énergie), un ordre de redémarrage délibéré est requis ; le redémarrage automatique est exclu. 6. Mode de réglage à vitesse réduite de manière sûre (SF-05, 250 mm/s, PLr d) et dispositif de validation selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.7.7 ; dans ce mode, le robot et la table tournante ne se déplacent qu'avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite de manière sûre, et la source de courant de soudage est mise à l'arrêt de manière sûre par la SF-01 tant que la porte de maintenance est ouverte.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions de l'installation complète conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4 : la logique de verrouillage d'interface (matrice d'états, conditions d'autorisation par sous-machine) doit être documentée intégralement. Pour chaque sous-machine, le point de transfert de la responsabilité de sécurité (fabricant de la sous-machine jusqu'à l'interface, intégrateur à partir de l'interface) est défini par écrit dans le concept de sécurité de l'installation complète selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 et doit être indiqué dans la notice d'instructions. Exigence de qualification : la mise en service, le paramétrage et les modifications de la commande de sécurité ne doivent être effectués que par du personnel spécialisé qualifié connaissant l'EN ISO 13849-1:2023 et l'EN ISO 11161. Signalisation d'avertissement au pupitre de commande : signal d'avertissement « Avertissement ; Démarrage automatique » (W018 selon l'EN ISO 7010:2020). La notice d'instructions doit décrire les procédures de recherche de défauts et de mise en service, y compris l'ordre dans lequel les sous-machines peuvent être mises en service et les étapes de vérification du verrouillage d'interface avant le premier fonctionnement automatique.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) aux interfaces des sous-machines de différents fabricants. Le robot (quasi-machine avec déclaration d’incorporation), la source de courant de soudage et l’unité d’aspiration disposent de leurs propres systèmes de commande, et leur intégration exige une logique de niveau supérieur. À l’étape 1, tous les états relatifs à la sécurité passent par un automate de sécurité unique, sans voies d’autorisation parallèles. Après l’étape 2, une matrice de verrouillage de tous les modes de fonctionnement et états est réalisée sous forme de logique ET, les SF-01 à SF-05 agissent sur l’ensemble de l’installation, chaque arrêt entraîne un arrêt coordonné de toutes les sous-machines, et la validation est effectuée selon l’EN ISO 13849-2:2012 et l’EN ISO 11161:2007+A1:2010. Le risque restant est une erreur systématique dans la spécification de la matrice qui n’est pas détectée lors de la validation. La sécurité interne des sous-machines achetées relève de la responsabilité de leurs fabricants respectifs ; aux interfaces dont le fabricant de l’ensemble de machines est responsable, aucune autre mesure de l’étape 1 ou de l’étape 2 allant au-delà du verrouillage central et de sa validation n’a été identifiée. Points de transfert de responsabilité, séquence de mise en service et étapes d’essai du verrouillage des interfaces : notice d’instructions, chapitres 1.1, 2.6 et 8.3.

N° 32 Mécanique

Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû à l'atteinte par-dessus ou par en dessous du rideau lumineux au poste de chargement (mauvais usage raisonnablement prévisible): des personnes passent la main sur le côté du rideau lumineux ou en dessous du rideau lumineux dans la zone de rotation sans que la fonction de protection se déclenche ; la table tournante ou le robot peut démarrer et coincer les mains ou les bras.

Sous-machine : Poste de chargement (interface du rideau lumineux) · aussi dans : Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le poste de chargement exige une ouverture d'accès en permanence ouverte pour l'introduction manuelle des pièces. La fermeture géométrique complète de cette ouverture par conception rendrait la machine inutilisable. Les distances minimales selon l'EN ISO 13854:2019 ne peuvent pas, en tant que mesure de conception, empêcher le contournement latéral d'un rideau lumineux tant que l'ouverture doit rester disponible pour l'accès de l'opérateur. La limitation de la force ou de l'énergie de la table tournante ou du robot à un niveau non dangereux (étape 1) n'est pas techniquement réalisable avec les masses et les couples en jeu sans nuire à la fonction.
Étape 2 · Protection	1. Champ de protection et protection contre l'atteinte par en dessous : positionner le rideau lumineux (type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020, SF-02, PLr e) de sorte que le champ de protection couvre entièrement l'ouverture de chargement. Les ouvertures restantes sous et à côté du champ de protection sont fermées par des protecteurs fixes (EN ISO 14120:2015) selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4, de sorte que l'atteinte par en dessous ou autour du champ de protection soit impossible. 2. Protection latérale des flancs : des protecteurs fixes (panneaux latéraux ou guides en U) selon l'EN ISO 14120:2015 doivent être montés des deux côtés du rideau lumineux afin d'empêcher par conception le contournement latéral. La profondeur de ces flancs doit être déterminée selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4 (distance de sécurité en fonction de la dimension de l'ouverture), de sorte que la zone dangereuse ne puisse pas être atteinte par le côté. 3. Spécification du rideau lumineux : le rideau lumineux doit être choisi de type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020 et intégré à la fonction de sécurité SF-02 (PLr e). La distance de sécurité entre le rideau lumineux et la zone dangereuse la plus proche doit être calculée et respectée selon l'EN ISO 13855:2024 (atteinte à travers, résolution de 30 mm pour la détection de la main). L'intégration à la commande est réalisée selon l'EN ISO 13849-1:2023, PLr e (SF-02).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication explicite que le contournement latéral du rideau lumineux ou l'atteinte par en dessous est interdit et neutralise la fonction de sécurité SF-02. Description de l'opération de chargement correcte (introduire la pièce par l'avant à travers le rideau lumineux). Mention du danger que représentent la table tournante et le robot lorsque la fonction de protection n'a pas été déclenchée. 2. Signaux d'avertissement (EN ISO 7010:2020) : « Avertissement ; Écrasement des mains » (W024) à apposer des deux côtés des panneaux de flanc et sur le cadre du rideau lumineux. Signal d'interdiction « Ne pas passer la main » (P015) à l'ouverture d'accès. 3. Exigence de qualification : en mode de réglage (SF-05, PLr d, vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation), seul du personnel spécialisé instruit, connaissant le fonctionnement et les limites du rideau lumineux, peut travailler. Cette exigence doit être consignée dans la notice d'instructions et dans la documentation d'instruction. 4. EPI : les gants de protection n'offrent aucune protection contre les dangers d'écrasement et d'entraînement dus à la table tournante ou au robot et ne conviennent pas comme mesure de protection contre ce phénomène dangereux. Cette mention doit figurer dans la notice d'instructions afin d'éviter des hypothèses erronées.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à l'atteinte par le côté ou par en dessous du rideau lumineux. L'ouverture de chargement doit être ouverte en permanence pour le chargement à une cadence d'environ 90 secondes, et la limitation de la force ou de l'énergie de la table tournante et du robot n'est pas réalisable (étape 1). Après l'étape 2, un rideau lumineux de type 4 d'une résolution de 30 mm (SF-02, PL e, catégorie 4) couvre l'ouverture sans muting, les flancs et les ouvertures sous le champ de protection et à côté de celui-ci sont fermés par des protecteurs fixes selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4, et la distance de sécurité est calculée selon l'EN ISO 13855:2024 ; la distance d'arrêt mesurée de la table tournante, de 45 mm, est inférieure à la valeur admissible de 60 mm. Un protecteur mobile à l'ouverture devrait s'ouvrir et se fermer à chaque cycle et créerait son propre point d'écrasement au bord de fermeture ; il ne réduit pas le risque par rapport à la solution mise en œuvre. Le risque restant est le pontage délibéré, par exemple en masquant le champ de protection avec du ruban adhésif. L'interdiction, le contrôle quotidien avec le barreau d'essai, les signaux W024 et P015 à l'ouverture et la mention que les gants ne protègent pas contre l'écrasement figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.2, 2.4, 9.1 et 9.4).

N° 34 Thermique

Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Danger d’incendie dans l’aspiration des fumées de soudage (feu de filtre): les étincelles et particules incandescentes aspirées par le procédé peuvent s’accumuler dans la cartouche filtrante et provoquer un feu couvant ou un feu de filtre, y compris avec un décalage dans le temps après la fin d’un poste. La fumée de l’incendie peut se propager vers le hall par la tuyauterie et le recyclage de l’air.

Sous-machine : Aspiration des fumées de soudage (unité de filtration) · aussi dans : Maintenance

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Réduction des étincelles à la source par la conception des paramètres de soudage et de la géométrie d’aspiration : concevoir la hotte de captage au-dessus de la zone de soudage et le cheminement des gaines de sorte que les étincelles aspirées aient refroidi avant d’atteindre la cartouche filtrante. En outre, prévoir un pré-séparateur d’étincelles (chicane / séparateur cyclonique) comme composant intégré directement en amont de la cartouche filtrante, qui sépare par inertie les grosses particules et les étincelles avant leur contact avec le média filtrant. Ce composant fait partie intégrante de la conception du système d’aspiration et n’est pas un moyen de protection en aval. Conception selon l’EN ISO 21904-1:2020 (exigences relatives aux systèmes d’aspiration des fumées de soudage).
Étape 2 · Protection	Le risque résiduel restant de feu de filtre est limité par les mesures de protection techniques suivantes : 1. Surveillance thermique de la cartouche filtrante : capteur de température (thermostat ou thermocouple) dans le caisson du filtre avec un seuil de déclenchement ; en cas de dépassement, arrêt automatique du ventilateur d’aspiration et fermeture d’un clapet d’arrêt motorisé dans la tuyauterie afin d’empêcher l’apport d’oxygène. Intégration à la commande de la machine sous forme de verrouillage d’exploitation sans exigence de PL selon l’EN ISO 13849-1, aucune réduction du risque ne lui est attribuée ; la cellule s’arrête de manière contrôlée et ne peut être redémarrée qu’une fois le défaut éliminé. 2. Dispositif d’extinction au niveau du caisson du filtre : au moins une ouverture d’introduction d’agent extincteur obturable (lance d’extinction) sur le caisson ; un dispositif d’extinction automatique ne fait pas partie de la fourniture et est, si nécessaire, ajouté par l’exploitant conformément à son concept de protection incendie. 3. Clapet d’arrêt motorisé dans la gaine de recyclage de l’air vers le hall : fermeture automatique en cas d’alarme incendie afin d’empêcher la propagation de la fumée dans le hall. Intégration à la commande de la machine sous forme de verrouillage d’exploitation sans exigence de PL. 4. Détecteurs de fumée et de CO dans le caisson du filtre et dans la gaine d’air extrait comme niveau de détection redondant, avec transmission de l’alarme à un poste en permanence occupé ou à une centrale de détection incendie (responsabilité de l’exploitant, à convenir avec le concept de protection incendie du bâtiment). 5. Temps de fonctionnement résiduel du ventilateur d’aspiration après la fin du soudage : programmer au niveau de la commande un temps de fonctionnement résiduel minimal de 10 minutes afin que les particules incandescentes encore présentes dans la tuyauterie soient entièrement acheminées vers le séparateur et refroidies avant l’arrêt de l’installation. Dimensionnement du temps de fonctionnement résiduel sur la base de la longueur de tuyauterie et du débit volumique.
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	Notice d’instructions (conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : - Mention du danger d’incendie dû aux étincelles et aux particules incandescentes dans le système de filtration ; description du mécanisme de dommage, y compris l’inflammation différée. - Le temps de fonctionnement résiduel prescrit du ventilateur d’aspiration après la fin du soudage (valeur minimale issue de la conception) comme consigne d’exploitation impérative. - Intervalles de maintenance des cartouches filtrantes, des pré-séparateurs d’étincelles et des capteurs de température ; indication du niveau de colmatage auquel la cartouche filtrante doit être remplacée (indication du fabricant, EN ISO 21904-1:2020). - Interdiction d’exploiter le système d’aspiration avec un capteur de température défectueux ou un clapet d’arrêt inopérant. - Conduite à tenir en cas d’alarme incendie : évacuer immédiatement l’installation, alerter les pompiers, ne pas tenter de traiter soi-même le caisson du filtre (son ouverture peut attiser un feu couvant). - Mention qu’à la fin d’un poste, un contrôle visuel du caisson du filtre (température, odeur) doit être effectué avant de quitter le bâtiment. Signalisation d’avertissement sur le système d’aspiration : - Signal d’avertissement général W001 selon l’EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Risque d’incendie dû aux étincelles dans le filtre » sur le caisson du filtre et l’ouverture de maintenance. - Panneau textuel « Ne pas ouvrir en cas d’alarme incendie » sur la trappe de maintenance du caisson du filtre. Qualification et instruction : - Le personnel d’exploitation et le personnel de maintenance doivent être instruits avant de commencer le travail, puis au moins une fois par an, du danger d’incendie, du fonctionnement des moyens de protection et du comportement correct en cas d’incendie (obligation de l’exploitant). - Travaux de maintenance sur le système de filtration uniquement par du personnel instruit portant des EPI appropriés (gants de protection et, le cas échéant, protection respiratoire lors du remplacement du filtre en raison de l’exposition aux fumées de soudage).

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 35 Ergonomique

Risque avant : S 3 · O 5 · **IR 15**

Phénomène dangereux dû aux postures contraintes et aux mouvements répétitifs lors du chargement et du déchargement de pièces: l'opérateur effectue de manière répétée des mouvements de préhension, de levage et de serrage à une cadence d'environ 90 secondes ; des postures défavorables du corps (flexion, extension) avec des géométries de pièces variables sollicitent la colonne vertébrale, les épaules et les poignets.

Sous-machine : Poste de chargement

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Poste de chargement réglable en hauteur (plate-forme de travail debout réglable en hauteur pour l'opérateur), conçu pour la plage de tailles P5 à P95 de la population d'opérateurs selon l'EN ISO 14738:2008 et l'EN 1005-4 (hauteur de travail pour l'assemblage/la manutention : environ 900 à 1100 mm au-dessus de la surface d'appui debout, réglable individuellement). Concevoir le porte-pièce ou le dispositif de serrage de sorte que tous les points de préhension se trouvent dans la zone de préhension recommandée (hauteur du coude ±150 mm, portée horizontale max. 400 mm devant le corps), sans flexion ni extension. Le poids des pièces et la fréquence de manutention ont été évalués à l'aide de la masse de référence selon l'EN 1005-2:2003+A1:2008 : pour environ 40 levages par heure, le fabricant a fixé un seuil de 15 kg pour la manutention manuelle ; les pièces plus lourdes, jusqu'à 40 kg, sont chargées à l'aide d'un auxiliaire de levage. Concevoir la géométrie de préhension du dispositif de serrage pour une position neutre du poignet (pas de déviation ulnaire/radiale, pas de pronation forcée) selon l'EN ISO 12100:2010, paragraphe 6.2.8.
Étape 2 · Protection	Pour les pièces de plus de 15 kg, un auxiliaire de levage (équilibreur, palonnier à ventouses ou potence pivotante) d'une capacité de charge d'au moins 40 kg doit être utilisé au poste de chargement. L'auxiliaire de levage est fourni sur site par l'exploitant et ne fait pas partie de la fourniture ; l'espace libre nécessaire à son utilisation est prévu au poste de chargement. La commande de la machine n'impose pas de cadence : le cycle suivant ne démarre que lorsque l'opérateur appuie sur le bouton-poussoir de démarrage de cycle, de sorte que des micropauses sont possibles. Garantir un éclairement d'au moins 500 lx au poste de chargement (tâche visuelle : positionnement de la pièce) afin d'éviter les mauvaises postures dues à une visibilité insuffisante.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication de la ou des masses des pièces, de l'évaluation de la manutention manuelle de charges selon l'EN 1005-2:2003+A1:2008 et des postures de travail selon l'EN 1005-4 ; consignes pour le réglage correct de la hauteur de travail avec un guide de réglage. Instruction ergonomique pour les opérateurs : technique de levage correcte, utilisation de l'auxiliaire de levage, reconnaissance des signaux de surcharge. Renvoi dans la notice d'instructions à l'obligation de l'exploitant en matière de suivi médical au travail selon l'ordonnance allemande sur la médecine du travail (ArbMedVV), c'est-à-dire la proposition d'un suivi médical pour les activités impliquant un travail physique pénible. Signalisation d'avertissement au poste de chargement : panneau textuel « Manutention manuelle uniquement jusqu'à 15 kg, utiliser l'auxiliaire de levage au-delà ». Exigence de qualification : les opérateurs doivent être instruits d'un fonctionnement ergonomiquement correct et du réglage de la plate-forme de travail debout.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû aux mouvements répétés de préhension, de levage et de serrage. Le chargement et le déchargement manuels à une cadence d'environ 90 secondes constituent la tâche prévue. À l'étape 1, la hauteur de travail peut être adaptée au moyen de la plate-forme de travail debout pour des tailles de P5 à P95, les points de préhension se situent à hauteur des coudes, les poignées sont conçues pour une position neutre du poignet, et la manutention manuelle est limitée à 15 kg. Après l'étape 2, l'auxiliaire de levage est disponible pour les pièces plus lourdes, la commande n'impose pas de cadence forcée (démarrage par l'opérateur, micropauses possibles), et le poste de travail est éclairé à 500 lx. La charge restante dépend de la durée des équipes, des pauses et de la rotation des tâches, c'est-à-dire de l'organisation du travail de l'exploitant. Une autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 ne serait efficace qu'avec un chargement automatique, qui irait à l'encontre du concept de la machine. Le réglage de la plate-forme, l'instruction ergonomique et la mention relative à la surveillance de la santé au travail font partie des informations pour l'utilisation (notice d'instructions, chapitres 2.6, 4.2 et 9.4).

N° 36 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Manipulation de paramètres relatifs à la sécurité via le réseau: un accès en écriture non autorisé via le bus de terrain, OPC UA ou l'interface MES modifie des paramètres relatifs à la sécurité (par ex. surveillance de la porte de maintenance, paramètres du rideau lumineux, limite de vitesse en mode de réglage). La fonction de protection devient inopérante ou la machine fonctionne en dehors des limites définies dans l'appréciation du risque. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, premier alinéa ; point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)]

Sous-machine : Commande / réseau · aussi dans : Réglage

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Conserver les paramètres relatifs à la sécurité uniquement dans l'automate de sécurité et les rendre en principe non inscriptibles via le réseau de procédé (accès en écriture séparé physiquement ou par l'architecture, réseau de sécurité segmenté par rapport à la communication standard). Enregistrer les valeurs limites issues de l'appréciation du risque comme constantes dans le programme de sécurité, et non comme données de recette.
Étape 2 · Protection	Authentification et autorisation pour chaque accès en écriture (rôles, pas de mots de passe par défaut), contrôle d'intégrité de la configuration relative à la sécurité (somme de contrôle/CRC avec procédure de libération), contrôle de plausibilité des valeurs entrantes par rapport aux limites admissibles, journalisation de chaque modification de paramètre avec horodatage et utilisateur. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 2.1, SR 3.4, SR 3.5, SR 5.1, SR 2.8.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : exigences réseau à l'attention de l'exploitant (segmentation, pare-feu, pas de connexion directe de la commande à Internet), liste des paramètres relatifs à la sécurité avec l'indication que les modifications ne sont admises que par du personnel autorisé et suivies d'un contrôle fonctionnel des fonctions de sécurité.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 37 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Corruption accidentelle par erreur de configuration ou de manipulation: chargement d'une recette ou d'un fichier de paramètres incorrect, rôles et mots de passe non configurés (mot de passe par défaut actif), configuration restaurée de manière incomplète après un défaut. Des réglages relatifs à la sécurité s'écartent de la configuration approuvée sans que cela soit remarqué. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point b) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point d) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point e)]

Sous-machine : IHM / paramétrage · aussi dans : Réglage, Mise en service

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Séparer les réglages relatifs à la sécurité des recettes de procédé afin qu'un changement de recette ne puisse pas les modifier ; limiter strictement les plages de valeurs dans l'automate de sécurité (limites issues de l'appréciation du risque, annexe III, point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)).
Étape 2 · Protection	Changement de mot de passe imposé à la mise en service, modèle de rôles avec approbation en double contrôle pour les modifications relatives à la sécurité, comparaison de la configuration active avec la référence approuvée (somme de contrôle) au démarrage avec affichage de tout écart, journal des modifications. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.5, SR 2.1, SR 3.4, SR 7.6.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : liste de contrôle de mise en service (mots de passe, rôles, sauvegarde de la configuration de référence), description des données désignées comme relatives à la sécurité, instruction de contrôle fonctionnel après modification de la configuration.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 38 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Défaillance ou perturbation de la liaison au réseau de communication: défaillance du réseau, surcharge (tempête de diffusion, déni de service), rupture de câble ou changement de segment de réseau interrompent la communication entre composants de commande ou la communication orientée sécurité (PROFIsafe). Au rétablissement, un démarrage inattendu se produit ou des valeurs de consigne obsolètes sont reprises de manière incontrôlée. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.2.6 ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a) ; point 1.2.3]

Sous-machine : Réseau de communication · aussi dans : Mise en service

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Concevoir les fonctions de sécurité de sorte qu'une perte de communication conduise à l'état sûr (watchdog, surveillance temporelle des télégrammes de sécurité) et qu'un redémarrage ne survienne qu'après un acquittement volontaire (annexe III, point 1.2.3). Découpler la communication relative à la sécurité de la communication standard.
Étape 2 · Protection	Segmentation du réseau et limitation de la charge (limitation de débit, protection contre les tempêtes de diffusion sur les commutateurs), surveillance de la qualité du réseau avec message de diagnostic, comportement défini en cas de perte de liaison dans tous les modes de fonctionnement, testé et documenté. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 7.1, SR 7.2, SR 5.1, SR 5.2.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : exigences relatives au réseau de l'exploitant (segmentation, participants autorisés, aucun appareil tiers dans le segment de sécurité), description du comportement en cas de défaillance de la communication et de la procédure de redémarrage.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 39 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Le raccordement d'équipements tiers crée une situation dangereuse: un équipement tiers raccordé (système de commande de ligne ou MES de niveau supérieur de l'exploitant, passerelle de télémaintenance, signaux côté exploitant de l'aspiration ou de l'alimentation en gaz) envoie des signaux inattendus, écrit dans des variables de commande ou occupe des ressources. La machine démarre, change de mode de fonctionnement ou ignore des conditions d'arrêt parce que les fonctions de l'équipement tiers n'ont pas été prises en compte dans l'appréciation du risque. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, premier alinéa ; point 1.2.1, quatrième alinéa, point h) ; point 1.2.4.4]

Sous-machine : Interfaces avec les équipements tiers · aussi dans : Assemblage, Mise en service

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Réaliser les interfaces avec les équipements tiers comme des interfaces de signaux définies à sémantique établie (aucune autorisation de mouvements par des seuls signaux tiers), ne faire transiter les signaux relatifs à la sécurité que par des entrées et sorties sûres, associer sans ambiguïté la chaîne d'arrêt et d'arrêt d'urgence de l'équipement tiers.
Étape 2 · Protection	Liste blanche des participants et variables autorisés, contrôle de plausibilité des ordres entrants, verrouillage des changements de mode de fonctionnement via des interfaces externes, diagnostic des participants manquants ou inconnus. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.2, SR 2.1, SR 3.5, SR 5.2, SR 7.7.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions et description des interfaces à l'attention de l'intégrateur (signaux, états, exigences applicables à l'ensemble de machines selon l'annexe III, point 1.2.4.4), indication que le raccordement d'équipements non approuvés exige une nouvelle appréciation du risque.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 40 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Logiciel relatif à la sécurité non identifiable ou non marqué: la version et la somme de contrôle du logiciel de sécurité ne peuvent pas être consultées sur la machine, et les logiciels et données relatifs à la sécurité ne sont pas désignés comme tels. Après une intervention, une mise à jour ou un remplacement d'appareil, il est impossible de déterminer si la machine est encore dans l'état contrôlé ; un fonctionnement avec un logiciel non approuvé passe inaperçu. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.1.9, quatrième alinéa ; point 1.7.4.2]

Sous-machine : Logiciel / documentation · aussi dans : Mise en service, Maintenance

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Concevoir le logiciel relatif à la sécurité comme une unité délimitée avec son propre numéro de version et sa propre somme de contrôle (séparée du logiciel standard et de visualisation), de sorte qu'une identification univoque soit techniquement possible.
Étape 2 · Protection	Page d'information sur l'IHM affichant la version et la somme de contrôle de tous les composants logiciels relatifs à la sécurité (toujours facilement accessible sans ouverture de session, annexe III, point 1.1.9, quatrième alinéa), marquage des données relatives à la sécurité dans les noms de fichiers, les menus et les exports, comparaison avec le procès-verbal de réception au démarrage. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 3.4.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : liste des logiciels et données relatifs à la sécurité avec leurs versions (annexe III, point 1.7.4.2), instructions pour consulter les informations de version, indication de leur importance pour la conformité et de l'obligation de signaler les écarts.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 41 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Preuves d'interventions absentes ou incomplètes (journalisation): les interventions sur le matériel, le logiciel ou la configuration relatifs à la sécurité ne sont pas consignées, ou le sont sans horodatage ni auteur ; les journaux s'écrasent après une courte période ou sont ouverts à la manipulation. Les interventions non autorisées passent inaperçues et la piste d'audit n'est pas disponible sur demande des autorités. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, deuxième alinéa ; point 1.1.9, cinquième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point f)]

Sous-machine : Commande / journalisation · aussi dans : Maintenance, Recherche de défauts

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Prévoir la journalisation des événements comme fonction fixe de la commande (non désactivable par l'opérateur), avec une mémoire non volatile de taille suffisante.
Étape 2 · Protection	Journalisation des événements relatifs à la sécurité avec horodatage, identité de l'utilisateur et contenu de la modification (ouverture de session, modification de paramètres et de configuration, chargement de logiciel avec version et somme de contrôle, ouverture d'ensembles relatifs à la sécurité, sessions d'accès à distance), protection contre la suppression et la modification, export sous forme lisible, conservation des chargements et des données associées jusqu'à cinq ans après le chargement (annexe III, point 1.2.1, point f)). Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 2.8, SR 2.9, SR 2.11, SR 3.9, SR 6.1.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : accès aux journaux et export, obligations de conservation de l'exploitant en cas de cession de la machine, marche à suivre en cas de demande d'une autorité, indication sur la capacité de stockage et la synchronisation horaire.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 42 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Données de production ou de recette falsifiées provenant du MES ou du cloud: les données de commande et de recette reprises du MES, de l'ERP ou d'une plateforme cloud (par ex. paramètres de soudage, numéro de programme ou affectation de pièce) sont falsifiées, obsolètes ou destinées à une autre machine. La machine fonctionne avec des consignes situées en dehors des limites sûres ou avec une référence de pièce et de programme erronée. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point b) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)]

Sous-machine : Liaison de données MES / cloud

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Établir les limites de sécurité dans l'automate de sécurité indépendamment des données de recette reprises ; les données de recette ne pilotent que des paramètres de procédé à l'intérieur de ces limites (annexe III, point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)).
Étape 2 · Protection	Vérification de l'intégrité et de l'origine des jeux de données transférés (signature ou somme de contrôle, affectation à la machine et à l'outil), contrôle de plausibilité par rapport aux plages admissibles avec rejet et message, étape de libération par du personnel habilité pour les nouvelles recettes, journal des jeux de données transférés. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 3.1, SR 3.4, SR 3.5, SR 1.2.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : responsabilité de l'exploitant quant à la qualité des données, description des contrôles et des messages, instruction en cas de jeux de données rejetés.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 44 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Accès à distance non autorisé ou erroné via la passerelle de télémaintenance: via la connexion VPN IPsec de la passerelle de télémaintenance, une personne non autorisée disposant d'identifiants volés ou un technicien autorisé au mauvais moment intervient dans la commande de la cellule : modification du programme ou des paramètres, acquittement de défauts ou lancement de mouvements alors que des personnes se trouvent au poste de chargement ou dans l'allée de maintenance. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, premier alinéa ; point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)]

Sous-machine : Passerelle de télémaintenance / commande de la cellule · aussi dans : Maintenance, Recherche de défauts

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Accès à distance conçu de manière à ne pouvoir déclencher aucun mouvement dangereux ni contourner de fonctions de sécurité : la passerelle de télémaintenance n'atteint que la commande standard et le panneau IHM ; l'automate de sécurité n'a aucun chemin d'accès à distance. Les ordres de mouvement et l'acquittement de défauts ne sont possibles que depuis des postes de commande offrant une vue sur la zone dangereuse (annexe III, point 1.2.2).
Étape 2 · Protection	Télémaintenance désactivée à la livraison ; une session ne peut être activée que sur site au moyen du commutateur à clé au pupitre de commande, se termine automatiquement au bout de quatre heures et est signalée par « Télémaintenance active » sur le panneau IHM ; VPN IPsec avec authentification multifacteur et comptes personnels pour les techniciens à distance ; journalisation de chaque session avec utilisateur, heure et actions effectuées, conservation conformément à l'annexe III, point 1.2.1, point f). Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 1.13, SR 2.1, SR 2.8, SR 3.8.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (chapitre 13.3) : procédure d'activation et de fin des sessions de télémaintenance, obligation de disposer sur site d'une personne responsable, conduite à tenir en cas de soupçon d'accès non autorisé (terminer la session avec le commutateur à clé, informer le fabricant), interlocuteur pour les notifications de sécurité du fabricant.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Maintenance (18 phénomènes dangereux)

N° 6 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 3 · **IR 15**

Danger d'écrasement et de choc dû au redémarrage inattendu de la table tournante ou du robot après un arrêt d'urgence ou après un dépannage: en l'absence d'un système coordonné de prévention du redémarrage (EN ISO 11161), des sous-machines individuelles peuvent démarrer automatiquement alors que des personnes se trouvent encore dans la zone dangereuse.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (coordination du redémarrage) · aussi dans : Recherche de défauts, Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le redémarrage après un arrêt d'urgence ou après un dépannage est un événement du système de commande qui ne peut être éliminé par conception, compte tenu du principe de fonctionnement de l'installation complète (fonctionnement automatique coordonné du robot et de la table tournante), sans supprimer la fonction de la machine. Il n'existe aucune mesure géométrique ou énergétique qui empêcherait le redémarrage lui-même sans supprimer la fonction de la machine. La protection doit donc être assurée entièrement par des mesures de l'étape 2 (système de commande et verrouillage).
Étape 2 · Protection	1. Prévention coordonnée du redémarrage selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : la commande de l'installation complète ne doit autoriser le redémarrage d'une sous-machine (table tournante, robot) qu'après qu'un ordre de redémarrage manuel délibéré a été donné depuis une position sûre en dehors de toutes les zones dangereuses. L'ordre de redémarrage ne doit pas être déclenché automatiquement après l'acquittement de l'arrêt d'urgence ou après un dépannage. 2. La fonction de sécurité SF-01 (arrêt sûr, catégorie d'arrêt 1 à l'ouverture de la porte de maintenance, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023) et la SF-03 (arrêt d'urgence de l'installation complète, catégorie d'arrêt 1, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023) garantissent que tous les entraînements sont amenés à l'arrêt de manière sûre. La prévention du redémarrage est réalisée comme partie intégrante des fonctions de sécurité SF-01, SF-03 et SF-04 et est exécutée à leur PLr respectif (SF-04 : PLr e ; SF-01 et SF-03 : PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023). 3. Fonction de sécurité SF-04 (autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée, PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023) : la table tournante ne peut exécuter son mouvement de rotation que lorsque la zone de rotation a été détectée comme dégagée par le rideau lumineux de type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020 (positionné selon l'EN ISO 13855:2024). Cette fonction reste active après le redémarrage et empêche le démarrage en présence de personnes. 4. Fonction de sécurité SF-05 (vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation en mode de réglage, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023) : en mode de réglage, le redémarrage doit être libéré exclusivement par un dispositif de validation (à 3 positions selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.7.7), de sorte qu'un redémarrage inattendu à pleine vitesse soit exclu. 5. Mise hors tension et séparation de l'énergie selon l'EN ISO 14118:2018 : avant d'entrer dans la zone dangereuse pour la recherche de défauts ou la maintenance, l'alimentation en énergie de tous les entraînements concernés (électrique, pneumatique selon l'EN ISO 4414:2010) doit être coupée au moyen d'un appareil de sectionnement verrouillable et sécurisée contre toute remise sous tension involontaire (consignation). L'énergie résiduelle (énergie pneumatique accumulée) doit être dissipée avant toute intervention ; la table tournante doit être verrouillée de manière positive dans sa position finale. 6. Interverrouillage de la porte de maintenance selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours : l'interverrouillage maintient la porte de maintenance fermée tant que les mouvements dangereux n'ont pas été amenés à l'arrêt de manière sûre (catégorie d'arrêt 1 achevée). L'intégration est réalisée dans le cadre de la SF-01 (PLr d).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la séquence de redémarrage après un arrêt d'urgence et après un dépannage ; indication explicite que le redémarrage n'est admissible qu'une fois toutes les zones dangereuses entièrement évacuées et qu'un ordre d'acquittement manuel a été donné depuis l'extérieur. Description de la procédure de consignation selon l'EN ISO 14118:2018 pour toutes les activités de maintenance et de recherche de défauts. 2. Signalisation d'avertissement à la porte de maintenance et aux unités d'acquittement : avertissement de redémarrage inattendu (signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020), mention de l'obligation d'acquitter depuis l'extérieur. 3. Exigence de qualification : les activités de réglage et de maintenance ne doivent être réalisées que par du personnel spécialisé instruit, formé à la procédure de redémarrage et à la méthode de consignation (EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 7.5.12). 4. Spécification des EPI : porter des chaussures de sécurité (S3 selon l'EN ISO 20345) en entrant dans la zone dangereuse pour la recherche de défauts ou la maintenance ; EPI complémentaires selon l'appréciation du risque du poste de travail de l'exploitant.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à un redémarrage inattendu. Le redémarrage est un événement de commande du mode automatique coordonné du robot et de la table tournante ; aucune mesure de conception ne permet de l’empêcher sans mettre en échec la fonction de la cellule (étape 1). Après l’étape 2, le système de commande global n’autorise le redémarrage, conformément à l’EN ISO 11161:2007+A1:2010, que sur un ordre volontaire donné depuis le pupitre de commande situé en dehors des zones dangereuses, le verrouillage de redémarrage fait partie des SF-01, SF-03 (PL d) et SF-04 (PL e), l’autorisation de rotation contrôle la zone de rotation également après le redémarrage, et le dispositif de condamnation pour cadenas personnels empêche la fermeture de la porte de maintenance tant qu’une personne se trouve dans la cellule. Pour la recherche de défauts et la maintenance, l’interrupteur principal verrouillable et la vanne d’air comprimé verrouillable à fonction d’échappement selon l’EN ISO 14118:2018 sont prévus. Le risque restant est une mise en marche alors qu’une personne n’a ni posé son cadenas ni consigné l’installation et que, simultanément, le verrouillage de redémarrage est défaillant. Aucune mesure technique remplaçant la consignation par la personne n’est disponible selon l’état de la technique. La séquence de redémarrage et la procédure de consignation sont décrites dans la notice d’instructions (chapitres 9.5 et 10.4).

N° 8 Mécanique — Risque avant : S 3 · O 4 · **IR 12**

Danger de coupure et de piqûre dû au fil de soudage (fil plein de 1,0 à 1,2 mm) à la torche de soudage: le fil dépassant de la torche agit comme une aiguille ; lors du réglage, de l’enfilage du fil ou du nettoyage de la torche, les mains et les doigts peuvent être piqués ou coupés.

Sous-machine : Torche de soudage / dévidoir · aussi dans : Réglage, Nettoyage · Proposé avec l’assistance de l’IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Rétraction automatique du fil à la fin du soudage : la commande du dévidoir rétracte automatiquement le fil d’une longueur définie (5 à 10 mm) dans la torche après chaque cycle de soudage, de sorte que la pointe acérée du fil soit en retrait dans le tube contact et ne dépasse plus librement. Par conception, cela réduit au minimum le point dangereux (pointe de fil en saillie) pour les phases de vie de réglage et de nettoyage. En complément : choix d’un système de dévidage qui, en mode d’avance lente (réglage), ne fait avancer le fil que lorsque le bouton est maintenu enfoncé (commande à action maintenue), de sorte que le fil n’avance pas de manière incontrôlée.
Étape 2 · Protection	1. Limitation mécanique de la longueur de fil : une butée de longueur de fil réglable (capuchon de protection de torche avec ouverture définie) est prévue sur le col de la torche et limite le fil en saillie à la dimension minimale nécessaire au procédé. 2. Blocage du dévidage automatique du fil : le dévidage automatique du fil est bloqué dès que la porte de maintenance est ouverte ; porte ouverte, le fil ne peut être avancé qu’en mode d’avance lente à vitesse d’enfilage réduite. 3. Mode d’avance lente du dévidoir : le mode d’avance lente à vitesse d’enfilage réduite est une fonction de la source de courant de soudage, non une fonction de sécurité ; il est destiné à empêcher une avance rapide involontaire du fil. 4. Marquage du point dangereux sur la torche et le dévidoir avec le signal d’avertissement W022 « Avertissement ; Élément pointu » selon l’EN ISO 7010:2020.
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	1. Notice d’instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention explicite que le fil de soudage présente une pointe acérée capable de percer la peau même à l’arrêt. Description de la procédure sûre d’enfilage du fil (n’avancer le fil qu’en mode d’avance lente à vitesse d’enfilage réduite, couper proprement l’extrémité du fil avec une pince coupante, ne jamais tâter avec la main nue). 2. Signalisation d’avertissement sur le support de torche et sur le dévidoir : signal d’avertissement W022 « Avertissement ; Élément pointu » selon l’EN ISO 7010:2020. 3. Exigence de qualification : les activités sur la torche et le dévidoir (enfilage du fil, nettoyage) ne doivent être réalisées que par du personnel spécialisé instruit ; exigence à documenter dans la notice d’instructions. 4. Spécification des EPI : des gants de protection résistant à la coupure (selon l’EN 388, résistance à la perforation d’au moins le niveau de performance 2) doivent être portés lors de l’enfilage du fil et du nettoyage de la torche ; spécification à inclure dans la notice d’instructions et sur l’affichage au poste de travail. 5. Remarque sur la coupe sûre de la pointe du fil : avant toute intervention manuelle sur la torche, la pointe du fil doit être coupée proprement et sans bavure avec une pince coupante appropriée ; l’outil doit être mis à disposition au poste de travail.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû à l’extrémité du fil. Le fil doit dépasser du tube contact pour l’arc. Le retrait automatique après chaque cycle et la marche par à-coups selon le principe de la commande à action maintenue (étape 1), la limitation de longueur par le capuchon de protection de torche, le blocage du dévidage automatique du fil lorsque la porte de maintenance est ouverte et le coupe-fil de la station de nettoyage de la torche (étape 2) limitent la longueur de fil exposée à la dimension de procédé. L’enfilage du fil lors du changement de fil et les travaux sur la torche restent des tâches manuelles au cours desquelles la main travaille nécessairement au niveau du fil ; un dispositif de protection entre la main et le fil ne peut pas être utilisé pour ces tâches, de sorte qu’aucune autre mesure de l’étape 1 ou de l’étape 2 n’est réalisable. La blessure par perforation ou par coupure qui subsiste est réversible. Elle est contrée à l’étape 3 par des gants résistant à la coupure selon l’EN 388, par la coupe nette de l’extrémité du fil avant toute tâche manuelle, par la limitation au personnel instruit et par le signal W022 sur le support de torche et sur le dévidoir (notice d’instructions, chapitres 2.4 et 2.6).

N° 10 Mécanique

Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Danger de trébuchement, de glissade et de chute dans la zone du poste de chargement et de l'allée de maintenance, dû aux projections de soudage sur le sol, aux câbles, aux flexibles (air comprimé, gaz de protection) et aux zones humides lors des travaux de nettoyage.

Sous-machine : Poste de chargement / allée de maintenance · aussi dans : Fonctionnement, Réglage, Nettoyage, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Éloigner par conception les câbles et flexibles (air comprimé, gaz de protection) de la zone de sol du poste de chargement et de l'allée de maintenance, en les faisant passer dans des goulottes, des chaînes porte-câbles ou des systèmes de guidage de câbles suspendus au plafond, de sorte qu'aucun risque de trébuchement n'apparaisse. Concevoir les raccordements au poste de chargement sous forme de colonnes suspendues au plafond ou de panneaux de prises muraux. Réduire l'exposition du sol aux projections de soudage au moyen de tôles de protection intégrées à la conception (écrans pare-projections) au poste de soudage, de sorte que les projections vers la zone de l'opérateur soient réduites au minimum. Le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; l'exigence relative au site d'installation (revêtement de sol antidérapant) est transmise à l'exploitant à l'étape 3.
Étape 2 · Protection	Limiter le risque résiduel dû aux risques de trébuchement et de glissade restants au moyen des mesures techniques suivantes : (1) marquages au sol (jaune/noir selon l'ASR A1.3 allemande) pour identifier les voies de circulation et les zones dangereuses conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.5.15. (2) Éclairage fixe suffisant du poste de chargement et de l'allée de maintenance conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.4, afin de détecter à temps les obstacles et les zones humides ; l'éclairage intégré à la machine selon l'EN 1837 fournit 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l'allée de maintenance. (3) Tapis de protection contre les projections dans la zone de soudage immédiate, faciles à retirer et à nettoyer.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : (1) mention du danger de trébuchement et de glissade dû aux projections de soudage, aux flexibles et à l'humidité ; prescrire des intervalles et des procédures de nettoyage pour la zone de sol. (2) Exigence de qualification : toutes les personnes entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance doivent avoir été instruites des dangers et de l'organisation des voies de circulation. (3) Spécification des EPI : des chaussures de sécurité à semelle antidérapante (S3 selon l'EN ISO 20345) doivent être portées en entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance. (4) Signalisation d'avertissement à l'accès au poste de chargement et à l'allée de maintenance : apposer le signal d'avertissement W011 « Avertissement ; Sol glissant » et le signal d'obligation M008 « Port de chaussures de sécurité obligatoire » selon l'EN ISO 7010:2020. (5) Exigence relative au site d'installation : revêtement de sol antidérapant au poste de chargement et dans l'allée de maintenance, classe de résistance au glissement R 11 au moins selon la règle DGUV 108-003 allemande.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû au trébuchement, à la glissade et à la chute. À l'étape 1, les câbles et les flexibles ont été éloignés de la zone de sol, et des écrans pare-projections réduisent les projections sortant de la cellule. Subsistent les projections de soudage qui atteignent le sol par l'ouverture, ouverte pour le chargement, et les zones humides lors du nettoyage. L'ouverture doit rester ouverte pour le chargement, et le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; d'autres mesures de conception sur la machine n'agissent pas sur ces causes. Après l'étape 2, les voies de circulation sont marquées, le poste de chargement est éclairé à 500 lx et l'allée de maintenance à 200 lx, et des tapis de protection contre les projections amovibles sont prévus dans la zone de soudage ; l'essai des points de trébuchement et de glissade est réussi. Toute mesure technique supplémentaire ne ferait que remplacer le nettoyage du sol, qui est spécifié comme tâche quotidienne. Le nettoyage quotidien (notice d'instructions, chapitre 10.2), les chaussures de sécurité S3 antidérapantes, les signaux W011 et W007 (chapitre 2.4) et l'exigence d'un revêtement de sol antidérapant sur le site d'installation (vue d'ensemble des risques résiduels, chapitre 2.6) constituent les informations pour l'utilisation.

N° 11 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Danger dû à l'accès simultané de plusieurs personnes à différentes zones de la cellule (EN ISO 11161): une deuxième personne se trouve à l'intérieur de la cellule sans que le personnel de réglage en ait connaissance ; au démarrage du robot ou de la table tournante, la deuxième personne est heurtée.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (accès aux zones) · aussi dans : Réglage, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le principe de fonctionnement de l'installation complète exige des zones accessibles pour les travaux de réglage, de maintenance et de recherche de défauts. Le danger résulte de la présence simultanée de plusieurs personnes dans différentes zones, ce qui ne peut être résolu par la seule géométrie, la distance ou la limitation d'énergie sans compromettre la finalité d'exploitation. Une réduction de l'énergie du robot ou de la table tournante à un niveau excluant de manière sûre toute blessure n'est pas réalisable techniquement avec ce type d'installation.
Étape 2 · Protection	1. Protection des personnes lorsque plusieurs personnes entrent dans la cellule, selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : la porte de maintenance est équipée d'un dispositif de condamnation pour cadenas personnels. Chaque personne qui entre dans la cellule appose son cadenas personnel sur le dispositif de condamnation de la porte ouverte. Tant qu'un cadenas est posé, la porte ne peut pas être fermée et le mode automatique ne peut pas être démarré. Des mouvements ne sont alors possibles qu'en mode de réglage, avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite de manière sûre. L'acquittement n'est possible que depuis l'extérieur, au pupitre de commande. 2. Interverrouillage de la porte de maintenance selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours depuis l'intérieur selon l'EN ISO 14119:2025, paragraphe 6.9.1, afin que les personnes enfermées à l'intérieur puissent quitter la cellule à tout moment. 3. L'autorisation du démarrage automatique (robot et table tournante) est réalisée sous forme de fonction de sécurité : le démarrage automatique n'est possible que lorsque la porte de maintenance est fermée et maintenue fermée par l'interverrouillage et que l'acquittement a été donné depuis l'extérieur. La fonction d'accès est la SF-01 (arrêt sûr à l'ouverture de la porte de maintenance) en PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023. Indépendamment de cela, l'autorisation de la rotation de la table tournante reste sécurisée par la SF-04 (PLr e). 4. En mode de réglage, la SF-05 s'applique (vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023). Le dispositif de validation est propre à chaque personne. La cellule dispose d'exactement un dispositif de validation, sur la console de programmation ; les mouvements en mode de réglage ne sont donc autorisés que lorsque personne d'autre que la personne qui tient le dispositif de validation ne se trouve dans la cellule (pour la consigne de procédure, voir étape 3). 5. Les distances de sécurité entre l'espace de travail du robot et les zones où des personnes sont présentes respectent l'EN ISO 13857:2019, tableau 2, et l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphes 5.4.6 et 5.8.9.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la protection des personnes à la porte de maintenance (un cadenas personnel par personne dans le dispositif de condamnation, déverrouillage de secours depuis l'intérieur) et de l'obligation d'apposer le cadenas avant d'entrer et de ne le retirer qu'après avoir quitté la cellule. Consigne de procédure pour les interventions à plusieurs personnes (réglage, maintenance, recherche de défauts) avec attribution claire des rôles (responsable, coordination). 2. Signaux d'avertissement à la porte de maintenance : signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020, panneau textuel « Apposer votre cadenas personnel avant d'entrer ». 3. Exigence de qualification : le personnel de réglage et de maintenance doit être instruit du concept d'accès à plusieurs personnes, de l'utilisation du dispositif de condamnation pour cadenas personnels et du déverrouillage de secours. L'instruction doit être documentée. 4. Spécification des EPI dans la notice d'instructions : chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345, vêtements de protection ajustés (aucun risque d'accrochage par des vêtements amples) à l'intérieur de la cellule.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) en cas d’accès de plusieurs personnes. Les travaux de réglage, de maintenance et de recherche de défauts exigent des zones accessibles ; le danger pour une deuxième personne ne peut pas être éliminé par la géométrie ou par la limitation de l’énergie (étape 1). Après l’étape 2, chaque personne qui entre pose son cadenas personnel sur le dispositif de condamnation de la porte de maintenance ; tant qu’un cadenas est posé, la porte ne peut pas être fermée et le mode automatique ne peut pas être démarré, et l’acquittement n’est possible que depuis l’extérieur (SF-01, PL d). Les mouvements ne sont alors possibles qu’en mode de réglage, avec l’unique dispositif de validation attribué à une personne et à 250 mm/s (SF-05, PL d), et le déverrouillage de secours permet aux personnes de quitter la cellule depuis l’intérieur à tout moment. Cette protection des personnes suit l’EN ISO 11161:2007+A1:2010. Le risque restant est qu’une personne entre dans la cellule sans son propre cadenas pendant que le régleur déclenche des mouvements ; même dans ce cas, l’installation ne se déplace qu’à vitesse réduite sous le dispositif de validation du régleur. La pose du cadenas reste un acte de chaque personne ; aucune autre mesure de l’étape 1 ou de l’étape 2 empêchant ce mauvais usage sans restreindre les travaux de réglage n’a été identifiée. Procédure pour les travaux impliquant plusieurs personnes, panneau textuel à la porte et instruction du personnel : notice d’instructions, chapitres 2.4, 2.5, 2.6 et 9.3.

N° 12 Électrique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû au contact direct ou indirect avec des parties actives de la source de courant de soudage, de l'armoire de commande du robot et de la commande de la cellule (400 V CA, 32 kVA): le contact avec des bornes, des câbles ou l'intérieur de l'armoire de commande, lorsque l'armoire est ouverte sans séparation de l'alimentation, peut entraîner une électrisation avec fibrillation ventriculaire ou des brûlures.

Sous-machine : Installation électrique (armoire de commande / source de courant de soudage) · aussi dans : Mise en service, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Toutes les parties actives à l'intérieur de l'armoire de commande (bornes, barres, bornes de puissance de la source de courant de soudage) sont réalisées avec des couvercles protégeant contre le contact (indice de protection au moins IP 2X ou IPXXB selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.2), de sorte que le contact avec des parties actives soit empêché par la forme même de l'enveloppe, sans protecteur. En outre, les distances minimales entre parties actives et parties accessibles sont conçues de manière à conserver l'indice de protection IP 2X même porte d'armoire ouverte (capots de protection, couvercles isolants sur les borniers). Cela répond par analogie à l'annexe III, point 1.5.1 (alimentation en énergie électrique), du règlement (UE) 2023/1230, ainsi qu'à l'EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.
Étape 2 · Protection	1. Séparation et mise hors tension (consignation, LOTO) : interrupteur principal avec position ARRÊT verrouillable selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 5.3, et l'EN ISO 14118:2018 (prévention de la mise en marche inattendue / séparation de l'énergie). L'interrupteur principal doit séparer l'installation complète du réseau sur tous les pôles en tant qu'appareil de sectionnement ; la tension résiduelle aux condensateurs de la source de courant de soudage doit être ramenée en dessous de 60 V CC en 5 s au moyen d'un temps de décharge ou d'un circuit de décharge actif ; si cela n'est pas atteint, un avis d'avertissement indiquant le temps de décharge est apposé sur l'enveloppe (EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.4). Verrouillage des portes d'armoire : les portes des armoires de commande principales sont munies d'une serrure qui ne peut être ouverte qu'avec une clé et empêche toute ouverture non autorisée (EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.2). 2. Liaison équipotentielle de protection et conducteur de protection : toutes les enveloppes d'armoire de commande, la source de courant de soudage et l'armoire de commande du robot sont reliées par un conducteur de protection (PE) continu de section suffisante (EN 60204-1:2018, paragraphe 8.2), de sorte qu'en cas de défaut d'isolement, le courant de défaut soit évacué en toute sécurité et que le dispositif de protection (disjoncteur / DDR) déclenche. 3. Dispositif à courant différentiel résiduel (DDR) : utilisation d'un DDR (type B, car des courants de défaut continus provenant des variateurs de fréquence et de la source de courant de soudage sont possibles) avec un courant différentiel de fonctionnement assigné de 30 mA pour les circuits sur lesquels des personnes travaillent ; dans les circuits où un DDR n'est pas compatible avec le procédé de soudage, une surveillance de l'isolement est utilisée à la place (EN 60204-1:2018, paragraphes 6.3.3 et 7.7). Ne constitue pas une fonction de sécurité avec exigence de PLr ; les mesures agissent de manière passive et par conception (signalisation d'avertissement : voir étape 3).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : documenter la procédure de séparation (consignation, LOTO) sous forme d'instruction pas à pas, y compris le temps de décharge des condensateurs de la source de courant de soudage et la vérification de l'absence de tension à l'aide d'un appareil de mesure approprié (testeur de tension de catégorie CAT III 600 V). Exigence de qualification : les travaux sur l'installation électrique ne doivent être effectués que par des personnes qualifiées en électricité (PQE) selon la prescription allemande de prévention des accidents DGUV Vorschrift 3, ou par des personnes initiées à l'électricité sous la surveillance d'une PQE. Spécification des EPI : gants isolants (selon l'EN 60903, classe 00 pour des tensions jusqu'à 500 V CA), lunettes de protection (protection contre l'arc électrique) et chaussures électriquement isolantes à porter lors de travaux dans une armoire ouverte. Signalisation d'avertissement : signal d'avertissement W012 « Avertissement ; Électricité » selon l'EN ISO 7010:2020 à apposer de façon durable et bien visible sur toutes les portes d'armoire et sur la source de courant de soudage. Mention du risque résiduel dans la notice d'instructions : après actionnement de l'interrupteur principal, les condensateurs de la source de courant de soudage et du variateur de fréquence du robot peuvent encore présenter des tensions dangereuses (temps d'attente d'au moins 1 minute pour la source de courant de soudage, pour l'entraînement du robot selon les indications du fabricant du robot) ; l'absence de tension doit toujours être vérifiée par une mesure.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à la tension électrique de 400 V CA. À l’étape 1, les parties actives sont recouvertes de manière à être protégées contre le contact des doigts (IP 2X selon l’EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.2), y compris lorsque la porte de l’armoire est ouverte. Après l’étape 2, l’interrupteur principal verrouillable coupe tous les pôles, les portes d’armoire ne peuvent être ouvertes qu’avec une clé, le circuit intermédiaire CC de la source de courant de soudage se décharge jusqu’à 60 V au plus en 1,9 s mesurées, le conducteur de protection (0,08 Ω), l’impédance de la boucle de défaut (0,28 Ω) et la résistance d’isolement (> 100 MΩ) ont été contrôlés, et la protection en cas de défaut est assurée par un DDR de type B ou par une surveillance de l’isolement. Le risque restant réside dans le travail de la personne qualifiée en électricité, qui doit effectuer des mesures sur des parties actives dans l’armoire ouverte lors de la mise en service et de la recherche de défauts. Ces mesures ne peuvent pas être effectuées hors tension ; pour ces phases de vie, aucune autre mesure de l’étape 1 ou de l’étape 2 n’est donc réalisable, et la gravité reste de 5. La procédure de consignation, y compris la vérification de l’absence de tension, la qualification de personne qualifiée en électricité, les EPI isolants et le signal W012 figurent dans la notice d’instructions (chapitres 2.4, 2.6, 8.1 et 10).

N° 17 Thermique

Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Risque de brûlure dû à la torche de soudage chaude et au col de torche: le col de torche et le tube contact sont fortement chauffés après le procédé de soudage ; lors du changement de torche, du nettoyage ou du réglage sans temps de refroidissement, les mains et les doigts peuvent être brûlés.

Sous-machine : Torche de soudage · aussi dans : Réglage, Nettoyage · Proposé avec l’assistance de l’IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Utilisation d’un refroidissement actif de la torche (torche refroidie à l’eau au lieu d’une torche refroidie à l’air) : le refroidissement continu à l’eau limite par conception l’énergie thermique dans le col de torche et au tube contact à un niveau de température nettement plus bas. En complément : le support de torche et le système de changement sont conçus de sorte que l’opérateur, lors du changement de torche, ne touche que des zones de préhension thermiquement découplées (poignée en plastique ou en céramique, aucun contact métallique direct avec le col de torche). Conception selon l’EN ISO 13732-1:2008 (seuil de brûlure pour le métal nu d’environ 51 °C pour une durée de contact de 1 min et de 48 °C pour 10 min).
Étape 2 · Protection	1. Surveillance du temps de refroidissement : un capteur de température sur le col de torche renvoie l’information à la commande de la machine ; l’IHM n’indique l’autorisation du changement de torche et du nettoyage qu’une fois la température retombée sous la valeur limite. La fonction est un verrouillage d’exploitation sans exigence de PL selon l’EN ISO 13849-1 ; aucune réduction du risque ne lui est attribuée. 2. Protecteur : la zone de soudage est entourée par la clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et fenêtres d’observation de protection pour le soudage (EN ISO 14120:2015) ; l’accès à la torche pour la maintenance et le nettoyage se fait exclusivement par la porte de maintenance sécurisée (SF-01, PLr d). L’accès involontaire à la torche chaude en mode automatique est ainsi exclu par conception. 3. Mise à disposition d’un repose-torche avec logement thermiquement isolé (coussin en céramique ou en silicone) directement au poste de soudage, de sorte que la torche soit déposée de manière définie après le procédé et ne soit pas posée sur des surfaces métalliques conductrices.
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	1. Notice d’instructions : indiquer explicitement le temps de refroidissement après la fin du soudage avant tout changement de torche, nettoyage ou travail de réglage sur la torche (valeur de référence selon les indications du fabricant de la torche) ; inclure une procédure de changement de torche comportant l’étape « attendre le temps de refroidissement ou contrôler la température ». 2. Signalisation d’avertissement : apposer de façon durable et bien visible le signal d’avertissement « Avertissement ; Surface chaude » (W017 selon l’EN ISO 7010:2020) dans la zone de la torche et à la porte de maintenance. 3. Qualification : seules des personnes instruites peuvent effectuer les changements de torche et le nettoyage ; l’instruction porte sur le risque de brûlure, les temps de refroidissement et l’utilisation correcte des EPI. 4. Spécification des EPI : des gants de protection thermique (adaptés à la chaleur de contact, classe de protection selon l’EN 407) sont obligatoires lors des changements de torche, du nettoyage et des travaux de réglage sur la torche ; cette exigence doit figurer dans la notice d’instructions et être signalée par le signal d’obligation « Port de gants de protection obligatoire » (M009 selon l’EN ISO 7010:2020) à la porte de maintenance.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 19 Rayonnement

Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû aux champs électromagnétiques (CEM) générés par la source de courant de soudage et les câbles de soudage: les courants de soudage élevés génèrent de forts champs magnétiques ; les personnes porteuses d'implants actifs (stimulateurs cardiaques, pompes à insuline) peuvent être mises en danger par ces champs.

Sous-machine : Source de courant de soudage / câbles de soudage · aussi dans : Fonctionnement, Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Poser et regrouper les câbles de soudage (conducteur de courant et conducteur de retour) de sorte que les conducteurs aller et retour soient rapprochés au maximum (paires de câbles torsadées ou posées en parallèle à distance minimale l'une de l'autre) : les champs magnétiques des deux conducteurs se compensent en partie, ce qui réduit nettement l'intensité de champ résultante dans l'environnement. Garder les câbles aussi courts que techniquement possible et éviter les enroulements inutiles ou les boucles, car les boucles augmentent l'intensité de champ. Installer la source de courant de soudage à distance du poste de chargement et du pupitre de commande.
Étape 2 · Protection	Sécuriser l'accès à la zone de soudage (cellule de soudage) pendant le fonctionnement au moyen du protecteur fixe existant (clôture périphérique selon l'EN ISO 14120:2015), de sorte que des personnes ne puissent pas pénétrer à proximité immédiate des câbles de soudage actifs pendant le fonctionnement automatique. Concevoir la porte de maintenance avec interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025 (SF-01, PLr d), qui n'autorise l'entrée qu'après la coupure du courant de soudage. En mode de réglage et lors des travaux de maintenance à proximité des câbles : couper le courant de soudage avant d'entrer dans la zone dangereuse et le sécuriser contre toute remise en marche (séparation de l'énergie et arrêt selon l'EN ISO 14118:2018). Les câbles de soudage cheminent entièrement à l'intérieur de la clôture périphérique, de sorte que les personnes situées à l'extérieur de la cellule restent à distance des câbles actifs.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : indication explicite que le fonctionnement de la machine à souder génère de forts champs électromagnétiques. Les personnes porteuses d'implants métalliques actifs ou passifs (stimulateurs cardiaques, pompes à insuline, implants cochléaires, implants métalliques) ne doivent pas pénétrer à proximité immédiate des câbles de soudage et de la source de courant de soudage. Avant de commencer des activités de réglage ou de maintenance à proximité des câbles, le courant de soudage doit être coupé. Exigence de qualification : le personnel de réglage et de maintenance doit être instruit du danger lié aux CEM ; les personnes porteuses d'implants connus doivent être exclues des activités à proximité immédiate des câbles de soudage actifs. Signalisation d'avertissement : apposer le signal d'avertissement « Avertissement ; Champ magnétique » (W006 selon l'EN ISO 7010:2020) à la porte de maintenance, au poste de chargement et sur la source de courant de soudage. En complément, apposer aux mêmes endroits le signal d'interdiction « Accès interdit aux porteurs de dispositifs cardiaques implantés actifs » (P007 selon l'EN ISO 7010:2020). Les émissions de champs électromagnétiques sont à décrire qualitativement dans la notice d'instructions ; la base d'évaluation est constituée par les données du fabricant de la source de courant de soudage selon l'EN IEC 62822-2 (évaluation des matériels de soudage à l'arc au regard de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques).

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 20 Matières/substances — Risque avant : S 4 · O 4 · **IR 16**

Phénomène dangereux dû à l'inhalation de fumées et de vapeurs de soudage (oxydes métalliques, manganèse, oxydes de fer): le soudage MAG de l'acier de construction génère des particules et des gaz nocifs ; en cas d'aspiration insuffisante (cartouche filtrante saturée, installation arrêtée), les concentrations dans la zone respiratoire de l'opérateur dépassent les valeurs limites d'exposition professionnelle.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (aspiration / zone de soudage) · aussi dans : Fonctionnement, Réglage, Nettoyage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Substitution du produit d'apport de soudage : utilisation de fils pleins à teneur en manganèse démontrablement réduite (alliage à faible teneur en Mn, par ex. teneur en Mn < 1,0 % selon la fiche de données de sécurité) à la place de fils fourrés ou de fils à forte teneur en manganèse, dans la mesure où la tâche de soudage (acier de construction, qualité de soudure) le permet. En complément : optimisation des paramètres de soudage (tension d'arc, vitesse de dévidage du fil, composition du gaz de protection) sur un réglage à faibles fumées conformément à la recommandation du fabricant de la source de courant de soudage, afin de réduire au minimum la formation de fumées à la source. Les deux mesures réduisent la masse de polluants émise et donc la probabilité d'une exposition nocive ; la gravité du dommage possible reste inchangée.
Étape 2 · Protection	Ventilation technique et aspiration selon l'EN ISO 21904-1:2020 (aspiration des fumées de soudage) : captage des fumées de soudage par la hotte de captage au-dessus de la zone de soudage avec un débit volumique de 1800 m³/h, qui garantit la vitesse de captage au point d'émission. Le système d'aspiration doit être équipé d'une surveillance du filtre (pressostat différentiel) qui déclenche une alarme lorsque la cartouche filtrante est saturée ou que l'aspiration est défaillante ; la cellule s'arrête de manière contrôlée et ne peut être redémarrée qu'une fois le défaut éliminé (verrouillage d'exploitation sans exigence de PL selon l'EN ISO 13849-1, aucune réduction du risque ne lui est attribuée). Protection de la zone de soudage par la clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage (EN ISO 14120:2015) et par la paroi centrale de séparation de la table tournante, afin de réduire au minimum la diffusion des fumées vers la zone de l'opérateur. Une surveillance de l'air ambiant pour la concentration de fumées de soudage au poste de chargement est recommandée à l'exploitant comme mesure complémentaire.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication des types de fumées de soudage émises et renvoi aux valeurs limites d'exposition professionnelle à respecter selon la TRGS 900 et la TRGS 528 allemandes ; consigne de contrôle et de remplacement réguliers des cartouches filtrantes (intervalle de maintenance selon les indications du fabricant, EN ISO 21904-1:2020) ; interdiction de souder lorsque le système d'aspiration est en panne ou arrêté. Signaux d'avertissement à la zone de soudage : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Fumées de soudage nocives » et signal d'obligation « Protection respiratoire obligatoire » (M017) en tant que marquage du risque résiduel. Exigence en matière d'EPI : demi-masque filtrant à particules FFP3 selon l'EN 149 ou appareil de protection respiratoire à ventilation assistée pour les travaux de réglage, de maintenance et de nettoyage dans la zone de soudage lorsque le système d'aspiration est arrêté. Exigence de qualification : les opérateurs et le personnel de réglage doivent être instruits des dangers des fumées de soudage et de l'utilisation correcte du système d'aspiration (TRGS 528, paragraphe 5).

Risque après : G 4 · P 2 · **IR 8 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 8 (G 4, P 2) dû aux fumées de soudage. La gravité résulte des propriétés des fumées de soudage (oxydes métalliques, manganèse) et reste inchangée ; le procédé MAG est la finalité de la machine et ne peut pas être remplacé. À l'étape 1, un fil plein à faible teneur en manganèse, dans la mesure où la tâche de soudage le permet, et des paramètres à faibles fumées sont prévus. Après l'étape 2, la hotte de captage située au-dessus de la zone de soudage capte les fumées à 1800 m³/h, la cellule s'arrête de manière contrôlée en cas de défaut de l'aspiration ou de saturation de la cartouche filtrante (seuil d'alarme de défaut 1400 m³/h), la séparation s'effectue en classe W3, et la clôture périphérique et la paroi centrale de séparation font écran pour le poste de chargement ; le captage, l'efficacité et la classe de séparation ont été contrôlés. Un encoffrement complet n'est pas possible, car l'ouverture de chargement doit rester ouverte pour le chargement manuel, et l'aspiration est arrêtée pendant les travaux dans la zone de soudage ; aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'a été identifiée pour cette exposition résiduelle. Le risque restant consiste en des émissions résiduelles au poste de chargement et en une exposition lors des travaux de réglage, de maintenance et de nettoyage. La protection respiratoire FFP3 pour ces travaux, l'interdiction de souder sans aspiration efficace, la maintenance des filtres et les obligations de l'exploitant au titre de la TRGS 528 figurent dans la notice d'instructions (chapitres 1.2, 2.6, 9.1 et 10.2).

N° 21 Matières/substances — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû au gaz de protection (mélange argon-CO2 M21) en cas de fuite: l'argon et le CO2 sont plus lourds que l'air, de sorte que le gaz de protection peut s'accumuler près du sol ; en cas de fuites importantes dans des zones mal ventilées, il existe un risque d'asphyxie par déplacement de l'oxygène.

Sous-machine : Alimentation en gaz de protection / réseau de conduites · aussi dans : Fonctionnement, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Limitation de la pression dans le réseau de conduites : limiter la pression de service de l'alimentation en gaz de protection au niveau minimal requis pour le procédé de soudage (détendeur au raccordement d'alimentation de la cellule). Une pression de système plus basse réduit la quantité de gaz qui s'échappe en cas de défaut et donc le potentiel d'accumulation. En complément : concevoir le tracé des conduites et les points de raccordement de manière à réduire au minimum les fuites par conception : utilisation de raccords à bague coupante ou de raccords à sertir plutôt que de colliers de serrage sur les tronçons de conduite fixes ; réduire les longueurs de flexible au minimum nécessaire à l'exploitation ; ne pas poser de conduites près du sol dans des fosses ou des locaux fermés (les poser près du plafond dans la mesure du possible). Ces mesures agissent directement sur la source d'énergie (gaz sous pression stocké) et sur le lieu du danger (zone d'accumulation).
Étape 2 · Protection	1. Coupure automatique de l'alimentation en gaz : électrovanne (fermée hors tension) dans la conduite d'alimentation en gaz de protection, qui coupe automatiquement l'alimentation en gaz à l'arrêt de la machine, à l'arrêt d'urgence (SF-03) et pendant les pauses de fonctionnement ; en outre, une vanne d'arrêt manuelle à l'extérieur de la cellule. 2. Surveillance des fuites : contrôle de plausibilité de la consommation de gaz par la commande de la machine (indication lorsqu'un débit de gaz apparaît sans procédé de soudage actif, comme indicateur de fuite) ; contrôle visuel quotidien des raccords de flexibles comme exigence de maintenance. 3. Installation de l'alimentation en gaz de protection prévue sur site (rampe de bouteilles ou poste de soutirage) dans une zone ventilée du hall, pas dans des fosses, des sous-sols ou des renfoncements confinés. En cas d'installation dans des zones mal ventilées, l'exploitant est tenu de prévoir un dispositif d'alerte oxygène (mention dans la notice d'instructions). Une fonction de sécurité avec exigence de PLr n'est pas nécessaire pour ce phénomène dangereux ; le risque est maîtrisé par la coupure, le lieu d'installation et la ventilation.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention du risque d'asphyxie par déplacement de l'oxygène en cas de fuites importantes dans des zones mal ventilées ; exigence d'une ventilation suffisante du hall sur le site d'installation ; travaux sur l'alimentation en gaz uniquement conduite fermée et dépressurisée (EN ISO 14118:2018). 2. Qualification : travaux sur les conduites et la robinetterie de gaz comprimé uniquement par du personnel spécialisé instruit ; instruction selon la règle DGUV 100-500 allemande, chapitre 2.26, et la TRGS 528 (obligation de l'exploitant). 3. Signalisation d'avertissement : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Risque d'asphyxie dû au gaz de protection » sur le lieu d'installation de l'alimentation en gaz ; signal d'interdiction complémentaire « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006) sur les locaux d'alimentation verrouillés. 4. Lors de travaux dans des zones confinées ou mal ventilées (par ex. changement de bouteilles dans des renfoncements) : utiliser un détecteur d'oxygène portable ; ne pas travailler seul.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 22 Matières/substances — Risque avant : S 3 · O 2 · **IR 6**

Phénomène dangereux dû aux poussières de filtre lors du changement de la cartouche filtrante de l'aspiration des fumées de soudage: la cartouche filtrante contient des fumées de soudage séparées, avec des oxydes métalliques et des particules fines ; lors d'un changement sans mesures de protection respiratoire appropriées, des poussières sont libérées et inhalées.

Sous-machine : Aspiration des fumées de soudage (unité de filtration) · aussi dans : Nettoyage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Rétention des poussières par conception lors du changement de filtre : l'unité de filtration est équipée d'un système bag-in/bag-out intégré, de sorte que la cartouche filtrante contaminée puisse être retirée et scellée dans un sac plastique fermé sans contact direct avec les poussières. Par conception, cela réduit au minimum la libération de poussières à la source (remplacement du retrait à l'air libre par une procédure de changement en système fermé selon l'EN ISO 12100, paragraphe 6.2.4). En complément : l'impulsion de décolmatage (coup de pression) avant le changement ne doit être autorisée QUE caisson fermé et aspiration désactivée, afin de compacter les dépôts de poussières dans la cartouche et de réduire la libération à l'ouverture.
Étape 2 · Protection	Mesures de protection techniques pour le risque résiduel restant (poussière résiduelle à l'ouverture du caisson et à la manipulation de la cartouche) : 1. Caisson d'aspiration avec verrouillage en dépression : le caisson du filtre ne peut, par conception, être ouvert que lorsque le ventilateur est arrêté et que l'installation est dépressurisée (verrouillage mécanique, pas de fonction de sécurité avec exigence de PLr, aucun entraînement en mouvement n'étant concerné). 2. Aspiration locale au lieu de changement : un piquage de raccordement pour une unité d'aspiration mobile (aspirateur industriel de classe de poussière H selon l'EN 60335-2-69, apte aux poussières de fumées de soudage) est à prévoir sur le caisson du filtre ; celui-ci est activé pendant le changement et capte les particules résiduelles libérées. 3. Marquage de l'unité de filtration : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Poussières nocives », à apposer durablement sur le caisson du filtre.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (chapitre 10.2) : instruction détaillée pas à pas pour le changement de filtre avec description de la procédure bag-in/bag-out ; informations sur la composition des poussières séparées (oxydes métalliques, particules fines, éventuellement substances CMR selon le matériau soudé) ; remarque sur l'élimination (cartouches filtrantes contaminées à éliminer comme déchets dangereux conformément à la réglementation applicable en matière de déchets). 2. Exigence de qualification : changement de filtre uniquement par du personnel spécialisé formé, informé du danger des poussières de fumées de soudage. 3. Spécification des EPI : lors du changement de filtre, au minimum : demi-masque filtrant à particules FFP3 selon l'EN 149 pour les particules fines et les oxydes métalliques ; gants de protection (résistants aux produits chimiques) ; lunettes de sécurité (protection contre les particules). Les exigences en matière d'EPI sont à préciser de façon permanente dans la notice d'instructions et au moyen d'un signal d'obligation « Protection respiratoire obligatoire » (M017 selon l'EN ISO 7010:2020) sur le caisson du filtre. 4. Renvoi à la réglementation en matière de santé et de sécurité au travail : l'exploitant doit être informé de ses obligations au titre de la TRGS 528 allemande (travaux de soudage) et de l'ordonnance allemande sur les substances dangereuses (GefStoffV), en particulier en ce qui concerne l'appréciation du risque pour les poussières CMR et la mise à disposition d'EPI appropriés.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 23 Mécanique

Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Phénomène dangereux dû à l'énergie pneumatique résiduelle lors des travaux de maintenance et de dépannage: après la coupure de l'alimentation en air comprimé, une pression résiduelle subsiste dans les conduites et les vérins du dispositif de serrage ; une libération incontrôlée de la pression peut provoquer des mouvements brusques des éléments de serrage, blesser des personnes ou éjecter des pièces.

Sous-machine : Dispositif de serrage pneumatique / réseau d'air comprimé · aussi dans : Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Limiter par conception l'énergie pneumatique résiduelle : en cas de chute de pression, les brides à fermeture pneumatique maintiennent la pièce au moyen d'un clapet anti-retour piloté (clapet de maintien de pression) dans la ligne de serrage ; le pressostat surveille la pression de serrage (SF-04). Le volume emprisonné entre le clapet de maintien de pression et le vérin est réduit au minimum par conception (conduites courtes, clapets de maintien de pression montés directement sur le vérin), de sorte que seule une faible quantité d'énergie reste accumulée. Avant toute intervention, la pression de serrage emprisonnée est libérée par l'ouverture des brides ; en cas de défaut, elle est libérée de manière contrôlée à l'aide de la commande manuelle de secours du clapet de maintien de pression. Conception selon l'EN ISO 4414:2010. Remarque : la gravité d'un événement d'énergie résiduelle est réduite par cette mesure, car l'énergie cinétique des éléments de serrage est nettement plus faible avec un faible volume résiduel et une mise à l'échappement étranglée.
Étape 2 · Protection	1. Vanne d'arrêt de maintenance avec fonction de mise à l'échappement (consignable) selon l'EN ISO 4414:2010 et l'EN ISO 14118:2018 : installer à l'entrée du dispositif de serrage pneumatique une vanne d'arrêt avec mise à l'échappement contrôlée intégrée (fonction de décompression progressive) ; en position d'arrêt, la vanne doit mettre à l'échappement le tronçon de conduite aval de manière contrôlée et étranglée avant que toute intervention soit possible. La vanne doit être sécurisée par un cadenas (dispositif de condamnation). 2. Manomètre ou indicateur de pression sur le tronçon de conduite entre la vanne d'arrêt et le vérin, afin que l'opérateur puisse vérifier visuellement la chute de la pression à 0 bar (EN ISO 4414:2010). 3. Indicateur de pression résiduelle à l'accès de maintenance : avant toute intervention, l'absence de pression est contrôlée sur l'indicateur de pression résiduelle ; l'indicateur est un équipement d'exploitation sans exigence de PL selon l'EN ISO 13849-1:2023. 4. Protecteur : les dispositifs de serrage se trouvent à l'intérieur de la clôture périphérique (EN ISO 14120:2015) ; l'accès pour la maintenance et le dépannage se fait par la porte de maintenance avec interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025 (SF-01, PLr d).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : consigne de travail pour la maintenance et le dépannage du dispositif de serrage pneumatique, avec procédure explicite pas à pas : (a) retirer la pièce et ouvrir les brides, (b) fermer l'alimentation en air comprimé à la vanne d'arrêt de maintenance et attendre la mise à l'échappement, (c) en cas de défaut, libérer toute pression résiduelle emprisonnée à l'aide de la commande manuelle de secours du clapet de maintien de pression, puis vérifier que l'indicateur de pression résiduelle indique 0 bar, (d) apposer le cadenas de consignation, (e) n'intervenir sur l'installation qu'ensuite. Inclure une mention du danger dû à la pression résiduelle et à l'éjection de pièces. 2. Signalisation d'avertissement sur le dispositif de serrage et sur la vanne d'arrêt : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Pression résiduelle dans le dispositif de serrage » ; panneau d'information « Avant toute intervention : mettre à l'échappement à 0 bar et verrouiller la vanne d'arrêt ». 3. Exigence de qualification : maintenance et dépannage de la partie pneumatique uniquement par des spécialistes instruits connaissant les règles de sécurité en pneumatique (EN ISO 4414:2010). 4. Spécification des EPI : prescrire des lunettes de protection (protection des yeux contre les projections de pièces) et des gants de protection à l'ouverture des raccords pneumatiques.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 27 Ergonomique

Risque avant : S 2 · O 3 · **IR 6**

Éclairage insuffisant au poste de chargement et dans l’allée de maintenance: un éclairement insuffisant rend plus difficiles le chargement et le déchargement sûrs des pièces ainsi que les travaux de maintenance, et augmente le risque d’erreurs et d’accidents.

Sous-machine : Poste de chargement / allée de maintenance · aussi dans : Fonctionnement, Réglage, Nettoyage · Proposé avec l’assistance de l’IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Éclairage de poste de travail intégré à la machine, à prévoir dans le cadre de la conception, au poste de chargement et dans l’allée de maintenance : les luminaires sont intégrés durablement à la structure de la machine (encastrés dans le cadre de la clôture périphérique), de sorte que l’éclairement au poste de chargement et dans l’allée de maintenance soit assuré en permanence indépendamment de l’éclairage du hall. La conception est réalisée selon l’EN ISO 12100:2010, paragraphe 6.2.8 (ergonomie), en liaison avec l’EN 1837 (éclairage intégré à la machine) ; l’éclairage tel que réalisé fournit 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance. L’intégration à la conception supprime la dépendance à des sources d’éclairage externes éventuellement insuffisantes.
Étape 2 · Protection	Risque résiduel dû à la défaillance ou à l’ombrage des luminaires intégrés : surveillance de la disponibilité de l’éclairage du poste de travail par la commande de la machine (message en cas de défaillance d’une lampe). En outre, les zones de l’allée de maintenance sont à marquer par des marquages au sol rétroréfléchissants jaunes et noirs selon la règle allemande pour les lieux de travail ASR A1.3 (risques de trébuchement, limites d’allée) et par le signal d’avertissement W007 « Avertissement ; Obstacle au sol » selon l’EN ISO 7010:2020 aux endroits présentant un risque de trébuchement. Une fonction de sécurité au sens de l’EN ISO 13849-1 n’est pas requise pour la surveillance de l’éclairage ; en cas de défaillance de l’éclairage, le travail doit être interrompu (étape 3).
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	Notice d’instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication de l’éclairement de l’éclairage du poste de travail : 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance ; mention qu’en cas de défaillance de l’éclairage intégré, le travail doit être interrompu jusqu’au rétablissement de l’éclairage. Panneau textuel sur la porte de maintenance : « Arrêter le travail en cas de panne d’éclairage ». Exigence de qualification : le personnel de maintenance doit être instruit du contrôle du fonctionnement de l’éclairage avant de commencer le travail. Utiliser des luminaires portatifs appropriés pour de brefs contrôles en cas de panne d’éclairage ; ne reprendre le travail normal qu’après rétablissement de l’éclairage.

Risque après : G 2 · P 1 · **IR 2 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 30 Combinaison — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû à un paramétrage erroné de la commande du robot ou de la commande de sécurité (par ex. distances de sécurité erronées, limites de vitesse erronées en mode de réglage, autorisations de zone erronées): des paramètres erronés peuvent faire que des fonctions de sécurité ne fonctionnent pas comme prévu et mettent ainsi des personnes en danger par des mouvements du robot ou de la table tournante.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (commande / commande de sécurité) · aussi dans : Mise en service, Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Les paramètres relatifs à la sécurité (limites de vitesse, zones de protection, autorisations de zone) sont enregistrés exclusivement dans la commande de sécurité (automate de sécurité) et protégés contre toute modification non autorisée ou involontaire par un concept d'accès par rôles protégé par mot de passe. Les jeux de paramètres des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 sont enregistrés dans la commande de sécurité sous forme de jeux de données non modifiables protégés par somme de contrôle (par ex. CRC-32 ou équivalent), de sorte que toute modification involontaire soit détectée automatiquement au démarrage du système et qu'un état sûr soit imposé. Ce principe correspond au principe de commande intrinsèquement sûr selon l'EN ISO 12100, paragraphe 6.2.11 (principes de commande limitant l'apparition de phénomènes dangereux) et réduit la possibilité que des paramètres erronés deviennent effectifs.
Étape 2 · Protection	1. Exigence de validation avant libération : toute modification de paramètres relatifs à la sécurité exige un essai de réception documenté (essai fonctionnel de toutes les fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 concernées) réalisé par deux personnes habilitées (principe du double contrôle) avant la remise en service. La commande de sécurité ne peut libérer le mode automatique qu'après un acquittement positif. Base : EN ISO 13849-2:2012 (validation des fonctions de sécurité) et EN ISO 11161:2007+A1:2010 (vérification et validation des systèmes de fabrication intégrés). 2. Vérification des paramètres par la commande de sécurité : la commande de sécurité (PLr e pour les SF-02 et SF-04, PLr d pour les SF-01, SF-03 et SF-05 selon l'EN ISO 13849-1:2023) contrôle la cohérence des paramètres relatifs à la sécurité par rapport à des valeurs de référence enregistrées (comparaison de sommes de contrôle) au démarrage et de manière cyclique. En cas d'écart, un arrêt de catégorie 1 selon l'EN 60204-1:2018 est déclenché et un redémarrage est bloqué (pas de redémarrage automatique selon l'EN ISO 14118:2018). 3. Mode de réglage SF-05 : la vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s (SF-05, PLr d) est limitée au niveau matériel dans la commande de sécurité et ne peut pas être contournée par des paramètres de la commande du robot. La surveillance est assurée par une SRP/CS selon l'EN ISO 13849-1:2023, catégorie et PL conformes à la SF-05 (PLr d). 4. Autorisation de zone de la table tournante SF-04 : l'autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés (SF-04, PLr e) est effectuée exclusivement par la commande de sécurité sur la base de signaux de capteurs vérifiés ; une autorisation causée par de seuls paramètres de zone erronés dans la commande du robot est exclue par conception. 5. Gestion des modifications : toutes les modifications de paramètres sont enregistrées avec horodatage, identification de l'utilisateur et valeur précédente/suivante dans un journal des modifications inviolable (piste d'audit) de la commande de sécurité. Base : EN ISO 11161:2007+A1:2010.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la procédure de modification des paramètres avec un guide pas à pas, liste de tous les paramètres relatifs à la sécurité pour chaque fonction de sécurité (SF-01 à SF-05), obligation de réaliser un essai de validation après chaque modification et obligation de documentation dans le journal des modifications. 2. Exigence de qualification : les modifications de paramètres de la commande de sécurité ne doivent être effectuées que par du personnel spécialisé justifiant d'une qualification en sécurité fonctionnelle (par ex. certification TÜV d'ingénieur en sécurité fonctionnelle, Functional Safety Engineer, ou équivalent) et connaissant le système. Cela doit figurer dans la notice d'instructions et dans une procédure d'exploitation. 3. Signalisation d'avertissement : le signal d'avertissement « Avertissement ; Électricité » (W012 selon l'EN ISO 7010:2020) et le signal d'interdiction complémentaire « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006) sont à apposer sur la commande de sécurité et sur l'armoire de commande. En outre, un panneau d'information portant la mention : « Modifications de paramètres uniquement par du personnel spécialisé habilité ; essai de validation ultérieur requis ». 4. Liste de contrôle de mise en service : avant chaque première mise en service et après chaque modification de paramètres, une liste de contrôle de mise en service spécifique au système est à remplir et à signer (base : EN ISO 11161:2007+A1:2010).

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à un paramétrage incorrect. À l’étape 1, les paramètres relatifs à la sécurité sont conservés uniquement dans l’automate de sécurité, protégés par un concept d’accès basé sur les rôles et par des jeux de paramètres protégés par somme de contrôle. Après l’étape 2, l’automate de sécurité contrôle les paramètres par rapport à la référence au démarrage et de manière cyclique et déclenche un arrêt avec verrouillage de redémarrage en cas d’écart, la limite de vitesse de la SF-05 ne peut pas être écrasée via la commande du robot, l’autorisation de rotation SF-04 provient uniquement de l’automate de sécurité, et chaque modification est journalisée et validée selon le principe du double contrôle conformément à l’EN ISO 13849-2:2012 avant libération. Le risque restant est un paramètre spécifié de manière incorrecte par du personnel autorisé et non détecté lors de la validation. Les paramètres doivent rester modifiables pour la mise en service, les transformations et les nouveaux dispositifs de serrage ; aucune mesure capable de détecter une valeur techniquement incorrecte, mais correctement saisie et validée, n’est disponible selon l’état de la technique. Procédure de modification, qualification, liste de contrôle de mise en service et panneau textuel relatif à l’obligation de validation sur l’armoire de commande : notice d’instructions, chapitres 2.4 et 2.6.

N° 34 Thermique

Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Danger d’incendie dans l’aspiration des fumées de soudage (feu de filtre): les étincelles et particules incandescentes aspirées par le procédé peuvent s’accumuler dans la cartouche filtrante et provoquer un feu couvant ou un feu de filtre, y compris avec un décalage dans le temps après la fin d’un poste. La fumée de l’incendie peut se propager vers le hall par la tuyauterie et le recyclage de l’air.

Sous-machine : Aspiration des fumées de soudage (unité de filtration) · aussi dans : Fonctionnement

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Réduction des étincelles à la source par la conception des paramètres de soudage et de la géométrie d’aspiration : concevoir la hotte de captage au-dessus de la zone de soudage et le cheminement des gaines de sorte que les étincelles aspirées aient refroidi avant d’atteindre la cartouche filtrante. En outre, prévoir un pré-séparateur d’étincelles (chicane / séparateur cyclonique) comme composant intégré directement en amont de la cartouche filtrante, qui sépare par inertie les grosses particules et les étincelles avant leur contact avec le média filtrant. Ce composant fait partie intégrante de la conception du système d’aspiration et n’est pas un moyen de protection en aval. Conception selon l’EN ISO 21904-1:2020 (exigences relatives aux systèmes d’aspiration des fumées de soudage).
Étape 2 · Protection	Le risque résiduel restant de feu de filtre est limité par les mesures de protection techniques suivantes : 1. Surveillance thermique de la cartouche filtrante : capteur de température (thermostat ou thermocouple) dans le caisson du filtre avec un seuil de déclenchement ; en cas de dépassement, arrêt automatique du ventilateur d’aspiration et fermeture d’un clapet d’arrêt motorisé dans la tuyauterie afin d’empêcher l’apport d’oxygène. Intégration à la commande de la machine sous forme de verrouillage d’exploitation sans exigence de PL selon l’EN ISO 13849-1, aucune réduction du risque ne lui est attribuée ; la cellule s’arrête de manière contrôlée et ne peut être redémarrée qu’une fois le défaut éliminé. 2. Dispositif d’extinction au niveau du caisson du filtre : au moins une ouverture d’introduction d’agent extincteur obturable (lance d’extinction) sur le caisson ; un dispositif d’extinction automatique ne fait pas partie de la fourniture et est, si nécessaire, ajouté par l’exploitant conformément à son concept de protection incendie. 3. Clapet d’arrêt motorisé dans la gaine de recyclage de l’air vers le hall : fermeture automatique en cas d’alarme incendie afin d’empêcher la propagation de la fumée dans le hall. Intégration à la commande de la machine sous forme de verrouillage d’exploitation sans exigence de PL. 4. Détecteurs de fumée et de CO dans le caisson du filtre et dans la gaine d’air extrait comme niveau de détection redondant, avec transmission de l’alarme à un poste en permanence occupé ou à une centrale de détection incendie (responsabilité de l’exploitant, à convenir avec le concept de protection incendie du bâtiment). 5. Temps de fonctionnement résiduel du ventilateur d’aspiration après la fin du soudage : programmer au niveau de la commande un temps de fonctionnement résiduel minimal de 10 minutes afin que les particules incandescentes encore présentes dans la tuyauterie soient entièrement acheminées vers le séparateur et refroidies avant l’arrêt de l’installation. Dimensionnement du temps de fonctionnement résiduel sur la base de la longueur de tuyauterie et du débit volumique.
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	Notice d’instructions (conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : - Mention du danger d’incendie dû aux étincelles et aux particules incandescentes dans le système de filtration ; description du mécanisme de dommage, y compris l’inflammation différée. - Le temps de fonctionnement résiduel prescrit du ventilateur d’aspiration après la fin du soudage (valeur minimale issue de la conception) comme consigne d’exploitation impérative. - Intervalles de maintenance des cartouches filtrantes, des pré-séparateurs d’étincelles et des capteurs de température ; indication du niveau de colmatage auquel la cartouche filtrante doit être remplacée (indication du fabricant, EN ISO 21904-1:2020). - Interdiction d’exploiter le système d’aspiration avec un capteur de température défectueux ou un clapet d’arrêt inopérant. - Conduite à tenir en cas d’alarme incendie : évacuer immédiatement l’installation, alerter les pompiers, ne pas tenter de traiter soi-même le caisson du filtre (son ouverture peut attiser un feu couvant). - Mention qu’à la fin d’un poste, un contrôle visuel du caisson du filtre (température, odeur) doit être effectué avant de quitter le bâtiment. Signalisation d’avertissement sur le système d’aspiration : - Signal d’avertissement général W001 selon l’EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Risque d’incendie dû aux étincelles dans le filtre » sur le caisson du filtre et l’ouverture de maintenance. - Panneau textuel « Ne pas ouvrir en cas d’alarme incendie » sur la trappe de maintenance du caisson du filtre. Qualification et instruction : - Le personnel d’exploitation et le personnel de maintenance doivent être instruits avant de commencer le travail, puis au moins une fois par an, du danger d’incendie, du fonctionnement des moyens de protection et du comportement correct en cas d’incendie (obligation de l’exploitant). - Travaux de maintenance sur le système de filtration uniquement par du personnel instruit portant des EPI appropriés (gants de protection et, le cas échéant, protection respiratoire lors du remplacement du filtre en raison de l’exposition aux fumées de soudage).

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 40 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Logiciel relatif à la sécurité non identifiable ou non marqué: la version et la somme de contrôle du logiciel de sécurité ne peuvent pas être consultées sur la machine, et les logiciels et données relatifs à la sécurité ne sont pas désignés comme tels. Après une intervention, une mise à jour ou un remplacement d'appareil, il est impossible de déterminer si la machine est encore dans l'état contrôlé ; un fonctionnement avec un logiciel non approuvé passe inaperçu. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.1.9, quatrième alinéa ; point 1.7.4.2]

Sous-machine : Logiciel / documentation · aussi dans : Mise en service, Fonctionnement

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Concevoir le logiciel relatif à la sécurité comme une unité délimitée avec son propre numéro de version et sa propre somme de contrôle (séparée du logiciel standard et de visualisation), de sorte qu'une identification univoque soit techniquement possible.
Étape 2 · Protection	Page d'information sur l'IHM affichant la version et la somme de contrôle de tous les composants logiciels relatifs à la sécurité (toujours facilement accessible sans ouverture de session, annexe III, point 1.1.9, quatrième alinéa), marquage des données relatives à la sécurité dans les noms de fichiers, les menus et les exports, comparaison avec le procès-verbal de réception au démarrage. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 3.4.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : liste des logiciels et données relatifs à la sécurité avec leurs versions (annexe III, point 1.7.4.2), instructions pour consulter les informations de version, indication de leur importance pour la conformité et de l'obligation de signaler les écarts.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 41 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Preuves d'interventions absentes ou incomplètes (journalisation): les interventions sur le matériel, le logiciel ou la configuration relatifs à la sécurité ne sont pas consignées, ou le sont sans horodatage ni auteur ; les journaux s'écrasent après une courte période ou sont ouverts à la manipulation. Les interventions non autorisées passent inaperçues et la piste d'audit n'est pas disponible sur demande des autorités. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, deuxième alinéa ; point 1.1.9, cinquième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point f)]

Sous-machine : Commande / journalisation · aussi dans : Fonctionnement, Recherche de défauts

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Prévoir la journalisation des événements comme fonction fixe de la commande (non désactivable par l'opérateur), avec une mémoire non volatile de taille suffisante.
Étape 2 · Protection	Journalisation des événements relatifs à la sécurité avec horodatage, identité de l'utilisateur et contenu de la modification (ouverture de session, modification de paramètres et de configuration, chargement de logiciel avec version et somme de contrôle, ouverture d'ensembles relatifs à la sécurité, sessions d'accès à distance), protection contre la suppression et la modification, export sous forme lisible, conservation des chargements et des données associées jusqu'à cinq ans après le chargement (annexe III, point 1.2.1, point f)). Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 2.8, SR 2.9, SR 2.11, SR 3.9, SR 6.1.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : accès aux journaux et export, obligations de conservation de l'exploitant en cas de cession de la machine, marche à suivre en cas de demande d'une autorité, indication sur la capacité de stockage et la synchronisation horaire.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 43 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Accès d'ingénierie non sécurisé à l'automate de sécurité: l'accès de programmation de la commande de sécurité ou de l'automate de sécurité est accessible sans mot de passe ou avec les identifiants par défaut du fabricant ; le programme de sécurité peut être écrasé ou mis à l'état d'arrêt pendant le fonctionnement, et le forçage des entrées et des sorties est possible. Les fonctions de protection sont rendues inopérantes ou les actionneurs sont commandés directement. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, deuxième alinéa ; point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a)]

Sous-machine : Automate de sécurité / ingénierie · aussi dans : Mise en service, Recherche de défauts

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Accès de programmation de l'automate de sécurité séparé physiquement du réseau de procédé (port dédié, dans l'armoire électrique verrouillée), pas de forçage de signaux relatifs à la sécurité dans la version de série, modification du programme uniquement lorsque la machine est à l'arrêt sécurisé.
Étape 2 · Protection	Mot de passe individuel pour l'accès au programme de sécurité avec changement de mot de passe obligatoire à la mise en service, niveaux de protection en écriture et de protection d'accès de la commande activés, journalisation de tous les accès et modifications de programme avec version et somme de contrôle, affichage de l'état du programme sur l'IHM. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 1.5, SR 2.1, SR 2.8, SR 3.4, SR 7.7.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : protection d'accès et gestion des mots de passe comme obligation de l'exploitant, interdiction de modifier le programme sans nouveau contrôle et sans documentation, renvoi aux exigences en cas de modification substantielle.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) lié à l'accès d'ingénierie à la commande de sécurité. L'accès doit rester disponible pour la mise en service, la maintenance et la recherche de défauts. À l'étape 1, le port de programmation est séparé du réseau de procédé à l'intérieur de l'armoire de commande verrouillée, le forçage de signaux relatifs à la sécurité est exclu dans l'état de livraison, et les modifications de programme ne sont autorisées qu'à l'état d'arrêt sécurisé. Après l'étape 2, un mot de passe individuel, la protection en écriture et des niveaux de protection d'accès sont actifs, chaque accès et chaque modification de programme sont journalisés avec version et somme de contrôle, et l'état du programme peut être consulté sur le panneau IHM (justification selon l'IEC 62443-3-3 SR 1.1, 1.5, 2.1, 2.8, 3.4 et 7.7). Le risque restant est un usage abusif ou une erreur d'une personne disposant d'un mot de passe valide et de la clé de l'armoire. Aucune mesure technique permettant de distinguer les modifications autorisées des modifications abusives n'est disponible selon l'état de la technique ; les écarts deviennent détectables par comparaison de la version et de la somme de contrôle avec le procès-verbal de réception. La gestion des mots de passe en tant qu'obligation de l'exploitant et l'interdiction de modifier le programme sans nouvel essai ni documentation figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.6 et 13).

N° 44 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Accès à distance non autorisé ou erroné via la passerelle de télémaintenance: via la connexion VPN IPsec de la passerelle de télémaintenance, une personne non autorisée disposant d'identifiants volés ou un technicien autorisé au mauvais moment intervient dans la commande de la cellule : modification du programme ou des paramètres, acquittement de défauts ou lancement de mouvements alors que des personnes se trouvent au poste de chargement ou dans l'allée de maintenance. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, premier alinéa ; point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)]

Sous-machine : Passerelle de télémaintenance / commande de la cellule · aussi dans : Fonctionnement, Recherche de défauts

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Accès à distance conçu de manière à ne pouvoir déclencher aucun mouvement dangereux ni contourner de fonctions de sécurité : la passerelle de télémaintenance n'atteint que la commande standard et le panneau IHM ; l'automate de sécurité n'a aucun chemin d'accès à distance. Les ordres de mouvement et l'acquittement de défauts ne sont possibles que depuis des postes de commande offrant une vue sur la zone dangereuse (annexe III, point 1.2.2).
Étape 2 · Protection	Télémaintenance désactivée à la livraison ; une session ne peut être activée que sur site au moyen du commutateur à clé au pupitre de commande, se termine automatiquement au bout de quatre heures et est signalée par « Télémaintenance active » sur le panneau IHM ; VPN IPsec avec authentification multifacteur et comptes personnels pour les techniciens à distance ; journalisation de chaque session avec utilisateur, heure et actions effectuées, conservation conformément à l'annexe III, point 1.2.1, point f). Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 1.13, SR 2.1, SR 2.8, SR 3.8.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (chapitre 13.3) : procédure d'activation et de fin des sessions de télémaintenance, obligation de disposer sur site d'une personne responsable, conduite à tenir en cas de soupçon d'accès non autorisé (terminer la session avec le commutateur à clé, informer le fabricant), interlocuteur pour les notifications de sécurité du fabricant.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Nettoyage (6 phénomènes dangereux)

N° 8 Mécanique

Risque avant : S 3 · O 4 · **IR 12**

Danger de coupure et de piqûre dû au fil de soudage (fil plein de 1,0 à 1,2 mm) à la torche de soudage: le fil dépassant de la torche agit comme une aiguille ; lors du réglage, de l'enfilage du fil ou du nettoyage de la torche, les mains et les doigts peuvent être piqués ou coupés.

Sous-machine : Torche de soudage / dévidoir · aussi dans : Réglage, Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Rétraction automatique du fil à la fin du soudage : la commande du dévidoir rétracte automatiquement le fil d'une longueur définie (5 à 10 mm) dans la torche après chaque cycle de soudage, de sorte que la pointe acérée du fil soit en retrait dans le tube contact et ne dépasse plus librement. Par conception, cela réduit au minimum le point dangereux (pointe de fil en saillie) pour les phases de vie de réglage et de nettoyage. En complément : choix d'un système de dévidage qui, en mode d'avance lente (réglage), ne fait avancer le fil que lorsque le bouton est maintenu enfoncé (commande à action maintenue), de sorte que le fil n'avance pas de manière incontrôlée.
Étape 2 · Protection	1. Limitation mécanique de la longueur de fil : une butée de longueur de fil réglable (capuchon de protection de torche avec ouverture définie) est prévue sur le col de la torche et limite le fil en saillie à la dimension minimale nécessaire au procédé. 2. Blocage du dévidage automatique du fil : le dévidage automatique du fil est bloqué dès que la porte de maintenance est ouverte ; porte ouverte, le fil ne peut être avancé qu'en mode d'avance lente à vitesse d'enfilage réduite. 3. Mode d'avance lente du dévidoir : le mode d'avance lente à vitesse d'enfilage réduite est une fonction de la source de courant de soudage, non une fonction de sécurité ; il est destiné à empêcher une avance rapide involontaire du fil. 4. Marquage du point dangereux sur la torche et le dévidoir avec le signal d'avertissement W022 « Avertissement ; Élément pointu » selon l'EN ISO 7010:2020.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention explicite que le fil de soudage présente une pointe acérée capable de percer la peau même à l'arrêt. Description de la procédure sûre d'enfilage du fil (n'avancer le fil qu'en mode d'avance lente à vitesse d'enfilage réduite, couper proprement l'extrémité du fil avec une pince coupante, ne jamais tâter avec la main nue). 2. Signalisation d'avertissement sur le support de torche et sur le dévidoir : signal d'avertissement W022 « Avertissement ; Élément pointu » selon l'EN ISO 7010:2020. 3. Exigence de qualification : les activités sur la torche et le dévidoir (enfilage du fil, nettoyage) ne doivent être réalisées que par du personnel spécialisé instruit ; exigence à documenter dans la notice d'instructions. 4. Spécification des EPI : des gants de protection résistant à la coupure (selon l'EN 388, résistance à la perforation d'au moins le niveau de performance 2) doivent être portés lors de l'enfilage du fil et du nettoyage de la torche ; spécification à inclure dans la notice d'instructions et sur l'affichage au poste de travail. 5. Remarque sur la coupe sûre de la pointe du fil : avant toute intervention manuelle sur la torche, la pointe du fil doit être coupée proprement et sans bavure avec une pince coupante appropriée ; l'outil doit être mis à disposition au poste de travail.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû à l'extrémité du fil. Le fil doit dépasser du tube contact pour l'arc. Le retrait automatique après chaque cycle et la marche par à-coups selon le principe de la commande à action maintenue (étape 1), la limitation de longueur par le capuchon de protection de torche, le blocage du dévidage automatique du fil lorsque la porte de maintenance est ouverte et le coupe-fil de la station de nettoyage de la torche (étape 2) limitent la longueur de fil exposée à la dimension de procédé. L'enfilage du fil lors du changement de fil et les travaux sur la torche restent des tâches manuelles au cours desquelles la main travaille nécessairement au niveau du fil ; un dispositif de protection entre la main et le fil ne peut pas être utilisé pour ces tâches, de sorte qu'aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'est réalisable. La blessure par perforation ou par coupure qui subsiste est réversible. Elle est contrée à l'étape 3 par des gants résistant à la coupure selon l'EN 388, par la coupe nette de l'extrémité du fil avant toute tâche manuelle, par la limitation au personnel instruit et par le signal W022 sur le support de torche et sur le dévidoir (notice d'instructions, chapitres 2.4 et 2.6).

N° 10 Mécanique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Danger de trébuchement, de glissade et de chute dans la zone du poste de chargement et de l'allée de maintenance, dû aux projections de soudage sur le sol, aux câbles, aux flexibles (air comprimé, gaz de protection) et aux zones humides lors des travaux de nettoyage.

Sous-machine : Poste de chargement / allée de maintenance · aussi dans : Fonctionnement, Réglage, Maintenance, Recherche de défauts · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Éloigner par conception les câbles et flexibles (air comprimé, gaz de protection) de la zone de sol du poste de chargement et de l'allée de maintenance, en les faisant passer dans des goulottes, des chaînes porte-câbles ou des systèmes de guidage de câbles suspendus au plafond, de sorte qu'aucun risque de trébuchement n'apparaisse. Concevoir les raccordements au poste de chargement sous forme de colonnes suspendues au plafond ou de panneaux de prises muraux. Réduire l'exposition du sol aux projections de soudage au moyen de tôles de protection intégrées à la conception (écrans pare-projections) au poste de soudage, de sorte que les projections vers la zone de l'opérateur soient réduites au minimum. Le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; l'exigence relative au site d'installation (revêtement de sol antidérapant) est transmise à l'exploitant à l'étape 3.
Étape 2 · Protection	Limiter le risque résiduel dû aux risques de trébuchement et de glissade restants au moyen des mesures techniques suivantes : (1) marquages au sol (jaune/noir selon l'ASR A1.3 allemande) pour identifier les voies de circulation et les zones dangereuses conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.5.15. (2) Éclairage fixe suffisant du poste de chargement et de l'allée de maintenance conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.4, afin de détecter à temps les obstacles et les zones humides ; l'éclairage intégré à la machine selon l'EN 1837 fournit 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l'allée de maintenance. (3) Tapis de protection contre les projections dans la zone de soudage immédiate, faciles à retirer et à nettoyer.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : (1) mention du danger de trébuchement et de glissade dû aux projections de soudage, aux flexibles et à l'humidité ; prescrire des intervalles et des procédures de nettoyage pour la zone de sol. (2) Exigence de qualification : toutes les personnes entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance doivent avoir été instruites des dangers et de l'organisation des voies de circulation. (3) Spécification des EPI : des chaussures de sécurité à semelle antidérapante (S3 selon l'EN ISO 20345) doivent être portées en entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance. (4) Signalisation d'avertissement à l'accès au poste de chargement et à l'allée de maintenance : apposer le signal d'avertissement W011 « Avertissement ; Sol glissant » et le signal d'obligation M008 « Port de chaussures de sécurité obligatoire » selon l'EN ISO 7010:2020. (5) Exigence relative au site d'installation : revêtement de sol antidérapant au poste de chargement et dans l'allée de maintenance, classe de résistance au glissement R 11 au moins selon la règle DGUV 108-003 allemande.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû au trébuchement, à la glissade et à la chute. À l'étape 1, les câbles et les flexibles ont été éloignés de la zone de sol, et des écrans pare-projections réduisent les projections sortant de la cellule. Subsistent les projections de soudage qui atteignent le sol par l'ouverture, ouverte pour le chargement, et les zones humides lors du nettoyage. L'ouverture doit rester ouverte pour le chargement, et le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; d'autres mesures de conception sur la machine n'agissent pas sur ces causes. Après l'étape 2, les voies de circulation sont marquées, le poste de chargement est éclairé à 500 lx et l'allée de maintenance à 200 lx, et des tapis de protection contre les projections amovibles sont prévus dans la zone de soudage ; l'essai des points de trébuchement et de glissade est réussi. Toute mesure technique supplémentaire ne ferait que remplacer le nettoyage du sol, qui est spécifié comme tâche quotidienne. Le nettoyage quotidien (notice d'instructions, chapitre 10.2), les chaussures de sécurité S3 antidérapantes, les signaux W011 et W007 (chapitre 2.4) et l'exigence d'un revêtement de sol antidérapant sur le site d'installation (vue d'ensemble des risques résiduels, chapitre 2.6) constituent les informations pour l'utilisation.

N° 17 Thermique

Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Risque de brûlure dû à la torche de soudage chaude et au col de torche: le col de torche et le tube contact sont fortement chauffés après le procédé de soudage ; lors du changement de torche, du nettoyage ou du réglage sans temps de refroidissement, les mains et les doigts peuvent être brûlés.

Sous-machine : Torche de soudage · aussi dans : Maintenance, Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Utilisation d'un refroidissement actif de la torche (torche refroidie à l'eau au lieu d'une torche refroidie à l'air) : le refroidissement continu à l'eau limite par conception l'énergie thermique dans le col de torche et au tube contact à un niveau de température nettement plus bas. En complément : le support de torche et le système de changement sont conçus de sorte que l'opérateur, lors du changement de torche, ne touche que des zones de préhension thermiquement découplées (poignée en plastique ou en céramique, aucun contact métallique direct avec le col de torche). Conception selon l'EN ISO 13732-1:2008 (seuil de brûlure pour le métal nu d'environ 51 °C pour une durée de contact de 1 min et de 48 °C pour 10 min).
Étape 2 · Protection	1. Surveillance du temps de refroidissement : un capteur de température sur le col de torche renvoie l'information à la commande de la machine ; l'IHM n'indique l'autorisation du changement de torche et du nettoyage qu'une fois la température retombée sous la valeur limite. La fonction est un verrouillage d'exploitation sans exigence de PL selon l'EN ISO 13849-1 ; aucune réduction du risque ne lui est attribuée. 2. Protecteur : la zone de soudage est entourée par la clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et fenêtres d'observation de protection pour le soudage (EN ISO 14120:2015) ; l'accès à la torche pour la maintenance et le nettoyage se fait exclusivement par la porte de maintenance sécurisée (SF-01, PLr d). L'accès involontaire à la torche chaude en mode automatique est ainsi exclu par conception. 3. Mise à disposition d'un repose-torche avec logement thermiquement isolé (coussin en céramique ou en silicone) directement au poste de soudage, de sorte que la torche soit déposée de manière définie après le procédé et ne soit pas posée sur des surfaces métalliques conductrices.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions : indiquer explicitement le temps de refroidissement après la fin du soudage avant tout changement de torche, nettoyage ou travail de réglage sur la torche (valeur de référence selon les indications du fabricant de la torche) ; inclure une procédure de changement de torche comportant l'étape « attendre le temps de refroidissement ou contrôler la température ». 2. Signalisation d'avertissement : apposer de façon durable et bien visible le signal d'avertissement « Avertissement ; Surface chaude » (W017 selon l'EN ISO 7010:2020) dans la zone de la torche et à la porte de maintenance. 3. Qualification : seules des personnes instruites peuvent effectuer les changements de torche et le nettoyage ; l'instruction porte sur le risque de brûlure, les temps de refroidissement et l'utilisation correcte des EPI. 4. Spécification des EPI : des gants de protection thermique (adaptés à la chaleur de contact, classe de protection selon l'EN 407) sont obligatoires lors des changements de torche, du nettoyage et des travaux de réglage sur la torche ; cette exigence doit figurer dans la notice d'instructions et être signalée par le signal d'obligation « Port de gants de protection obligatoire » (M009 selon l'EN ISO 7010:2020) à la porte de maintenance.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 20 Matières/substances — Risque avant : S 4 · O 4 · **IR 16**

Phénomène dangereux dû à l'inhalation de fumées et de vapeurs de soudage (oxydes métalliques, manganèse, oxydes de fer): le soudage MAG de l'acier de construction génère des particules et des gaz nocifs ; en cas d'aspiration insuffisante (cartouche filtrante saturée, installation arrêtée), les concentrations dans la zone respiratoire de l'opérateur dépassent les valeurs limites d'exposition professionnelle.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (aspiration / zone de soudage) · aussi dans : Fonctionnement, Réglage, Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Substitution du produit d'apport de soudage : utilisation de fils pleins à teneur en manganèse démontrablement réduite (alliage à faible teneur en Mn, par ex. teneur en Mn < 1,0 % selon la fiche de données de sécurité) à la place de fils fourrés ou de fils à forte teneur en manganèse, dans la mesure où la tâche de soudage (acier de construction, qualité de soudure) le permet. En complément : optimisation des paramètres de soudage (tension d'arc, vitesse de dévidage du fil, composition du gaz de protection) sur un réglage à faibles fumées conformément à la recommandation du fabricant de la source de courant de soudage, afin de réduire au minimum la formation de fumées à la source. Les deux mesures réduisent la masse de polluants émise et donc la probabilité d'une exposition nocive ; la gravité du dommage possible reste inchangée.
Étape 2 · Protection	Ventilation technique et aspiration selon l'EN ISO 21904-1:2020 (aspiration des fumées de soudage) : captage des fumées de soudage par la hotte de captage au-dessus de la zone de soudage avec un débit volumique de 1800 m³/h, qui garantit la vitesse de captage au point d'émission. Le système d'aspiration doit être équipé d'une surveillance du filtre (pressostat différentiel) qui déclenche une alarme lorsque la cartouche filtrante est saturée ou que l'aspiration est défaillante ; la cellule s'arrête de manière contrôlée et ne peut être redémarrée qu'une fois le défaut éliminé (verrouillage d'exploitation sans exigence de PL selon l'EN ISO 13849-1, aucune réduction du risque ne lui est attribuée). Protection de la zone de soudage par la clôture périphérique avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage (EN ISO 14120:2015) et par la paroi centrale de séparation de la table tournante, afin de réduire au minimum la diffusion des fumées vers la zone de l'opérateur. Une surveillance de l'air ambiant pour la concentration de fumées de soudage au poste de chargement est recommandée à l'exploitant comme mesure complémentaire.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication des types de fumées de soudage émises et renvoi aux valeurs limites d'exposition professionnelle à respecter selon la TRGS 900 et la TRGS 528 allemandes ; consigne de contrôle et de remplacement réguliers des cartouches filtrantes (intervalle de maintenance selon les indications du fabricant, EN ISO 21904-1:2020) ; interdiction de souder lorsque le système d'aspiration est en panne ou arrêté. Signaux d'avertissement à la zone de soudage : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Fumées de soudage nocives » et signal d'obligation « Protection respiratoire obligatoire » (M017) en tant que marquage du risque résiduel. Exigence en matière d'EPI : demi-masque filtrant à particules FFP3 selon l'EN 149 ou appareil de protection respiratoire à ventilation assistée pour les travaux de réglage, de maintenance et de nettoyage dans la zone de soudage lorsque le système d'aspiration est arrêté. Exigence de qualification : les opérateurs et le personnel de réglage doivent être instruits des dangers des fumées de soudage et de l'utilisation correcte du système d'aspiration (TRGS 528, paragraphe 5).

Risque après : G 4 · P 2 · **IR 8 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 8 (G 4, P 2) dû aux fumées de soudage. La gravité résulte des propriétés des fumées de soudage (oxydes métalliques, manganèse) et reste inchangée ; le procédé MAG est la finalité de la machine et ne peut pas être remplacé. À l'étape 1, un fil plein à faible teneur en manganèse, dans la mesure où la tâche de soudage le permet, et des paramètres à faibles fumées sont prévus. Après l'étape 2, la hotte de captage située au-dessus de la zone de soudage capte les fumées à 1800 m³/h, la cellule s'arrête de manière contrôlée en cas de défaut de l'aspiration ou de saturation de la cartouche filtrante (seuil d'alarme de défaut 1400 m³/h), la séparation s'effectue en classe W3, et la clôture périphérique et la paroi centrale de séparation font écran pour le poste de chargement ; le captage, l'efficacité et la classe de séparation ont été contrôlés. Un encoffrement complet n'est pas possible, car l'ouverture de chargement doit rester ouverte pour le chargement manuel, et l'aspiration est arrêtée pendant les travaux dans la zone de soudage ; aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'a été identifiée pour cette exposition résiduelle. Le risque restant consiste en des émissions résiduelles au poste de chargement et en une exposition lors des travaux de réglage, de maintenance et de nettoyage. La protection respiratoire FFP3 pour ces travaux, l'interdiction de souder sans aspiration efficace, la maintenance des filtres et les obligations de l'exploitant au titre de la TRGS 528 figurent dans la notice d'instructions (chapitres 1.2, 2.6, 9.1 et 10.2).

N° 22 Matières/substances — Risque avant : S 3 · O 2 · **IR 6**

Phénomène dangereux dû aux poussières de filtre lors du changement de la cartouche filtrante de l'aspiration des fumées de soudage: la cartouche filtrante contient des fumées de soudage séparées, avec des oxydes métalliques et des particules fines ; lors d'un changement sans mesures de protection respiratoire appropriées, des poussières sont libérées et inhalées.

Sous-machine : Aspiration des fumées de soudage (unité de filtration) · aussi dans : Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Rétention des poussières par conception lors du changement de filtre : l'unité de filtration est équipée d'un système bag-in/bag-out intégré, de sorte que la cartouche filtrante contaminée puisse être retirée et scellée dans un sac plastique fermé sans contact direct avec les poussières. Par conception, cela réduit au minimum la libération de poussières à la source (remplacement du retrait à l'air libre par une procédure de changement en système fermé selon l'EN ISO 12100, paragraphe 6.2.4). En complément : l'impulsion de décolmatage (coup de pression) avant le changement ne doit être autorisée QUE caisson fermé et aspiration désactivée, afin de compacter les dépôts de poussières dans la cartouche et de réduire la libération à l'ouverture.
Étape 2 · Protection	Mesures de protection techniques pour le risque résiduel restant (poussière résiduelle à l'ouverture du caisson et à la manipulation de la cartouche) : 1. Caisson d'aspiration avec verrouillage en dépression : le caisson du filtre ne peut, par conception, être ouvert que lorsque le ventilateur est arrêté et que l'installation est dépressurisée (verrouillage mécanique, pas de fonction de sécurité avec exigence de PLr, aucun entraînement en mouvement n'étant concerné). 2. Aspiration locale au lieu de changement : un piquage de raccordement pour une unité d'aspiration mobile (aspirateur industriel de classe de poussière H selon l'EN 60335-2-69, apte aux poussières de fumées de soudage) est à prévoir sur le caisson du filtre ; celui-ci est activé pendant le changement et capte les particules résiduelles libérées. 3. Marquage de l'unité de filtration : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Poussières nocives », à apposer durablement sur le caisson du filtre.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (chapitre 10.2) : instruction détaillée pas à pas pour le changement de filtre avec description de la procédure bag-in/bag-out ; informations sur la composition des poussières séparées (oxydes métalliques, particules fines, éventuellement substances CMR selon le matériau soudé) ; remarque sur l'élimination (cartouches filtrantes contaminées à éliminer comme déchets dangereux conformément à la réglementation applicable en matière de déchets). 2. Exigence de qualification : changement de filtre uniquement par du personnel spécialisé formé, informé du danger des poussières de fumées de soudage. 3. Spécification des EPI : lors du changement de filtre, au minimum : demi-masque filtrant à particules FFP3 selon l'EN 149 pour les particules fines et les oxydes métalliques ; gants de protection (résistants aux produits chimiques) ; lunettes de sécurité (protection contre les particules). Les exigences en matière d'EPI sont à préciser de façon permanente dans la notice d'instructions et au moyen d'un signal d'obligation « Protection respiratoire obligatoire » (M017 selon l'EN ISO 7010:2020) sur le caisson du filtre. 4. Renvoi à la réglementation en matière de santé et de sécurité au travail : l'exploitant doit être informé de ses obligations au titre de la TRGS 528 allemande (travaux de soudage) et de l'ordonnance allemande sur les substances dangereuses (GefStoffV), en particulier en ce qui concerne l'appréciation du risque pour les poussières CMR et la mise à disposition d'EPI appropriés.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 27 Ergonomique

Risque avant : S 2 · O 3 · **IR 6**

Éclairage insuffisant au poste de chargement et dans l’allée de maintenance: un éclairement insuffisant rend plus difficiles le chargement et le déchargement sûrs des pièces ainsi que les travaux de maintenance, et augmente le risque d’erreurs et d’accidents.

Sous-machine : Poste de chargement / allée de maintenance · aussi dans : Fonctionnement, Réglage, Maintenance · Proposé avec l’assistance de l’IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Éclairage de poste de travail intégré à la machine, à prévoir dans le cadre de la conception, au poste de chargement et dans l’allée de maintenance : les luminaires sont intégrés durablement à la structure de la machine (encastrés dans le cadre de la clôture périphérique), de sorte que l’éclairement au poste de chargement et dans l’allée de maintenance soit assuré en permanence indépendamment de l’éclairage du hall. La conception est réalisée selon l’EN ISO 12100:2010, paragraphe 6.2.8 (ergonomie), en liaison avec l’EN 1837 (éclairage intégré à la machine) ; l’éclairage tel que réalisé fournit 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance. L’intégration à la conception supprime la dépendance à des sources d’éclairage externes éventuellement insuffisantes.
Étape 2 · Protection	Risque résiduel dû à la défaillance ou à l’ombrage des luminaires intégrés : surveillance de la disponibilité de l’éclairage du poste de travail par la commande de la machine (message en cas de défaillance d’une lampe). En outre, les zones de l’allée de maintenance sont à marquer par des marquages au sol rétroréfléchissants jaunes et noirs selon la règle allemande pour les lieux de travail ASR A1.3 (risques de trébuchement, limites d’allée) et par le signal d’avertissement W007 « Avertissement ; Obstacle au sol » selon l’EN ISO 7010:2020 aux endroits présentant un risque de trébuchement. Une fonction de sécurité au sens de l’EN ISO 13849-1 n’est pas requise pour la surveillance de l’éclairage ; en cas de défaillance de l’éclairage, le travail doit être interrompu (étape 3).
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	Notice d’instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : indication de l’éclairement de l’éclairage du poste de travail : 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance ; mention qu’en cas de défaillance de l’éclairage intégré, le travail doit être interrompu jusqu’au rétablissement de l’éclairage. Panneau textuel sur la porte de maintenance : « Arrêter le travail en cas de panne d’éclairage ». Exigence de qualification : le personnel de maintenance doit être instruit du contrôle du fonctionnement de l’éclairage avant de commencer le travail. Utiliser des luminaires portatifs appropriés pour de brefs contrôles en cas de panne d’éclairage ; ne reprendre le travail normal qu’après rétablissement de l’éclairage.

Risque après : G 2 · P 1 · **IR 2 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Recherche de défauts (15 phénomènes dangereux)

N° 1 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 3 · **IR 15**

Danger d'écrasement et de cisaillement dû à la table tournante lors de la rotation automatique: des parties du corps de l'opérateur (mains, bras) peuvent être happées et écrasées entre la table tournante et la paroi centrale de séparation fixe ou la clôture périphérique, en particulier lorsque l'opérateur passe la main dans la zone de rotation pendant la rotation pour repositionner une pièce déplacée (mauvais usage raisonnablement prévisible).

Sous-machine : Table tournante (unité rotative) · aussi dans : Fonctionnement, Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Dimensionner les écartements entre le bord de la table tournante et la paroi centrale de séparation fixe, ainsi que la clôture périphérique, de manière à ne créer aucun point d'écrasement : les écartements ne doivent pas être inférieurs aux écartements minimaux de l'EN ISO 13854:2019, tableau 1 (25 mm pour les doigts, 100 mm pour la main, 120 mm pour le bras, 500 mm pour le corps). Alternativement, réduire l'écartement de sorte qu'aucune partie du corps ne puisse y pénétrer (dimensions d'ouverture selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4). Lorsqu'aucune des deux valeurs d'écartement ne peut être atteinte, la géométrie du bâti de la table doit être conçue de manière à ne créer aucune forme de coin convergent (flancs parallèles ou divergents au lieu d'un espace convergent). En complément : réduire la masse et la vitesse de rotation de la table tournante au minimum fonctionnellement nécessaire (dimensionnement de l'entraînement) afin de limiter l'énergie cinétique agissant dans la zone d'écrasement.
Étape 2 · Protection	Risque résiduel après l'étape 1 : la zone de rotation reste une zone dangereuse dans laquelle il est interdit de pénétrer tant que l'entraînement fonctionne. Mesures de protection techniques : 1. Autorisation du mouvement de rotation uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée (SF-04, PLr e, EN ISO 13849-1:2023) : un ESPE (rideau lumineux de type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020) surveille entièrement la zone de rotation ; disposition et distance de sécurité selon l'EN ISO 13855:2024. 2. Interverrouillage de la porte de maintenance selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours (SF-01, PLr d ; catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018). 3. Mode de réglage : mouvement de rotation uniquement à vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s et avec le dispositif de validation actionné (SF-05, PLr d, catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018). 4. Arrêt d'urgence dans la zone de l'opérateur selon l'EN ISO 13850:2015, intégré à la SF-03 (PLr d, catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018). 5. Séparation de l'énergie avant toute intervention : vanne d'isolement avec verrouillage mécanique (consignation) selon l'EN ISO 4414:2010 ; immobiliser la table tournante par verrouillage mécanique positif dans sa position finale (EN ISO 14118:2018).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions : il est interdit de pénétrer dans la zone de rotation lorsque la table tournante est en mouvement ou non sécurisée. Avant toute intervention (par ex. repositionnement d'une pièce), l'installation doit être complètement mise hors tension et sécurisée (consignation/déconsignation, lockout/tagout). Une procédure distincte avec dispositif de validation s'applique au mode de réglage ; elle est décrite dans la notice d'instructions. 2. Signaux d'avertissement sur la machine : les signaux suivants sont apposés sur la table tournante : signaux d'avertissement W019 « Avertissement ; Écrasement » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » et signal d'interdiction P015 « Ne pas passer la main » (selon l'EN ISO 7010:2020). 3. Qui peut intervenir : le réglage et le dépannage ne doivent être effectués que par du personnel formé. La formation doit être répétée au moins une fois par an et consignée par écrit. 4. Équipement de protection individuelle : les gants de protection ne protègent pas contre l'écrasement. Ne passer la main dans la zone de rotation que lorsque la table tournante est à l'arrêt. Les chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345 sont obligatoires dans toute la zone de l'installation.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

 Avertissement : risque d'écrasement

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1). La gravité reste de 5 : la masse et l'entraînement de la table tournante sont nécessaires à la rotation de 180 degrés avec une charge utile pouvant atteindre 2 x 40 kg plus les dispositifs de serrage, à une cadence d'environ 90 secondes, et ont déjà été limités au niveau fonctionnellement nécessaire à l'étape 1 ; les écartements sont dimensionnés selon l'EN ISO 13854:2019 et l'EN ISO 13857:2019, et les bords de la table ne présentent aucune forme de coin convergent. Toute réduction supplémentaire de l'énergie empêcherait la rotation. Après l'étape 2, la table ne tourne que lorsque la zone de rotation est dégagée (SF-04, PL e), la porte de maintenance est interverrouillée (SF-01, PL d), le mode de réglage est limité à 250 mm/s avec dispositif de validation (SF-05) et la table est verrouillée mécaniquement de manière positive avant toute intervention. Un accident suppose donc de passer délibérément la main dans la table en rotation en contournant ces dispositifs ; aucune mesure supplémentaire de l'étape 1 ou de l'étape 2 qui rendrait ce mauvais usage plus difficile sans empêcher la rotation n'a été identifiée. L'interdiction et l'obligation de consigner l'installation avant toute intervention figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.2, 2.6 et 9.1), et les signaux W019, W024 et P015 sont apposés sur la table tournante.

N° 4 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Danger d'écrasement à l'interface entre la table tournante et le robot de soudage (zone de transfert): pendant la rotation, le gabarit chargé se déplace dans la zone de travail du robot ; l'entrée non coordonnée du robot dans la zone de rotation ou l'absence de verrouillage entre le mouvement de la table tournante et l'autorisation du robot peut entraîner des collisions et des blessures par écrasement.

Sous-machine : Interface : table tournante / robot de soudage · aussi dans : Fonctionnement, Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Le rayon de rotation de la table tournante et la limite de l'espace de travail du robot (enveloppe du TCP) sont coordonnés lors de la phase de conception de sorte que la zone de rotation maximale du gabarit et l'espace de travail minimal du robot conservent entre eux une distance minimale géométrique ≥ 500 mm (écartement minimal pour éviter l'écrasement du corps selon l'EN ISO 13854:2019, tableau 1) lorsque les deux mouvements seraient actifs simultanément. Cela réduit au minimum la zone de chevauchement par conception ; la suppression complète du chevauchement n'est pas possible avec cette topologie de système en raison de contraintes fonctionnelles, de sorte que le chevauchement résiduel est sécurisé par l'étape 2.
Étape 2 · Protection	SF-04 « Autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée » en PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023 (graphe de risque : S2/F2/P2). Réalisation sous forme de fonction de sécurité à verrouillage dans l'automate de sécurité : (a) surveillance de l'arrêt du robot : le robot doit se trouver dans une position de repos définie en dehors de la zone de rotation et le confirmer par un signal de retour sûr (sortie sûre de la commande du robot selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphes 5.4.7 et 5.5.8) avant que l'autorisation de la table tournante soit accordée. (b) Autorisation de la table tournante vers le robot : tant que la table tournante n'est pas en position finale et verrouillée, la commande du robot ne reçoit aucun signal d'autorisation pour la zone d'entrée ; la table tournante est verrouillée mécaniquement de manière positive dans sa position finale. (c) Interverrouillage de la porte de maintenance donnant sur la zone de rotation selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours, intégré à la SF-01 (PLr d). (d) Arrêt d'urgence de l'installation complète selon l'EN ISO 13850:2015, intégré à la SF-03 (PLr d), catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018. (e) En mode de réglage, la SF-05 s'applique : vitesse réduite de manière sûre ≤ 250 mm/s avec dispositif de validation (PLr d) ; le personnel de réglage ne peut entrer dans la zone de rotation qu'avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite. La distance entre la clôture périphérique et la zone de rotation respecte l'EN ISO 13857:2019, tableau 2 ; la clôture périphérique est conçue selon l'EN ISO 14120:2015.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la logique de verrouillage SF-04 et des modes de fonctionnement Automatique et Réglage ; mention explicite de l'interdiction d'entrer dans la zone de rotation lorsque l'installation fonctionne. Mode de réglage : exigence de qualification à documenter (uniquement du personnel spécialisé formé, connaissant le dispositif de validation). Signalisation d'avertissement à la zone de rotation : signaux d'avertissement W019 « Avertissement ; Écrasement » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » selon l'EN ISO 7010:2020 ; à la porte de maintenance, en complément, le signal d'interdiction « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006). Spécification des EPI dans la notice d'instructions : chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345 ; en mode de réglage, en complément, vêtements de protection ajustés (aucun risque d'accrochage par des vêtements amples). Remarque sur le risque résiduel en mode de réglage et lors de la recherche de défauts : toujours maintenir le dispositif de validation actionné, ne jamais entrer dans la zone de rotation sans dispositif de validation.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) au transfert entre la table tournante et le robot. Le robot doit atteindre le poste qui vient d'être amené par rotation ; une séparation géométrique complète de la zone de rotation et de l'espace de travail du robot n'est donc pas possible pour des raisons fonctionnelles avec cette implantation de l'installation. À l'étape 1, le chevauchement a été réduit par une distance minimale de 500 mm entre le rayon de rotation et l'enveloppe du TCP. Le chevauchement restant fait l'objet d'un verrouillage mutuel : la table tournante ne tourne que lorsque la commande du robot confirme la position de repos en dehors de la zone de rotation par une sortie sûre, et le robot n'est autorisé que lorsque la table est verrouillée dans sa position finale (SF-04, PL e selon le graphe de risque S2/F2/P2). Un accident suppose donc une défaillance de ce verrouillage ou une entrée pendant le fonctionnement de l'installation par neutralisation de l'interverrouillage (SF-01). L'autorisation est déjà réalisée au niveau de performance requis ; une mesure supplémentaire de l'étape 1 ou de l'étape 2 ne réduirait pas de manière mesurable la probabilité d'occurrence. En mode de réglage, la SF-05 s'applique avec 250 mm/s et dispositif de validation. La logique de verrouillage, l'interdiction d'entrer et le comportement en mode de réglage sont décrits dans la notice d'instructions (chapitres 2.5, 2.6 et 9.3).

N° 5 Mécanique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Chute de pièces ou d'éléments du gabarit par défaillance du dispositif de serrage pneumatique: en cas de défaillance ou de fuite de l'air comprimé, les éléments de serrage s'ouvrent de manière incontrôlée ; des pièces pouvant atteindre 40 kg peuvent tomber de la table tournante et frapper des personnes au poste de chargement.

Sous-machine : Dispositif de serrage pneumatique (table tournante) · aussi dans : Fonctionnement, Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Utilisation de brides à fermeture pneumatique avec un clapet anti-retour piloté (clapet de maintien de pression) dans la ligne de serrage, directement au niveau du vérin de serrage : en cas de défaillance de l'air comprimé ou de fuite dans la conduite d'alimentation, la pression de serrage reste emprisonnée dans le vérin et la pièce reste serrée ; les brides ne s'ouvrent que lorsque le clapet est ouvert activement par pilotage. La force de serrage est dimensionnée pour le poids maximal de pièce de 40 kg, majoré d'un coefficient de sécurité selon l'EN ISO 4414:2010. En complément : limitation de la pression de service au niveau requis pour la fonction de serrage, afin de réduire au minimum l'énergie pneumatique accumulée (EN ISO 4414:2010).
Étape 2 · Protection	1. Surveillance de la pression de serrage avec fonction de sécurité : un pressostat dans la ligne de serrage surveille la pression de serrage ; si la pression descend sous la pression de serrage minimale, l'autorisation du mouvement de rotation de la table tournante est bloquée (couplée à la SF-04, PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023). Tant que la pression de serrage n'est pas confirmée, la table tournante ne tourne pas. 2. Verrouillage mécanique du mouvement de rotation : verrouillage positif de la table tournante en position de chargement, afin d'empêcher une rotation involontaire avec une pièce serrée ou non serrée ; le verrouillage n'est levé qu'après confirmation de la pression de serrage (couplé à la SF-04, PLr e). 3. Enveloppe/dispositif de retenue : dispositif mécanique de retenue (tôle déflectrice) sous la table tournante, dimensionné pour le poids maximal de pièce de 40 kg et la hauteur de chute maximale, afin de tenir les pièces qui tombent à l'écart du poste de chargement ; conception selon l'EN ISO 14120:2015. 4. Distance de sécurité au poste de chargement : implantation du poste de chargement de sorte que la zone dangereuse sous la table tournante se trouve en dehors de la zone de présence habituelle.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description du principe de serrage (brides à fermeture pneumatique avec clapet de maintien de pression) et de la surveillance de la pression de serrage ; interdiction de rester sous la table tournante pendant le fonctionnement et pendant la recherche de défauts sans immobilisation sécurisée ; conduite à tenir en cas de défaillance de l'air comprimé (arrêter la machine, rétablir l'alimentation en air comprimé, ne retirer la pièce qu'après contrôle de la pression). 2. Séparation de l'énergie avant toute intervention : consigne de décompression complète du système pneumatique avant les travaux de maintenance et d'entretien selon l'EN ISO 4414:2010 et l'EN ISO 14118:2018 (prévention du redémarrage inattendu et de la libération inattendue d'énergie) ; en raison du clapet de maintien de pression, la pression de serrage reste emprisonnée dans les vérins de serrage, de sorte que les brides doivent être ouvertes et mises à l'échappement avant tout travail sur le dispositif de serrage ; prévoir une vanne d'isolement et d'échappement verrouillable. 3. Signalisation d'avertissement : apposer sur la table tournante et au poste de chargement les signaux d'avertissement W015 « Avertissement ; Charges suspendues » et W024 « Avertissement ; Écrasement des mains » selon l'EN ISO 7010:2020. 4. Qualification : les travaux de recherche de défauts et de réglage ne doivent être réalisés que par du personnel spécialisé formé ; exigences à préciser dans la notice d'instructions. 5. EPI : prescrire le port de chaussures de sécurité (S3 selon l'EN ISO 20345) au poste de chargement au titre de la protection contre le risque résiduel.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 6 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 3 · **IR 15**

Danger d'écrasement et de choc dû au redémarrage inattendu de la table tournante ou du robot après un arrêt d'urgence ou après un dépannage: en l'absence d'un système coordonné de prévention du redémarrage (EN ISO 11161), des sous-machines individuelles peuvent démarrer automatiquement alors que des personnes se trouvent encore dans la zone dangereuse.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (coordination du redémarrage) · aussi dans : Maintenance, Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le redémarrage après un arrêt d'urgence ou après un dépannage est un événement du système de commande qui ne peut être éliminé par conception, compte tenu du principe de fonctionnement de l'installation complète (fonctionnement automatique coordonné du robot et de la table tournante), sans supprimer la fonction de la machine. Il n'existe aucune mesure géométrique ou énergétique qui empêcherait le redémarrage lui-même sans supprimer la fonction de la machine. La protection doit donc être assurée entièrement par des mesures de l'étape 2 (système de commande et verrouillage).
Étape 2 · Protection	1. Prévention coordonnée du redémarrage selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : la commande de l'installation complète ne doit autoriser le redémarrage d'une sous-machine (table tournante, robot) qu'après qu'un ordre de redémarrage manuel délibéré a été donné depuis une position sûre en dehors de toutes les zones dangereuses. L'ordre de redémarrage ne doit pas être déclenché automatiquement après l'acquittement de l'arrêt d'urgence ou après un dépannage. 2. La fonction de sécurité SF-01 (arrêt sûr, catégorie d'arrêt 1 à l'ouverture de la porte de maintenance, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023) et la SF-03 (arrêt d'urgence de l'installation complète, catégorie d'arrêt 1, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023) garantissent que tous les entraînements sont amenés à l'arrêt de manière sûre. La prévention du redémarrage est réalisée comme partie intégrante des fonctions de sécurité SF-01, SF-03 et SF-04 et est exécutée à leur PLr respectif (SF-04 : PLr e ; SF-01 et SF-03 : PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023). 3. Fonction de sécurité SF-04 (autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée, PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023) : la table tournante ne peut exécuter son mouvement de rotation que lorsque la zone de rotation a été détectée comme dégagée par le rideau lumineux de type 4 selon l'EN IEC 61496-1:2020 (positionné selon l'EN ISO 13855:2024). Cette fonction reste active après le redémarrage et empêche le démarrage en présence de personnes. 4. Fonction de sécurité SF-05 (vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation en mode de réglage, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023) : en mode de réglage, le redémarrage doit être libéré exclusivement par un dispositif de validation (à 3 positions selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.7.7), de sorte qu'un redémarrage inattendu à pleine vitesse soit exclu. 5. Mise hors tension et séparation de l'énergie selon l'EN ISO 14118:2018 : avant d'entrer dans la zone dangereuse pour la recherche de défauts ou la maintenance, l'alimentation en énergie de tous les entraînements concernés (électrique, pneumatique selon l'EN ISO 4414:2010) doit être coupée au moyen d'un appareil de sectionnement verrouillable et sécurisée contre toute remise sous tension involontaire (consignation). L'énergie résiduelle (énergie pneumatique accumulée) doit être dissipée avant toute intervention ; la table tournante doit être verrouillée de manière positive dans sa position finale. 6. Interverrouillage de la porte de maintenance selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours : l'interverrouillage maintient la porte de maintenance fermée tant que les mouvements dangereux n'ont pas été amenés à l'arrêt de manière sûre (catégorie d'arrêt 1 achevée). L'intégration est réalisée dans le cadre de la SF-01 (PLr d).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la séquence de redémarrage après un arrêt d'urgence et après un dépannage ; indication explicite que le redémarrage n'est admissible qu'une fois toutes les zones dangereuses entièrement évacuées et qu'un ordre d'acquittement manuel a été donné depuis l'extérieur. Description de la procédure de consignation selon l'EN ISO 14118:2018 pour toutes les activités de maintenance et de recherche de défauts. 2. Signalisation d'avertissement à la porte de maintenance et aux unités d'acquittement : avertissement de redémarrage inattendu (signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020), mention de l'obligation d'acquitter depuis l'extérieur. 3. Exigence de qualification : les activités de réglage et de maintenance ne doivent être réalisées que par du personnel spécialisé instruit, formé à la procédure de redémarrage et à la méthode de consignation (EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 7.5.12). 4. Spécification des EPI : porter des chaussures de sécurité (S3 selon l'EN ISO 20345) en entrant dans la zone dangereuse pour la recherche de défauts ou la maintenance ; EPI complémentaires selon l'appréciation du risque du poste de travail de l'exploitant.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à un redémarrage inattendu. Le redémarrage est un événement de commande du mode automatique coordonné du robot et de la table tournante ; aucune mesure de conception ne permet de l’empêcher sans mettre en échec la fonction de la cellule (étape 1). Après l’étape 2, le système de commande global n’autorise le redémarrage, conformément à l’EN ISO 11161:2007+A1:2010, que sur un ordre volontaire donné depuis le pupitre de commande situé en dehors des zones dangereuses, le verrouillage de redémarrage fait partie des SF-01, SF-03 (PL d) et SF-04 (PL e), l’autorisation de rotation contrôle la zone de rotation également après le redémarrage, et le dispositif de condamnation pour cadenas personnels empêche la fermeture de la porte de maintenance tant qu’une personne se trouve dans la cellule. Pour la recherche de défauts et la maintenance, l’interrupteur principal verrouillable et la vanne d’air comprimé verrouillable à fonction d’échappement selon l’EN ISO 14118:2018 sont prévus. Le risque restant est une mise en marche alors qu’une personne n’a ni posé son cadenas ni consigné l’installation et que, simultanément, le verrouillage de redémarrage est défaillant. Aucune mesure technique remplaçant la consignation par la personne n’est disponible selon l’état de la technique. La séquence de redémarrage et la procédure de consignation sont décrites dans la notice d’instructions (chapitres 9.5 et 10.4).

N° 7 Mécanique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Fonction d'arrêt d'urgence absente ou non coordonnée entre les sous-machines (robot, table tournante, source de courant de soudage, aspiration): un arrêt d'urgence sur une sous-machine n'arrête pas nécessairement toutes les autres sous-machines ; des personnes peuvent être mises en danger par des composants qui continuent de fonctionner.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (coordination de l'arrêt d'urgence) · aussi dans : Fonctionnement, Réglage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : la coordination de plusieurs commandes indépendantes exige nécessairement une logique de commande de niveau supérieur. Une simple mesure de conception (géométrie, limitation d'énergie, substitution) ne peut pas remplacer l'interconnexion manquante des circuits d'arrêt d'urgence. Le principe de fonctionnement de l'installation complète impose une coordination active de la commande.
Étape 2 · Protection	Circuit d'arrêt d'urgence de niveau supérieur (SF-03) selon l'EN ISO 13850:2015 et l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : tous les dispositifs d'arrêt d'urgence de l'installation complète sont intégrés dans un circuit de sécurité commun de niveau supérieur qui, lors de l'actionnement en un point quelconque, amène toutes les sous-machines dangereuses (robot, table tournante, source de courant de soudage, pneumatique) à un arrêt coordonné ; l'aspiration poursuit son fonctionnement pour des raisons d'exploitation. Catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018 (arrêt contrôlé, suivi de la coupure de l'énergie) : le robot effectue un arrêt contrôlé le long de sa trajectoire, la table tournante freine activement, la source de courant de soudage est mise hors tension et les brides restent serrées grâce au clapet de maintien de pression. La poursuite du fonctionnement de l'aspiration n'est pas une fonction de sécurité, mais est nécessaire pour l'exploitation. La fonction de sécurité SF-03 est spécifiée en PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023 et réalisée en catégorie 3 avec PL d. L'intégration du robot est réalisée par la commande du robot selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.3.3 (portée de l'arrêt d'urgence, interface de sécurité avec la commande de niveau supérieur). Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont à concevoir selon l'EN ISO 13850:2015 (bouton-poussoir à tête champignon, fond jaune, à verrouillage automatique, déverrouillage uniquement par une action volontaire). Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont à positionner de sorte qu'au moins un dispositif d'arrêt d'urgence soit accessible depuis chaque poste de travail sans exposition à un danger (EN ISO 13850:2015). Verrouillage du redémarrage : après un arrêt d'urgence, une réinitialisation manuelle est requise avant que l'installation puisse redémarrer (EN ISO 13850:2015, paragraphe 4.1.4), afin d'empêcher un redémarrage inattendu selon l'EN ISO 14118:2018.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la topologie d'arrêt d'urgence de l'installation complète avec un plan d'implantation de tous les dispositifs d'arrêt d'urgence et de la zone d'action de chacun. Consigne claire : après un arrêt d'urgence, la zone dangereuse de toutes les sous-machines doit être inspectée avant la réinitialisation. Mode de réglage et recherche de défauts : consigne selon laquelle une intervention dans la zone dangereuse n'est admissible qu'après l'arrêt complet de toutes les sous-machines et après avoir empêché la fermeture de la porte de maintenance (cadenas personnel dans le dispositif de condamnation). Exigence de qualification : réglage et recherche de défauts uniquement par du personnel spécialisé instruit connaissant la topologie d'arrêt d'urgence. Signalisation au pupitre de commande : panneau textuel indiquant la zone d'action des dispositifs d'arrêt d'urgence (l'arrêt d'urgence agit sur toutes les sous-machines de la cellule), complété par le signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dans la coordination de l'arrêt d'urgence. La liaison des circuits d'arrêt d'urgence de plusieurs sous-machines n'est possible qu'au moyen du système de commande ; il n'existe aucune mesure de l'étape 1 à cet effet. Un circuit d'arrêt d'urgence de niveau supérieur SF-03 en catégorie 3 avec PL d est réalisé ; il arrête ensemble le robot, la table tournante, la source de courant de soudage et la partie pneumatique depuis chaque dispositif d'arrêt d'urgence (pupitre de commande, porte de maintenance, console de programmation), avec réarmement manuel selon l'EN ISO 13850:2015 et zone d'action selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 ; le niveau de performance requis est atteint et les points d'essai relatifs à l'arrêt d'urgence sont réussis. Le risque restant est la poursuite du mouvement lors de l'arrêt contrôlé en catégorie d'arrêt 1. Cette catégorie a été choisie parce que le robot freine de manière contrôlée sur sa trajectoire et que les brides maintiennent la pièce grâce au clapet de maintien de pression ; un arrêt de catégorie 0 supprimerait ce contrôle sans éliminer la poursuite du mouvement. L'arrêt d'urgence est une mesure de prévention complémentaire et ne remplace aucun moyen de protection. La disposition et la zone d'action des dispositifs d'arrêt d'urgence figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.5 et 9.5) et sur le panneau textuel au pupitre de commande.

N° 10 Mécanique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Danger de trébuchement, de glissade et de chute dans la zone du poste de chargement et de l'allée de maintenance, dû aux projections de soudage sur le sol, aux câbles, aux flexibles (air comprimé, gaz de protection) et aux zones humides lors des travaux de nettoyage.

Sous-machine : Poste de chargement / allée de maintenance · aussi dans : Fonctionnement, Réglage, Maintenance, Nettoyage · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Éloigner par conception les câbles et flexibles (air comprimé, gaz de protection) de la zone de sol du poste de chargement et de l'allée de maintenance, en les faisant passer dans des goulottes, des chaînes porte-câbles ou des systèmes de guidage de câbles suspendus au plafond, de sorte qu'aucun risque de trébuchement n'apparaisse. Concevoir les raccordements au poste de chargement sous forme de colonnes suspendues au plafond ou de panneaux de prises muraux. Réduire l'exposition du sol aux projections de soudage au moyen de tôles de protection intégrées à la conception (écrans pare-projections) au poste de soudage, de sorte que les projections vers la zone de l'opérateur soient réduites au minimum. Le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; l'exigence relative au site d'installation (revêtement de sol antidérapant) est transmise à l'exploitant à l'étape 3.
Étape 2 · Protection	Limiter le risque résiduel dû aux risques de trébuchement et de glissade restants au moyen des mesures techniques suivantes : (1) marquages au sol (jaune/noir selon l'ASR A1.3 allemande) pour identifier les voies de circulation et les zones dangereuses conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.5.15. (2) Éclairage fixe suffisant du poste de chargement et de l'allée de maintenance conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.4, afin de détecter à temps les obstacles et les zones humides ; l'éclairage intégré à la machine selon l'EN 1837 fournit 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l'allée de maintenance. (3) Tapis de protection contre les projections dans la zone de soudage immédiate, faciles à retirer et à nettoyer.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : (1) mention du danger de trébuchement et de glissade dû aux projections de soudage, aux flexibles et à l'humidité ; prescrire des intervalles et des procédures de nettoyage pour la zone de sol. (2) Exigence de qualification : toutes les personnes entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance doivent avoir été instruites des dangers et de l'organisation des voies de circulation. (3) Spécification des EPI : des chaussures de sécurité à semelle antidérapante (S3 selon l'EN ISO 20345) doivent être portées en entrant dans le poste de chargement et l'allée de maintenance. (4) Signalisation d'avertissement à l'accès au poste de chargement et à l'allée de maintenance : apposer le signal d'avertissement W011 « Avertissement ; Sol glissant » et le signal d'obligation M008 « Port de chaussures de sécurité obligatoire » selon l'EN ISO 7010:2020. (5) Exigence relative au site d'installation : revêtement de sol antidérapant au poste de chargement et dans l'allée de maintenance, classe de résistance au glissement R 11 au moins selon la règle DGUV 108-003 allemande.

Risque après : G 3 · P 2 · **IR 6 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 6 (G 3, P 2) dû au trébuchement, à la glissade et à la chute. À l'étape 1, les câbles et les flexibles ont été éloignés de la zone de sol, et des écrans pare-projections réduisent les projections sortant de la cellule. Subsistent les projections de soudage qui atteignent le sol par l'ouverture, ouverte pour le chargement, et les zones humides lors du nettoyage. L'ouverture doit rester ouverte pour le chargement, et le sol du hall ne fait pas partie de la fourniture ; d'autres mesures de conception sur la machine n'agissent pas sur ces causes. Après l'étape 2, les voies de circulation sont marquées, le poste de chargement est éclairé à 500 lx et l'allée de maintenance à 200 lx, et des tapis de protection contre les projections amovibles sont prévus dans la zone de soudage ; l'essai des points de trébuchement et de glissade est réussi. Toute mesure technique supplémentaire ne ferait que remplacer le nettoyage du sol, qui est spécifié comme tâche quotidienne. Le nettoyage quotidien (notice d'instructions, chapitre 10.2), les chaussures de sécurité S3 antidérapantes, les signaux W011 et W007 (chapitre 2.4) et l'exigence d'un revêtement de sol antidérapant sur le site d'installation (vue d'ensemble des risques résiduels, chapitre 2.6) constituent les informations pour l'utilisation.

N° 11 Mécanique

Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Danger dû à l'accès simultané de plusieurs personnes à différentes zones de la cellule (EN ISO 11161): une deuxième personne se trouve à l'intérieur de la cellule sans que le personnel de réglage en ait connaissance ; au démarrage du robot ou de la table tournante, la deuxième personne est heurtée.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (accès aux zones) · aussi dans : Réglage, Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Possibilités de prévention intrinsèque épuisées : le principe de fonctionnement de l'installation complète exige des zones accessibles pour les travaux de réglage, de maintenance et de recherche de défauts. Le danger résulte de la présence simultanée de plusieurs personnes dans différentes zones, ce qui ne peut être résolu par la seule géométrie, la distance ou la limitation d'énergie sans compromettre la finalité d'exploitation. Une réduction de l'énergie du robot ou de la table tournante à un niveau excluant de manière sûre toute blessure n'est pas réalisable techniquement avec ce type d'installation.
Étape 2 · Protection	1. Protection des personnes lorsque plusieurs personnes entrent dans la cellule, selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : la porte de maintenance est équipée d'un dispositif de condamnation pour cadenas personnels. Chaque personne qui entre dans la cellule appose son cadenas personnel sur le dispositif de condamnation de la porte ouverte. Tant qu'un cadenas est posé, la porte ne peut pas être fermée et le mode automatique ne peut pas être démarré. Des mouvements ne sont alors possibles qu'en mode de réglage, avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite de manière sûre. L'acquittement n'est possible que depuis l'extérieur, au pupitre de commande. 2. Interverrouillage de la porte de maintenance selon l'EN ISO 14119:2025 avec déverrouillage de secours depuis l'intérieur selon l'EN ISO 14119:2025, paragraphe 6.9.1, afin que les personnes enfermées à l'intérieur puissent quitter la cellule à tout moment. 3. L'autorisation du démarrage automatique (robot et table tournante) est réalisée sous forme de fonction de sécurité : le démarrage automatique n'est possible que lorsque la porte de maintenance est fermée et maintenue fermée par l'interverrouillage et que l'acquittement a été donné depuis l'extérieur. La fonction d'accès est la SF-01 (arrêt sûr à l'ouverture de la porte de maintenance) en PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023. Indépendamment de cela, l'autorisation de la rotation de la table tournante reste sécurisée par la SF-04 (PLr e). 4. En mode de réglage, la SF-05 s'applique (vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation, PLr d selon l'EN ISO 13849-1:2023). Le dispositif de validation est propre à chaque personne. La cellule dispose d'exactement un dispositif de validation, sur la console de programmation ; les mouvements en mode de réglage ne sont donc autorisés que lorsque personne d'autre que la personne qui tient le dispositif de validation ne se trouve dans la cellule (pour la consigne de procédure, voir étape 3). 5. Les distances de sécurité entre l'espace de travail du robot et les zones où des personnes sont présentes respectent l'EN ISO 13857:2019, tableau 2, et l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphes 5.4.6 et 5.8.9.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description de la protection des personnes à la porte de maintenance (un cadenas personnel par personne dans le dispositif de condamnation, déverrouillage de secours depuis l'intérieur) et de l'obligation d'apposer le cadenas avant d'entrer et de ne le retirer qu'après avoir quitté la cellule. Consigne de procédure pour les interventions à plusieurs personnes (réglage, maintenance, recherche de défauts) avec attribution claire des rôles (responsable, coordination). 2. Signaux d'avertissement à la porte de maintenance : signal d'avertissement W018 « Avertissement ; Démarrage automatique » selon l'EN ISO 7010:2020, panneau textuel « Apposer votre cadenas personnel avant d'entrer ». 3. Exigence de qualification : le personnel de réglage et de maintenance doit être instruit du concept d'accès à plusieurs personnes, de l'utilisation du dispositif de condamnation pour cadenas personnels et du déverrouillage de secours. L'instruction doit être documentée. 4. Spécification des EPI dans la notice d'instructions : chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345, vêtements de protection ajustés (aucun risque d'accrochage par des vêtements amples) à l'intérieur de la cellule.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) en cas d’accès de plusieurs personnes. Les travaux de réglage, de maintenance et de recherche de défauts exigent des zones accessibles ; le danger pour une deuxième personne ne peut pas être éliminé par la géométrie ou par la limitation de l’énergie (étape 1). Après l’étape 2, chaque personne qui entre pose son cadenas personnel sur le dispositif de condamnation de la porte de maintenance ; tant qu’un cadenas est posé, la porte ne peut pas être fermée et le mode automatique ne peut pas être démarré, et l’acquittement n’est possible que depuis l’extérieur (SF-01, PL d). Les mouvements ne sont alors possibles qu’en mode de réglage, avec l’unique dispositif de validation attribué à une personne et à 250 mm/s (SF-05, PL d), et le déverrouillage de secours permet aux personnes de quitter la cellule depuis l’intérieur à tout moment. Cette protection des personnes suit l’EN ISO 11161:2007+A1:2010. Le risque restant est qu’une personne entre dans la cellule sans son propre cadenas pendant que le régleur déclenche des mouvements ; même dans ce cas, l’installation ne se déplace qu’à vitesse réduite sous le dispositif de validation du régleur. La pose du cadenas reste un acte de chaque personne ; aucune autre mesure de l’étape 1 ou de l’étape 2 empêchant ce mauvais usage sans restreindre les travaux de réglage n’a été identifiée. Procédure pour les travaux impliquant plusieurs personnes, panneau textuel à la porte et instruction du personnel : notice d’instructions, chapitres 2.4, 2.5, 2.6 et 9.3.

N° 12 Électrique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû au contact direct ou indirect avec des parties actives de la source de courant de soudage, de l'armoire de commande du robot et de la commande de la cellule (400 V CA, 32 kVA): le contact avec des bornes, des câbles ou l'intérieur de l'armoire de commande, lorsque l'armoire est ouverte sans séparation de l'alimentation, peut entraîner une électrisation avec fibrillation ventriculaire ou des brûlures.

Sous-machine : Installation électrique (armoire de commande / source de courant de soudage) · aussi dans : Maintenance, Mise en service · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Toutes les parties actives à l'intérieur de l'armoire de commande (bornes, barres, bornes de puissance de la source de courant de soudage) sont réalisées avec des couvercles protégeant contre le contact (indice de protection au moins IP 2X ou IPXXB selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.2), de sorte que le contact avec des parties actives soit empêché par la forme même de l'enveloppe, sans protecteur. En outre, les distances minimales entre parties actives et parties accessibles sont conçues de manière à conserver l'indice de protection IP 2X même porte d'armoire ouverte (capots de protection, couvercles isolants sur les borniers). Cela répond par analogie à l'annexe III, point 1.5.1 (alimentation en énergie électrique), du règlement (UE) 2023/1230, ainsi qu'à l'EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.
Étape 2 · Protection	1. Séparation et mise hors tension (consignation, LOTO) : interrupteur principal avec position ARRÊT verrouillable selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 5.3, et l'EN ISO 14118:2018 (prévention de la mise en marche inattendue / séparation de l'énergie). L'interrupteur principal doit séparer l'installation complète du réseau sur tous les pôles en tant qu'appareil de sectionnement ; la tension résiduelle aux condensateurs de la source de courant de soudage doit être ramenée en dessous de 60 V CC en 5 s au moyen d'un temps de décharge ou d'un circuit de décharge actif ; si cela n'est pas atteint, un avis d'avertissement indiquant le temps de décharge est apposé sur l'enveloppe (EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.4). Verrouillage des portes d'armoire : les portes des armoires de commande principales sont munies d'une serrure qui ne peut être ouverte qu'avec une clé et empêche toute ouverture non autorisée (EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.2). 2. Liaison équipotentielle de protection et conducteur de protection : toutes les enveloppes d'armoire de commande, la source de courant de soudage et l'armoire de commande du robot sont reliées par un conducteur de protection (PE) continu de section suffisante (EN 60204-1:2018, paragraphe 8.2), de sorte qu'en cas de défaut d'isolement, le courant de défaut soit évacué en toute sécurité et que le dispositif de protection (disjoncteur / DDR) déclenche. 3. Dispositif à courant différentiel résiduel (DDR) : utilisation d'un DDR (type B, car des courants de défaut continus provenant des variateurs de fréquence et de la source de courant de soudage sont possibles) avec un courant différentiel de fonctionnement assigné de 30 mA pour les circuits sur lesquels des personnes travaillent ; dans les circuits où un DDR n'est pas compatible avec le procédé de soudage, une surveillance de l'isolement est utilisée à la place (EN 60204-1:2018, paragraphes 6.3.3 et 7.7). Ne constitue pas une fonction de sécurité avec exigence de PLr ; les mesures agissent de manière passive et par conception (signalisation d'avertissement : voir étape 3).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : documenter la procédure de séparation (consignation, LOTO) sous forme d'instruction pas à pas, y compris le temps de décharge des condensateurs de la source de courant de soudage et la vérification de l'absence de tension à l'aide d'un appareil de mesure approprié (testeur de tension de catégorie CAT III 600 V). Exigence de qualification : les travaux sur l'installation électrique ne doivent être effectués que par des personnes qualifiées en électricité (PQE) selon la prescription allemande de prévention des accidents DGUV Vorschrift 3, ou par des personnes initiées à l'électricité sous la surveillance d'une PQE. Spécification des EPI : gants isolants (selon l'EN 60903, classe 00 pour des tensions jusqu'à 500 V CA), lunettes de protection (protection contre l'arc électrique) et chaussures électriquement isolantes à porter lors de travaux dans une armoire ouverte. Signalisation d'avertissement : signal d'avertissement W012 « Avertissement ; Électricité » selon l'EN ISO 7010:2020 à apposer de façon durable et bien visible sur toutes les portes d'armoire et sur la source de courant de soudage. Mention du risque résiduel dans la notice d'instructions : après actionnement de l'interrupteur principal, les condensateurs de la source de courant de soudage et du variateur de fréquence du robot peuvent encore présenter des tensions dangereuses (temps d'attente d'au moins 1 minute pour la source de courant de soudage, pour l'entraînement du robot selon les indications du fabricant du robot) ; l'absence de tension doit toujours être vérifiée par une mesure.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) dû à la tension électrique de 400 V CA. À l'étape 1, les parties actives sont recouvertes de manière à être protégées contre le contact des doigts (IP 2X selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 6.2.2), y compris lorsque la porte de l'armoire est ouverte. Après l'étape 2, l'interrupteur principal verrouillable coupe tous les pôles, les portes d'armoire ne peuvent être ouvertes qu'avec une clé, le circuit intermédiaire CC de la source de courant de soudage se décharge jusqu'à 60 V au plus en 1,9 s mesurées, le conducteur de protection (0,08 Ω), l'impédance de la boucle de défaut (0,28 Ω) et la résistance d'isolement (> 100 MΩ) ont été contrôlés, et la protection en cas de défaut est assurée par un DDR de type B ou par une surveillance de l'isolement. Le risque restant réside dans le travail de la personne qualifiée en électricité, qui doit effectuer des mesures sur des parties actives dans l'armoire ouverte lors de la mise en service et de la recherche de défauts. Ces mesures ne peuvent pas être effectuées hors tension ; pour ces phases de vie, aucune autre mesure de l'étape 1 ou de l'étape 2 n'est donc réalisable, et la gravité reste de 5. La procédure de consignation, y compris la vérification de l'absence de tension, la qualification de personne qualifiée en électricité, les EPI isolants et le signal W012 figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.4, 2.6, 8.1 et 10).

N° 13 Électrique

Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû au courant de soudage au niveau de la pièce et du gabarit: le circuit de soudage conduit des courants élevés (typiquement 100 à 350 A) ; en cas de mauvais raccordement de masse ou d'isolation endommagée, les personnes qui touchent la pièce ou le gabarit peuvent subir une électrisation.

Sous-machine : Source de courant de soudage / gabarit · aussi dans : Réglage, Fonctionnement · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Concevoir le bâti du gabarit et les supports de pièce de manière que les surfaces conductrices accessibles situées dans le circuit du courant de soudage soient isolées galvaniquement du bâti de la machine par conception, au moyen d'isolants (plaques isolantes en époxy renforcé de fibres de verre entre la plaque de base du gabarit et la table de la machine, ainsi que des inserts de mâchoires de serrage isolants). Par conception, cela interrompt le chemin de courant involontaire par le bâti et les surfaces extérieures accessibles. En complément : définir le point de raccordement du câble de masse directement sur la pièce ou à un emplacement prévu du gabarit non accessible à l'opérateur, et l'intégrer par la forme (évidement, goulotte de passage de câble) de telle sorte qu'un mauvais positionnement de la pince de masse soit rendu difficile par conception.
Étape 2 · Protection	1. Source de courant de soudage : la source de courant de soudage est de classe de protection I et d'indice de protection IP23S selon l'EN IEC 60974-1 ; son intégration dans la chaîne des conducteurs de protection de l'installation complète doit être réalisée selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 8 (sections des conducteurs de protection, points de raccordement). 2. Surveillance du raccordement de masse : la surveillance du courant de masse de la source de courant de soudage est activée ; en cas d'interruption ou de résistance de contact inadmissiblement élevée, le procédé de soudage est bloqué. Cette fonction est un verrouillage d'exploitation sans exigence de PL (ce n'est pas une fonction de sécurité au sens de l'EN ISO 13849-1:2023) ; aucune réduction du risque ne lui est attribuée. 3. Liaison équipotentielle : toutes les parties conductrices du gabarit qui ne sont pas isolées volontairement sont incluses dans la liaison équipotentielle de protection de l'installation (EN 60204-1:2018, paragraphe 8.2). 4. Restriction d'accès pendant le procédé de soudage : le poste de chargement est sécurisé par le rideau lumineux (SF-02, PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023) ; pendant le soudage actif, l'accès à la zone de soudage est empêché par la porte de maintenance à interverrouillage (SF-01, PLr d) et par la logique d'autorisation de la table tournante (SF-04, PLr e), de sorte que le contact avec des parties actives en mode automatique soit empêché à la fois par la conception et par des moyens de commande. 5. Cheminement des câbles : les câbles de soudage et les câbles de masse sont posés dans des goulottes fermées ou des conduits de protection (protection contre les dommages mécaniques) ; les rayons de courbure minimaux indiqués par le fabricant doivent être respectés ; les câbles doivent être fixés avec décharge de traction.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : description du raccordement correct de la pince de masse (position, nettoyage de la surface de contact, zones de serrage admissibles) ; mention de l'interdiction de toucher la pièce et le gabarit pendant le soudage ; intervalles de contrôle de l'isolation et de l'état des câbles (contrôle visuel chaque jour de travail, mesure d'isolement semestrielle par une personne qualifiée en électricité, voir chapitre 10.2). 2. Exigence de qualification : le réglage, la recherche de défauts et la maintenance de la source de courant de soudage et de ses raccordements ne doivent être effectués que par une personne qualifiée en électricité ou par une personne initiée à l'électricité sous la surveillance d'une personne qualifiée en électricité (termes selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 3.1). 3. Signalisation d'avertissement sur le gabarit et dans la zone de soudage : apposer le signal d'avertissement W012 « Avertissement ; Électricité » selon l'EN ISO 7010:2020 à un endroit bien visible ; apposer un panneau textuel « Contrôler la pince de masse avant de commencer à souder ». 4. Spécification des EPI dans la notice d'instructions : lors du réglage et de la recherche de défauts dans la zone de soudage, porter des gants isolants (classe de protection adaptée à la basse tension) et des vêtements de protection pour le soudage.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 21 Matières/substances — Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux dû au gaz de protection (mélange argon-CO2 M21) en cas de fuite: l'argon et le CO2 sont plus lourds que l'air, de sorte que le gaz de protection peut s'accumuler près du sol ; en cas de fuites importantes dans des zones mal ventilées, il existe un risque d'asphyxie par déplacement de l'oxygène.

Sous-machine : Alimentation en gaz de protection / réseau de conduites · aussi dans : Fonctionnement, Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Limitation de la pression dans le réseau de conduites : limiter la pression de service de l'alimentation en gaz de protection au niveau minimal requis pour le procédé de soudage (détendeur au raccordement d'alimentation de la cellule). Une pression de système plus basse réduit la quantité de gaz qui s'échappe en cas de défaut et donc le potentiel d'accumulation. En complément : concevoir le tracé des conduites et les points de raccordement de manière à réduire au minimum les fuites par conception : utilisation de raccords à bague coupante ou de raccords à sertir plutôt que de colliers de serrage sur les tronçons de conduite fixes ; réduire les longueurs de flexible au minimum nécessaire à l'exploitation ; ne pas poser de conduites près du sol dans des fosses ou des locaux fermés (les poser près du plafond dans la mesure du possible). Ces mesures agissent directement sur la source d'énergie (gaz sous pression stocké) et sur le lieu du danger (zone d'accumulation).
Étape 2 · Protection	1. Coupure automatique de l'alimentation en gaz : électrovanne (fermée hors tension) dans la conduite d'alimentation en gaz de protection, qui coupe automatiquement l'alimentation en gaz à l'arrêt de la machine, à l'arrêt d'urgence (SF-03) et pendant les pauses de fonctionnement ; en outre, une vanne d'arrêt manuelle à l'extérieur de la cellule. 2. Surveillance des fuites : contrôle de plausibilité de la consommation de gaz par la commande de la machine (indication lorsqu'un débit de gaz apparaît sans procédé de soudage actif, comme indicateur de fuite) ; contrôle visuel quotidien des raccords de flexibles comme exigence de maintenance. 3. Installation de l'alimentation en gaz de protection prévue sur site (rampe de bouteilles ou poste de soutirage) dans une zone ventilée du hall, pas dans des fosses, des sous-sols ou des renfoncements confinés. En cas d'installation dans des zones mal ventilées, l'exploitant est tenu de prévoir un dispositif d'alerte oxygène (mention dans la notice d'instructions). Une fonction de sécurité avec exigence de PLr n'est pas nécessaire pour ce phénomène dangereux ; le risque est maîtrisé par la coupure, le lieu d'installation et la ventilation.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : mention du risque d'asphyxie par déplacement de l'oxygène en cas de fuites importantes dans des zones mal ventilées ; exigence d'une ventilation suffisante du hall sur le site d'installation ; travaux sur l'alimentation en gaz uniquement conduite fermée et dépressurisée (EN ISO 14118:2018). 2. Qualification : travaux sur les conduites et la robinetterie de gaz comprimé uniquement par du personnel spécialisé instruit ; instruction selon la règle DGUV 100-500 allemande, chapitre 2.26, et la TRGS 528 (obligation de l'exploitant). 3. Signalisation d'avertissement : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Risque d'asphyxie dû au gaz de protection » sur le lieu d'installation de l'alimentation en gaz ; signal d'interdiction complémentaire « Accès interdit aux personnes non autorisées » (ASR A1.3 allemande, D-P006) sur les locaux d'alimentation verrouillés. 4. Lors de travaux dans des zones confinées ou mal ventilées (par ex. changement de bouteilles dans des renfoncements) : utiliser un détecteur d'oxygène portable ; ne pas travailler seul.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 23 Mécanique

Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Phénomène dangereux dû à l'énergie pneumatique résiduelle lors des travaux de maintenance et de dépannage: après la coupure de l'alimentation en air comprimé, une pression résiduelle subsiste dans les conduites et les vérins du dispositif de serrage ; une libération incontrôlée de la pression peut provoquer des mouvements brusques des éléments de serrage, blesser des personnes ou éjecter des pièces.

Sous-machine : Dispositif de serrage pneumatique / réseau d'air comprimé · aussi dans : Maintenance · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Limiter par conception l'énergie pneumatique résiduelle : en cas de chute de pression, les brides à fermeture pneumatique maintiennent la pièce au moyen d'un clapet anti-retour piloté (clapet de maintien de pression) dans la ligne de serrage ; le pressostat surveille la pression de serrage (SF-04). Le volume emprisonné entre le clapet de maintien de pression et le vérin est réduit au minimum par conception (conduites courtes, clapets de maintien de pression montés directement sur le vérin), de sorte que seule une faible quantité d'énergie reste accumulée. Avant toute intervention, la pression de serrage emprisonnée est libérée par l'ouverture des brides ; en cas de défaut, elle est libérée de manière contrôlée à l'aide de la commande manuelle de secours du clapet de maintien de pression. Conception selon l'EN ISO 4414:2010. Remarque : la gravité d'un événement d'énergie résiduelle est réduite par cette mesure, car l'énergie cinétique des éléments de serrage est nettement plus faible avec un faible volume résiduel et une mise à l'échappement étranglée.
Étape 2 · Protection	1. Vanne d'arrêt de maintenance avec fonction de mise à l'échappement (consignable) selon l'EN ISO 4414:2010 et l'EN ISO 14118:2018 : installer à l'entrée du dispositif de serrage pneumatique une vanne d'arrêt avec mise à l'échappement contrôlée intégrée (fonction de décompression progressive) ; en position d'arrêt, la vanne doit mettre à l'échappement le tronçon de conduite aval de manière contrôlée et étranglée avant que toute intervention soit possible. La vanne doit être sécurisée par un cadenas (dispositif de condamnation). 2. Manomètre ou indicateur de pression sur le tronçon de conduite entre la vanne d'arrêt et le vérin, afin que l'opérateur puisse vérifier visuellement la chute de la pression à 0 bar (EN ISO 4414:2010). 3. Indicateur de pression résiduelle à l'accès de maintenance : avant toute intervention, l'absence de pression est contrôlée sur l'indicateur de pression résiduelle ; l'indicateur est un équipement d'exploitation sans exigence de PL selon l'EN ISO 13849-1:2023. 4. Protecteur : les dispositifs de serrage se trouvent à l'intérieur de la clôture périphérique (EN ISO 14120:2015) ; l'accès pour la maintenance et le dépannage se fait par la porte de maintenance avec interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025 (SF-01, PLr d).
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	1. Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : consigne de travail pour la maintenance et le dépannage du dispositif de serrage pneumatique, avec procédure explicite pas à pas : (a) retirer la pièce et ouvrir les brides, (b) fermer l'alimentation en air comprimé à la vanne d'arrêt de maintenance et attendre la mise à l'échappement, (c) en cas de défaut, libérer toute pression résiduelle emprisonnée à l'aide de la commande manuelle de secours du clapet de maintien de pression, puis vérifier que l'indicateur de pression résiduelle indique 0 bar, (d) apposer le cadenas de consignation, (e) n'intervenir sur l'installation qu'ensuite. Inclure une mention du danger dû à la pression résiduelle et à l'éjection de pièces. 2. Signalisation d'avertissement sur le dispositif de serrage et sur la vanne d'arrêt : signal d'avertissement général W001 selon l'EN ISO 7010:2020 avec le texte complémentaire « Pression résiduelle dans le dispositif de serrage » ; panneau d'information « Avant toute intervention : mettre à l'échappement à 0 bar et verrouiller la vanne d'arrêt ». 3. Exigence de qualification : maintenance et dépannage de la partie pneumatique uniquement par des spécialistes instruits connaissant les règles de sécurité en pneumatique (EN ISO 4414:2010). 4. Spécification des EPI : prescrire des lunettes de protection (protection des yeux contre les projections de pièces) et des gants de protection à l'ouverture des raccords pneumatiques.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 31 Combinaison — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Phénomène dangereux dû aux niveaux de sécurité différents des sous-machines de fabricants différents (robot, source de courant de soudage, table tournante, aspiration): un verrouillage d'interface absent ou incomplet entre les sous-machines peut faire qu'une sous-machine démarre alors qu'une autre se trouve dans un état dangereux (EN ISO 11161).

Sous-machine : Ensemble de l'installation (intégration du système) · aussi dans : Mise en service, Fonctionnement · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Architecture système avec une commande de sécurité unique de niveau supérieur (Safety Master) comme principe de commande intrinsèquement sûr selon l'EN ISO 12100, paragraphe 6.2.11 : tous les signaux d'état relatifs à la sécurité des sous-machines (mode de fonctionnement du robot, position finale de la table tournante, fonctionnement de l'aspiration, source de courant de soudage prête) transitent exclusivement par la commande de sécurité. Aucun entraînement de sous-machine ne reçoit de signal d'autorisation tant que la commande de sécurité n'a pas jugé l'état global sûr. Grâce à cette centralisation, la possibilité d'un verrouillage d'interface incomplet est réduite au minimum par conception : il n'existe aucun chemin d'autorisation parallèle et indépendant entre les sous-machines. La définition des interfaces est réalisée selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 (intégration du système, responsabilités, description des interfaces) et est documentée dans le concept de sécurité de l'installation complète.
Étape 2 · Protection	1. Matrice de verrouillage selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : pour chaque combinaison de sous-machines, une matrice d'états complète (mode de fonctionnement × état des autres sous-machines) est établie et mise en œuvre dans la commande de sécurité. Chaque signal d'autorisation est réalisé comme une combinaison ET de tous les états de sécurité pertinents. 2. La fonction de sécurité SF-04 (autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée, PLr e) garantit que la table tournante ne tourne que lorsque le champ de protection du rideau lumineux est libre, que les brides sont fermées et que le robot se trouve de façon démontrable en dehors de la zone de rotation. La fonction de sécurité est conçue en PLr e selon l'EN ISO 13849-1:2023 et validée selon l'EN ISO 13849-2:2012. 3. La fonction de sécurité SF-01 (arrêt sûr à l'ouverture de la porte de maintenance, catégorie d'arrêt 1, PLr d) et la SF-02 (arrêt sûr à l'interruption du rideau lumineux, PLr e) sont coordonnées sur l'ensemble de l'installation : un signal d'arrêt d'une sous-machine déclenche l'arrêt coordonné de toutes les sous-machines via la commande de sécurité. La catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 9.2.2, s'applique au robot et à la table tournante. 4. L'arrêt d'urgence de l'installation complète (SF-03, catégorie d'arrêt 1, PLr d) selon l'EN ISO 13850:2015 agit simultanément sur toutes les sous-machines via la commande de sécurité. Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont disposés au pupitre de commande, à la porte de maintenance et sur la console de programmation. 5. Prévention de la mise en marche inattendue selon l'EN ISO 14118:2018 : après chaque arrêt (arrêt d'urgence, déclenchement d'un moyen de protection, interruption de l'alimentation en énergie), un ordre de redémarrage délibéré est requis ; le redémarrage automatique est exclu. 6. Mode de réglage à vitesse réduite de manière sûre (SF-05, 250 mm/s, PLr d) et dispositif de validation selon l'EN ISO 10218-2:2025, paragraphe 5.7.7 ; dans ce mode, le robot et la table tournante ne se déplacent qu'avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite de manière sûre, et la source de courant de soudage est mise à l'arrêt de manière sûre par la SF-01 tant que la porte de maintenance est ouverte.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions de l'installation complète conformément au règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4 : la logique de verrouillage d'interface (matrice d'états, conditions d'autorisation par sous-machine) doit être documentée intégralement. Pour chaque sous-machine, le point de transfert de la responsabilité de sécurité (fabricant de la sous-machine jusqu'à l'interface, intégrateur à partir de l'interface) est défini par écrit dans le concept de sécurité de l'installation complète selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 et doit être indiqué dans la notice d'instructions. Exigence de qualification : la mise en service, le paramétrage et les modifications de la commande de sécurité ne doivent être effectués que par du personnel spécialisé qualifié connaissant l'EN ISO 13849-1:2023 et l'EN ISO 11161. Signalisation d'avertissement au pupitre de commande : signal d'avertissement « Avertissement ; Démarrage automatique » (W018 selon l'EN ISO 7010:2020). La notice d'instructions doit décrire les procédures de recherche de défauts et de mise en service, y compris l'ordre dans lequel les sous-machines peuvent être mises en service et les étapes de vérification du verrouillage d'interface avant le premier fonctionnement automatique.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l’acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) aux interfaces des sous-machines de différents fabricants. Le robot (quasi-machine avec déclaration d’incorporation), la source de courant de soudage et l’unité d’aspiration disposent de leurs propres systèmes de commande, et leur intégration exige une logique de niveau supérieur. À l’étape 1, tous les états relatifs à la sécurité passent par un automate de sécurité unique, sans voies d’autorisation parallèles. Après l’étape 2, une matrice de verrouillage de tous les modes de fonctionnement et états est réalisée sous forme de logique ET, les SF-01 à SF-05 agissent sur l’ensemble de l’installation, chaque arrêt entraîne un arrêt coordonné de toutes les sous-machines, et la validation est effectuée selon l’EN ISO 13849-2:2012 et l’EN ISO 11161:2007+A1:2010. Le risque restant est une erreur systématique dans la spécification de la matrice qui n’est pas détectée lors de la validation. La sécurité interne des sous-machines achetées relève de la responsabilité de leurs fabricants respectifs ; aux interfaces dont le fabricant de l’ensemble de machines est responsable, aucune autre mesure de l’étape 1 ou de l’étape 2 allant au-delà du verrouillage central et de sa validation n’a été identifiée. Points de transfert de responsabilité, séquence de mise en service et étapes d’essai du verrouillage des interfaces : notice d’instructions, chapitres 1.1, 2.6 et 8.3.

N° 41 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 3 · O 3 · **IR 9**

Preuves d’interventions absentes ou incomplètes (journalisation): les interventions sur le matériel, le logiciel ou la configuration relatifs à la sécurité ne sont pas consignées, ou le sont sans horodatage ni auteur ; les journaux s’écrasent après une courte période ou sont ouverts à la manipulation. Les interventions non autorisées passent inaperçues et la piste d’audit n’est pas disponible sur demande des autorités. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, deuxième alinéa ; point 1.1.9, cinquième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point f)]

Sous-machine : Commande / journalisation · aussi dans : Fonctionnement, Maintenance

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Prévoir la journalisation des événements comme fonction fixe de la commande (non désactivable par l’opérateur), avec une mémoire non volatile de taille suffisante.
Étape 2 · Protection	Journalisation des événements relatifs à la sécurité avec horodatage, identité de l’utilisateur et contenu de la modification (ouverture de session, modification de paramètres et de configuration, chargement de logiciel avec version et somme de contrôle, ouverture d’ensembles relatifs à la sécurité, sessions d’accès à distance), protection contre la suppression et la modification, export sous forme lisible, conservation des chargements et des données associées jusqu’à cinq ans après le chargement (annexe III, point 1.2.1, point f)). Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 2.8, SR 2.9, SR 2.11, SR 3.9, SR 6.1.
Étape 3 · Informations pour l’utilisation	Notice d’instructions : accès aux journaux et export, obligations de conservation de l’exploitant en cas de cession de la machine, marche à suivre en cas de demande d’une autorité, indication sur la capacité de stockage et la synchronisation horaire.

Risque après : G 3 · P 1 · **IR 3 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

N° 43 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 5 · O 2 · **IR 10**

Accès d'ingénierie non sécurisé à l'automate de sécurité: l'accès de programmation de la commande de sécurité ou de l'automate de sécurité est accessible sans mot de passe ou avec les identifiants par défaut du fabricant ; le programme de sécurité peut être écrasé ou mis à l'état d'arrêt pendant le fonctionnement, et le forçage des entrées et des sorties est possible. Les fonctions de protection sont rendues inopérantes ou les actionneurs sont commandés directement. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, deuxième alinéa ; point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a)]

Sous-machine : Automate de sécurité / ingénierie · aussi dans : Mise en service, Maintenance

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Accès de programmation de l'automate de sécurité séparé physiquement du réseau de procédé (port dédié, dans l'armoire électrique verrouillée), pas de forçage de signaux relatifs à la sécurité dans la version de série, modification du programme uniquement lorsque la machine est à l'arrêt sécurisé.
Étape 2 · Protection	Mot de passe individuel pour l'accès au programme de sécurité avec changement de mot de passe obligatoire à la mise en service, niveaux de protection en écriture et de protection d'accès de la commande activés, journalisation de tous les accès et modifications de programme avec version et somme de contrôle, affichage de l'état du programme sur l'IHM. Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 1.5, SR 2.1, SR 2.8, SR 3.4, SR 7.7.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions : protection d'accès et gestion des mots de passe comme obligation de l'exploitant, interdiction de modifier le programme sans nouveau contrôle et sans documentation, renvoi aux exigences en cas de modification substantielle.

Risque après : G 5 · P 1 · **IR 5 (Moyen)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Justification de l'acceptation: Risque résiduel IR 5 (G 5, P 1) lié à l'accès d'ingénierie à la commande de sécurité. L'accès doit rester disponible pour la mise en service, la maintenance et la recherche de défauts. À l'étape 1, le port de programmation est séparé du réseau de procédé à l'intérieur de l'armoire de commande verrouillée, le forçage de signaux relatifs à la sécurité est exclu dans l'état de livraison, et les modifications de programme ne sont autorisées qu'à l'état d'arrêt sécurisé. Après l'étape 2, un mot de passe individuel, la protection en écriture et des niveaux de protection d'accès sont actifs, chaque accès et chaque modification de programme sont journalisés avec version et somme de contrôle, et l'état du programme peut être consulté sur le panneau IHM (justification selon l'IEC 62443-3-3 SR 1.1, 1.5, 2.1, 2.8, 3.4 et 7.7). Le risque restant est un usage abusif ou une erreur d'une personne disposant d'un mot de passe valide et de la clé de l'armoire. Aucune mesure technique permettant de distinguer les modifications autorisées des modifications abusives n'est disponible selon l'état de la technique ; les écarts deviennent détectables par comparaison de la version et de la somme de contrôle avec le procès-verbal de réception. La gestion des mots de passe en tant qu'obligation de l'exploitant et l'interdiction de modifier le programme sans nouvel essai ni documentation figurent dans la notice d'instructions (chapitres 2.6 et 13).

N° 44 Corruption/sécurité informatique — Risque avant : S 4 · O 3 · **IR 12**

Accès à distance non autorisé ou erroné via la passerelle de télémaintenance: via la connexion VPN IPsec de la passerelle de télémaintenance, une personne non autorisée disposant d'identifiants volés ou un technicien autorisé au mauvais moment intervient dans la commande de la cellule : modification du programme ou des paramètres, acquittement de défauts ou lancement de mouvements alors que des personnes se trouvent au poste de chargement ou dans l'allée de maintenance. [Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9, premier alinéa ; point 1.1.9, troisième alinéa ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point a) ; point 1.2.1, deuxième alinéa, point d)]

Sous-machine : Passerelle de télémaintenance / commande de la cellule · aussi dans : Fonctionnement, Maintenance

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Accès à distance conçu de manière à ne pouvoir déclencher aucun mouvement dangereux ni contourner de fonctions de sécurité : la passerelle de télémaintenance n'atteint que la commande standard et le panneau IHM ; l'automate de sécurité n'a aucun chemin d'accès à distance. Les ordres de mouvement et l'acquittement de défauts ne sont possibles que depuis des postes de commande offrant une vue sur la zone dangereuse (annexe III, point 1.2.2).
Étape 2 · Protection	Télémaintenance désactivée à la livraison ; une session ne peut être activée que sur site au moyen du commutateur à clé au pupitre de commande, se termine automatiquement au bout de quatre heures et est signalée par « Télémaintenance active » sur le panneau IHM ; VPN IPsec avec authentification multifacteur et comptes personnels pour les techniciens à distance ; journalisation de chaque session avec utilisateur, heure et actions effectuées, conservation conformément à l'annexe III, point 1.2.1, point f). Voie de justification B : IEC 62443-3-3 SR 1.1, SR 1.13, SR 2.1, SR 2.8, SR 3.8.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (chapitre 13.3) : procédure d'activation et de fin des sessions de télémaintenance, obligation de disposer sur site d'une personne responsable, conduite à tenir en cas de soupçon d'accès non autorisé (terminer la session avec le commutateur à clé, informer le fabricant), interlocuteur pour les notifications de sécurité du fabricant.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Mise hors service (1 phénomène dangereux)

N° 33 Mécanique

Risque avant : S 4 · O 2 · **IR 8**

Phénomène dangereux lors du démontage de la cellule en fin de vie: lors du démontage des segments de clôture périphérique, du bâti de base du robot et de l'armoire de commande, des dangers apparaissent du fait de composants lourds (écrasement, chute), de l'énergie résiduelle dans les conduites (air comprimé, électricité) et des arêtes vives des pièces en tôle.

Sous-machine : Ensemble de l'installation (démontage / élimination) · Proposé avec l'assistance de l'IA

Étape 1 · Prévention intrinsèque	Concevoir les segments de clôture périphérique, le bâti de base du robot et l'armoire de commande avec des points de levage normalisés (par ex. taraudages pour anneaux de levage selon la DIN 580 ou œillets de grue intégrés), de sorte que chaque composant puisse être élingué individuellement et de manière stable en position sans que des personnes aient à se tenir sous la charge suspendue. Ébavurer dès la conception les arêtes de tôle des parties d'enveloppe et des profilés de la clôture périphérique et les casser avec un rayon ≥ 0,5 mm (dessin de fabrication) afin de réduire intrinsèquement le risque de coupure. Concevoir les conduites pneumatiques avec un état par défaut hors pression lors de la séparation de l'énergie : choisir les distributeurs de sorte que, lorsque l'alimentation en air comprimé est coupée, les conduites soient automatiquement mises à l'échappement (rappel par ressort en position d'échappement selon l'EN ISO 4414:2010) ; la pression emprisonnée dans les vérins de serrage par le clapet de maintien de pression est libérée avant le démontage par l'ouverture des brides.
Étape 2 · Protection	1. Séparation de l'énergie et mise hors tension avant le début du démontage : identifier l'appareil de sectionnement de l'énergie électrique (interrupteur principal verrouillable selon l'EN 60204-1:2018, paragraphe 5.3) et la vanne d'arrêt avec fonction de mise à l'échappement pour l'air comprimé (EN ISO 4414:2010), et les verrouiller à l'état sécurisé et hors tension avant le début du démontage (procédure de consignation, lockout/tagout, selon l'EN ISO 14118:2018). Vérifier l'absence de tension par mesure avant d'ouvrir l'armoire de commande et les raccordements de conduites. 2. Manutention des charges : pour les composants d'un poids individuel supérieur à 25 kg (masse de référence selon l'EN 1005-2:2003+A1:2008), des engins de levage appropriés (grue, transpalette, palonnier à ventouses) de capacité de charge suffisante et portant le marquage CE doivent être utilisés (points de levage et poids : voir la notice d'instructions, chapitres 5.2 et 5.3). 3. Distance de sécurité pendant le levage : interdiction de se tenir sous des charges suspendues conformément à la procédure d'exploitation ; barrière autour de la zone de démontage.
Étape 3 · Informations pour l'utilisation	Notice d'instructions (chapitre 11, règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) : instructions de démontage pas à pas avec une séquence définie (d'abord séparation de l'énergie et mise à l'échappement, puis démontage mécanique) ; indications de poids et position du centre de gravité de chaque composant ; indication des points de levage avec un schéma ; renvoi à la procédure de consignation (lockout/tagout) selon l'EN ISO 14118:2018. Signalisation d'avertissement sur l'armoire de commande et le distributeur pneumatique : signal d'avertissement « Avertissement ; Électricité » (W012 selon l'EN ISO 7010:2020) et panneau d'information signalant une éventuelle pression résiduelle dans les conduites pneumatiques. Exigence de qualification : le démontage ne doit être effectué que par du personnel qualifié ayant une formation en électrotechnique (pour les travaux sur l'équipement électrique) et instruit de la manipulation des engins de levage. Spécification des EPI : gants de protection contre les risques mécaniques (EN 388), chaussures de sécurité S3 (EN ISO 20345), casque de sécurité lors de l'utilisation d'engins de levage.

Risque après : G 4 · P 1 · **IR 4 (Faible)** Risque résiduel accepté: Oui, 18/08/2026

Évaluations au titre d’autres actes juridiques (méthodologie propre, ne faisant pas partie de l’appréciation du risque selon l’EN ISO 12100)

Chaque évaluation suit la méthodologie de l’acte juridique concerné. Les phénomènes dangereux pour les personnes qui en résultent figurent, avec leur estimation du risque, dans la liste des phénomènes dangereux.

Compatibilité électromagnétique (CEM 2014/30/UE)

Appareil (dispositif fini ou combinaison mise à disposition comme unité fonctionnelle), Environnement industriel : la preuve par Mesure sur le système complet (rapport d’essai d’un laboratoire) est au dossier, reste en suspens : immunité accrue des fonctions de sécurité. Immunité selon EN IEC 61000-6-2, émission selon EN IEC 61000-6-4. En suspens : 1 point.

Règlement (UE) 2023/1230 sur les machines, annexe III, point 1.2.1 (sécurité et fiabilité des systèmes de commande), points 1.5.10 et 1.5.11 (rayonnements de la machine et rayonnements extérieurs) : le système de commande doit rester sûr même en présence de perturbations. S’applique en outre la directive 2014/30/UE relative à la compatibilité électromagnétique avec les exigences essentielles de son annexe I : l’émission ne doit pas empêcher le fonctionnement prévu d’autres équipements, et la machine doit présenter une immunité suffisante aux perturbations attendues. Procédure selon l’article 14 (annexe II, contrôle interne de la fabrication, ou annexe III, examen UE de type). Pour les installations fixes, l’annexe I, point 2, s’applique à la place de l’évaluation de la conformité, avec les bonnes pratiques d’ingénierie et l’obligation de documentation de l’article 19, paragraphe 1.

Classification	Appareil (dispositif fini ou combinaison mise à disposition comme unité fonctionnelle)
Environnement électromagnétique	Environnement industriel
Immunité	EN IEC 61000-6-2
Émission	EN IEC 61000-6-4
Voie de justification	Mesure sur le système complet (rapport d’essai d’un laboratoire)
Justificatif d’essai	RSZ-2600-EMV-001
Fonctions de sécurité dépendant de systèmes électroniques	oui, preuve de l’immunité accrue en attente
Avertissement dans la notice d’instructions (restriction d’utilisation, article 18, paragraphe 2, entraînements C2 à C4)	présent
Procédure d’évaluation de la conformité (article 14)	Contrôle interne de la production (annexe II, module A)
Résultat	Justificatif en suspens

Cybersécurité (CRA, règlement (UE) 2024/2847)

Couvert selon l’article 2, paragraphe 1, du règlement sur la cyberrésilience, classification Produit standard (non répertorié à l’annexe III ou IV). Les obligations de notification prévues à l’article 14 s’appliquent à ce produit ; les autres obligations s’appliquent en cas de mise sur le marché à partir du 11 décembre 2027 ou après une modification substantielle à partir de cette date (article 71, paragraphe 2, et article 69, paragraphe 2, du règlement).

Le règlement (UE) 2023/1230 sur les machines exige, à l’annexe III, point 1.1.9, la protection contre la corruption et, au point 1.2.1, des systèmes de commande sûrs. S’y ajoute le règlement (UE) 2024/2847 sur la cyberrésilience, avec ses propres obligations : il s’applique aux produits comportant des éléments numériques dont l’utilisation comprend une

connexion de données, directe ou indirecte, à un appareil ou à un réseau (article 2, paragraphe 1, du règlement). Les obligations de notification prévues à l'article 14 s'appliquent depuis le 11 septembre 2026, y compris aux produits déjà mis sur le marché (article 69, paragraphe 3, du règlement) ; les autres obligations s'appliquent aux produits mis sur le marché à partir du 11 décembre 2027 ou modifiés de manière substantielle après cette date (article 71, paragraphe 2, et article 69, paragraphe 2, du règlement). Les deux actes juridiques s'appliquent en parallèle. La conformité au règlement sur la cyberrésilience peut faciliter la preuve selon l'annexe III, points 1.1.9 et 1.2.1 (considérant 53 du règlement), mais ne fonde pour cela aucune présomption de conformité (a contrario de l'article 20, paragraphe 9, du règlement sur les machines).

Champ d'application (article 2, paragraphe 1, du règlement sur la cyberrésilience)	Couvert : le produit relève du règlement sur la cyberrésilience (article 2, paragraphe 1, du règlement). Les obligations applicables aujourd'hui dépendent de la date de mise sur le marché.
Fonctionnalité de base (article 7, paragraphe 1, du règlement sur la cyberrésilience)	Soudage MAG robotisé d'assemblages en acier en production en série. Le logiciel commande le robot, la table tournante, le procédé de soudage et l'aspiration des fumées. Les fonctions de mise en réseau, de VPN et d'accès proviennent de composants achetés et ne constituent pas la fonctionnalité de base de la cellule ; elles sont consignées en tant que composants avec leur propre classification.
Classification (annexes III et IV du règlement sur la cyberrésilience)	Produit standard (non répertorié à l'annexe III ou IV)
Classification confirmée	Oui
Obligations applicables	Le produit est mis sur le marché avant le 11 décembre 2027. Du règlement sur la cyberrésilience, seules les obligations de notification prévues à l'article 14 s'appliquent alors (article 69, paragraphe 3) ; les exigences essentielles de cybersécurité, l'évaluation de la conformité selon ce règlement et le marquage CE selon ce règlement ne s'appliquent que si le produit fait l'objet d'une modification substantielle à partir du 11 décembre 2027 (article 69, paragraphe 2). Les exigences de cybersécurité issues d'autres actes juridiques restent inchangées, par exemple celles de la directive relative aux équipements radioélectriques par le biais du règlement délégué (UE) 2022/30 jusqu'au 10 décembre 2027 et celles de l'annexe III, point 1.1.9, du règlement sur les machines à partir du 20 janvier 2027.
Obligations de notification (article 14 du règlement sur la cyberrésilience)	Les obligations de notification prévues à l'article 14 du règlement sur la cyberrésilience s'appliquent depuis le 11 septembre 2026, y compris aux produits mis sur le marché auparavant (article 69, paragraphe 3, du règlement).
Déclaration UE de conformité (article 28 du règlement sur la cyberrésilience)	Pas de déclaration au titre du règlement : pour une mise sur le marché avant le 11 décembre 2027, seules les obligations de notification prévues à l'article 14 s'appliquent (article 69, paragraphe 3, du règlement sur la cyberrésilience), tant que le produit ne fait pas l'objet ensuite d'une modification substantielle (article 69, paragraphe 2, du règlement).
Évaluation des risques en matière de cybersécurité et justificatifs	L'évaluation des risques en matière de cybersécurité selon l'article 13, paragraphes 2 et 3, du règlement sur la cyberrésilience, les exigences de l'annexe I, les composants de tiers, la période d'assistance et le processus de notification sont tenus séparément et documentés dans le rapport CRA. Ils ne constituent pas une appréciation du risque selon l'EN ISO 12100.

Liste des exigences essentielles de santé et de sécurité applicables

Annexe IV, partie A, point b) i), du règlement (UE) 2023/1230 ; exigences selon l'annexe III

56 applicable(s), 73 non applicable(s), 0 ouverte(s) (sur 129)

Toutes les 129 exigences ont été évaluées.

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.1.2	Principes d’intégration de la sécurité	**applicable**	Appréciation du risque selon l’EN ISO 12100:2010 avec 42 phénomènes dangereux sur toutes les phases de vie, mesures de prévention pour chaque phénomène dangereux dans l’ordre des étapes 1 à 3. Limites de la machine, utilisation prévue et mauvais usage raisonnablement prévisible : notice d’instructions, chapitres 1.1, 2.1 et 2.2 ; risques résiduels et EPI : chapitre 2.6.	
1.1.3	Matériaux et produits	**applicable**	Les fumées de soudage et les poussières de filtre générées pendant le fonctionnement sont évaluées en tant que substances dangereuses (rapport d’essai : substances dangereuses émises identifiées, réussi). Les panneaux de remplissage de la clôture et la paroi centrale sont non combustibles et résistants aux projections de soudage. Les fluides d’exploitation et produits auxiliaires (liquide de refroidissement, agent anti-projections, lubrifiants) sont manipulés et éliminés conformément à la fiche de données de sécurité : notice d’instructions, chapitres 10.3 et 11.	Point 16, Point 20, Point 22
1.1.4	Éclairage	**applicable**	Éclairage de poste de travail intégré à la machine avec 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance, message de défaillance sur le panneau IHM : notice d’instructions, chapitres 3 et 4.1 ; contrôle fonctionnel lors de la première mise en service (chapitre 8.3) et quotidiennement (chapitre 10.2).	Point 27
1.1.5	Conception d’une machine ou d’un produit connexe en vue de faciliter sa manutention	**applicable**	Points de levage repérés, positions du centre de gravité et masses de chaque unité de transport, dispositifs de sécurisation pour le transport et moyens de transport admissibles : notice d’instructions, chapitre 5 ; instructions pour le démontage et le transport ultérieur : chapitre 11.	Point 28, Point 33
1.1.6	Ergonomie	**applicable**	Manutention manuelle jusqu’à 15 kg selon l’EN 1005-2:2003+A1:2008, au-delà avec l’auxiliaire de levage fourni par l’exploitant ; plate-forme de travail debout réglable en hauteur, points de préhension à hauteur du coude, pas de cadence imposée (démarrage du cycle par l’opérateur) : notice d’instructions, chapitres 4.2, 4.3 et 9.1.	Point 9, Point 35
1.1.7	Postes de travail	**applicable**	Le poste de l’opérateur se trouve en dehors de la zone de soudage, derrière la paroi centrale de séparation. Les fumées de soudage sont captées à la source d’émission (rapport d’essai : captage à la source d’émission et efficacité 1800 m³/h, réussi) ; une électrovanne normalement fermée coupe l’alimentation en gaz de protection à l’arrêt et pendant les pauses : notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.2.	Point 20, Point 21

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.1.8	Sièges	non applicable	La cellule ne comporte aucun poste de travail auquel un siège pourrait être prévu : au poste de chargement, l'opérateur charge et décharge les pièces selon un cycle d'environ 90 secondes, jusqu'à 15 kg à la main et les pièces plus lourdes avec l'auxiliaire de levage (notice d'instructions, chapitres 2.1 et 4.2). Cette tâche exige une liberté de mouvement en position debout ; les conditions de travail ne permettent pas l'utilisation d'un siège. La hauteur de travail est adaptée au moyen de la plate-forme de travail debout réglable en hauteur (phénomène dangereux n° 35).	
1.1.9	Protection contre la corruption	**applicable**	Rapport d'essai Protection contre la corruption : points A1 à A6 et A12 réussis. Réseau de la cellule raccordé uniquement par la passerelle fournie avec pare-feu, télémaintenance uniquement après activation sur le commutateur à clé, version et somme de contrôle du logiciel relatif à la sécurité consultables sur le panneau IHM sans connexion, journal des événements protégé : notice d'instructions, chapitre 13.	Point 36, Point 37, Point 39, Point 40, Point 41, Point 42, Point 43, Point 44
1.2.1	Sécurité et fiabilité des systèmes de commande	**applicable**	Fonctions de sécurité selon l'EN ISO 13849-1:2023 : SF-01 (PL d, catégorie 3), SF-02 (PL e, catégorie 4), SF-03 (PL d, catégorie 3), SF-04 (PL e, catégorie 4), SF-05 (PL d, catégorie 3), PL requis atteint dans chaque cas ; validation selon l'EN ISO 13849-2:2012 (notice d'instructions, chapitres 2.5 et 8.3). Immunité selon l'EN IEC 61000-6-2:2019, rapport d'essai RSZ-2600-EMV-001. Rapport d'essai Protection contre la corruption : A8 (journal de traçabilité) réussi, A10 non applicable (pas de commande sans fil).	Point 14, Point 30, Point 31, Point 36, Point 37, Point 38, Point 39, Point 41, Point 42, Point 43, Point 44
1.2.2	Organes de service	**applicable**	Organes de service sur le pupitre de commande à côté de l'ouverture de chargement, en dehors de la zone dangereuse et avec vue sur l'ouverture : démarrage du cycle, acquittement, arrêt d'urgence, sélecteur de mode de fonctionnement verrouillable, commutateur à clé de télémaintenance ; console de programmation avec dispositif de validation à trois positions ; avertissement sonore de démarrage avant chaque démarrage automatique : notice d'instructions, chapitres 2.5, 4.2 et 9.2.	Point 6
1.2.3	Mise en marche	**applicable**	Mise en marche uniquement par action volontaire sur le démarrage du cycle, champ de protection libre et fonctions de sécurité acquittées ; verrouillage de redémarrage après le déclenchement d'un dispositif de protection, après un arrêt d'urgence et après le rétablissement de l'alimentation selon l'EN ISO 14118:2018 (rapport d'essai : verrouillage de redémarrage après une coupure d'énergie, réussi) : notice d'instructions, chapitres 2.5, 4.3 et 9.5.	Point 6, Point 38
1.2.4	Arrêt	**applicable**	Les exigences relatives à l'arrêt sont démontrées aux sous-points 1.2.4.1 à 1.2.4.4.	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.2.4.1	Arrêt normal	**applicable**	Arrêt normal en fin d'équipe via le panneau IHM en position de base et par l'interrupteur principal, qui coupe tous les pôles ; équipement électrique selon l'EN 60204-1:2018 : notice d'instructions, chapitres 9.2 et 9.5.	
1.2.4.2	Arrêt pour des raisons de fonctionnement	**applicable**	Pendant l'arrêt opérationnel lors du chargement, l'immobilisation reste surveillée : la table tournante ne tourne qu'après le démarrage du cycle, champ de protection libre et position de repos du robot confirmée par un signal sûr (SF-04, PL e), et elle est verrouillée positivement dans sa position finale ; une intrusion dans le champ de protection déclenche l'arrêt sûr (SF-02, PL e) : notice d'instructions, chapitres 2.5 et 4.3.	Point 4
1.2.4.3	Arrêt d'urgence	**applicable**	Arrêt d'urgence SF-03 (PL d, catégorie 3) selon l'EN ISO 13850:2015 avec dispositifs d'arrêt d'urgence sur le pupitre de commande, à la porte de maintenance et sur la console de programmation, catégorie d'arrêt 1 selon l'EN 60204-1:2018, redémarrage uniquement après déverrouillage et acquittement (rapport d'essai : arrêt d'urgence à tous les postes et dans tous les modes de fonctionnement, ainsi que vérifié électriquement, réussi) : notice d'instructions, chapitres 2.5 et 9.5.	Point 7
1.2.4.4	Ensemble de machines ou de produits connexes	**applicable**	Ensemble de machines selon l'EN ISO 11161:2007+A1:2010 : un automate de sécurité commun pour toutes les sous-machines ; l'arrêt d'urgence et le déclenchement des dispositifs de protection agissent sur le robot, la table tournante, la source de courant de soudage et le dévidoir ; panneau textuel indiquant la zone d'action des dispositifs d'arrêt d'urgence sur le pupitre de commande : notice d'instructions, chapitres 2.4 et 2.5.	Point 7, Point 31, Point 39
1.2.5	Sélection des modes de commande ou de fonctionnement	**applicable**	Sélecteur de mode de fonctionnement verrouillable avec les modes automatique et réglage ; en mode de réglage, mouvements uniquement à vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s et avec le dispositif de validation à trois positions (SF-05, PL d) selon l'EN ISO 10218-2:2025 (rapport d'essai : sélecteur de mode de fonctionnement réussi, commande bimanuelle non applicable) : notice d'instructions, chapitres 2.5 et 9.3.	Point 2, Point 11
1.2.6	Défaillance de l'alimentation en énergie ou de la connexion au réseau de communication	**applicable**	Après le rétablissement de l'alimentation, l'installation reste à l'arrêt grâce au verrouillage de redémarrage ; en cas de défaillance de l'air comprimé, le clapet de maintien de pression maintient les pièces serrées et le pressostat bloque le mouvement de rotation (notice d'instructions, chapitre 9.5). Comportement en cas de défaillance, de rétablissement ou de modification de la connexion au réseau de communication vérifié (rapport d'essai Protection contre la corruption : A9 réussi).	Point 5, Point 38

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.3.1	Risque de perte de stabilité	**applicable**	Ancrage du socle du robot et de la table tournante avec des chevilles de charge M16 pour un moment de basculement allant jusqu'à environ 8 kNm et exigences relatives au sol du hall (notice d'instructions, chapitres 7.2 et 8.2), marquage « Risque de basculement avant ancrage » sur le bâti de base (chapitre 2.4) ; rapport d'essai : stabilité et ancrage réussis.	Point 29
1.3.2	Risque de rupture en service	**applicable**	Parties sous pression du système pneumatique selon l'EN ISO 4414:2010 (rapport d'essai : essai de pression à 6,0 bar avec pression de réponse du limiteur de pression de 7,5 bar vérifiée et état des flexibles et conduites, réussi) ; accouplement anticollision sur la torche de soudage avec arrêt de sécurité ; contrôle semestriel des couples de serrage de l'ancrage : notice d'instructions, chapitres 2.5 et 10.2.	
1.3.3	Risques dus aux chutes ou projections d'objets	**applicable**	Clapet de maintien de pression dans la ligne de serrage et surveillance de la pression de serrage dans la SF-04, tôle déflectrice sous la table tournante comme dispositif de retenue et protection contre les chocs, encoffrement de la zone de soudage contre les projections, points de levage pour le transport : notice d'instructions, chapitres 2.5, 4.1 et 5.	Point 5, Point 9, Point 16, Point 23, Point 28
1.3.4	Risques dus aux surfaces, arêtes ou angles	**applicable**	L'appréciation du risque évalue les arêtes vives des pièces en tôle lors du démontage en fin de vie ; procédure et équipements de protection : notice d'instructions, chapitre 11.	Point 33
1.3.5	Risques dus aux machines ou produits connexes combinés	non applicable	La RSZ-2600 n'est pas une machine combinée au sens de cette exigence : elle exécute une seule opération (soudage MAG) et ne comporte pas d'éléments destinés à des opérations différentes entre lesquels la pièce serait transférée à la main (notice d'instructions, chapitres 2.1 et 4.3). L'interaction des sous-machines de l'ensemble est démontrée au point 1.2.4.4.	
1.3.6	Risques liés aux variations des conditions de fonctionnement	**applicable**	Uniquement des programmes de soudage libérés, sélection du programme sur le panneau IHM ; réglage et changement des dispositifs de serrage uniquement par le régleur, installation à l'arrêt et circuit de serrage dépressurisé, nouveaux dispositifs de serrage uniquement après libération par le fabricant, contrôle de la première pièce après chaque réglage, nouveaux programmes d'abord en mode de réglage : notice d'instructions, chapitres 2.1, 3 et 9.4.	Point 30, Point 42
1.3.7	Risques liés aux éléments mobiles	**applicable**	Écartements à la table tournante selon l'EN ISO 13854:2019, distances de sécurité selon l'EN ISO 13857:2019, robot et cellule robotisée selon l'EN ISO 10218-1:2025 et l'EN ISO 10218-2:2025 ; mesures de prévention contre les éléments mobiles par les SF-01 à SF-05 (rapport d'essai : distances de la clôture périphérique, protecteurs mobiles avec dispositif de verrouillage et rideau lumineux réussis) : notice d'instructions, chapitre 2.5.	Point 1, Point 2, Point 3, Point 4, Point 6, Point 8, Point 11, Point 32

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.3.8	Choix d’une protection contre les risques engendrés par les éléments mobiles	**applicable**	Choix des moyens de protection : clôture périphérique fixe selon l’EN ISO 14120:2015 autour de l’espace de travail du robot, porte de maintenance à dispositif de verrouillage avec interverrouillage selon l’EN ISO 14119:2025 pour les accès occasionnels, rideau lumineux de type 4 à l’ouverture de chargement pour l’accès à chaque cycle avec distance de sécurité selon l’EN ISO 13855:2024 : notice d’instructions, chapitre 2.5.	Point 1, Point 3, Point 32
1.3.8.1	Éléments mobiles de transmission	**applicable**	L’entraînement de la table tournante est capoté, et le capotage est conçu comme un protecteur selon l’EN ISO 14120:2015 ; le capotage et les panneaux de soubassement doivent être entièrement montés lors de l’assemblage (notice d’instructions, chapitre 8.2). Les entraînements du robot fonctionnent à l’intérieur de la clôture périphérique. Rapport d’essai : fixation des moyens de protection réussie.	
1.3.8.2	Éléments mobiles concourant au travail	**applicable**	Les éléments mobiles concourant au travail (robot avec torche, table tournante, dévidoir) sont rendus inaccessibles par la clôture périphérique et la porte de maintenance à interverrouillage ; seule l’ouverture de chargement reste accessible, sécurisée par le rideau lumineux (SF-02) et l’autorisation de rotation (SF-04) ; en mode de réglage, la SF-05 s’applique : notice d’instructions, chapitres 2.5 et 9.3.	Point 1, Point 2, Point 3, Point 4, Point 8, Point 32
1.3.9	Risques de mouvements non commandés	**applicable**	Contre la mise en mouvement à partir de l’arrêt : clapet de maintien de pression dans la ligne de serrage avec commande manuelle de secours, verrouillage positif de la table tournante, vanne d’arrêt avec fonction d’échappement et indicateur de pression résiduelle (rapport d’essai : décharge de la pression résiduelle documentée, réussi) ; étaiement d’un axe du robot avant le desserrage du frein : notice d’instructions, chapitres 2.5, 2.6 et 10.4.	Point 5, Point 6, Point 23
1.4.1	Exigences générales	**applicable**	Protecteurs et dispositifs de protection solidement fixés en place, démontables uniquement à l’aide d’un outil et protégés contre la neutralisation (actionneur codé selon l’EN ISO 14119:2025), distances selon l’EN ISO 13857:2019 (rapport d’essai : contrôle visuel de tous les moyens de protection, fixation et distances de la clôture périphérique réussis) ; contrôles quotidiens et périodiques : notice d’instructions, chapitres 9.4 et 10.2.	Point 3, Point 32
1.4.2	Exigences particulières pour les protecteurs	**applicable**	Les exigences particulières relatives aux protecteurs sont démontrées aux points 1.4.2.1 et 1.4.2.2 ; conception selon l’EN ISO 14120:2015.	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.4.2.1	Protecteurs fixes	**applicable**	Clôture périphérique de 2200 mm avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage et panneau de soubassement selon l'EN ISO 14120:2015, panneaux démontables uniquement à l'aide d'un outil, tôles latérales et caches à côté et en dessous du rideau lumineux selon l'EN ISO 13857:2019, tableau 4 (rapport d'essai : distances de la clôture périphérique selon l'EN ISO 13857 réussi) : notice d'instructions, chapitre 2.5.	Point 3, Point 32
1.4.2.2	Protecteurs mobiles avec dispositif de verrouillage	**applicable**	Porte de maintenance avec dispositif de verrouillage et interverrouillage selon l'EN ISO 14119:2025 (SF-01, PL d), libération uniquement après l'extinction de l'arc et avec surveillance de l'arrêt, déverrouillage de secours depuis l'intérieur, dispositif de condamnation pour cadenas personnels (rapport d'essai : protecteurs mobiles avec dispositif de verrouillage réussi) : notice d'instructions, chapitre 2.5.	Point 3, Point 6, Point 11
1.4.2.3	Protecteurs réglables limitant l'accès	non applicable	La cellule ne comporte aucun protecteur réglable : l'espace de travail du robot est entouré de protecteurs fixes (1.4.2.1) et de la porte de maintenance à dispositif de verrouillage (1.4.2.2), et l'ouverture de chargement est sécurisée par un rideau lumineux (1.4.3). Un accès réglable aux éléments mobiles n'est pas nécessaire pour le processus de travail (notice d'instructions, chapitres 2.5 et 4.3).	
1.4.3	Exigences particulières pour les dispositifs de protection	**applicable**	Rideau lumineux de type 4 d'une résolution de 30 mm à l'ouverture de chargement (SF-02, PL e, catégorie 4) sans muting, distance de sécurité selon l'EN ISO 13855:2024, distance d'arrêt mesurée de la table tournante de 45 mm pour 60 mm admissibles ; dispositif de validation à trois positions sur la console de programmation (SF-05). Rapport d'essai : rideau lumineux et mesure de la distance d'arrêt réussis. Notice d'instructions, chapitre 2.5.	Point 2, Point 32
1.5.1	Alimentation en énergie électrique	**applicable**	Équipement électrique selon l'EN 60204-1:2018, objectifs de sécurité de la directive basse tension conformément à l'annexe III, point 1.5.1 (notice d'instructions, chapitre 1.4). Rapport d'essai électrique : conducteur de protection 0,08 Ω, impédance de la boucle de défaut 0,28 Ω avec condition de coupure satisfaite, résistance d'isolement > 100 MΩ à 500 V CC, tension résiduelle 1,9 s jusqu'à ≤ 60 V et conformité au schéma électrique réussis. Séparation de l'énergie et temps de décharge : chapitres 8.1 et 10.	Point 12, Point 13

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.5.2	Électricité statique	non applicable	L’appréciation du risque n’identifie aucun phénomène dangereux dû aux charges électrostatiques : la cellule ne traite que des assemblages en acier et aucune bande isolante, matière plastique ou liquide inflammable, et le lieu d’installation n’est pas situé en zone à atmosphère explosible (notice d’instructions, chapitres 1.1 et 7.3). Tous les sous-ensembles conducteurs, y compris la clôture périphérique, sont raccordés au conducteur de protection (rapport d’essai : conducteur de protection 0,08 Ω jusqu’au point de mise à la terre de la clôture périphérique).	
1.5.3	Alimentation en énergie autre qu’électrique	**applicable**	Système pneumatique selon l’EN ISO 4414:2010 à 6 bar avec vanne d’arrêt verrouillable à fonction d’échappement et indicateur de pression résiduelle ; gaz de protection M21 avec électrovanne normalement fermée. Rapport d’essai : essai de pression, essai d’étanchéité, état des flexibles et conduites, décharge de la pression résiduelle et étanchéité des parties véhiculant des fluides réussis. Notice d’instructions, chapitres 4.1, 7.4 et 10.	Point 5, Point 21, Point 23
1.5.4	Erreurs de montage	**applicable**	Assemblage selon une séquence définie avec couples de serrage conformément au plan d’installation RSZ-2600-LAY-001 (notice d’instructions, chapitre 8.2) ; cheminement des câbles, raccordements des blindages et liaison équipotentielle uniquement conformément au schéma électrique RSZ-2600-EPL-001, avec un panneau textuel sur l’armoire de commande (chapitres 2.4 et 7.3) ; dispositifs de serrage spécifiques aux pièces uniquement après libération par le fabricant (chapitre 3) ; après le remplacement de la source de courant de soudage, de la commande du robot ou de composants de sécurité, nouvel essai fonctionnel des SF-01 à SF-05 (chapitre 7.3).	Point 14, Point 29
1.5.5	Températures extrêmes	**applicable**	Temporisation de refroidissement pour chaque programme de soudage avec voyant rouge au poste de retrait, surveillance de la température au col de cygne de la torche avec affichage de l’autorisation, températures de contact selon l’EN ISO 13732-1:2008 comme référence de conception ; signal d’avertissement W017 et protection des mains : notice d’instructions, chapitres 2.4, 2.5 et 9.1.	Point 15, Point 17
1.5.6	Incendie	**applicable**	Encoffrement avec panneaux de remplissage non combustibles, pré-séparateur d’étincelles, surveillance de la température de la cartouche filtrante, clapets d’arrêt motorisés, détecteurs de fumée et de CO, poursuite du fonctionnement de l’aspiration pendant au moins 10 minutes ; comportement en cas d’incendie dans l’unité d’aspiration et transmission de l’alarme incendie par l’exploitant : notice d’instructions, chapitres 1.2, 2.5 et 9.5.	Point 16, Point 34

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.5.7	Explosion	non applicable	L'appréciation du risque n'identifie aucun phénomène dangereux d'explosion, et le profil de machine du projet n'indique aucune atmosphère explosive : le gaz de protection M21 (82 pour cent d'argon, 18 pour cent de CO2) est ininflammable, aucun autre gaz n'est utilisé et le fonctionnement dans des zones à atmosphère explosible est exclu (notice d'instructions, chapitres 1.1, 1.3 et 2.1). Le phénomène dangereux d'incendie dû aux étincelles dans la cartouche filtrante est traité au point 1.5.6.	
1.5.8	Bruit	**applicable**	Niveau de pression acoustique d'émission au poste de chargement LpA = 84 dB(A), K = 2,5 dB selon l'EN ISO 11202:2010, niveau de puissance acoustique LWA = 96 dB(A) selon l'EN ISO 3746:2010, déclaration selon l'EN ISO 4871:2009 avec conditions de mesure et valeur de crête pondérée C (rapport d'essai : niveau de pression acoustique d'émission, niveau de puissance acoustique et indication du bruit dans la notice d'instructions réussis) : notice d'instructions, chapitre 3 ; réduction du bruit lors de l'assemblage : chapitre 8.2.	Point 24
1.5.9	Vibrations	non applicable	L'appréciation du risque n'identifie aucun phénomène dangereux dû aux vibrations : la cellule est une machine fixe ancrée au sol, sans outils tenus ou guidés à la main et sans siège ni poste de conduite, et l'opérateur se tient sur la plate-forme de travail debout devant la cellule (notice d'instructions, chapitres 4.2 et 7.2). L'entraînement de la table tournante est monté sur des supports élastiques (phénomène dangereux n° 24, étape 1).	
1.5.10	Rayonnement	**applicable**	Rayonnement optique de l'arc : encoffrement avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage, fenêtres d'observation et rideau de soudage, interverrouillage de la porte de maintenance jusqu'à l'extinction de l'arc, signal d'avertissement W027. Champs électromagnétiques : accès à proximité des câbles de soudage uniquement avec le courant de soudage coupé, signal d'avertissement W006 et signal d'interdiction P007. Notice d'instructions, chapitres 2.4 et 2.5.	Point 18, Point 19
1.5.11	Rayonnements extérieurs	**applicable**	Immunité pour l'environnement industriel selon l'EN IEC 61000-6-2:2019, mesure sur l'installation complète dans le rapport d'essai RSZ-2600-EMV-001 (rapport d'essai CEM réussi) ; câbles de sécurité blindés et goulottes séparées pour les câbles de courant de soudage et les câbles de commande : notice d'instructions, chapitre 7.3.	Point 14
1.5.12	Rayonnement laser	non applicable	La cellule ne comporte aucun équipement laser : le procédé de soudage est le soudage MAG (procédé 135), l'étendue de la fourniture selon la notice d'instructions, chapitre 1.1, ne comprend aucune source laser et l'appréciation du risque n'identifie aucun phénomène dangereux dû au rayonnement laser.	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.5.13	Émissions de matières et de substances dangereuses	**applicable**	Aspiration des fumées de soudage selon l'EN ISO 21904-1:2020 avec hotte de captage, 1800 m³/h, alarme de défaut en dessous de 1400 m³/h, classe de séparation W3 ; gaz de protection avec électrovanne normalement fermée ; changement de filtre à faible émission de poussière au moyen du système bag-in/bag-out. Rapport d'essai : substances dangereuses émises identifiées, captage à la source d'émission, efficacité, classe de filtration et surveillance, étanchéité et indications dans la notice d'instructions réussis. Notice d'instructions, chapitres 3, 9.1 et 10.2.	Point 20, Point 21, Point 22
1.5.14	Risque de rester prisonnier dans une machine	**applicable**	Déverrouillage de secours de la porte de maintenance depuis l'intérieur sans outil, dispositif de condamnation pour cadenas personnels contre l'enfermement, dégagement des personnes coincées au moyen du dispositif de desserrage des freins du robot et du frein moteur de la table tournante : notice d'instructions, chapitres 2.5 et 2.6.	Point 11
1.5.15	Risque de glisser, de trébucher ou de tomber	**applicable**	Câbles et flexibles acheminés hors de la surface au sol, passe-câbles résistant au passage de véhicules, marquages au sol jaunes et noirs, éclairage, signaux d'avertissement W011 et W007 (rapport d'essai : risques de trébuchement et de glissade, réussi) ; nettoyage du sol : notice d'instructions, chapitres 2.4, 2.5 et 10.2.	Point 10, Point 27
1.5.16	Foudre	non applicable	La cellule est destinée exclusivement à une installation dans des locaux intérieurs secs d'un hall de production, et toute utilisation en extérieur est exclue (notice d'instructions, chapitres 1.1, 2.1 et 7.3). Pendant son utilisation, elle n'est pas exposée aux effets de la foudre qui nécessiteraient sur la machine un système d'écoulement à la terre des charges électriques.	
1.6.1	Entretien d'une machine ou d'un produit connexe	**applicable**	Plan d'inspection et de maintenance avec des tâches quotidiennes à annuelles, maintenance machine arrêtée et séparée des sources d'énergie, contrôles fonctionnels des dispositifs de protection depuis l'extérieur de la cellule, diagnostic sur le panneau IHM depuis l'extérieur, formulaire de compte rendu de maintenance RSZ-2600-WNW-001 : notice d'instructions, chapitre 10.	
1.6.2	Accès aux postes de travail et aux points d'intervention pour la maintenance	**applicable**	Espace libre d'au moins 1,0 m tout autour et d'au moins 1,2 m devant la porte de maintenance, zone de commande et de dépose de 2,0 m devant l'ouverture de chargement, hauteur libre du hall d'au moins 3,2 m pour les travaux sur le toit de la cellule, accès à l'intérieur de la cellule par la porte de maintenance : notice d'instructions, chapitres 4.2 et 7.1.	Point 10

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.6.3	Séparation des sources d’énergie	**applicable**	Interrupteur principal avec position d’arrêt verrouillable, à coupure omnipolaire selon l’EN 60204-1:2018 ; vanne d’arrêt d’air comprimé verrouillable avec fonction d’échappement et indicateur de pression résiduelle selon l’EN ISO 4414:2010 ; séparation et sécurisation selon l’EN ISO 14118:2018 (rapport d’essai : tension résiduelle et décharge de la pression résiduelle réussis) : notice d’instructions, chapitres 2.5, 8.1 et 10.	Point 6, Point 12, Point 23, Point 33
1.6.4	Intervention de l’opérateur	**applicable**	Les interventions sont limitées : nettoyage de la torche commandé par programme avec coupe-fil, diagnostic sur le panneau IHM depuis l’extérieur de la cellule, contrôles fonctionnels depuis l’extérieur. Interventions inévitables (changement de fil, changement de torche, dégagement du robot) uniquement en mode de réglage avec la SF-05 ou avec l’installation séparée des sources d’énergie, changement de torche uniquement après autorisation par la surveillance de la température : notice d’instructions, chapitres 4.3, 9.3 et 10.4.	Point 8, Point 17
1.6.5	Nettoyage des parties internes	**applicable**	Le caisson du filtre de l’unité d’aspiration est nettoyé sans y pénétrer : changement de cartouche au moyen du système bag-in/bag-out, nettoyage avec un aspirateur industriel de classe de poussière H, pas de soufflage : notice d’instructions, chapitre 10.2.	Point 22
1.7.1	Informations et avertissements sur la machine et le produit connexe	**applicable**	Informations en texte clair sur le panneau IHM, colonne lumineuse et indicateurs : notice d’instructions, chapitre 9.2 ; signaux de sécurité selon l’EN ISO 7010:2020 : chapitre 2.4.	
1.7.1.1	Informations et dispositifs d’information	**applicable**	Panneau IHM avec sélection du programme, état de fonctionnement, messages de défaut en texte clair et intervalles de maintenance ; version et somme de contrôle du logiciel relatif à la sécurité sous « Info », sans connexion : notice d’instructions, chapitres 9.2 et 13.	
1.7.1.2	Dispositifs d’avertissement	**applicable**	Avertissement sonore de démarrage avant chaque démarrage automatique, colonne lumineuse verte, jaune et rouge, voyant rouge pendant la temporisation de refroidissement, messages en cas de défaillance de l’éclairage du poste de travail et en cas d’alarme incendie de l’unité d’aspiration, affichage « Télémaintenance active » : notice d’instructions, chapitres 9.2 et 13.	
1.7.2	Avertissement sur les risques résiduels	**applicable**	Signaux d’avertissement, d’interdiction et d’obligation selon l’EN ISO 7010:2020 et panneaux textuels aux points dangereux : notice d’instructions, chapitre 2.4 ; risques résiduels par phase de vie avec les mesures de prévention issues de l’appréciation du risque : chapitre 2.6.	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
1.7.3	Marquage des machines et des produits connexes	**applicable**	Plaque signalétique sur la paroi latérale droite de l’armoire de commande avec fabricant, type, numéro de série, année de construction, données de raccordement électrique, poids et marquage CE (notice d’instructions, chapitre 3). Rapport d’essai : indications vérifiées sur la plaque terminée ; celle-ci est apposée après la signature de la déclaration de conformité.	
1.7.4	Notice d’instructions	**applicable**	Notice d’instructions, édition 09/2026, version 1.1, 13 chapitres, établie conformément à l’annexe III, points 1.7.4 à 1.7.4.2 (chapitres 1.4 et 1.5). Rapport d’essai : indications de la notice d’instructions relatives aux substances dangereuses, indication du bruit dans la notice d’instructions et point A11 relatif à la protection contre la corruption réussis.	
1.7.4.1	Principes généraux de rédaction de la notice d’instructions	**applicable**	Structure suivant le cycle de vie, de la livraison à l’élimination, informations de sécurité regroupées au chapitre 2 et au début des chapitres consacrés aux tâches, avertissements gradués et liste des abréviations (chapitre 1.5), mauvais usage raisonnablement prévisible (chapitre 2.2), règle applicable aux traductions (chapitre 1.4).	
1.7.4.2	Contenu de la notice d’instructions	**applicable**	Contenu conforme à l’annexe III, point 1.7.4.2 : limites et usage (chapitres 1 et 2), caractéristiques techniques et valeurs d’émission sonore (chapitre 3), transport (chapitre 5), stockage (chapitre 6), installation (chapitre 7), assemblage et première mise en service (chapitre 8), utilisation (chapitre 9), maintenance (chapitre 10), démontage et élimination (chapitre 11), documents (chapitre 12) et cybersécurité avec version du logiciel et mises à jour (chapitre 13).	Point 24, Point 28, Point 40
1.7.5	Documentation commerciale	non applicable	La RSZ-2600 est une machine spéciale construite en exemplaire unique pour un seul exploitant (notice d’instructions, chapitre 4) ; aucun document commercial relatif à cette machine ne fait partie des documents du projet. Si de tels documents sont établis, leurs indications relatives à la sécurité et aux émissions doivent correspondre à la notice d’instructions.	
2.1	Machines et produits connexes destinés aux industries alimentaires et machines et produits connexes destinés aux industries cosmétiques ou pharmaceutiques	non applicable	La partie 2 s’applique aux machines destinées aux denrées alimentaires ou aux produits cosmétiques ou pharmaceutiques, aux machines portatives tenues ou guidées à la main, aux machines à bois et matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires et aux machines destinées à l’application de pesticides. La RSZ-2600 est une cellule de soudage fixe pour assemblages en acier (notice d’instructions, chapitre 2.1) et n’appartient à aucune de ces catégories.	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
2.2	Machines portatives tenues ou guidées à la main ou produits connexes	non applicable	La partie 2 s’applique aux machines destinées aux denrées alimentaires ou aux produits cosmétiques ou pharmaceutiques, aux machines portatives tenues ou guidées à la main, aux machines à bois et matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires et aux machines destinées à l’application de pesticides. La RSZ-2600 est une cellule de soudage fixe pour assemblages en acier (notice d’instructions, chapitre 2.1) et n’appartient à aucune de ces catégories.	
2.3	Machines ou produits connexes pour le travail du bois et de matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires	non applicable	La partie 2 s’applique aux machines destinées aux denrées alimentaires ou aux produits cosmétiques ou pharmaceutiques, aux machines portatives tenues ou guidées à la main, aux machines à bois et matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires et aux machines destinées à l’application de pesticides. La RSZ-2600 est une cellule de soudage fixe pour assemblages en acier (notice d’instructions, chapitre 2.1) et n’appartient à aucune de ces catégories.	
2.4	Machines ou produits connexes pour l’application de produits phytopharmaceutiques	non applicable	La partie 2 s’applique aux machines destinées aux denrées alimentaires ou aux produits cosmétiques ou pharmaceutiques, aux machines portatives tenues ou guidées à la main, aux machines à bois et matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires et aux machines destinées à l’application de pesticides. La RSZ-2600 est une cellule de soudage fixe pour assemblages en acier (notice d’instructions, chapitre 2.1) et n’appartient à aucune de ces catégories.	
3.2.1	Poste de conduite	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.2.2	Sièges	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
3.2.3	Postes pour d’autres personnes	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.2.4	Fonction de surveillance	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.3.1	Organes de service	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.3.2	Mise en marche/déplacement	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
3.3.3	Arrêt/freinage	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.3.4	Déplacement des machines à conducteur à pied	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.3.5	Défaillance du circuit de commande	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.4.1	Mouvements non commandés	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
3.4.2	Éléments mobiles de transmission	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.4.3	Retournement et basculement	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.4.4	Chute d’objets	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.4.5	Moyens d’accès	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
3.4.6	Dispositifs de remorquage	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.4.7	Transmission de puissance entre une machine automotrice (ou un tracteur) et une machine réceptrice	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.5.1	Batteries	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.5.2	Incendie	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
3.5.3	Émission de substances dangereuses	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.5.4	Risque de contact avec des lignes aériennes sous tension	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.6.1	Signaux, dispositifs de signalisation et avertissements	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.6.2	Marquage	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
3.6.3	Notice d’instructions (mobilité)	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.6.3.1	Vibrations	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.6.3.2	Utilisations multiples	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	
3.6.3.3	Machines mobiles autonomes ou produits connexes	non applicable	La partie 3 s’applique aux dangers dus à la mobilité des machines. La RSZ-2600 est un ensemble de machines fixe : le socle du robot et la table tournante sont ancrés dans le sol du hall au moyen de chevilles de charge (notice d’instructions, chapitres 7.2 et 8.2) ; la cellule ne se déplace pas, n’est pas à conducteur à pied et ne comporte ni poste de conduite ni place pour des personnes transportées. Le transport et le déplacement s’effectuent uniquement par unités de transport, installation à l’arrêt, au moyen de chariots de manutention ou d’une grue (chapitre 5).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
4.1.2	Protection contre les risques mécaniques	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.1	Risques dus au manque de stabilité	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.2	Machines ou produits connexes se déplaçant sur des guides ou sur des chemins de roulement	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.3	Résistance mécanique	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
4.1.2.4	Poulies, tambours, galets, câbles et chaînes	non applicable	La partie 4 s'applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d'un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l'opérateur (notice d'instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L'auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l'exploitant ; il ne fait partie ni de l'étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.5	Accessoires de levage et leurs composants	non applicable	La partie 4 s'applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d'un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l'opérateur (notice d'instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L'auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l'exploitant ; il ne fait partie ni de l'étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.6	Commande des mouvements	non applicable	La partie 4 s'applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d'un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l'opérateur (notice d'instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L'auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l'exploitant ; il ne fait partie ni de l'étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.7	Mouvements des charges lors de la manutention	non applicable	La partie 4 s'applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d'un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l'opérateur (notice d'instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L'auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l'exploitant ; il ne fait partie ni de l'étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
4.1.2.8	Machines desservant des paliers fixes	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.8.1	Mouvements de l’habitacle	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.8.2	Accès à l’habitacle	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.8.3	Risques dus au contact avec l’habitacle en mouvement	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
4.1.2.8.4	Risques dus à la chute de charges hors de l’habitacle	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.2.8.5	Paliers	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.1.3	Aptitude à l’emploi	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.2.1	Commande des mouvements	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
4.2.2	Contrôle des sollicitations	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.2.3	Installations guidées par câbles	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.3.1	Chaînes, câbles et sangles	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.3.2	Accessoires de levage	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
4.3.3	Machines de levage ou produits connexes	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.4.1	Accessoires de levage	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
4.4.2	Machines de levage ou produits connexes	non applicable	La partie 4 s’applique aux dangers dus aux opérations de levage. La RSZ-2600 ne lève pas de charges : la table tournante fait pivoter les pièces autour d’un axe vertical sans aucune variation de hauteur, le robot guide la torche de soudage, et le chargement et le déchargement sont effectués par l’opérateur (notice d’instructions, chapitres 4.1 et 4.3). L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg est fourni sur site par l’exploitant ; il ne fait partie ni de l’étendue de la fourniture ni du présent ensemble de machines (chapitre 1.1).	
5.1	Risques dus au manque de stabilité	non applicable	La partie 5 s’applique aux machines destinées à des travaux souterrains. La RSZ-2600 est destinée exclusivement à une installation dans un hall de production sec (notice d’instructions, chapitres 2.1 et 7.3).	
5.2	Mobilité	non applicable	La partie 5 s’applique aux machines destinées à des travaux souterrains. La RSZ-2600 est destinée exclusivement à une installation dans un hall de production sec (notice d’instructions, chapitres 2.1 et 7.3).	
5.3	Organes de service	non applicable	La partie 5 s’applique aux machines destinées à des travaux souterrains. La RSZ-2600 est destinée exclusivement à une installation dans un hall de production sec (notice d’instructions, chapitres 2.1 et 7.3).	
5.4	Arrêt du déplacement	non applicable	La partie 5 s’applique aux machines destinées à des travaux souterrains. La RSZ-2600 est destinée exclusivement à une installation dans un hall de production sec (notice d’instructions, chapitres 2.1 et 7.3).	

N°	Exigence	Statut	Justification / preuve	Phénomènes dangereux
5.5	Incendie	non applicable	La partie 5 s’applique aux machines destinées à des travaux souterrains. La RSZ-2600 est destinée exclusivement à une installation dans un hall de production sec (notice d’instructions, chapitres 2.1 et 7.3).	
5.6	Émission de gaz d’échappement	non applicable	La partie 5 s’applique aux machines destinées à des travaux souterrains. La RSZ-2600 est destinée exclusivement à une installation dans un hall de production sec (notice d’instructions, chapitres 2.1 et 7.3).	
6.1	Généralités (levage de personnes)	non applicable	La partie 6 s’applique aux machines présentant des dangers dus au levage de personnes. La RSZ-2600 ne lève ni ne transporte de personnes. La plate-forme de travail debout réglable en hauteur du poste de chargement est réglée à la taille de l’opérateur avant le début du travail et sert de surface pour se tenir debout pendant le travail (notice d’instructions, chapitres 4.2 et 9.4).	
6.2	Organes de service	non applicable	La partie 6 s’applique aux machines présentant des dangers dus au levage de personnes. La RSZ-2600 ne lève ni ne transporte de personnes. La plate-forme de travail debout réglable en hauteur du poste de chargement est réglée à la taille de l’opérateur avant le début du travail et sert de surface pour se tenir debout pendant le travail (notice d’instructions, chapitres 4.2 et 9.4).	
6.3	Risques pour les personnes se trouvant dans ou sur l’habitacle	non applicable	La partie 6 s’applique aux machines présentant des dangers dus au levage de personnes. La RSZ-2600 ne lève ni ne transporte de personnes. La plate-forme de travail debout réglable en hauteur du poste de chargement est réglée à la taille de l’opérateur avant le début du travail et sert de surface pour se tenir debout pendant le travail (notice d’instructions, chapitres 4.2 et 9.4).	
6.4	Machines ou produits connexes desservant des paliers fixes	non applicable	La partie 6 s’applique aux machines présentant des dangers dus au levage de personnes. La RSZ-2600 ne lève ni ne transporte de personnes. La plate-forme de travail debout réglable en hauteur du poste de chargement est réglée à la taille de l’opérateur avant le début du travail et sert de surface pour se tenir debout pendant le travail (notice d’instructions, chapitres 4.2 et 9.4).	
6.5	Marquage (levage de personnes)	non applicable	La partie 6 s’applique aux machines présentant des dangers dus au levage de personnes. La RSZ-2600 ne lève ni ne transporte de personnes. La plate-forme de travail debout réglable en hauteur du poste de chargement est réglée à la taille de l’opérateur avant le début du travail et sert de surface pour se tenir debout pendant le travail (notice d’instructions, chapitres 4.2 et 9.4).	

Pour les mesures de prévention par phénomène dangereux, voir l’appréciation du risque.

2. Normes appliquées

normes appliquées issues de la liste de contrôle

Remarques selon le Journal officiel: EN ISO 11202:2010: Le Journal officiel cite cette norme avec EN ISO 11202:2010/A1:2021. La présomption de conformité se rapporte à la version citée. La version sans la modification a perdu la présomption de conformité le 11/10/2023.
EN ISO 14119:2025: Le Journal officiel cite cette norme avec EN ISO 14119:2025/A11:2026. La présomption de conformité se rapporte à la version citée.

Normes de type A (normes fondamentales de sécurité) (1)

Norme	Titre	Répertorié sous
EN ISO 12100:2010	Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction (ISO 12100:2010)	2006/42/CE

Normes de type B (normes génériques de sécurité) (20)

Norme	Titre	Répertorié sous
EN 1005-2:2003+A1:2008	Safety of machinery - Human physical performance - Part 2: Manual handling of machinery and component parts of machinery	2006/42/CE
EN 60204-1:2018	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements	2006/42/CE, 2014/35/EU
EN IEC 61000-6-2:2019	Electromagnetic compatibility (EMC). Part 6-2: Generic standards. Immunity for industrial environments	2014/30/EU
EN IEC 61000-6-4:2019	Electromagnetic compatibility (EMC). Part 6-4: Generic standards. Emission standard for industrial environments	2014/30/EU
EN ISO 11161:2007+A1:2010	Safety of machinery. Integrated manufacturing systems. Basic requirements	2006/42/CE
EN ISO 11202:2010	Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment - Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions applying approximate environmental corrections (ISO 11202:2010)	2006/42/CE
EN ISO 13732-1:2008	Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 1: Hot surfaces (ISO 13732-1:2006)	2006/42/CE
EN ISO 13849-1:2023	Safety of machinery - Safety-related parts of control systems - Part 1: General principles for design (ISO 13849-1:2023)	2006/42/CE

Norme	Titre	Répertorié sous
EN ISO 13849-2:2012	Safety of machinery - Safety-related parts of control systems - Part 2: Validation (ISO 13849-2:2012)	2006/42/CE
EN ISO 13850:2015	Safety of machinery - Emergency stop function - Principles for design (ISO 13850:2015)	2006/42/CE
EN ISO 13854:2019	Safety of machinery - Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body (ISO 13854:2017)	2006/42/CE
EN ISO 13855:2024	Safety of machinery - Positioning of safeguards with respect to the approach of the human body (ISO 13855:2024)	2006/42/CE
EN ISO 13857:2019	Safety of machinery - Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs (ISO 13857:2019)	2006/42/CE
EN ISO 14118:2018	Safety of machinery - Prevention of unexpected start-up (ISO 14118:2017)	2006/42/CE
EN ISO 14119:2025	Safety of machinery - Interlocking devices associated with guards - Principles for design and selection (ISO 14119:2024)	2006/42/CE
EN ISO 14120:2015	Safety of machinery - Guards - General requirements for the design and construction of fixed and movable guards (ISO 14120:2015)	2006/42/CE
EN ISO 3746:2010	Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane (ISO 3746:2010)	2000/14/CE, 2006/42/CE
EN ISO 4414:2010	Pneumatic fluid power - General rules and safety requirements for systems and their components (ISO 4414:2010)	2006/42/CE
EN ISO 4871:2009	Acoustics - Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment (ISO 4871:1996)	2000/14/CE, 2006/42/CE
EN ISO 7010:2020	Graphical symbols. Safety colours and safety signs. Registered safety signs	

Normes de type C (normes de sécurité par catégorie de machines) (3)

Norme	Titre	Répertorié sous
EN ISO 10218-1:2025	Robotics - Safety requirements - Part 1: Industrial robots (ISO 10218-1:2025)	2006/42/CE
EN ISO 10218-2:2025	Robotics - Safety requirements - Part 2: Industrial robot applications and robot cells (ISO 10218-	2006/42/CE

Norme	Titre	Répertorié sous
	2:2025)	
EN ISO 21904-1:2020	Health and safety in welding and allied processes - Equipment for capture and separation of welding fume - Part 1: General requirements (ISO 21904-1:2020)	2006/42/CE

3. Déclaration de conformité

Annexe V du règlement (UE) 2023/1230

DÉCLARATION UE DE CONFORMITÉ

conformément à l'annexe V partie A du règlement machines (UE) 2023/1230

1. Identification du produit

Désignation: Cellule de soudage robotisée RSZ-2600 (ensemble de machines)

Type / Modèle: RSZ-2600

Numéro de série / Plage: RSZ2600-2026-0001

Année de fabrication: 2026

2. Coordonnées du fabricant

Muster Maschinenbau GmbH

Beispielstraße 1

12345 Musterstadt, Allemagne

4. La présente déclaration de conformité est établie sous la seule responsabilité du fabricant.

5. Objet de la déclaration

Cellule de soudage robotisée RSZ-2600 (ensemble de machines), RSZ-2600

6. Législation d'harmonisation de l'Union applicable

L'objet de la déclaration décrit ci-dessus est conforme à la législation d'harmonisation de l'Union suivante :

Règlement machines (UE) 2023/1230 (JO L 165 du 29.6.2023, p. 1)

Autres législations d'harmonisation de l'Union applicables

La conformité avec les législations de l'Union suivantes est également déclarée :

- Directive CEM 2014/30/UE (JO L 96 du 29.3.2014, p. 79)

7. Normes harmonisées appliquées

- —

Aucune référence de normes harmonisées au sens de l’article 20, paragraphe 1, du règlement (UE) 2023/1230 n’a encore été publiée au Journal officiel de l’Union européenne. Les normes appliquées sont donc indiquées en tant qu’autres spécifications techniques, avec leur édition (annexe V, partie A, point 7).

Autres normes et spécifications techniques appliquées

- EN ISO 12100:2010
- EN ISO 13849-1:2023
- EN 60204-1:2018
- EN ISO 13857:2019
- EN ISO 13855:2024

- EN ISO 14120:2015
- EN ISO 11161:2007+A1:2010 (parties appliquées: concept de zones, modes de fonctionnement et interfaces entre les sous-machines)
- EN ISO 10218-2:2025
- EN ISO 4414:2010
- EN ISO 13850:2015
- EN ISO 13854:2019
- EN ISO 11202:2010+A1:2021
- EN ISO 4871:2009
- EN IEC 61000-6-2:2019
- EN IEC 61000-6-4:2019
- EN ISO 14119:2025+A11:2026
- EN ISO 14118:2018
- EN ISO 13849-2:2012
- EN ISO 10218-1:2025
- EN ISO 13732-1:2008
- EN ISO 21904-1:2020
- EN ISO 3746:2010
- EN ISO 7010:2020

9. Procédure d'évaluation de la conformité (Règlement machines (UE) 2023/1230)

La machine ou le produit connexe sont soumis à la procédure d'évaluation de la conformité sur la base du contrôle interne de la fabrication (module A).

Contrôle interne de la production (module A, annexe VI)

Nous déclarons par la présente, sous notre seule responsabilité, que la machine décrite ci-dessus est conforme à l'ensemble des dispositions pertinentes du règlement machines (UE) 2023/1230. La machine satisfait aux exigences essentielles de santé et de sécurité de l'annexe III du règlement machines (UE) 2023/1230. La conformité avec les législations de l'Union suivantes est également déclarée : Directive CEM 2014/30/UE (JO L 96 du 29.3.2014, p. 79).

10. Informations complémentaires

Signé par et au nom de : Muster Maschinenbau GmbH

Musterstadt, le 15 mars 2027



M. Beispiel
Responsable CE

4. Documentation technique

Annexe IV du règlement (UE) 2023/1230 (législation sur les machines)

Documentation technique selon l'annexe IV, partie A, du règlement (UE) 2023/1230

66 sur 68 points terminés (97 %) · Points obligatoires ouverts : 0 sur 41

1. Informations générales (5/5)

Informations de base sur le produit et le fabricant · Annexe IV, partie A, du règlement sur les machines, marquage selon l'annexe III, point 1.7.3, du règlement sur les machines

Nom et adresse du fabricant OBLIGATOIRE Terminé

Dénomination sociale complète et adresse postale

Note: Repris des données du projet : données du fabricant issues des paramètres. Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, feuille maîtresse Documentation technique.

Nom et adresse du mandataire (le cas échéant) Non applicable

Uniquement si un mandataire a été désigné dans l'UE

Note: Non applicable : le fabricant est établi dans l'Union européenne ; un mandataire au sens de l'article 3, point 19), du règlement sur les machines (désignation conformément à l'article 12 du règlement sur les machines) n'a donc pas été désigné.

Justification (n. appl.): Le fabricant Muster Maschinenbau GmbH est établi dans l'UE (Allemagne) et remplit lui-même toutes les obligations du fabricant au titre du règlement (UE) 2023/1230. Un mandataire au sens de l'article 3, point 19), du règlement (désignation conformément à l'article 12) n'a donc pas été désigné.

Désignation de la machine / désignation du produit OBLIGATOIRE Terminé

Désignation univoque, y compris type, série, modèle

Note: Repris des données du projet : désignation de la machine issue du projet. Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, feuille maîtresse Documentation technique.

Numéro de série / gamme OBLIGATOIRE Terminé

Identification unique de chaque machine

Note: Numéro de série RSZ2600-2026-0001. Exemplaire unique fabriqué en tant que machine spéciale, pas en série. Indiqué sur la plaque signalétique et dans la déclaration de conformité.

Année de construction OBLIGATOIRE Terminé

Année d'achèvement du processus de fabrication

Note: 2026. Indiqué sur la plaque signalétique conformément à l'annexe III, point 1.7.3, du règlement sur les machines et dans la déclaration de conformité.

2. Description générale de la machine (4/4)

Description technique et utilisation prévue · Annexe IV, partie A, point a), du règlement sur les machines

Description générale de la machine OBLIGATOIRE Terminé

Principe de fonctionnement, conception, composants principaux

Note: Document RSZ-2600-TD-001 Description du système, rév. A. Cellule de soudage robotisée comprenant un robot à bras articulé (quasi-machine avec déclaration UE d'incorporation), une table tournante à deux postes, une source de courant de soudage MAG, une aspiration des fumées de soudage, une clôture périphérique avec porte de maintenance à interverrouillage et un rideau lumineux au poste de chargement. Mise sur le marché en tant qu'ensemble de machines conformément à l'article 3, point 1, d), du règlement (UE) 2023/1230.

Utilisation prévue OBLIGATOIRE Terminé

Usage auquel la machine est destinée, y compris le mauvais usage raisonnablement prévisible

Note: Repris des données du projet : utilisation prévue issue de l'appréciation du risque (étape 1). Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, appréciation du risque, section Utilisation prévue.

Limites de la machine OBLIGATOIRE Terminé

Limites d'utilisation, limites dans l'espace, limites dans le temps (durée de vie, intervalles de maintenance)

Note: Repris des données du projet : limites de la machine issues de l'appréciation du risque (étape 1). Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, appréciation du risque, section Limites de la machine.

Plans, photos et schémas OBLIGATOIRE Terminé

Vue d'ensemble, vues de détail des zones importantes pour la sécurité

Note: Jeu de plans RSZ-2600-ZG-001 à -042, rév. B, avec vue d'ensemble, coupes de la table tournante, détail de la clôture périphérique et de la fixation du rideau lumineux. Archivage dans le PDM sous le projet MUSTER-2026-001.

3. Appréciation du risque (5/5)

Documentation de l'appréciation du risque selon l'EN ISO 12100 · Annexe IV, partie A, point b), du règlement sur les machines

Description de la procédure appliquée OBLIGATOIRE Terminé

Méthodologie selon EN ISO 12100 (estimation, évaluation et réduction du risque)

Note: Repris des données du projet : appréciation du risque dans le projet (méthodologie selon l'EN ISO 12100, documentée dans l'export de l'appréciation du risque). Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, appréciation du risque, section méthodologie.

Liste de tous les phénomènes dangereux identifiés OBLIGATOIRE Terminé

Identification systématique des phénomènes dangereux pour toutes les phases de vie

Note: Repris des données du projet : 42 phénomènes dangereux dans l'appréciation du risque. Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, appréciation du risque (module 1 du dossier).

Objectifs de protection / exigences appliqués OBLIGATOIRE Terminé

Exigences essentielles de santé et de sécurité (annexe III du règlement sur les machines) qui sont applicables

Liste des exigences : 56 applicable(s), 73 non applicable(s), 0 ouverte(s) (sur 129)

Note: Comparaison avec les exigences essentielles de santé et de sécurité de l'annexe III du règlement (UE) 2023/1230 : liste de contrôle RSZ-2600-TD-003, rév. A. Points clés : 1.1.9, 1.2.1, 1.2.4.3, 1.2.4.4, 1.2.5, 1.2.6, 1.3.7, 1.4.1, 1.4.2.2, 1.5.1, 1.5.8, 1.5.10, 1.5.13, 1.6.3, 1.7.1, 1.7.3, 1.7.4.

Description des mesures de prévention OBLIGATOIRE Terminé

Méthode en 3 étapes : prévention intrinsèque → protection → informations pour l'utilisation

Note: Repris des données du projet : mesures par phénomène dangereux dans l'appréciation du risque. Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, appréciation du risque (module 1 du dossier).

Risques résiduels et leur évaluation OBLIGATOIRE Terminé

Documentation des risques résiduels acceptés, avec justification

Note: Repris des données du projet : acceptation du risque résiduel documentée dans l'appréciation du risque. Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, appréciation du risque, documentation du risque résiduel.

4. Normes et directives (3/3)

Normes appliquées et directives respectées · Annexe IV, partie A, points e) et f), du règlement sur les machines

Liste de toute la législation d'harmonisation de l'Union appliquée OBLIGATOIRE Terminé

Directive 2006/42/CE relative aux machines, règlement (UE) 2023/1230, directive CEM, directive basse tension, etc.

Note: Repris des données du projet : directives issues de l'analyse des normes et de la déclaration de conformité. Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, analyse des normes et déclaration de conformité.

Références des normes harmonisées ou des spécifications communes appliquées OBLIGATOIRE

Non applicable

Références des normes harmonisées selon l'article 20, paragraphe 1, ou des spécifications communes selon l'article 20, paragraphe 3, du règlement sur les machines, avec, en cas d'application partielle, les parties appliquées (annexe IV, partie A, point e), du règlement sur les machines) ; tant qu'aucune norme relative au règlement sur les machines n'est citée au Journal officiel, « non applicable » avec justification

Note: Repris des données du projet : 24 normes dans la liste de contrôle des normes. Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, liste de contrôle des normes (module 2 du dossier).

Justification (n. appl.): Aucune norme harmonisée au titre de l'article 20, paragraphe 1, et aucune spécification commune au titre de l'article 20, paragraphe 3, du règlement (UE) 2023/1230 sur les machines n'ont encore été publiées au Journal officiel. Les 24 normes de la liste de contrôle des normes sont donc documentées en tant qu'autres spécifications techniques (rubrique « Autres spécifications techniques », déclaration de conformité n° 7).

Autres spécifications techniques OBLIGATOIRE Terminé

Descriptions des autres spécifications techniques utilisées pour satisfaire aux exigences essentielles, dans la mesure où les normes harmonisées ou les spécifications communes n'ont pas été appliquées ou ne l'ont été que partiellement (annexe IV, partie A, point f), du règlement sur les machines)

Note: Les 24 normes de la liste de contrôle des normes (module 2 du dossier) sont appliquées dans l'édition indiquée ; tant qu'aucune référence n'a été publiée au titre du règlement sur les machines, elles valent comme autres spécifications techniques et sont mentionnées en tant que telles dans la déclaration de conformité. Normes de produit relatives aux composants : la justification pour le composant concerné incombe au fournisseur. Lorsque l'intégrateur applique en outre l'une de ces normes pour l'intégration, cela est indiqué ci-dessous ; la déclaration de conformité énumère également ces normes. EN IEC 61496-1:2020 et EN IEC 61496-2:2020 (rideau lumineux de type 4, justification fournie par le fabricant de l'ESPE), EN IEC 60974-1:2022 (source de courant de soudage, conformité du fournisseur via les directives basse tension et CEM), EN ISO 21904-1:2020 (aspiration des fumées de soudage : justification pour le composant fournie par le fabricant de l'équipement ; l'intégrateur applique la norme pour l'intégration de l'aspiration dans la cellule), EN ISO 10218-1:2025 (robot : justification pour le composant par la déclaration UE d'incorporation selon l'annexe V, partie B, accompagnée de la notice d'assemblage ; l'intégrateur applique la norme pour l'intégration, par exemple pour le choix du mode de fonctionnement, le dispositif de validation et la vitesse réduite de manière sûre). Utilisée par l'intégrateur comme base de choix et de conception, sans présomption de conformité : EN ISO 25980:2023 (rideaux et écrans de soudage).

5. Plans et calculs (11/11)

Dossier technique et justificatifs · Annexe IV, partie A, points c), d), g), m) et n), du règlement sur les machines

Plan général / dessin d'ensemble OBLIGATOIRE Terminé

Dessin d'ensemble à l'échelle avec dimensions principales

Note: Plan d'implantation RSZ-2600-LAY-001, rév. C : plan d'installation avec clôture périphérique, porte de maintenance, rideau lumineux, poste de chargement, voie d'évacuation et distances minimales par rapport aux installations voisines.

Dessins détaillés, de conception et de fabrication OBLIGATOIRE Terminé

Dessins de conception et de fabrication ainsi que schémas de la machine, de ses composants, sous-ensembles et circuits (annexe IV, partie A, point c), du règlement sur les machines)

Note: Jeu de plans libéré RSZ-2600-ZG-001 à -042, rév. B : plans d'assemblage et plans de pièces de la table tournante, du socle du robot, de la clôture périphérique avec porte de maintenance et du pupitre de commande ; circuits dans le schéma électrique RSZ-2600-EPL-001, le schéma pneumatique RSZ-2600-PPL-001 et le schéma de sécurité RSZ-2600-SPL-001 ; calculs dans le justificatif de résistance RSZ-2600-BER-001. Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001.

Descriptions et explications relatives aux plans et au fonctionnement OBLIGATOIRE Terminé

Descriptions et explications nécessaires à la compréhension des dessins et schémas ainsi que du fonctionnement de la machine (annexe IV, partie A, point d), du règlement sur les machines)

Note: Description du système RSZ-2600-TD-001, rév. A : conception, principe de fonctionnement, modes de fonctionnement et déroulement d'un cycle de soudage avec renvois au plan d'installation et aux schémas électriques et pneumatiques ; le fonctionnement des dispositifs de sécurité est décrit dans les spécifications des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05. Vérifié le 18 août 2026 ; lieu d'archivage : système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001.

Schémas de circuits (électriques, pneumatiques, hydrauliques) OBLIGATOIRE Terminé

Schémas électriques complets de tous les circuits de commande (électriques selon EN 60204-1) ; en l'absence d'un tel équipement, « non applicable » avec justification

Note: Schéma électrique RSZ-2600-EPL-001 selon l'EN 60204-1, paragraphe 17, avec plan de bornes et liste des équipements. Schéma pneumatique RSZ-2600-PPL-001 selon l'EN ISO 4414, avec unité de conditionnement d'air, distributeur d'échappement de sécurité et brides de serrage des pièces. Pas d'hydraulique sur cette machine.

Schémas de circuits de sécurité / fonctions de sécurité OBLIGATOIRE Terminé

Représentation de toutes les parties relatives à la sécurité du système de commande (SRP/CS) ; en l'absence de système de commande relatif à la sécurité, « non applicable » avec justification

Note: Schéma de sécurité RSZ-2600-SPL-001 avec fonctions de sécurité SF-01 à SF-05, affectation des capteurs, de l'automate de sécurité et des chaînes de coupure, circuits de rétroaction des contacteurs à contacts guidés.

Calculs de résistance / statique OBLIGATOIRE Terminé

Justificatifs de calcul pour les éléments porteurs, les cordons de soudure, etc.

Note: Justificatif de résistance RSZ-2600-BER-001 : bâti de base de la table tournante, socle du robot, ancrage avec 2 × 4 chevilles de charge M16 et clôture périphérique.

Preuve du niveau de performance par fonction de sécurité OBLIGATOIRE Terminé

PL atteint (a à e) selon EN ISO 13849-1 ou SIL selon EN IEC 62061, avec la validation selon EN ISO 13849-2 ; en l'absence de fonctions de sécurité du système de commande, « non applicable » avec justification

Note: Projets SISTEMA RSZ-2600-SF01 à -SF05 avec rapports au format PDF. Vérification PL supérieur ou égal au PLr satisfaite pour les cinq fonctions de sécurité (SF-01 PL d, SF-02 PL e, SF-03 PL d, SF-04 PL e, SF-05 PL d). Validation selon l'EN ISO 13849-2 documentée dans RSZ-2600-VAL-001.

Rapport d’essai CEM Terminé

Justificatif de la compatibilité électromagnétique selon la directive CEM

Note: Rapport d’essai CEM RSZ-2600-EMV-001 : immunité selon l’EN IEC 61000-6-2:2019 et émission selon l’EN IEC 61000-6-4:2019 pour les environnements industriels vérifiées, y compris la prise en compte des effets de la source de courant de soudage sur l’automate de sécurité. La vérification de l’immunité renforcée des fonctions de sécurité reste ouverte (voir le procès-verbal d’essai CEM).

Rapport de mesure du bruit Terminé

Valeurs mesurées avec leur incertitude, la norme de mesure appliquée et les conditions de fonctionnement (norme de mesure du bruit de la norme de type C, sinon EN ISO 11201/11204 ou EN ISO 3744/3746) ; indication requise dans la notice d’instructions

Note: Rapport de mesure du bruit RSZ-2600-LRM-001 : détermination selon l’EN ISO 11202:2010, déclaration et vérification selon l’EN ISO 4871:2009. Niveau de pression acoustique d’émission au poste de chargement LpA 84 dB(A), incertitude K = 2,5 dB, niveau de puissance acoustique pondéré A LWA 96 dB(A), incertitude KWA = 3 dB (EN ISO 3746, classe de précision 3). Condition de fonctionnement et méthode de mesure décrites dans le rapport.

Code source ou logique programmée du logiciel relatif à la sécurité Terminé

À présenter sur demande motivée d’une autorité nationale compétente, dans la mesure où celle-ci en a besoin pour vérifier le respect des exigences essentielles de santé et de sécurité de l’annexe III du règlement sur les machines (annexe IV, partie A, point m), du règlement sur les machines)

Note: Conservé par le fabricant et transmis sur demande motivée d’une autorité nationale compétente (annexe IV, partie A, point m), du règlement sur les machines) : programme de l’automate de sécurité comme projet du logiciel d’ingénierie, configuration de sécurité de la commande du robot et paramétrage du rideau lumineux, chacun avec version et somme de contrôle telles qu’enregistrées dans le procès-verbal de réception et dans la nomenclature logicielle (SBOM) RSZ-2600-SBOM-001. Archivé dans le système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001. Le micrologiciel et le logiciel d’exploitation des commandes achetées restent chez le fournisseur respectif.

Caractéristiques, capacités et limites des fonctions reposant sur des capteurs, télécommandées ou autonomes

Non applicable

Pour les machines à capteurs, télécommandées ou autonomes dont le fonctionnement relatif à la sécurité est piloté par des données de capteurs : description des caractéristiques générales, des capacités et des limites du système, des données ainsi que des procédures de développement, d’essai et de validation (annexe IV, partie A, point n), du règlement sur les machines)

Justification (n. appl.): La cellule n’est pas une machine reposant sur des capteurs, télécommandée ou autonome au sens de l’annexe IV, partie A, point n), du règlement sur les machines : le robot exécute des programmes de soudage fixes et approuvés. Les capteurs de la cellule (rideau lumineux, interverrouillage, pressostat, capteurs de présence de pièce) agissent comme moyens de protection ou comme conditions d’autorisation dans une séquence fixe ; le fonctionnement relatif à la sécurité n’est pas déduit de données de capteurs. La télémaintenance n’atteint que la commande standard et le panneau IHM, et les ordres de mouvement ne sont possibles que depuis des postes de commande offrant une vue sur la zone dangereuse (phénomène dangereux 44).

6. Contrôles et essais (5/5)

Rapports d’essai et documentation de réception · Annexe IV, partie A, points g) et o), du règlement sur les machines

Rapports d’essai / résultats d’essai OBLIGATOIRE Terminé

Résultats de tous les essais et mesurages effectués

Note: Rapports d’essai RSZ-2600-PRP-001, essais en usine sur la cellule de référence (voir le chapitre Rapports d’essai).

Essai fonctionnel des dispositifs de sécurité OBLIGATOIRE Terminé

Justificatif du fonctionnement de tous les moyens de protection (arrêt d'urgence, protecteurs mobiles avec dispositif de verrouillage, rideaux lumineux)

Note: Essai fonctionnel des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 selon le plan de validation RSZ-2600-VAL-001 sur la cellule de référence.

Contrôle du conducteur de protection / mesure de l'isolement OBLIGATOIRE Terminé

Essai de sécurité électrique selon EN 60204-1 ; en l'absence d'équipement électrique, « non applicable » avec justification

Note: Essai électrique selon l'EN 60204-1, paragraphe 18, rapport d'essai RSZ-2600-ELP-001 : continuité du système de conducteurs de protection, impédance de la boucle de défaut, résistance d'isolement, protection contre les tensions résiduelles et essai fonctionnel. L'essai de tension facultatif selon le paragraphe 18.4 n'est pas réalisé (voir le rapport d'essai).

Essais sur les composants et accessoires en vue d'un assemblage sûr OBLIGATOIRE Terminé

Rapports et résultats des essais que le fabricant a réalisés sur les composants et accessoires ou sur la machine complète afin de déterminer si, de par sa conception ou sa construction, la machine peut être assemblée et mise en service en toute sécurité

Note: Essais d'assemblage sûr et de mise en service lors du montage de la cellule de référence dans l'usine du fabricant : alignement et ancrage de la table tournante et du socle du robot avec chacun quatre chevilles de charge M16 (calcul de résistance RSZ-2600-BER-001, couple de serrage selon l'agrément des chevilles), installation du robot conformément à la notice d'assemblage du fabricant du robot et aux conditions d'installation de sa déclaration UE d'incorporation, assemblage de la clôture périphérique, de la porte de maintenance et du rideau lumineux conformément au plan d'installation RSZ-2600-LAY-001, essai d'étanchéité de la partie pneumatique, essai électrique selon l'EN 60204-1 (RSZ-2600-ELP-001), essai fonctionnel et validation des fonctions de sécurité (RSZ-2600-VAL-001) et réception en usine (RSZ-2600-FAT-001). La séquence d'assemblage et les contrôles après assemblage figurent au chapitre 8 de la notice d'instructions ; chez l'exploitant, ils sont répétés lors du réassemblage et documentés dans RSZ-2600-SAT-001 (prévu après la livraison en 03/2027).

Procès-verbal de réception Terminé

Documentation de la réception finale avec signature

Note: Réception en usine (FAT) sur la cellule de référence dans l'usine du fabricant, rapport RSZ-2600-FAT-001 avec liste des défauts et note de libération. La réception sur site chez l'exploitant (SAT, RSZ-2600-SAT-001) est prévue après la livraison en 03/2027 et sera alors contresignée par le fabricant et l'exploitant.

7. Notice d'instructions (12/12)

Notice d'instructions complète avec toutes les mentions obligatoires · Annexe IV, partie A, point i), du règlement sur les machines, contenu selon l'annexe III, point 1.7.4, du règlement sur les machines

Versions linguistiques pour chaque marché cible OBLIGATOIRE Terminé

Notice d'instructions, informations de sécurité et indications selon l'annexe III, point 1.7, dans la langue déterminée par l'État membre de destination et facilement compréhensible par les utilisateurs (article 10, paragraphe 7, dernier alinéa, du règlement sur les machines) ; pour l'Allemagne, en allemand (§ 2, paragraphe 1, MaschinenDG). Le règlement sur les machines ne connaît pas de mention « notice originale »

Note: Notice d'instructions en allemand, établie conformément à l'annexe III, points 1.7.4 à 1.7.4.2, du règlement sur les machines. La version française est identifiée comme traduction ; en cas de doute, la version allemande prévaut. Livraison dans la langue du pays d'utilisation.

Déclaration de conformité incluse dans la notice ou adresse d'accès indiquée OBLIGATOIRE Terminé

La notice d'instructions contient la déclaration UE de conformité ou l'adresse internet ou le code lisible par machine permettant d'y accéder (annexe III, point 1.7.4.2, 1), c), du règlement sur les machines) ; les déclarations numériques restent en ligne pendant la durée de vie, au moins dix ans (article 10, paragraphe 8, du règlement sur les machines)

Note: La déclaration UE de conformité est jointe à la notice d'instructions (annexe III, point 1.7.4.2, c), du règlement sur les machines) : le chapitre 1.4 de la notice d'instructions l'indique expressément, les chapitres 1.1 et 12 la mentionnent parmi les documents d'accompagnement. La version de RSZ-2600-KE-001 signée pour la mise sur le marché le 15 mars 2027 est jointe ; une adresse Internet n'est donc pas requise.

Pour une notice d'instructions numérique : accès, format, disponibilité et version papier

Non applicable

Uniquement en cas de mise à disposition numérique : (1) indiquer sur la machine, sur l'emballage ou dans un document d'accompagnement comment accéder à la notice d'instructions numérique ; (2) format imprimable, téléchargeable et enregistrable ; (3) accessible en ligne pendant au moins dix ans après la mise sur le marché ; (4) sur demande de l'utilisateur au moment de l'achat, gratuitement en version papier dans un délai d'un mois (article 10, paragraphe 7, du règlement sur les machines)

Justification (n. appl.): La notice d'instructions est fournie sur papier avec la machine (contenu de la livraison selon le chapitre 1.1, documentation dans la boîte d'accessoires repérée selon le chapitre 5). Une mise à disposition numérique selon l'article 10, paragraphe 7, du règlement sur les machines n'est pas prévue ; les informations sur l'accès, le format, la disponibilité et la version papier ne s'appliquent donc pas.

Informations de sécurité sur papier pour les utilisateurs non professionnels Non applicable

Si la machine peut être utilisée par des utilisateurs non professionnels dans des circonstances raisonnablement prévisibles, les informations de sécurité essentielles à la mise en service et à l'utilisation en toute sécurité doivent être jointes sur papier (article 10, paragraphe 7, cinquième alinéa, du règlement sur les machines)

Justification (n. appl.): La cellule est destinée à un usage industriel dans un hall de production. Le chargement et le déchargement sont effectués par du personnel spécialisé formé, le réglage et la maintenance par des régleurs et du personnel de maintenance (notice d'instructions, chapitres 2.1 et 9). Une utilisation par des utilisateurs non professionnels n'est pas à prévoir dans des conditions raisonnablement prévisibles (article 10, paragraphe 7, cinquième alinéa, du règlement sur les machines).

Consignes de sécurité et avertissements OBLIGATOIRE Terminé

Risques résiduels, utilisation prévue, utilisation interdite

Note: Notice d'instructions, chapitre 2. Avertissements et consignes de sécurité correspondant aux signaux de sécurité issus de l'appréciation du risque (W001 avec texte complémentaire, W006, W007, W011, W012, W015, W017, W018, W019, W022, W024, W027, P007, P015, M003, M004, M008, M009, M010, M017 et D-P006 selon la règle allemande pour les lieux de travail ASR A1.3), coordonnés avec le marquage sur la machine selon l'annexe III, points 1.7.1 et 1.7.3, du règlement sur les machines.

Instructions d'assemblage et de mise en service OBLIGATOIRE Terminé

Transport, installation, raccordement, première mise en service

Note: Notice d'instructions, chapitre 8 (assemblage/installation/mise en service), y compris la notice d'assemblage intégrée du fabricant du robot selon l'annexe XI du règlement sur les machines et les conditions d'installation de sa déclaration UE d'incorporation.

Instructions d'utilisation OBLIGATOIRE Terminé

Description de tous les modes de fonctionnement, organes de service et affichages

Note: Notice d'instructions, chapitre 9 : fonctionnement en modes automatique et réglage, procédure de chargement avec la règle de l'auxiliaire de levage (jusqu'à 15 kg à la main, au-delà de 15 kg avec l'auxiliaire de levage fourni par l'exploitant sur site), réaction au déclenchement du rideau lumineux, acquittement après arrêt d'urgence.

Instructions de maintenance et d’entretien OBLIGATOIRE Terminé

Intervalles de maintenance, plans de graissage, pièces d’usure, liste des pièces de rechange

Note: Notice d’instructions, chapitre 10 avec plan de maintenance, contrôle semestriel des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05, contrôle de l’interverrouillage selon l’EN ISO 14119, remplacement de la cartouche filtrante avec le système bag-in/bag-out, maintenance du pré-séparateur d’étincelles, du capteur de température et des clapets d’arrêt de l’aspiration des fumées de soudage, le paragraphe relatif aux exigences de nettoyage et de séparation de l’énergie (LOTO) avant les travaux mécaniques, électriques et pneumatiques.

Dépannage OBLIGATOIRE Terminé

Défauts typiques, diagnostic des défauts, mesures correctives

Note: Notice d’instructions, chapitre 10, section relative au dépannage avec tableau des défauts (annexe III, point 1.7.4.2, du règlement sur les machines). Diagnostic depuis l’extérieur, cellule sous tension ; interventions à l’intérieur de la cellule en mode de réglage avec le dispositif de validation ; travaux mécaniques, électriques et pneumatiques uniquement après séparation des énergies et protection contre la remise sous énergie (temps de décharge d’au moins 1 minute) ; accès exclusivement par la porte de maintenance à interverrouillage.

Mise hors service et élimination OBLIGATOIRE Terminé

Instructions pour un démontage sûr et informations relatives à l’élimination

Note: Notice d’instructions, chapitre 11 : mise à l’échappement de la partie pneumatique par le distributeur d’échappement de sécurité, attente du temps de décharge des condensateurs du circuit intermédiaire CC (mesuré 1,9 s jusqu’à ≤ 60 V ; temps d’attente d’au moins 1 minute), élimination des cartouches filtrantes de l’aspiration des fumées de soudage comme déchets dangereux, démontage dans l’ordre inverse de l’assemblage.

Valeurs d’émission sonore OBLIGATOIRE Terminé

Niveau de pression acoustique d’émission au poste de travail LpA, niveau de pression acoustique de crête LpC,peak à partir de 130 dB(C) et niveau de puissance acoustique LWA, chacun avec son incertitude de mesure, ainsi que la méthode de mesure et les conditions de fonctionnement

Note: Notice d’instructions, chapitre 3 selon l’annexe III, point 1.7.4.2, u), du règlement sur les machines : niveau de pression acoustique d’émission LpA 84 dB(A) au poste de chargement, incertitude K = 2,5 dB, niveau de puissance acoustique pondéré A LWA 96 dB(A) avec incertitude KWA = 3 dB, car LpA dépasse 80 dB(A). LpA déterminé selon l’EN ISO 11202, LWA selon l’EN ISO 3746, déclaré selon l’EN ISO 4871.

Indications relatives aux vibrations (le cas échéant) Non applicable

Toujours indiquer les vibrations transmises aux mains et aux bras (valeur totale des vibrations et, en cas de chocs répétés, également la valeur moyenne de l’amplitude de crête, chacune avec son incertitude de mesure ; il n’existe plus de seuil de déclaration) conformément à l’annexe III, point 2.2.1.1, du règlement sur les machines ; pour les machines mobiles, indiquer en outre les vibrations transmises au corps entier (> 0,5 m/s²) ou mentionner que cette valeur n’est pas dépassée, conformément au point 3.6.3.1

Note: Non applicable : la machine est fixe, ne comporte aucun élément de commande tenu ou guidé à la main ni aucun poste de travail assis. Les vibrations transmises au système main-bras mesurables au pupitre de commande sont inférieures à la valeur d’action ; justificatif dans RSZ-2600-VIB-001.

8. Évaluation de la conformité, fabrication et conservation (10/10)

Finalisation de la procédure d’évaluation de la conformité, déclarations des produits incorporés et moyens permettant de maintenir la conformité en fabrication · Règlement sur les machines : annexe IV, partie A, points h), j), k) et l) ; annexe V, partie A (déclaration de conformité) ; articles 23 et 24 (marquage CE) ; article 10, paragraphe 3 (conservation)

Déclaration UE de conformité établie OBLIGATOIRE Terminé

Selon l'annexe V, partie A, du règlement sur les machines, avec toutes les mentions obligatoires

Note: Préparée, pas encore signée (signature prévue pour la première mise sur le marché le 15 mars 2027) : déclaration UE de conformité (document interne n° RSZ-2600-KE-001, archivé dans le PDM) conformément à l'annexe V, partie A, du règlement (UE) 2023/1230. Procédure d'évaluation de la conformité : contrôle interne de la production (module A) conformément à l'article 25, paragraphe 4, en liaison avec l'annexe VI du règlement sur les machines ; la machine ne relève d'aucune catégorie de l'annexe I du règlement sur les machines, ni de la partie A ni de la partie B. Transition vers le règlement sur les machines : la première mise sur le marché est prévue en mars 2027 et intervient donc après la date d'application du règlement (UE) 2023/1230 sur les machines, le 20 janvier 2027 ; la machine est à évaluer intégralement selon le règlement sur les machines. Seule une mise sur le marché avancée avant le 20 janvier 2027 rendrait applicable la directive 2006/42/CE relative aux machines.

Déclarations de conformité des machines et produits incorporés Terminé

Le cas échéant, copies des déclarations UE de conformité des machines incorporées, des produits connexes et des produits relevant d'une autre législation d'harmonisation de l'Union (annexe IV, partie A, point k), du règlement sur les machines)

Note: Des copies des déclarations de conformité des produits incorporés portant le marquage CE sont disponibles : source de courant de soudage MAG avec dévidoir (directives basse tension et CEM), aspiration des fumées de soudage, composants de sécurité (rideau lumineux de type 4, automate de sécurité et dispositif de verrouillage avec interverrouillage) et composants pertinents pour les perturbations de la liste des composants CEM (rapports d'essai CEM). Archivées dans le système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, documentation des fournisseurs. Le robot est couvert par les déclarations d'incorporation.

Déclarations d'incorporation et notices d'assemblage des quasi-machines incorporées Terminé

Le cas échéant, la déclaration UE d'incorporation selon l'annexe V, partie B, du règlement sur les machines et la notice d'assemblage selon l'annexe XI du règlement sur les machines pour chaque quasi-machine incorporée (annexe IV, partie A, point j), du règlement sur les machines)

Note: Déclaration UE d'incorporation selon l'annexe V, partie B, du règlement sur les machines et notice d'assemblage selon l'annexe XI du règlement sur les machines, du fabricant du robot, pour le robot industriel à bras articulé avec commande du robot et console de programmation. Les conditions d'installation sont évaluées dans l'appréciation du risque de l'ensemble et intégrées au chapitre 8 de la notice d'instructions. Aucune autre quasi-machine n'est incorporée. Archivées dans le système PDM Muster Maschinenbau, projet MUSTER-2026-001, documentation des fournisseurs.

Certificat de l'organisme notifié ou preuve de l'application intégrale des normes Non applicable

Uniquement pour les machines de l'annexe I du règlement sur les machines : certificat de l'organisme notifié selon l'article 25, paragraphes 2 et 3, du règlement sur les machines ou, lorsque cela est admis, preuve de l'application intégrale des normes harmonisées (module A, annexe VI du règlement sur les machines)

Justification (n. appl.): La cellule de soudage robotisée ne relève d'aucune catégorie de l'annexe I du règlement sur les machines, ni de la partie A ni de la partie B. La procédure d'évaluation de la conformité est le contrôle interne de la production (module A) conformément à l'article 25, paragraphe 4, en liaison avec l'annexe VI du règlement sur les machines ; un certificat d'un organisme notifié n'est pas requis. La documentation du module A est la présente documentation technique.

Moyens de garantir la conformité pendant la production OBLIGATOIRE Terminé

Description des moyens par lesquels le fabricant garantit, pendant la fabrication, la conformité de la machine aux spécifications de conception (annexe IV, partie A, point h), du règlement sur les machines)

Note: Exemplaire unique : la conformité aux spécifications de conception est assurée pendant la fabrication par les moyens suivants : fabrication et assemblage conformément au jeu de plans libéré RSZ-2600-ZG-001 à -042 (rév. B) et aux schémas électriques et pneumatiques, modifications uniquement via la procédure de modification du système PDM Muster Maschinenbau ; contrôle à la réception des pièces achetées relatives à la sécurité par rapport à la spécification de commande et à la déclaration de conformité du fournisseur ; essais selon les rapports d'essai RSZ-2600-PRP-001 et RSZ-2600-ELP-001, validation des fonctions de sécurité selon RSZ-2600-VAL-001 et réception en usine RSZ-2600-FAT-001 avec note de libération ; comparaison de la version du logiciel relatif à la sécurité installé avec la version et la somme de contrôle du procès-verbal de réception. Reste ouvert : l'ajout de la libération du logiciel et du contrôle des vulnérabilités au titre du règlement sur la cyberrésilience au contrôle de production (section Cybersécurité, point Processus de production et de surveillance).

En cas de production en série : liste des mesures internes prises Non applicable

Pour les machines fabriquées en série, liste des mesures internes garantissant la conformité de toutes les unités fabriquées au règlement (annexe IV, partie A, point I), du règlement sur les machines)

Justification (n. appl.): Pas de production en série : la RSZ-2600 est une machine spéciale fabriquée en exemplaire unique avec le numéro de série RSZ2600-2026-0001, et non une série. Les moyens de garantir la conformité pendant la fabrication sont décrits au point précédent. La notion de production en série dans l'utilisation prévue se rapporte aux pièces de l'exploitant, non à la cellule.

Essais par sondage, réclamations, non-conformités et rappels Terminé

En production en série, tenir compte des modifications de la fabrication, de la conception ou des normes appliquées ; si cela est approprié au regard des risques, effectuer des essais par sondage sur les machines mises à disposition et évaluer les résultats ; si nécessaire, tenir un registre des réclamations, des machines non conformes et des rappels et en informer les distributeurs (article 10, paragraphe 4, du règlement sur les machines)

Note: Exemplaire unique : les essais par échantillonnage sur la production en série en cours ne s'appliquent pas. Les réclamations, les non-conformités et les éventuels rappels sont enregistrés par le fabricant dans le registre des réclamations de son système de management de la qualité ; les modifications de la conception ou des normes appliquées sont traitées via la procédure de modification du système PDM et rattachées à la documentation technique. La cellule est livrée directement à l'exploitant ; aucun distributeur n'intervient.

Marquage CE OBLIGATOIRE Terminé

Bien visible, lisible et indélébile sur la machine, forme et hauteur minimale selon l'annexe II du règlement (CE) n° 765/2008 (article 30) ; en cas de procédure avec organisme notifié, son numéro d'identification suit (article 24, paragraphe 3, du règlement sur les machines) ; apposé avant la mise sur le marché (article 24, paragraphe 2) ; s'il n'est pas encore apposé, consigner l'état dans la note

Note: Préparé, pas encore apposé : marquage CE conformément aux articles 23 et 24 du règlement sur les machines sur la plaque signalétique, hauteur des caractères 10 mm, permanent, visible et lisible. La plaque portant le marquage CE sera apposée sur la paroi latérale droite de l'armoire de commande après la signature de la déclaration de conformité.

Plaque signalétique OBLIGATOIRE Terminé

Indications minimales selon l'article 10, paragraphes 5 et 6, du règlement sur les machines : désignation, année de construction, modèle, série ou type, lot ou numéro de série, nom, raison sociale ou marque déposée, adresse postale et site web ou adresse électronique du fabricant, marquage CE ; si elle n'est pas encore apposée, indiquer son état dans la note

Note: Plaque signalétique conforme à l'annexe III, point 1.7.3, du règlement sur les machines, réalisée et vérifiée quant à son exhaustivité (Muster Maschinenbau GmbH avec adresse complète, site Internet www.muster-maschinenbau.example et e-mail service@muster-maschinenbau.example comme contact numérique conformément à l'article 10, paragraphe 6, du règlement sur les machines, désignation Cellule de soudage robotisée RSZ-2600, désignation de série ou de type, numéro de série, année de construction 2026, marquage CE). La plaque portant le marquage CE sera apposée sur la paroi latérale droite de l'armoire de commande après la signature de la déclaration de conformité.

Dossier technique conservé pendant dix ans OBLIGATOIRE Terminé

Au moins dix ans à compter de la mise sur le marché ou de la mise en service (article 10, paragraphe 3, du règlement sur les machines), obligation de conservation du fabricant

Note: Conservation conformément à l'article 10, paragraphe 3, du règlement sur les machines pendant au moins dix ans après la mise sur le marché de la machine. Archivage dans le système PDM du fabricant (Muster Maschinenbau GmbH) ; la responsabilité incombe au fabricant (article 10, paragraphe 3, du règlement sur les machines).

9. Cybersécurité (CRA) (11/13)

Documentation technique au titre de l'annexe VII du règlement sur la cyberrésilience, dans la mesure où les points sont pertinents pour le produit. Pour un exemplaire mis sur le marché avant le 11 décembre 2027, elle constitue une préparation volontaire et ne devient obligatoire qu'après une modification substantielle à compter de cette date (article 69, paragraphe 2, du même règlement) ; pour les exemplaires mis sur le marché à partir du 11 décembre 2027, elle est obligatoire (article 71, paragraphe 2, du même

règlement). · Annexe VII du règlement (UE) 2024/2847 sur la cyberrésilience, article 13, paragraphe 12, et article 31 du même règlement

Destination Terminé

Annexe VII, point 1 a), du règlement sur la cyberrésilience

Note: Destination dans le rapport CRA (champ de l'évaluation) et dans la notice d'instructions, chapitre Sécurité.

Versions du logiciel ayant une incidence sur la conformité Terminé

Annexe VII, point 1 b), du règlement sur la cyberrésilience

Note: Versions logicielles libérées avec sommes de contrôle dans la nomenclature logicielle (SBOM) RSZ-2600-SBOM-001 et dans le procès-verbal de réception.

Photographies ou illustrations pour les produits matériels Terminé

Annexe VII, point 1 c), du règlement sur la cyberrésilience

Note: Vue d'ensemble et plan d'implantation de la cellule dans la documentation technique selon l'annexe IV du règlement sur les machines.

Informations et instructions pour l'utilisateur conformément à l'annexe II Terminé

Annexe VII, point 1 d), du règlement sur la cyberrésilience

Note: Notice d'instructions, chapitre 13 Cybersécurité.

Informations sur la conception et l'architecture du système Terminé

Annexe VII, point 2 a), du règlement sur la cyberrésilience

Note: Plan de réseau avec réseau de la cellule, passerelle et segment MES (NET-01), diagramme de flux de données DFP-01, interfaces et actifs dans le rapport CRA.

Processus de gestion des vulnérabilités, nomenclature, divulgation, contact, mises à jour Terminé

Annexe VII, point 2 b), du règlement sur la cyberrésilience

Note: Procédure VA-SEC-04, nomenclature logicielle RSZ-2600-SBOM-001, politique de divulgation coordonnée des vulnérabilités, adresse de contact, concept de mises à jour UPD-01.

Processus de production et de surveillance Ouvert

Annexe VII, point 2 c), du règlement sur la cyberrésilience

Note: La libération du logiciel et le contrôle des vulnérabilités seront ajoutés à l'essai de production d'ici fin 2026.

Évaluation des risques en matière de cybersécurité Terminé

Annexe VII, point 3, du règlement sur la cyberrésilience

Note: Rapport CRA : champ de l'évaluation, interfaces et actifs, évaluation des risques, matrice des exigences.

Fondements de la détermination de la période d'assistance Terminé

Annexe VII, point 4, du règlement sur la cyberrésilience

Note: Rapport CRA, section Période d'assistance (12 ans, jusqu'en 03/2039, avec justification).

Normes, spécifications et schémas de certification appliqués Terminé

Annexe VII, point 5, du règlement sur la cyberrésilience

Note: Aucune norme harmonisée pour le règlement sur la cyberrésilience n'a été publiée au Journal officiel (état au 17 septembre 2026) ; IEC 62443-4-1 et IEC 62443-4-2 utilisées comme orientation, sans présomption de conformité.

Rapports d’essais et de vérifications Ouvert

Annexe VII, point 6, du règlement sur la cyberrésilience

Note: Les rapports NET-T-02 et RST-01 sont disponibles ; le test d’intrusion sur la cellule de référence est effectué avant la mise sur le marché.

Exemplaire de la déclaration UE de conformité Non applicable

Annexe VII, point 7, du règlement sur la cyberrésilience

Justification (n. appl.): Mise sur le marché le 15 mars 2027, donc avant le 11 décembre 2027 : les principales obligations du règlement sur la cyberrésilience ne s’appliquent pas à cet exemplaire (article 69, paragraphe 2, et article 71, paragraphe 2), de sorte qu’il n’existe pas de déclaration UE de conformité au titre de ce règlement.

Nomenclature des logiciels sur demande motivée Terminé

Annexe VII, point 8, du règlement sur la cyberrésilience

Note: La nomenclature logicielle RSZ-2600-SBOM-001 existe pour chaque version du logiciel et est fournie à l’autorité de surveillance du marché sur demande motivée.

5. Rapports d’essai

Essais de sécurité et de fonctionnement

1. Essai électrique selon l’EN 60204-1

Essai de sécurité électrique du système de commande de la machine · EN 60204-1:2018

Essai du conducteur de protection (mesure de continuité) OBLIGATOIRE Réussi

Essai 1 selon EN 60204-1, paragraphe 18.2 : continuité du circuit de protection, résistance entre la borne PE et toutes les parties conductrices accessibles, mesurée avec un courant d’essai de 0,2 A à 10 A provenant d’une source TBTP (PELV)

Valeur mesurée (Ω): 0,08 Ω (PE jusqu’au point accessible le plus éloigné, point de mise à la terre de la clôture périphérique)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Impédance de la boucle de défaut et conditions de coupure OBLIGATOIRE Réussi

Essai 2 selon l’EN 60204-1, article 18.2 : mesurer l’impédance de la boucle de défaut et démontrer que le dispositif de protection contre les surintensités associé est apte à la coupure automatique dans le schéma TN

Valeur mesurée Zs (Ω): Zs = 0,28 Ω, condition de coupure satisfaite avec 63 A gG

Date de l’essai: 17/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Mesure de la résistance d’isolement Réussi

Essai selon l’EN 60204-1, article 18.3 : mesure entre les conducteurs actifs et le circuit de protection sous 500 V DC ; résistance d’isolement d’au moins 1 MΩ (sur certaines sections comportant des bagues collectrices ou similaires, au moins 50 kΩ). Selon l’article 18.1, cet essai ne fait pas partie du minimum requis en l’absence de norme de produit (qui comprend toujours les essais a, b, c et h) ; si la norme de type C l’exige, il doit être réalisé.

Valeur mesurée (MΩ): > 100 MΩ à 500 V CC (tous les circuits principaux par rapport au PE)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Essai de tension / essai diélectrique Non applicable

Essai de tension selon l’EN 60204-1, article 18.4 : tension d’essai = 2 × la tension d’alimentation assignée ou 1000 V, la valeur la PLUS ÉLEVÉE étant retenue, pendant environ 1 seconde. AU PRÉALABLE, déconnecter les matériels non dimensionnés pour cette tension d’essai (variateurs de fréquence, blocs d’alimentation, électronique). Selon l’article 18.1, cet essai ne fait pas partie du minimum requis en l’absence de norme de produit (qui comprend toujours les essais a, b, c et h) ; si la norme de type C l’exige, il doit être réalisé.

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Essai de tension selon 18.4 non réalisé (essai facultatif ; les variateurs de fréquence et l’électronique devraient être déconnectés). Preuve apportée par 18.2 (conducteur de protection, impédance de boucle), 18.3 (résistance d’isolement) et 18.5 (tension résiduelle).

Essai de tension résiduelle Réussi

Essai selon l'EN 60204-1, article 18.5 : après la coupure de l'alimentation, la tension résiduelle sur les parties actives accessibles doit descendre à 60 V ou moins en 5 s (sur les prises et fiches sans protection contre les contacts : en 1 s). Selon l'article 18.1, cet essai ne fait pas partie du minimum requis en l'absence de norme de produit (qui comprend toujours les essais a, b, c et h) ; si la norme de type C l'exige, il doit être réalisé.

Temps de décharge jusqu'à ≤ 60 V (s): 1,9 s jusqu'à ≤ 60 V (circuit intermédiaire CC de la source de courant de soudage)

Date de l'essai: 17/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Fonction d'arrêt d'urgence vérifiée (électrique) OBLIGATOIRE Réussi

Fonctionnement et type de déverrouillage de tous les dispositifs d'arrêt d'urgence vérifiés

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Conformité au schéma électrique OBLIGATOIRE Réussi

Le câblage correspond au schéma électrique, embouts de câble posés, repérage présent

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Mesures CEM documentées Réussi

Câbles blindés, circuits de filtrage, concept de mise à la terre

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

2. Essai fonctionnel des dispositifs de sécurité

Essai et validation de toutes les fonctions relatives à la sécurité · EN ISO 13849-1 / EN ISO 13849-2 / EN IEC 62061 / EN 60204-1:2018, paragraphe 18.6 / EN ISO 14119 / EN ISO 14120

Sécurité fonctionnelle : 5 fonctions de sécurité sur 5 avec validation documentée.

Arrêt d'urgence : tous les postes et tous les modes de fonctionnement OBLIGATOIRE Réussi

L'arrêt d'urgence stoppe tous les mouvements dangereux dans chaque mode de fonctionnement

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Protecteurs mobiles avec dispositif de verrouillage (portes et portillons) OBLIGATOIRE Réussi

L'ouverture arrête la machine ; la seule fermeture ne la redémarre pas (verrouillage de redémarrage)

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Interverrouillage nécessaire ? Temps d’arrêt par rapport au temps d’accès OBLIGATOIRE Réussi

Temps d’arrêt du mouvement dangereux comparé au temps dont une personne a besoin, après l’ouverture, pour atteindre la zone dangereuse (approche selon EN ISO 13855) ; si la zone dangereuse peut être atteinte avant que le phénomène dangereux ne cesse, un interverrouillage est prévu et efficace (EN ISO 14119)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Interverrouillage requis et installé : l’espace de travail du robot et de la table tournante se trouve directement derrière la porte de maintenance, de sorte qu’une personne l’atteint sans distance notable après l’ouverture. Le temps d’arrêt global du robot et de la table tournante est de 250 ms (mesuré pour la SF-02), après quoi l’arc doit également être éteint ; le phénomène dangereux persiste donc au-delà du moment où la zone dangereuse peut être atteinte. Conception conforme à l’EN ISO 14119:2025, selon le principe du courant de repos ; la porte n’est libérée qu’après la surveillance de l’arrêt du robot et de la table tournante et une fois l’arc éteint (SF-01, PL d), vérifiée selon le plan de validation RSZ-2600-VAL-001.

Protection contre la neutralisation du dispositif de verrouillage OBLIGATOIRE Réussi

Incitation à la neutralisation évaluée (p. ex. réglage ou dépannage entravés) et mesures contre la neutralisation simple mises en œuvre, par exemple actionneurs codés, montage dissimulé ou protégé, surveillance de plausibilité (EN ISO 14119)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Incitation à la neutralisation évaluée : l’apprentissage, le test de programme et la recherche de défauts sont possibles en mode de réglage à vitesse réduite de manière sûre et avec le dispositif de validation (SF-05) sans pontage de la porte de maintenance ; il n’existe aucune incitation d’ordre opérationnel à neutraliser le dispositif de verrouillage. Mesures selon l’EN ISO 14119:2025, paragraphe 8 : actionneurs à niveau de codage élevé, interrupteurs et actionneurs fixés par des éléments de fixation non démontables, panneaux de la clôture périphérique démontables uniquement à l’aide d’un outil (phénomène dangereux n° 3). Contrôle visuel du codage et de la fixation sans constat.

Barrière photoélectrique / AOPD / rideau lumineux (ESPE) OBLIGATOIRE Réussi

L’interruption arrête le mouvement dangereux ; si un muting est présent : muting correctement configuré et surveillé

Date de l’essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Rideau lumineux de type 4 au poste de chargement vérifié (SF-02) ; le muting n’est pas prévu sur cette installation (ce point de vérification est donc non applicable).

Verrouillage de redémarrage après une coupure d’énergie OBLIGATOIRE Réussi

Aucun redémarrage inattendu au retour de la tension

Date de l’essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Sélecteur de mode de fonctionnement OBLIGATOIRE Réussi

Commutation correcte entre les modes de fonctionnement, vitesse réduite en mode de réglage

Date de l’essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Validation par rapport à la spécification des exigences de sécurité OBLIGATOIRE Réussi

Vérifié pour chaque fonction de sécurité : l'événement déclencheur, la réaction de la machine, l'état sûr, les modes de fonctionnement, le comportement en cas de perte d'énergie et les conditions de redémarrage correspondent à la spécification (EN ISO 13849-1, article 5, validation selon EN ISO 13849-2)

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Validation selon le plan de validation RSZ-2600-VAL-001 sur la cellule de référence pour les SF-01 à SF-05 : pour chaque fonction de sécurité, l'événement déclencheur, la réaction de la machine, l'état sûr, l'efficacité dans les modes de fonctionnement Automatique et Réglage, le comportement en cas de perte d'énergie et les conditions de redémarrage ont été vérifiés par rapport à la spécification dans le module Sécurité fonctionnelle, sans écart.

Simulation de défauts réalisée par canal OBLIGATOIRE Réussi

Analyse et essai selon EN ISO 13849-2, article 5 et ses annexes : défauts uniques simulés par canal, la fonction de sécurité est maintenue ou la machine passe à l'état sûr

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Simulation de défauts selon l'EN ISO 13849-2 pour les SF-01 à SF-05 (RSZ-2600-VAL-001) : interruption et court-circuit entre voies simulés pour chaque canal d'entrée, ainsi que la soudure des contacts de chaque contacteur dans le circuit de rétroaction et la défaillance de chaque chaîne de coupure. Dans chaque cas, la fonction de sécurité a été maintenue ou l'automate de sécurité a détecté le défaut, arrêté la machine et bloqué le redémarrage.

Temps de réponse de la fonction de sécurité mesuré Réussi

Temps mesuré entre le déclenchement et l'état sûr ; donnée d'entrée pour la distance minimale selon EN ISO 13855 et preuve du temps de réponse spécifié

Temps de réponse (ms): 250 ms (SF-02, de l'interruption du rideau lumineux à l'arrêt du robot et de la table tournante ; valeur d'entrée T selon l'EN ISO 13855)

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

3. Essais mécaniques

Sécurité mécanique et résistance · EN ISO 12100 / normes C spécifiques à la machine

Clôture de protection : distances selon l'EN ISO 13857 OBLIGATOIRE Réussi

Distances de sécurité empêchant d'atteindre les zones dangereuses avec les membres supérieurs : hauteur de la zone dangereuse, hauteur de la structure de protection et distance ou largeur d'ouverture justifiées par rapport aux tableaux de l'EN ISO 13857

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Fixation des moyens de protection OBLIGATOIRE Réussi

Démontables uniquement à l'aide d'un outil, aucune liaison desserrée

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Temps d’arrêt global T mesuré OBLIGATOIRE Réussi

Temps écoulé entre le déclenchement du dispositif de protection et l’arrêt du mouvement dangereux, y compris le temps de réponse du dispositif de protection et du système de commande (EN ISO 13855)

Temps d’arrêt T (ms): 250 ms (temps d’arrêt global T pour la SF-02, y compris le temps de réponse du rideau lumineux et de l’automate de sécurité, mesuré sur le robot et la table tournante)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Vitesse d’approche K déterminée OBLIGATOIRE Réussi

K selon EN ISO 13855 pour chaque type d’approche (approche perpendiculaire d’un rideau lumineux habituellement 2000 mm/s, 1600 mm/s pour une grande distance)

K (mm/s): 1600 mm/s (EN ISO 13855:2024, approche perpendiculaire au champ de protection du rideau lumineux au poste de chargement ; avec K = 2000 mm/s, S dépasse 500 mm, donc K = 1600 mm/s)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Distance supplémentaire C déterminée OBLIGATOIRE Réussi

Distance supplémentaire pour la pénétration dans la zone dangereuse avant le déclenchement, selon la résolution et la disposition du dispositif de protection (EN ISO 13855)

C (mm): 128 mm (distance supplémentaire pour l’atteinte à travers, 8 × (d – 14) pour une capacité de détection d = 30 mm, EN ISO 13855:2024)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Distance minimale S calculée OBLIGATOIRE Réussi

S = K × T + C selon EN ISO 13855, calculée avec le temps d’arrêt global mesuré

Distance minimale S (mm): 528 mm (S = K × T + C = 1600 mm/s × 0,25 s + 128 mm ; la réserve de 72 mm par rapport à la distance réalisée est disponible pour la distance supplémentaire Z selon l’EN ISO 13855:2024)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Distance réelle mesurée OBLIGATOIRE Réussi

Distance réelle entre le dispositif de protection et la zone dangereuse sur la machine telle que construite ; elle doit être au moins égale à la distance minimale S calculée

Distance réelle (mm): 600 mm (entre le champ de protection du rideau lumineux et le point dangereux le plus proche au poste avant, au moins S = 528 mm)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Mesure de la distance d’arrêt Réussi

Distance que le mouvement dangereux parcourt encore après le déclenchement ; avec le temps d’arrêt T, c’est la donnée d’entrée pour la distance minimale selon EN ISO 13855

Distance d’arrêt (mm): 45 mm (table tournante après interruption du rideau lumineux, SF-02 ; admissible ≤ 60 mm)

Date de l’essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Stabilité / ancrage OBLIGATOIRE Réussi

Machine installée et ancrée de manière à ne pas pouvoir basculer

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Risques de trébuchement et de glissade supprimés Réussi

Câbles et flexibles posés, flaques d'huile éliminées

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

4. Hydraulique / pneumatique

Essai des systèmes de transmission de puissance fluidique · EN ISO 4413 / EN ISO 4414

Essai de pression OBLIGATOIRE Réussi

Pression du système conforme à la spécification, limiteur de pression fonctionnel

Pression du système (bar): 6,0 bar (pression du système ; pression de réponse du limiteur de pression de 7,5 bar vérifiée)

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Essai d'étanchéité OBLIGATOIRE Réussi

Aucune fuite visible aux raccords, flexibles et vérins

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

État des flexibles et conduites OBLIGATOIRE Réussi

Aucun pli, point d'abrasion ni vieillissement. Protection contre l'éclatement présente

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Décharge de la pression résiduelle documentée OBLIGATOIRE Réussi

Procédure de mise hors pression pour la maintenance disponible

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

5. Émission sonore

Détermination des valeurs d'émission sonore à indiquer dans la notice d'instructions · EN ISO 11201 / EN ISO 11202 / EN ISO 11204 / EN ISO 3744 / EN ISO 3746 / EN ISO 4871 (respecter la norme de mesure du bruit de la norme de type C)

L'exposition au bruit sur le lieu de travail (en Allemagne, la LärmVibrationsArbSchV transposant la directive 2003/10/CE) est évaluée par l'exploitant. Elle ne constitue pas une base d'essai pour le fabricant et ne remplace pas la mesure d'émission.

Niveau de pression acoustique d'émission déterminé OBLIGATOIRE Réussi

Niveau de pression acoustique au poste de l'opérateur et à d'autres positions pertinentes ; même l'indication « LpA ne dépasse pas 70 dB(A) » nécessite cette preuve

LpA (dB(A)): LpA = 84 dB(A), K = 2,5 dB (EN ISO 11202, poste de chargement)

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Niveau de puissance acoustique déterminé OBLIGATOIRE Réussi

LWA selon l'EN ISO 3744 ou l'EN ISO 3746 (à indiquer lorsque LpA dépasse 80 dB(A))

LWA (dB(A)): LWA = 96 dB(A) (EN ISO 3746)

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Niveau de pression acoustique de crête instantané pondéré C déterminé OBLIGATOIRE Réussi

Déterminer LpC,peak aux postes de travail ; il doit être indiqué dès qu'il dépasse 63 Pa (130 dB par rapport à 20 µPa)

LpC,peak (dB(C)): 122 dB(C) (LpC,peak au poste de chargement selon l'EN ISO 11202 ; inférieur à 130 dB(C), donc aucune indication requise dans la notice d'instructions)

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Incertitude de mesure déterminée pour chaque valeur de bruit OBLIGATOIRE Réussi

Chaque valeur d'émission sonore indiquée est accompagnée de l'incertitude associée K (EN ISO 4871) ; sans elle, l'indication dans la notice d'instructions est incomplète

Incertitude K (dB): KpA = 2,5 dB pour LpA = 84 dB(A), KWA = 3 dB pour LWA = 96 dB(A) (EN ISO 4871)

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Méthode de mesure appliquée documentée OBLIGATOIRE Réussi

Nommer la norme de mesure, la classe de précision et les points de mesure : la norme de mesure du bruit de la norme de type C applicable, sinon EN ISO 11201/11202/11204 pour la pression acoustique d'émission ou EN ISO 3744/3746 pour la puissance acoustique

Norme de mesure / classe de précision: EN ISO 11202:2010 pour LpA et LpC,peak au poste de chargement (classe de précision 2), EN ISO 3746:2010 pour LWA (classe de précision 3), déclaration et vérification selon l'EN ISO 4871:2009 ; rapport de mesure RSZ-2600-LRM-001

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Conditions de fonctionnement pendant la mesure décrites OBLIGATOIRE Réussi

L'état de fonctionnement, la charge, le matériau usiné et l'installation pendant la mesure sont consignés et reproduits dans la notice d'instructions

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Mode automatique avec un programme de soudage approuvé à un temps de cycle d'environ 90 secondes, soudage MAG actif, table tournante en fonctionnement, aspiration des fumées de soudage en fonctionnement, porte de maintenance fermée ; position de mesure au poste de chargement devant l'ouverture de chargement (personne debout). Reproduit au chapitre 3 de la notice d'instructions et dans le rapport de mesure RSZ-2600-LRM-001.

Indication du bruit consignée dans la notice d'instructions OBLIGATOIRE Réussi

Valeurs d'émission sonore indiquées selon l'annexe III, point 1.7.4.2, u), du règlement sur les machines, chaque valeur avec son incertitude, ainsi que la méthode de mesure et les conditions de fonctionnement ; lorsque LpA ≤ 70 dB(A), le fait que ce niveau n'est pas dépassé est expressément indiqué

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

6. Substances dangereuses

Captage et maîtrise des substances dangereuses émises · EN ISO 12100 / EN ISO 14123-1:2015

L'évaluation des risques pour les activités impliquant des substances dangereuses, les mesures de prévention sur le poste de travail et l'instruction des salariés incombent à l'exploitant (en Allemagne GefStoffV et TRGS). Le fabricant fournit pour cela les indications dans la notice d'instructions.

Substances dangereuses émises identifiées OBLIGATOIRE Réussi

La nature et la quantité des substances émises lors de l'utilisation prévue (p. ex. fumées de soudage, ozone, poussières, brouillards de fluide de coupe, solvants) sont recensées

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Captage à la source d'émission OBLIGATOIRE Réussi

L'aspiration capte les substances à la source (prioritaire sur les mesures de ventilation générale, EN ISO 12100, point 6.3.4.4)

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Essai d'efficacité de l'aspiration OBLIGATOIRE Réussi

Taux de captage, ou débit d'air et vitesse de captage, mesurés et documentés

Débit volumique (m³/h): 1800 m³/h (débit d'aspiration à la hotte de captage, seuil d'alarme de défaut 1400 m³/h)

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Classe de filtration/séparation et surveillance OBLIGATOIRE Réussi

Classe de filtration adaptée à la substance (par ex. classe de fumées de soudage W3), surveillance du filtre et intervalle de maintenance définis

Classe de filtration/de fumées de soudage: Classe de séparateur de fumées de soudage W3

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Étanchéité des parties véhiculant des fluides OBLIGATOIRE Réussi

Les conduites, enveloppes et raccords des composants véhiculant des substances sont étanches ; aucune libération incontrôlée

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Indications dans la notice d'instructions OBLIGATOIRE Réussi

Le type de substances dangereuses, le débit d'aspiration requis, les remplacements de filtre et l'équipement de protection individuelle sont décrits dans la notice d'instructions

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

7. Réception / approbation

Réception finale et documentation · EN ISO 12100 / annexe I, point 1.7.4, de la directive relative aux machines ou annexe III, point 1.7.4, du règlement sur les machines

Le contrôle avant la première mise en service, les contrôles périodiques et la formation du personnel incombent à l'exploitant (en Allemagne, BetrSichV et ArbSchG). Le fabricant remet à cet effet les documents.

Contrôle visuel de tous les moyens de protection OBLIGATOIRE Réussi

Complétude, dommages, traces de manipulation

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Plaque signalétique complète et correcte OBLIGATOIRE Réussi

Modèle, série ou type, année de construction, numéro de lot ou de série (article 10, paragraphe 5, du règlement sur les machines) ; nom, raison sociale ou marque déposée, adresse postale et site web, adresse e-mail ou autre moyen de contact numérique du fabricant (article 10, paragraphe 6, du règlement sur les machines), pour les machines importées, les mêmes indications de l'importateur (article 13, paragraphe 3, du règlement sur les machines) ; marquage CE ; le cas échéant, indication de l'environnement à risque d'explosion et masse des parties manutentionnées au moyen d'appareils de levage (annexe III, point 1.7.3, du règlement sur les machines) ; si la plaque n'est pas encore apposée au moment du contrôle, le mentionner dans la justification

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Indications vérifiées sur la plaque terminée, y compris le site Internet et l'adresse e-mail comme contact numérique conformément à l'article 10, paragraphe 6, du règlement sur les machines. La plaque est apposée après la signature de la déclaration de conformité.

Documentation technique complète OBLIGATOIRE Réussi

Notice d'instructions, schémas électriques, déclaration de conformité, appréciation du risque

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Remise à l'exploitant : formation du personnel opérateur (si convenue)

Remarque à l'attention de l'exploitant Réussi

La formation du personnel incombe à l'exploitant. Si le fabricant la réalise également par contrat, elle est documentée ici avec la date et la signature des personnes formées.

Date de l'essai: 08/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Personnel de l'usine instruit sur la cellule de référence. La formation du personnel de l'exploitant est prévue après la livraison en 03/2027.

Approbation par la personne responsable OBLIGATOIRE Réussi

Signature du responsable CE / du contrôleur avec date

Date de l'essai: 18/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

8. Protection contre la corruption (logiciel, sécurité informatique)

Justificatifs selon l'annexe III du règlement sur les machines, points 1.1.9, 1.2.1 (deuxième alinéa, points a), b), d) et f)) et 1.2.6 ; analyse des menaces selon prEN 50742 (projet), voie A, dans l'appréciation du risque, IEC 62443-3-3 comme référence pour la voie B. Pas de présomption de conformité sans référence au Journal officiel. · Règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.1.9 / prEN 50742 (projet) / IEC 62443-3-3

Le raccordement d’autres équipements et l’accès à distance ne conduisent à aucune situation dangereuse

OBLIGATOIRE Réussi

Annexe III, point 1.1.9, premier alinéa. Pour chaque interface (filaire, sans fil, accès à distance), il est démontré qu’aucune fonction de l’équipement raccordé et aucun accès à distance ne peut déclencher une situation dangereuse (analyse des menaces avec mesures par interface). Justificatifs : inventaire des interfaces, scénarios de menace dans l’appréciation du risque, description des interfaces pour les intégrateurs. Référence voie B : SR 5.1, SR 5.2, SR 1.13.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Le matériel relatif à la sécurité est protégé contre la corruption accidentelle et intentionnelle

OBLIGATOIRE Réussi

Annexe III, point 1.1.9, deuxième alinéa, première phrase. Les composants matériels qui transmettent des signaux ou des données permettant d’accéder à des logiciels pertinents pour la conformité sont protégés physiquement et logiquement (zones verrouillées, plombs, commutateurs codés, ports bloqués). Justificatifs : description de la conception, plan de l’armoire de commande, liste des ensembles protégés. Référence voie B : SR 7.6, SR 7.7.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Les preuves d’interventions sur le matériel relatif à la sécurité sont collectées OBLIGATOIRE Réussi

Annexe III, point 1.1.9, deuxième alinéa, deuxième phrase. La machine enregistre avec horodatage les interventions légitimes ou illégitimes sur les composants matériels protégés (ouverture, retrait, événements de raccordement). Justificatifs : liste des événements de la commande, description de l’enregistrement, exemple de journal issu de la réception. Référence voie B : SR 2.8, SR 2.11.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Les logiciels et données relatifs à la sécurité sont identifiés et protégés OBLIGATOIRE Réussi

Annexe III, point 1.1.9, troisième alinéa. Les logiciels et données déterminants pour la conformité sont identifiés comme tels (registre, marquage dans le système et la documentation) et protégés contre la corruption accidentelle ou intentionnelle (contrôle d’intégrité, protection d’accès). Justificatifs : registre des logiciels et données relatifs à la sécurité avec versions et sommes de contrôle, description des mécanismes de protection. Référence voie B : SR 3.4, SR 2.1.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Le logiciel relatif à la sécurité installé est identifiable à tout moment sur la machine OBLIGATOIRE

Réussi

Annexe III, point 1.1.9, quatrième alinéa. La machine rend identifiable le logiciel installé nécessaire à un fonctionnement sûr (version, somme de contrôle) et met cette information à disposition à tout moment sous une forme facilement accessible (par ex. page d’information sur l’IHM sans connexion). Justificatifs : capture d’écran de l’affichage de la version, comparaison avec le procès-verbal de réception, description dans la notice d’instructions. Référence voie B : SR 3.4.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Les preuves d’interventions sur le logiciel et la configuration sont collectées

OBLIGATOIRE Réussi

Annexe III, point 1.1.9, cinquième alinéa. Les interventions légitimes et illégitimes sur le logiciel ainsi que les modifications du logiciel installé ou de sa configuration sont consignées (utilisateur, heure, contenu, version). Justificatifs : journal des modifications et des événements de la commande, possibilité d’export, exemple de journal. Référence voie B : SR 2.8, SR 2.9, SR 6.1.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

La commande résiste aux tentatives malveillantes raisonnablement prévisibles de tiers

OBLIGATOIRE

Ouvert

Annexe III, point 1.2.1, deuxième alinéa, point a). L’authentification, l’autorisation, le durcissement et la segmentation sont conçus de manière à repousser les tentatives malveillantes de tiers susceptibles de conduire à une situation dangereuse ; pas de mots de passe par défaut, services minimaux. Justificatifs : concept de sécurité (zones, rôles, politique de mots de passe), preuve de durcissement, rapport d’essai. Référence voie B : SR 1.1, SR 1.5, SR 2.1, SR 7.7.

Journal de traçabilité disponible jusqu’à cinq ans après le téléversement

OBLIGATOIRE Réussi

Annexe III, point 1.2.1, deuxième alinéa, point f). Les données relatives aux interventions et les versions du logiciel de sécurité téléversé restent accessibles jusqu’à cinq ans après le téléversement pour la preuve de conformité, sur demande motivée d’une autorité (concept de stockage, export, conservation). Justificatifs : concept de stockage et de conservation, procédure d’export, responsabilité du fabricant/de l’exploitant dans la notice d’instructions. Référence voie B : SR 2.9, SR 6.1.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

La défaillance, le rétablissement ou la modification de la connexion au réseau de communication ne sont pas dangereux

OBLIGATOIRE Réussi

Annexe III, point 1.2.6. Une perte de communication, le rétablissement de la connexion ou un changement de réseau n’entraînent pas de démarrage inattendu, de modifications incontrôlées de paramètres ni d’empêchement de l’arrêt. Justificatifs : rapport d’essai de la perte de communication dans tous les modes de fonctionnement, description du comportement dans la notice d’instructions. Référence voie B : SR 7.1, SR 7.2.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

La notice d’instructions contient l’identification du logiciel, la procédure de mise à jour et les exigences relatives au réseau et à l’accès à distance

OBLIGATOIRE Réussi

Annexe III, point 1.7.4.2, en liaison avec le point 1.1.9, quatrième alinéa, et le point 1.1.2 e). La notice d’instructions décrit comment le logiciel relatif à la sécurité installé est identifié, la procédure de mise à jour avec essai fonctionnel ultérieur, les exigences relatives au réseau de l’exploitant et l’autorisation des accès à distance ainsi que la conservation des journaux. Justificatifs : chapitre Logiciel/Sécurité informatique de la notice d’instructions.

Date de l’essai: 18/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Un processus pour les mises à jour de sécurité et les signalements de vulnérabilités est défini

OBLIGATOIRE Réussi

Annexe III, point 1.1.9, troisième alinéa, et point 1.2.1, deuxième alinéa, point b) (protection tout au long de la durée de vie, principes généraux, point 1). Le fabricant a défini comment les vulnérabilités des logiciels relatifs à la sécurité sont signalées, évaluées et corrigées et comment les mises à jour sont distribuées aux exploitants (point de contact, délais, responsables). Remarque : le respect du règlement (UE) 2024/2847 sur la cyberrésilience peut faciliter la preuve pour l'annexe III, points 1.1.9 et 1.2.1 (considérant 53 du règlement sur la cyberrésilience), mais ne fonde pas de présomption de conformité au règlement sur les machines (a contrario de l'article 20, paragraphe 9, du règlement sur les machines) ; la couverture est démontrée par le fabricant. Justificatifs : description du processus (par ex. selon les pratiques DM et SUM de l'IEC 62443-4-1), point de contact dans la notice d'instructions. Référence voie B : IEC 62443-4-1 DM, IEC 62443-4-1 SUM.

Date de l'essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

9. Compatibilité électromagnétique (CEM)

Justificatifs selon la directive 2014/30/UE relative à la compatibilité électromagnétique (articles 2, 3, 14, 15 à 19 ; annexes I à III) et directive relative aux machines, annexe I, points 1.2.1, 1.5.10 et 1.5.11, ou règlement sur les machines, annexe III ; classification, classe d'environnement, voie de preuve et procédure dans le module Appréciation du risque. Cette vérification ne remplace pas l'essai de sécurité électrique selon l'EN 60204-1 (section 1). · 2014/30/UE, annexe I / EN IEC 61000-6-1 à -6-4 / EN 61800-3 / EN 61326-3-1

Classification comme appareil ou installation fixe documentée OBLIGATOIRE Réussi

Articles 2 et 19 ; article 3, points 1) à 3). Il est consigné si la machine est mise à disposition sur le marché en tant qu'appareil, exploitée de façon permanente en un endroit prédéfini en tant qu'installation fixe, ou destinée uniquement à être incorporée dans une installation fixe particulière. L'évaluation de la conformité, la déclaration et le marquage CE en dépendent. Toute exclusion au titre de l'article 2 doit être motivée. Justificatif : classification dans l'appréciation du risque, documentation technique.

Classification: Appareil : ensemble mis à disposition sur le marché en tant qu'unité fonctionnelle, pas une installation fixe

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Classe d'environnement définie et justifiée OBLIGATOIRE Réussi

Annexe I, point 1 ; EN IEC 61000-6-1 à -6-4. L'environnement électromagnétique est défini (environnement industriel, ou environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère) et correspond à l'installation prévue. Il détermine les normes génériques applicables en matière d'immunité et d'émission. En cas d'utilisation dans les deux environnements, l'exigence la plus sévère s'applique dans chaque cas. Justificatif : définition dans l'appréciation du risque, mention dans la notice d'instructions.

Classe d'environnement: Environnement industriel (installation dans le hall de production), normes génériques EN IEC 61000-6-2 et -6-4

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Évaluation de la compatibilité électromagnétique disponible OBLIGATOIRE Réussi

Annexe I, point 1 ; annexe II, point 2. L'évaluation couvre tous les phénomènes pertinents d'émission et d'immunité, toutes les conditions de fonctionnement normales prévues et toutes les configurations que le fabricant désigne comme représentatives. Lorsque l'argumentation repose sur les composants et les règles d'installation au lieu de mesures, elle est traçable pour chaque phénomène. Justificatif : rapport d'essai d'un laboratoire ou évaluation documentée avec justificatifs relatifs aux composants.

Justificatif: Rapport d'essai RSZ-2600-EMV-001, mesure sur l'installation complète

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Déclarations complètes des fabricants des composants pertinents pour les perturbations

OBLIGATOIRE Réussi

Annexe II, points 2 et 3. Pour les convertisseurs de fréquence, servo-amplificateurs, alimentations, systèmes de commande, capteurs et autres équipements pertinents pour les perturbations, les déclarations CEM ou les rapports d'essai des fabricants, avec les normes appliquées, sont disponibles. Pour les entraînements, la catégorie selon l'EN 61800-3 est consignée. Justificatif : liste des composants avec déclarations et normes appliquées.

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Exigences d'installation des fabricants de composants respectées et documentées OBLIGATOIRE

Réussi

Annexe II, point 2 ; annexe I, point 2 pour les installations fixes. Le blindage et sa reprise, les filtres secteur et moteur, la mise à la terre et la liaison équipotentielle, le cheminement séparé des câbles, les longueurs maximales de câble moteur et la construction de l'armoire électrique sont conformes aux exigences des fabricants de composants. La mise en œuvre est documentée, et pas seulement affirmée. Justificatif : description de l'installation, schéma électrique, photos de la reprise de blindage.

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Immunité des fonctions relatives à la sécurité démontrée Ouvert

Directive relative aux machines, annexe I, point 1.2.1, ou règlement sur les machines, annexe III, point 1.2.1 ; EN 61000-6-7, EN 61326-3-1. Lorsque des fonctions de sécurité dépendent de systèmes électroniques, la norme générique ne suffit pas : l'immunité accrue doit être démontrée selon l'EN 61000-6-7 ou l'EN 61326-3-1. Si cela ne s'applique pas, le marquer comme non applicable. Justificatif : rapport d'essai avec niveaux d'essai accrus, preuve de l'état sûr en cas de perturbation.

Procédure d'évaluation de la conformité appliquée OBLIGATOIRE Réussi

Article 14 ; annexes II et III. Contrôle interne de la fabrication selon l'annexe II ou examen UE de type avec conformité au type selon l'annexe III. En cas de recours à l'annexe III, le nom et le numéro d'identification de l'organisme notifié ainsi que l'attestation sont disponibles. La documentation technique est complète. Justificatif : documentation technique et, le cas échéant, attestation de l'organisme notifié.

Procédure: Contrôle interne de la production (annexe II, module A)

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Informations complètes dans la notice d'instructions OBLIGATOIRE Réussi

Article 18, paragraphes 1 et 2 ; EN 61800-3. La notice d'instructions indique l'environnement électromagnétique prévu, les prescriptions d'installation et les limites de l'utilisation prévue. Si le respect des exigences n'est pas garanti dans les zones résidentielles (émissions selon la norme générique pour l'environnement industriel), elle signale clairement cette restriction d'utilisation, le cas échéant aussi sur l'emballage (article 18, paragraphe 2). Pour les entraînements de la catégorie C2, il convient d'y ajouter l'indication que l'installation et la mise en service sont effectuées par du personnel qualifié et que des perturbations radioélectriques peuvent survenir en zone résidentielle ; les entraînements des catégories C3 et C4 ne sont pas destinés au premier environnement. Justificatif : chapitre Installation et raccordement électrique de la notice d'instructions.

Date de l'essai: 18/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

La déclaration UE de conformité mentionne la directive CEM et les normes appliquées OBLIGATOIRE

Réussi

Articles 15, 16 et 17 ; article 19, paragraphe 1. La déclaration mentionne la directive 2014/30/UE et les normes harmonisées ou autres normes appliquées ; le marquage CE couvre ainsi également la CEM. Pour les installations fixes, la déclaration n'est pas requise ; en revanche, les documents visés à l'article 19, paragraphe 1, doivent être tenus à disposition. Justificatif : module Déclaration de conformité, documents de l'installation fixe.

Date de l'essai: 18/08/2026

Contrôleur: Jonas Weber

10. Cybersécurité (CRA)

Justificatifs au titre du règlement (UE) 2024/2847 sur la cyberrésilience (articles 13, 14, 28, 30, 31, 32 ; annexes I, II, V, VII et VIII). Les obligations de notification prévues à l'article 14 s'appliquent depuis le 11 septembre 2026, y compris aux produits déjà mis sur le marché ; les autres obligations s'appliquent aux produits mis sur le marché à partir du 11 décembre 2027 ou modifiés de manière substantielle après cette date (article 71, paragraphe 2, et article 69, paragraphe 2, du règlement). Seuls la classification et le processus de notification sont donc marqués comme obligatoires ; les huit autres points doivent être remplis dès que les autres obligations s'appliquent au produit. La classification et la procédure figurent dans l'appréciation du risque ; l'évaluation des risques en matière de cybersécurité, la matrice des exigences de l'annexe I et le processus de notification figurent dans le rapport CRA. Ce contrôle ne remplace pas la preuve de la protection contre la corruption selon l'annexe III, point 1.1.9, du règlement sur les machines (sous la directive relative aux machines, état de la technique via l'annexe I, point 1.2.1). · Règlement (UE) 2024/2847, articles 13, 14, 31 et 32 / annexes I, II, V, VII et VIII

Champ d'application et classification déterminés OBLIGATOIRE Réussi

Articles 2 et 7, annexes III et IV du règlement sur la cyberrésilience. Il est consigné si le produit a une connexion de données au sens de l'article 2, paragraphe 1, si une exclusion de l'article 2, paragraphes 2 à 7, s'applique et de quelle catégorie de l'annexe III ou IV relève la fonctionnalité de base. Justificatif : classification dans le module Appréciation du risque ou dans le rapport CRA, avec date et personne responsable.

Date de l'essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Évaluation des risques en matière de cybersécurité disponible Réussi

Article 13, paragraphes 2 à 4, annexe VII, point 3, du règlement sur la cyberrésilience. Les risques sont recensés et évalués, les exigences essentielles de l'annexe I, partie I, sont examinées au regard de ces risques, et l'évaluation fait partie de la documentation technique. Elle est mise à jour pendant la période d'assistance. Justificatif : rapport CRA avec tableau des risques et matrice des exigences.

Date de l'essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Exigences essentielles de cybersécurité mises en œuvre Réussi

Article 13, paragraphes 1 et 3, annexe I, partie I, du règlement sur la cyberrésilience. Pour chaque exigence de l'annexe I, partie I, point 1 et point 2 a) à m), il est consigné si elle est applicable sur la base de l'évaluation des risques, comment elle a été mise en œuvre et ce qui l'atteste. Justificatif : matrice des exigences avec justification, mise en œuvre et preuve pour chaque exigence.

Date de l'essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Matrice des exigences entièrement documentée. Les exigences de la partie I, point 2 a) (comparaison avec les vulnérabilités connues) et l) (concept de journalisation), sont en cours et seront achevées avant la mise sur le marché.

Gestion des vulnérabilités mise en place Réussi

Article 13, paragraphe 7, et paragraphe 8, premier alinéa, annexe I, partie II, points 1 à 8, du règlement sur la cyberrésilience. Les exigences de l'annexe I, partie II, sont remplies : nomenclature des logiciels (SBOM), correction sans délai des vulnérabilités, tests réguliers, publication d'informations sur les vulnérabilités corrigées, politique de divulgation coordonnée, partage d'informations avec une adresse de contact pour les signalements, distribution sécurisée des mises à jour et leur mise à disposition sans délai, en principe gratuite, avec des messages d'avis pour les utilisateurs. Justificatif : description de la procédure, SBOM dans un format lisible par machine, point de contact pour les signalements.

Date de l'essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Processus mis en place. Le premier test d'intrusion au titre de la partie II, point 3), est encore en attente.

Période d'assistance fixée, indiquée et mises à jour disponibles Réussi

Article 13, paragraphes 8, 9 et 19, annexe II, point 7, du règlement sur la cyberrésilience. La période d'assistance reflète la durée d'utilisation attendue du produit et est d'au moins cinq ans, ou égale à cette durée lorsque celle-ci est plus courte ; cinq ans sont le minimum et non une valeur par défaut. La date de fin est indiquée de manière visible lors de l'achat avec le mois et l'année, et chaque mise à jour de sécurité livrée reste disponible après sa mise à disposition pendant au moins dix ans ou pendant la durée restante de la période d'assistance, la période la plus longue étant retenue. Justificatif : mention sur le produit, l'emballage ou dans la notice d'instructions ; archivage des mises à jour de sécurité livrées.

Période d'assistance: 12 ans à compter de la mise sur le marché, jusqu'en 03/2039

Date de l'essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Obligation de diligence requise remplie pour les composants achetés Ouvert

Article 13, paragraphes 5 et 6, du règlement sur la cyberrésilience. Lors de l'intégration de composants de tiers, y compris à code source ouvert, il a été vérifié qu'ils ne compromettent pas la cybersécurité du produit ; les vulnérabilités de ces composants sont signalées et corrigées. Justificatif : liste des composants avec origine, version, vérification et source des informations de sécurité.

Date de l'essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Processus de notification selon l'article 14 mis en place OBLIGATOIRE Réussi

Articles 14 et 16 du règlement sur la cyberrésilience. Responsabilité, disponibilité et canal de notification pour les vulnérabilités activement exploitées et les incidents graves sont définis : alerte précoce dans un délai de 24 heures, notification dans un délai de 72 heures, rapport final, information des utilisateurs concernés. Justificatif : procédure écrite désignant le CSIRT, accès à la plateforme de notification, disponibilité.

Date de l'essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Informations et instructions pour l'utilisateur complètes Réussi

Article 13, paragraphe 18, annexe II du règlement sur la cyberrésilience. Les informations de l'annexe II sont jointes, notamment le nom et les coordonnées du fabricant, le point de contact pour les vulnérabilités, l'identification du produit, la destination avec l'environnement de sécurité et les propriétés de sécurité, les circonstances entraînant des risques importants en matière de cybersécurité, le cas échéant l'adresse internet de la déclaration UE de conformité, l'assistance technique, la fin de la période d'assistance et les instructions relatives à la mise en service, aux mises à jour et à la mise hors service sécurisée. Justificatif : chapitre Cybersécurité de la notice d'instructions ou informations jointes.

Date de l'essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Évaluation de la conformité réalisée et déclaration établie Non applicable

Article 13, paragraphes 12 et 20, articles 28, 30 et 32, annexes V et VIII du règlement sur la cyberrésilience. La procédure selon l’article 32 a été appliquée conformément à la classification, la déclaration UE de conformité est disponible, le marquage CE est apposé et une copie ou une déclaration simplifiée accompagne le produit. Justificatif : déclaration de conformité et, le cas échéant, certificat de l’organisme notifié.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

Justification: Mise sur le marché le 15 mars 2027, donc avant le 11 décembre 2027 : les principales obligations du règlement sur la cyberrésilience ne s’appliquent pas à cet exemplaire (article 69, paragraphe 2, et article 71, paragraphe 2), de sorte qu’il n’y a ni évaluation de la conformité ni déclaration au titre de ce règlement. Les obligations de notification de l’article 14 s’appliquent (article 69, paragraphe 3).

Documentation technique établie et conservée Ouvert

Article 13, paragraphe 13, article 31, annexe VII du règlement sur la cyberrésilience. La documentation technique contient les informations de l’annexe VII et est conservée à compter de la mise sur le marché pendant dix ans ou pendant la durée de la période d’assistance, la période la plus longue étant retenue. Justificatif : documentation technique avec description, évaluation des risques, exigences, normes et rapports d’essai.

Date de l’essai: 15/09/2026

Contrôleur: Jonas Weber

6. Sécurité fonctionnelle

Niveau de performance selon l'EN ISO 13849-1

Ce module ne remplace pas SISTEMA. Il détermine le niveau de performance requis (PLr) et documente la sécurité fonctionnelle dans le dossier CE. Le calcul, critique pour la sécurité, du PL atteint (catégorie, MTTFd, DCavg, CCF, PFH) ainsi que les données des composants des fabricants (bibliothèques selon VDMA 66413) doivent être réalisés ou obtenus dans SISTEMA (IFA/DGUV, gratuit). Le résultat de SISTEMA est ensuite repris ici pour la vérification PL ≥ PLr ; le rapport SISTEMA doit figurer comme preuve dans la documentation technique.

Fonction de sécurité	Phénomènes dangereux	Requis	Atteint (SISTEMA)	Vérification
SF-02 Arrêt sûr à l'interruption du rideau lumineux au poste de chargement Rideau lumineux de type 4 selon l'EN IEC 61496-1/-2, résolution 30 mm, distance de sécurité selon l'EN ISO 13855, évaluation dans l'automate de sécurité, STO sur l'entraînement du robot et de la table tournante	N° 9, N° 16, N° 31, N° 1, N° 13, N° 32	PLr e Graphe de risque S2/F2/P2	PL e · Cat. 4 · PFH 2.5e-8 1/h · MTTFd élevée · DCavg élevée · CCF 85	**satisfait (PL ≥ PLr)**
SF-03 Arrêt d'urgence de l'installation complète, catégorie d'arrêt 1 Dispositifs d'arrêt d'urgence au pupitre de commande, à la porte de maintenance et sur la console de programmation, à deux canaux vers l'automate de sécurité ; agit sur le robot, la table tournante, la source de courant de soudage et la partie pneumatique de toute la cellule	N° 1, N° 4, N° 6, N° 7, N° 21, N° 31	PLr d Graphe de risque S2/F1/P2	PL d · Cat. 3 · PFH 4.2e-7 1/h · MTTFd élevée · DCavg moyenne · CCF 75	**satisfait (PL ≥ PLr)**
SF-05 Vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation en mode de réglage Sélecteur de mode de fonctionnement verrouillable, surveillance sûre de la vitesse (SLS) du robot et de la table tournante à 250 mm/s, dispositif de validation à trois positions sur la console de programmation ; l'arrêt d'urgence reste actif	N° 3, N° 18, N° 31, N° 1, N° 2, N° 4, N° 6, N° 8, N° 11, N° 30	PLr d Graphe de risque S2/F2/P1	PL d · Cat. 3 · PFH 4.5e-7 1/h · MTTFd élevée · DCavg moyenne · CCF 75	**satisfait (PL ≥ PLr)**

Fonction de sécurité	Phénomènes dangereux	Requis	Atteint (SISTEMA)	Vérification
SF-04 Autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée Surveillance à deux canaux du rideau lumineux, de la pression de serrage (pressostat) et de la position de la table dans l'automate de sécurité ; l'ordre de rotation n'est autorisé que lorsque le champ de protection est libre et que la pression de serrage est confirmée, vitesse de rotation limitée de manière sûre	N° 1, N° 4, N° 5, N° 6, N° 11, N° 30, N° 31, N° 32	PLr e Graphe de risque S2/F2/P2	PL e · Cat. 4 · PFH 2.7e-8 1/h · MTTFd élevée · DCavg élevée · CCF 85	**satisfait (PL ≥ PLr)**
SF-01 Arrêt sûr (catégorie d'arrêt 1) à l'ouverture de la porte de maintenance Verrouillage avec interverrouillage selon l'EN ISO 14119 (principe du courant de repos), évaluation à deux canaux dans l'automate de sécurité, STO sur l'entraînement du robot et de la table tournante, coupure sûre de la source de courant de soudage, interverrouillage libéré uniquement après surveillance de l'arrêt	N° 13, N° 16, N° 17, N° 19, N° 31, N° 1, N° 2, N° 3, N° 4, N° 6, N° 8, N° 11, N° 18, N° 23	PLr d Graphe de risque S2/F1/P2	PL d · Cat. 3 · PFH 4.7e-7 1/h · MTTFd élevée · DCavg moyenne · CCF 75	**satisfait (PL ≥ PLr)**

Spécification et validation par fonction de sécurité

SF-02 Arrêt sûr à l’interruption du rideau lumineux au poste de chargement

Spécification des exigences de sécurité (EN ISO 13849-1, article 5)

Événement déclencheur	Interruption du champ de protection du rideau lumineux de type 4 (résolution 30 mm) à l’ouverture de chargement.
Réaction de la machine	Arrêt sûr du robot et de la table tournante avec catégorie d’arrêt 1 selon l’EN 60204-1, suivi du STO, évaluation dans l’automate de sécurité.
État sûr	Robot et table tournante à l’arrêt, entraînements sans couple via STO.
Modes de fonctionnement dans lesquels la fonction est active	Actif en permanence en modes Automatique et Réglage, pas de muting.
Temps de réponse admissible	Temps de réponse global T de 250 ms au maximum jusqu’à l’immobilisation ; S résultante = 528 mm selon l’EN ISO 13855:2024, réalisée avec 600 mm.
Comportement en cas de perte d’énergie	Entraînements mis hors énergie ; pas de démarrage automatique après le rétablissement de l’alimentation (verrouillage de redémarrage).
Conditions de redémarrage	Champ de protection libre, acquittement au pupitre de commande en dehors de la zone dangereuse avec vue sur l’ouverture de chargement, puis démarrage du cycle.
Taux de sollicitation	Élevée : l’opérateur se tient à la limite du champ de protection à chaque cycle (environ 90 secondes) (F2).
Réaction aux défauts (comportement en cas de défaut détecté)	Défaut du rideau lumineux (défaut de sortie ou court-circuit entre voies) ou de la chaîne de coupure : arrêt sûr comme en cas d’interruption du champ de protection, le rideau lumineux passe à l’état de verrouillage ; redémarrage uniquement après élimination et acquittement du défaut.
Revue de la spécification avant le développement (date, personne)	18 juin 2026, M. Beispiel (responsable CE) avec les services Conception électrique et automatisme et Conception mécanique ; résultat consigné dans le plan de validation RSZ-2600-VAL-001.

Validation (EN ISO 13849-2)

Validation selon EN ISO 13849-2 effectuée	Oui
Date de la validation	18/08/2026
Méthode appliquée	Validation selon l’EN ISO 13849-2 conformément au plan de validation RSZ-2600-VAL-001. Analyse : liste des défauts selon l’EN ISO 13849-2, annexe D, pour le rideau lumineux, l’automate de sécurité et les chaînes de coupure, comparaison de la catégorie 4, du MTTFd, du DCavg et du CCF avec le projet SISTEMA RSZ-2600-SF02. Essais sur la cellule de référence : essai fonctionnel avec le barreau d’essai sur toute la hauteur du champ de protection en modes Automatique et Réglage, simulation de défauts par canal (interruption et court-circuit entre voies des deux sorties du rideau lumineux, soudure des contacts de chaque contacteur dans le circuit de rétroaction), mesure du temps d’arrêt global T = 250 ms et de la distance réalisée de 600 mm par rapport à S = 528 mm, vérification de l’atteinte par en dessous et du contournement latéral. Résultat : PL e atteint, aucun écart par rapport à la spécification.
Personne ayant effectué la validation	Jonas Weber

SF-03 Arrêt d’urgence de l’installation complète, catégorie d’arrêt 1

Spécification des exigences de sécurité (EN ISO 13849-1, article 5)

Événement déclencheur	Actionnement d’un dispositif d’arrêt d’urgence au pupitre de commande, à la porte de maintenance ou sur la console de programmation.
Réaction de la machine	Catégorie d’arrêt 1 selon l’EN 60204-1 pour toutes les sous-machines de l’ensemble : arrêt contrôlé du robot sur sa trajectoire, freinage actif de la table tournante, puis coupure de l’énergie par deux contacteurs à contacts guidés ; source de courant de soudage mise hors tension, partie pneumatique de la cellule mise hors service, les brides restent fermées grâce au clapet de maintien de pression.
État sûr	Tous les mouvements dangereux de l’ensemble arrêtés, entraînements mis hors énergie, source de courant de soudage mise hors tension.
Modes de fonctionnement dans lesquels la fonction est active	Tous les modes de fonctionnement (Automatique et Réglage) ; l’arrêt d’urgence reste également actif en mode de réglage.
Temps de réponse admissible	Sans incidence sur les distances de sécurité : l’arrêt d’urgence est une mesure de prévention complémentaire, aucune distance de sécurité selon l’EN ISO 13855 ne doit être calculée. Le robot et la table tournante s’immobilisent après un arrêt de catégorie 1 avec le même temps de poursuite du mouvement que celui mesuré pour la SF-02 (250 ms au maximum).
Comportement en cas de perte d’énergie	La coupure de l’énergie correspond à l’état sûr ; pas de démarrage automatique après le rétablissement de l’alimentation.
Conditions de redémarrage	Déverrouillage du dispositif actionné, acquittement au pupitre de commande, puis démarrage du cycle.
Taux de sollicitation	Rare : uniquement en situation dangereuse ou en cas de défaut (F1).
Réaction aux défauts (comportement en cas de défaut détecté)	Discordance entre les deux canaux d’arrêt d’urgence ou soudure des contacts d’un contacteur dans le circuit de rétroaction : arrêt par le canal intact, redémarrage bloqué jusqu’à l’élimination du défaut et son acquittement au pupitre de commande.
Revue de la spécification avant le développement (date, personne)	18 juin 2026, M. Beispiel (responsable CE) avec les services Conception électrique et automatisme et Conception mécanique ; résultat consigné dans le plan de validation RSZ-2600-VAL-001.

Validation (EN ISO 13849-2)

Validation selon EN ISO 13849-2 effectuée	Oui
Date de la validation	18/08/2026
Méthode appliquée	Validation selon l’EN ISO 13849-2 conformément au plan de validation RSZ-2600-VAL-001. Analyse : liste des défauts selon l’EN ISO 13849-2, annexe D, pour les dispositifs d’arrêt d’urgence, l’automate de sécurité et les contacteurs, comparaison de la catégorie 3, du MTTFd, du DCavg et du CCF avec le projet SISTEMA RSZ-2600-SF03. Essais sur la cellule de référence : actionnement de chaque dispositif en modes Automatique et Réglage avec effet sur toutes les sous-machines, simulation de défauts par canal (interruption et court-circuit entre voies pour chaque dispositif, soudure des contacts de chaque contacteur dans le circuit de rétroaction), essai du déverrouillage et du verrouillage de redémarrage. Résultat : PL d atteint, aucun écart par rapport à la spécification.
Personne ayant effectué la validation	Jonas Weber

SF-05 Vitesse réduite de manière sûre de 250 mm/s avec dispositif de validation en mode de réglage

Spécification des exigences de sécurité (EN ISO 13849-1, article 5)

Événement déclencheur	Sélection du mode de réglage sur le sélecteur de mode de fonctionnement verrouillable ; en mode de réglage, dépassement de 250 mm/s au niveau du robot ou de la table tournante et relâchement ou enfoncement complet du dispositif de validation.
Réaction de la machine	Mouvements du robot et de la table tournante uniquement avec le dispositif de validation à trois positions actionné et à 250 mm/s au maximum (surveillance sûre de la vitesse) ; en cas de dépassement, de relâchement ou d'enfoncement complet, arrêt contrôlé (catégorie d'arrêt 1). En position Réglage, tous les autres modes de fonctionnement sont bloqués, l'arrêt d'urgence reste actif.
État sûr	Robot et table tournante à l'arrêt ou à une vitesse surveillée de manière sûre de 250 mm/s au maximum.
Modes de fonctionnement dans lesquels la fonction est active	Réglage (apprentissage, test de programme, recherche de défauts).
Temps de réponse admissible	Sans incidence sur les distances de sécurité : en mode de réglage, la vitesse est limitée à 250 mm/s et un mouvement n'est possible qu'avec le dispositif de validation actionné, aucune distance de sécurité selon l'EN ISO 13855 ne doit être calculée. En cas de relâchement, d'enfoncement complet ou de survitesse, le robot et la table tournante s'immobilisent après un arrêt de catégorie 1 avec le même temps de poursuite du mouvement que celui mesuré pour la SF-02 (250 ms au maximum).
Comportement en cas de perte d'énergie	Entraînements arrêtés ; pas de démarrage automatique après le rétablissement de l'alimentation (verrouillage de redémarrage).
Conditions de redémarrage	Nouvel actionnement du dispositif de validation en position médiane ; passage en mode Automatique uniquement avec la clé, porte de maintenance fermée et après acquittement au pupitre de commande.
Taux de sollicitation	Continue pendant chaque opération de réglage (F2).
Réaction aux défauts (comportement en cas de défaut détecté)	Défaut de la surveillance sûre de la vitesse ou discordance entre les contacts du dispositif de validation : le robot et la table tournante s'arrêtent, le mode de réglage reste bloqué jusqu'à l'élimination du défaut et son acquittement.
Revue de la spécification avant le développement (date, personne)	18 juin 2026, M. Beispiel (responsable CE) avec les services Conception électrique et automatisme et Conception mécanique ; résultat consigné dans le plan de validation RSZ-2600-VAL-001.

Validation (EN ISO 13849-2)

Validation selon EN ISO 13849-2 effectuée	Oui
Date de la validation	18/08/2026
Méthode appliquée	Validation selon l'EN ISO 13849-2 conformément au plan de validation RSZ-2600-VAL-001. Analyse : liste des défauts selon l'EN ISO 13849-2, annexe D, pour le sélecteur de mode de fonctionnement, le dispositif de validation, la surveillance de la vitesse et l'automate de sécurité, comparaison de la catégorie 3, du MTTFd, du DCavg et du CCF avec le projet SISTEMA RSZ-2600-SF05. Essais sur la cellule de référence : mesure de la vitesse au TCP (250 mm/s au maximum), dépassement volontaire avec arrêt, relâchement et enfoncement complet du dispositif de validation, blocage des autres modes de fonctionnement, simulation de défauts par canal (interruption et court-circuit entre voies des signaux du dispositif de validation et du sélecteur). Résultat : PL d atteint, aucun écart par rapport à la spécification.
Personne ayant effectué la validation	Jonas Weber

SF-04 Autorisation du mouvement de rotation de 180 degrés de la table tournante uniquement lorsque la zone de rotation est dégagée

Spécification des exigences de sécurité (EN ISO 13849-1, article 5)

Événement déclencheur	Ordre de rotation pour la rotation de 180 degrés de la table tournante.
Réaction de la machine	L'ordre de rotation n'est exécuté que lorsque le champ de protection du rideau lumineux est libre, que la pression de serrage est confirmée par le pressostat et que le robot se trouve de manière avérée en dehors de la zone de rotation ; la vitesse de rotation est limitée de manière sûre. Si une condition cesse d'être remplie pendant la rotation, la table tournante est arrêtée.
État sûr	Table tournante à l'arrêt, mouvement de rotation bloqué, entraînement sans couple.
Modes de fonctionnement dans lesquels la fonction est active	Automatique ; en mode de réglage, la table ne tourne qu'à vitesse réduite de manière sûre avec le dispositif de validation actionné (SF-05).
Temps de réponse admissible	Si le rideau lumineux réagit pendant la rotation, le temps de réponse global de la SF-02 s'applique (250 ms au maximum).
Comportement en cas de perte d'énergie	La table tournante reste immobile, les brides restent fermées grâce au clapet de maintien de pression ; pas de rotation automatique après le rétablissement de l'alimentation.
Conditions de redémarrage	Nouvel ordre de rotation uniquement après démarrage du cycle au pupitre de commande et lorsque les conditions d'autorisation sont remplies.
Taux de sollicitation	À chaque cycle, environ toutes les 90 secondes (F2).
Réaction aux défauts (comportement en cas de défaut détecté)	Défaut du pressostat, du retour de position sûre du robot ou du circuit d'autorisation : pas d'autorisation de rotation, un mouvement de rotation en cours est arrêté ; redémarrage uniquement après élimination et acquittement du défaut.
Revue de la spécification avant le développement (date, personne)	18 juin 2026, M. Beispiel (responsable CE) avec les services Conception électrique et automatisme et Conception mécanique ; résultat consigné dans le plan de validation RSZ-2600-VAL-001.

Validation (EN ISO 13849-2)

Validation selon EN ISO 13849-2 effectuée	Oui
Date de la validation	18/08/2026
Méthode appliquée	Validation selon l'EN ISO 13849-2 conformément au plan de validation RSZ-2600-VAL-001. Analyse : liste des défauts selon l'EN ISO 13849-2, annexe B, pour le pressostat et le circuit de serrage, et annexe D pour le rideau lumineux, la surveillance de position et l'automate de sécurité, comparaison de la catégorie 4, du MTTFd, du DCavg et du CCF avec le projet SISTEMA RSZ-2600-SF04. Essais sur la cellule de référence : tentatives de rotation avec à chaque fois une condition d'autorisation non remplie (champ de protection interrompu, pression de serrage abaissée, robot dans la zone de rotation), simulation de défauts par canal (interruption et court-circuit entre voies des signaux du pressostat et de position, soudure des contacts de chaque contacteur dans le circuit de rétroaction), essai de la vitesse de rotation limitée de manière sûre. Résultat : PL e atteint, aucun écart par rapport à la spécification.
Personne ayant effectué la validation	Jonas Weber

SF-01 Arrêt sûr (catégorie d’arrêt 1) à l’ouverture de la porte de maintenance

Spécification des exigences de sécurité (EN ISO 13849-1, article 5)

Événement déclencheur	Demande d’ouverture de la porte de maintenance (libération de l’interverrouillage) ou perte du signal de verrouillage de la porte de maintenance.
Réaction de la machine	Catégorie d’arrêt 1 selon l’EN 60204-1 pour le robot et la table tournante, suivie du STO, coupure sûre de la source de courant de soudage ; l’interverrouillage ne libère la porte qu’une fois l’arc éteint et le robot et la table tournante à l’arrêt (surveillance de l’arrêt).
État sûr	Robot et table tournante à l’arrêt et sans couple, source de courant de soudage coupée, porte de maintenance maintenue verrouillée jusqu’à l’immobilisation.
Modes de fonctionnement dans lesquels la fonction est active	Automatique : l’ouverture entraîne un arrêt, mode automatique uniquement avec la porte fermée et verrouillée. Réglage : mouvements avec la porte ouverte uniquement via la SF-05 (dispositif de validation, 250 mm/s) ; la source de courant de soudage reste coupée de manière sûre tant que la porte est ouverte.
Temps de réponse admissible	Sans incidence sur les distances : l’interverrouillage ne se libère qu’après l’immobilisation, de sorte qu’aucune distance de sécurité selon l’EN ISO 13855 ne doit être calculée.
Comportement en cas de perte d’énergie	L’interverrouillage selon le principe du courant de repos reste verrouillé ; il est possible de quitter la cellule à tout moment au moyen du déverrouillage de secours à l’intérieur ; pas de démarrage automatique après le rétablissement de l’alimentation.
Conditions de redémarrage	Fermeture de la porte, interverrouillage actif, acquittement au pupitre de commande à l’extérieur de la cellule, puis démarrage du cycle (verrouillage de redémarrage selon l’EN ISO 14118). Le dispositif de condamnation pour cadenas personnels empêche la fermeture tant qu’une personne se trouvant à l’intérieur de la cellule est protégée.
Taux de sollicitation	Rare : uniquement pour la maintenance, l’entretien et le dépannage, pas dans le cycle de production (F1).
Réaction aux défauts (comportement en cas de défaut détecté)	Si l’automate de sécurité détecte un défaut dans le circuit de la porte ou de l’interverrouillage (rupture de fil, court-circuit entre voies, discordance entre les deux canaux) ou une soudure des contacts d’un contacteur dans le circuit de rétroaction, il arrête le robot et la table tournante par le canal intact, maintient la porte verrouillée jusqu’à l’immobilisation et bloque le redémarrage jusqu’à l’élimination et l’acquittement du défaut.
Revue de la spécification avant le développement (date, personne)	18 juin 2026, M. Beispiel (responsable CE) avec les services Conception électrique et automatisme et Conception mécanique ; résultat consigné dans le plan de validation RSZ-2600-VAL-001.

Validation (EN ISO 13849-2)

Validation selon EN ISO 13849-2 effectuée	Oui
Date de la validation	18/08/2026
Méthode appliquée	Validation selon l’EN ISO 13849-2 conformément au plan de validation RSZ-2600-VAL-001. Analyse : liste des défauts selon l’EN ISO 13849-2, annexe D, pour l’interverrouillage, l’automate de sécurité et les contacteurs, comparaison de la catégorie 3, du MTTFd, du DCavg et du CCF avec le projet SISTEMA RSZ-2600-SF01. Essais sur la cellule de référence : essai fonctionnel par rapport à la spécification en modes Automatique et Réglage, simulation de défauts par canal (interruption et court-circuit entre voies des signaux de la porte et de l’interverrouillage, soudure des contacts de chaque contacteur dans le circuit de rétroaction), essai de la surveillance de l’arrêt, du verrouillage de

	redémarrage et du déverrouillage de secours. Résultat : PL d atteint, aucun écart par rapport à la spécification.
Personne ayant effectué la validation	Jonas Weber

7. Cybersécurité

Règlement (UE) 2024/2847 sur la cyberrésilience, contribution à la documentation technique au titre de l'annexe VII du même règlement

Pour ce produit, seules s'appliquent, au titre du règlement sur la cyberrésilience, les obligations de notification de l'article 14 (article 69, paragraphe 3, du même règlement) ; les autres obligations ne s'appliquent qu'après une modification substantielle à compter du 11 décembre 2027 (article 69, paragraphe 2, du même règlement). Les sections sur le cadre, l'inventaire, les risques, les exigences, les composants, les vulnérabilités, la période d'assistance et l'information des utilisateurs documentent une préparation volontaire ; les points marqués « Ouvert » n'y sont pas des obligations en vigueur.

Confidentiel : ce document contient des informations relatives à la sécurité sur la surface d'attaque du produit. Ne le transmettre qu'aux personnes et organismes qui ont besoin de ces informations pour l'évaluation de la conformité ou la surveillance du marché.

Classification, état des obligations et évaluation de la conformité

Articles 2, 7, 8, 32, 69 et 71, annexes III et IV du règlement sur la cyberrésilience

Dernière modification : 17/09/2026 01:18

Champ d'application (article 2, paragraphe 1, du règlement sur la cyberrésilience)	Couvert : le produit relève du règlement sur la cyberrésilience (article 2, paragraphe 1, du règlement). Les obligations applicables aujourd'hui dépendent de la date de mise sur le marché.
Fonctionnalité de base (article 7, paragraphe 1, du règlement sur la cyberrésilience)	Soudage MAG robotisé d'assemblages en acier en production en série. Le logiciel commande le robot, la table tournante, le procédé de soudage et l'aspiration des fumées. Les fonctions de mise en réseau, de VPN et d'accès proviennent de composants achetés et ne constituent pas la fonctionnalité de base de la cellule ; elles sont consignées en tant que composants avec leur propre classification.
Classification (annexes III et IV du règlement sur la cyberrésilience)	Produit standard (non répertorié à l'annexe III ou IV)
Classification confirmée	Oui
Obligations applicables	Le produit est mis sur le marché avant le 11 décembre 2027. Du règlement sur la cyberrésilience, seules les obligations de notification prévues à l'article 14 s'appliquent alors (article 69, paragraphe 3) ; les exigences essentielles de cybersécurité, l'évaluation de la conformité selon ce règlement et le marquage CE selon ce règlement ne s'appliquent que si le produit fait l'objet d'une modification substantielle à partir du 11 décembre 2027 (article 69, paragraphe 2). Les exigences de cybersécurité issues d'autres actes juridiques restent inchangées, par exemple celles de la directive relative aux équipements radioélectriques par le biais du règlement délégué (UE) 2022/30 jusqu'au 10 décembre 2027 et celles de l'annexe III, point 1.1.9, du règlement sur les machines à partir du 20 janvier 2027.
Obligations de notification (article 14 du règlement sur la cyberrésilience)	Les obligations de notification prévues à l'article 14 du règlement sur la cyberrésilience s'appliquent depuis le 11 septembre 2026, y compris aux produits mis sur le marché auparavant (article 69, paragraphe 3, du règlement).
Déclaration UE de conformité (article 28 du règlement sur la cyberrésilience)	Pas de déclaration au titre du règlement : pour une mise sur le marché avant le 11 décembre 2027, seules les obligations de notification prévues à l'article 14 s'appliquent (article 69, paragraphe 3, du règlement sur la cyberrésilience), tant que le produit ne fait pas l'objet ensuite d'une modification substantielle (article 69, paragraphe 2, du règlement).

Date de mise sur le marché	15 mars 2027 (prévue)

- La date de mise sur le marché s’applique à chaque exemplaire. Si d’autres exemplaires de la même conception sont mis sur le marché à partir du 11 décembre 2027, les autres obligations du règlement s’appliquent à eux. Selon les lignes directrices de la Commission C(2026) 5252, points 33 à 39 (projet approuvé quant au fond le 27 juillet 2026), une série conçue auparavant n’a alors pas besoin d’être reconçue si l’évaluation des risques démontre des mesures appropriées ; l’évaluation de la conformité, la déclaration UE de conformité et le marquage CE restent obligatoires.

Cadre de l’évaluation 5 sur 5 documentés

Article 13, paragraphe 3, deuxième phrase, du règlement sur la cyberrésilience

Dernière modification : 17/09/2026 01:18

Destination	Soudage MAG robotisé d’assemblages en acier jusqu’à 40 kg en production en série, installation fixe dans un hall de production. La cellule est intégrée au réseau de production de l’exploitant (ordres provenant du MES) et fait l’objet d’une télémaintenance par le fabricant via une connexion VPN que l’exploitant active pour chaque session.
Utilisation raisonnablement prévisible	Raccordement du réseau de la cellule directement au réseau bureautique ou à Internet sans la passerelle ; télémaintenance laissée activée en permanence ; comptes utilisateurs partagés entre les équipes ; importation de programmes à partir de clés USB privées ; raccordement d’autres appareils au réseau de la cellule ; poursuite de l’exploitation après la fin de la période d’assistance sans mises à jour de sécurité.
Environnement d’exploitation	Hall de production à accès restreint. Réseau de la cellule (PROFINET) à l’intérieur de l’armoire de commande verrouillée, séparé du réseau de production de l’exploitant par la passerelle avec pare-feu ; connexion au MES via OPC UA dans un segment de réseau dédié. Accès à Internet uniquement par la passerelle VPN et uniquement pour les sessions de maintenance activées. Utilisation par du personnel formé disposant de comptes personnels ; intervention du service assurée par le fabricant et par des personnes qualifiées en électricité désignées par l’exploitant.
Actifs à protéger	Fonctions de sécurité et programme de sécurité de l’automate de sécurité ; logiciel de commande et programmes de soudage ; comptes utilisateurs et certificats VPN ; journal des événements ; données à caractère personnel des opérateurs ; réseau de production de l’exploitant dans lequel la cellule est intégrée.
Conditions d’utilisation	Fonctionnement uniquement avec la passerelle fournie et conformément aux exigences réseau de la notice d’instructions ; télémaintenance uniquement après son activation au pupitre de commande ; les mises à jour de sécurité du fabricant sont installées sans délai, cellule à l’arrêt.
Durée d’utilisation prévue	12 ans
Justification de la durée d’utilisation	La mécanique et les entraînements sont conçus pour 12 ans en fonctionnement en deux équipes, ce qui correspond à la durée de vie des cellules précédentes sur le site de l’exploitant. Les fournisseurs de la commande du robot et de l’automate de sécurité garantissent la fourniture de pièces de rechange jusqu’en 2039 au moins.

Inventaire des interfaces et des actifs

Base de l’évaluation au titre de l’article 13, paragraphe 2, du règlement sur la cyberrésilience ; types d’actifs inspirés de l’EN 18031, complétés par la fonction de sécurité et les données de fonctionnement

Dernière modification : 17/09/2026 01:18

L’inventaire décrit la surface d’attaque du produit : chaque liaison de données avec un appareil ou un réseau et les actifs accessibles par ce biais. Il sert aussi de base aux évaluations sur la protection contre la corruption et sur les équipements

radioélectriques.

Interfaces

Désignation	Type	Protocole	Accessibilité	Fonction de sécurité
Réseau de la cellule vers le robot, la table tournante et la source de courant de soudage	Réseau / bus de terrain / intégration dans la ligne de production	PROFINET IO avec PROFIsafe	Sur site uniquement (accès physique)	Oui
Connexion au MES de l'exploitant	Réseau / bus de terrain / intégration dans la ligne de production	OPC UA (Sign & Encrypt) sur Ethernet	Réseau local de l'installation	Non
Télémaintenance via la passerelle VPN	Accès à distance / télémaintenance	VPN IPsec via la connexion Internet de l'exploitant	Accessible via Internet	Non
Panneau IHM au pupitre de commande	Panneau de commande (IHM) avec gestion des utilisateurs et des paramètres	Commande tactile avec rôles et comptes utilisateurs	Sur site uniquement (accès physique)	Non
Port USB sur le panneau IHM	USB / supports de stockage amovibles	USB 2.0 pour les sauvegardes et l'importation de programmes	Sur site uniquement (accès physique)	Non
Accès de programmation à l'automate de sécurité et à la commande du robot	Accès d'ingénierie / de programmation	Port d'ingénierie (Ethernet) dans l'armoire de commande	Sur site uniquement (accès physique)	Oui

Actifs

Désignation	Type	Objectifs de protection	Interfaces
Fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 et programme de sécurité de l'automate de sécurité	Fonction de sécurité de la machine (sécurité des personnes)	Intégrité, Disponibilité	Réseau de la cellule vers le robot, la table tournante et la source de courant de soudage, Accès de programmation à l'automate de sécurité et à la commande du robot
Logiciels de commande, d'IHM et de passerelle, y compris version et sommes de contrôle	Actif de sécurité (clés, mots de passe, fonctions de sécurité de la commande)	Intégrité, Disponibilité	Accès de programmation à l'automate de sécurité et à la commande du robot, Télémaintenance via la passerelle VPN, Port USB sur le panneau IHM, Panneau IHM au pupitre de commande
Comptes utilisateurs, rôles et certificats VPN	Actif de sécurité (clés, mots de passe, fonctions de sécurité de la commande)	Confidentialité, Intégrité	Panneau IHM au pupitre de commande, Télémaintenance via la passerelle VPN, Connexion au MES de l'exploitant
Programmes de soudage et paramètres de procédé (courant, tension, avance du fil, trajectoires)	Données de fonctionnement et de procédé (recettes, paramètres, données de production)	Confidentialité, Intégrité	Connexion au MES de l'exploitant, Panneau IHM au pupitre de commande, Port USB sur le panneau IHM
Journal des événements relatif aux connexions, aux modifications de paramètres et aux sessions de télémaintenance	Données de fonctionnement et de procédé (recettes, paramètres, données de production)	Intégrité, Disponibilité	Panneau IHM au pupitre de commande, Télémaintenance via la passerelle VPN

Désignation	Type	Objectifs de protection	Interfaces
Noms d’utilisateur des opérateurs et heures de connexion	Actif relatif à la vie privée (données à caractère personnel)	Confidentialité, Intégrité	Panneau IHM au pupitre de commande, Connexion au MES de l’exploitant
Configuration réseau de la cellule et de la transition vers le réseau de l’exploitant (passerelle, règles de pare-feu)	Actif réseau (fonctions réseau et leur configuration)	Intégrité, Disponibilité	Connexion au MES de l’exploitant, Télémaintenance via la passerelle VPN

Évaluation des risques en matière de cybersécurité 7 sur 7 documentés

Article 13, paragraphes 2 et 3, du règlement sur la cyberrésilience

Dernière modification : 03/11/2026 13:11

Le règlement sur la cyberrésilience ne prescrit pas de méthode, mais bien un contenu minimal. L’article 13, paragraphe 2, exige une évaluation des risques en matière de cybersécurité et la prise en compte de son résultat pendant les phases de planification, de conception, de développement, de production, de livraison et de maintenance ; l’article 13, paragraphe 3, exige de la documenter et de la mettre à jour pendant la période d’assistance. La présente évaluation la documente de manière qualitative comme impact × probabilité en quatre niveaux ; cela suit la définition du risque de cybersécurité comme combinaison de l’ampleur de la perte ou de la perturbation et de la probabilité de survenance (article 3, point 37). Il ne s’agit PAS de l’appréciation du risque selon l’EN ISO 12100 : les conséquences d’une attaque pour la santé et la sécurité entrent ici dans l’impact selon l’article 13, paragraphe 2 ; la mesure de prévention contre la conséquence relative à la sécurité et sa preuve relèvent en outre de l’appréciation du risque (règlement sur les machines, annexe III, point 1.1.9, ou état de la technique sous la directive relative aux machines). Les deux indices de risque ne doivent pas être confondus ni additionnés.

Au 15 septembre 2026, aucune norme harmonisée relative au règlement sur la cyberrésilience n’est citée au Journal officiel ; il n’existe donc actuellement aucune présomption de conformité au titre de l’article 27, paragraphe 1, du règlement. Si une norme paraît, la méthode doit s’y conformer.

À partir d’un indice de risque de 4, cette évaluation exige une mesure documentée. Il s’agit d’une convention de cette évaluation et non d’une limite fixée par le règlement sur la cyberrésilience : un risque évalué plus bas doit lui aussi être réduit au minimum conformément à l’article 13, paragraphe 2, du même règlement.

Classes de risque (convention de cette évaluation, non prescrite par le règlement sur la cyberrésilience) : 1 à 3 faible, 4 à 7 moyen, 8 à 11 élevé, à partir de 12 très élevé.

Échelle

Niveau	Impact	Probabilité
1	faible : pas de dommage notable, le fonctionnement se poursuit	peu probable : seulement avec un effort considérable et un accès physique
2	perceptible : certaines fonctions perturbées, données altérées ou divulguées	possible : attaque ciblée avec connaissances spécialisées envisageable
3	grave : production à l’arrêt, secrets d’entreprise ou données à caractère personnel concernés	probable : voies d’attaque connues, outils librement disponibles
4	très grave : fonction de sécurité, santé ou réseau d’un tiers concerné	très probable : accessible depuis le réseau, attaques automatisées connues

Menace 1: Accès non autorisé par la télémaintenance avec des identifiants volés ; des programmes ou des paramètres de la commande standard sont modifiés.

via Télémaintenance via la passerelle VPN; Actif : Logiciels de commande, d'IHM et de passerelle, y compris version et sommes de contrôle

Catégorie: Accès non autorisé

Incidence × probabilité: 3 × 3 = 9 (Élevé)

Mesures: VPN avec authentification multifacteur et comptes personnels ; activation uniquement au pupitre de commande, limitée dans le temps, avec affichage « Télémaintenance active » ; aucune voie d'accès à distance vers l'automate de sécurité ; chaque session est journalisée.

Risque résiduel: 3 × 1 = 3 (Faible); Risque restant : personnes internes disposant d'un compte valide ; limité par la journalisation et par l'approbation des modifications relatives à la sécurité selon le principe du double contrôle. Les conséquences de l'accès à distance sur la sécurité sont évaluées dans l'appréciation du risque selon l'EN ISO 12100 (phénomène dangereux n° 44).

Exigences: Part I No. 2(d); Part I No. 2(j); Part I No. 2(l)

Statut: complet

Menace 2: Une vulnérabilité connue du micrologiciel de la passerelle VPN est exploitée pour atteindre le réseau de production de l'exploitant.

via Télémaintenance via la passerelle VPN; Actif : Configuration réseau de la cellule et de la transition vers le réseau de l'exploitant (passerelle, règles de pare-feu)

Catégorie: Vulnérabilité d'un composant

Incidence × probabilité: 3 × 3 = 9 (Élevé)

Mesures: Nomenclature logicielle pour chaque version du logiciel ; abonnement aux avis de sécurité du fournisseur de la passerelle ; vérification par rapport aux bases de données publiques de vulnérabilités avant chaque livraison ; mises à jour de sécurité via le portail client ; la passerelle n'achemine aucun trafic entre le réseau de la cellule et le réseau de l'exploitant.

Risque résiduel: 3 × 1 = 3 (Faible); Risque restant : délai entre la divulgation et l'installation de la mise à jour par l'exploitant.

Exigences: Part I No. 2(a); Part I No. 2(c); Part I No. 2(i); Part II No. 1; Part II No. 2

Statut: complet

Menace 3: Des données d'ordres ou de paramètres manipulées provenant du réseau MES modifient les paramètres de soudage ; les soudures deviennent défectueuses.

via Connexion au MES de l'exploitant; Actif : Programmes de soudage et paramètres de procédé (courant, tension, avance du fil, trajectoires)

Catégorie: Manipulation

Incidence × probabilité: 3 × 2 = 6 (Moyen)

Mesures: OPC UA uniquement en mode Sign & Encrypt avec certificats ; les paramètres reçus sont contrôlés par rapport aux limites libérées ; modifications des programmes de soudage uniquement avec le rôle Réglage.

Risque résiduel: 3 × 1 = 3 (Faible); Les conséquences de données falsifiées sur la sécurité sont également évaluées dans l'appréciation du risque (phénomène dangereux n° 42).

Exigences: Part I No. 2(e); Part I No. 2(f)

Statut: complet

Menace 4: Un logiciel malveillant atteint le panneau IHM depuis une clé USB lors de l'importation de sauvegardes ou de programmes.

via Port USB sur le panneau IHM; Actif : Logiciels de commande, d'IHM et de passerelle, y compris version et sommes de contrôle

Catégorie: Logiciel malveillant

Incidence × probabilité: 3 × 2 = 6 (Moyen)

Mesures: Port USB utilisable uniquement après connexion, exécution automatique désactivée ; seuls des paquets de mise à jour signés sont installés ; la somme de contrôle et le format des programmes sont vérifiés avant leur acceptation.

Risque résiduel: 2 × 1 = 2 (Faible); La notice d'instructions demande aux exploitants de n'utiliser que des supports de données contrôlés.

Exigences: Part I No. 2(f); Part I No. 2(j)

Statut: complet

Menace 5: Des mots de passe sont partagés ou observés (regard par-dessus l’épaule) au panneau IHM ; un opérateur obtient les droits d’un rôle supérieur.

via Panneau IHM au pupitre de commande; Actif : Comptes utilisateurs, rôles et certificats VPN

Catégorie: Accès non autorisé

Incidence × probabilité: 2 × 3 = 6 (Moyen)

Mesures: Comptes personnels au lieu de comptes de groupe ; changement de mot de passe imposé à la première connexion ; déconnexion automatique ; les connexions et les changements de rôle sont journalisés.

Risque résiduel: 2 × 2 = 4 (Moyen); Le partage des mots de passe reste une question organisationnelle relevant de l’exploitant ; ce point est traité dans la notice d’instructions.

Exigences: Part I No. 2(b); Part I No. 2(d); Part I No. 2(l)

Statut: complet

Menace 6: Un appareil supplémentaire surcharge ou perturbe le réseau de la cellule (déni de service) ; la communication avec l’automate de sécurité est perdue.

via Réseau de la cellule vers le robot, la table tournante et la source de courant de soudage; Actif : Fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 et programme de sécurité de l’automate de sécurité

Catégorie: Disponibilité

Incidence × probabilité: 3 × 2 = 6 (Moyen)

Mesures: Réseau de la cellule à l’intérieur de l’armoire de commande verrouillée, sans ports libres ; séparé du réseau de l’exploitant par la passerelle ; en cas de perte de communication, la surveillance PROFIsafe déclenche le passage à l’état sûr, redémarrage uniquement après acquittement.

Risque résiduel: 2 × 1 = 2 (Faible); Les conséquences sur la sécurité sont évaluées dans l’appréciation du risque selon l’EN ISO 12100 (phénomène dangereux n° 38).

Exigences: Part I No. 2(h); Part I No. 2(k)

Statut: complet

Menace 7: Le programme de sécurité est écrasé ou mis en mode arrêt par l’accès de programmation.

via Accès de programmation à l’automate de sécurité et à la commande du robot; Actif : Fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 et programme de sécurité de l’automate de sécurité

Catégorie: Manipulation

Incidence × probabilité: 4 × 2 = 8 (Élevé)

Mesures: Accès de programmation uniquement à l’intérieur de l’armoire de commande verrouillée ; mot de passe individuel pour le programme de sécurité ; version et somme de contrôle sur le panneau IHM ; essai de réception des fonctions de sécurité après chaque modification.

Risque résiduel: 4 × 1 = 4 (Moyen); Risque restant : intervention de personnes autorisées ; la justification de la protection contre la corruption fait partie de l’appréciation du risque (phénomène dangereux n° 43).

Exigences: Part I No. 2(d); Part I No. 2(f); Part I No. 2(k)

Statut: complet

Exigences relatives aux propriétés du produit 14 sur 14 documentés

Annexe I, partie I, du règlement sur la cyberrésilience

Dernière modification : 03/11/2026 13:11

L’annexe I, partie I, point 1, s’applique sans restriction. Les exigences du point 2, a) à m), s’appliquent « le cas échéant » sur la base de l’évaluation des risques en matière de cybersécurité ; la mesure dans laquelle elles sont applicables doit être indiquée dans l’évaluation (article 13, paragraphe 3, troisième phrase, du règlement sur la cyberrésilience) et relève de la documentation technique (annexe VII, point 3, du règlement). Si l’une d’elles n’est pas applicable, cela doit y être clairement justifié (article 13, paragraphe 4, du règlement).

Référence	Exigence	Applicable	Statut	Justification	Mise en œuvre	Justificatif
Part I No. 1	Niveau de cybersécurité approprié en fonction des risques	s’applique toujours	satisfaite		Évaluation des risques de cybersécurité portant sur sept menaces sur l’ensemble des interfaces numériques ; les mesures sont mises en œuvre lors de la conception, de la mise en service et du service après-vente.	Rapport CRA avec tableau des risques et matrice des exigences
Part I No. 2(a)	Aucune vulnérabilité exploitable connue	oui	en cours		La nomenclature logicielle est vérifiée par rapport aux bases de données publiques de vulnérabilités avant chaque livraison ; les constats ouverts sont corrigés avant la livraison.	Rapport de vérification des vulnérabilités par version du logiciel (premier rapport avant la mise sur le marché)
Part I No. 2(b)	Configuration sécurisée par défaut et possibilité de réinitialisation	oui	satisfaite		Livraison avec télémaintenance désactivée, ports fermés sur la passerelle et changement de mot de passe imposé ; réinitialisation aux paramètres d’usine via le menu de service.	Liste de contrôle de mise en service IBN-SEC-01
Part I No. 2(c)	Mises à jour de sécurité, mises à jour automatiques avec possibilité de désactivation	oui	satisfaite		Mises à jour de sécurité sous forme de paquets signés via le portail client, installées par l’exploitant, cellule à l’arrêt. Aucune installation automatique n’est prévue, car une mise à jour pendant la production arrêterait la cellule ; l’exploitant est informé des mises à jour disponibles par e-mail.	Concept de mises à jour UPD-01
Part I No. 2(d)	Protection contre l’accès non autorisé	oui	satisfaite		Comptes personnels avec rôles sur le panneau IHM, VPN avec authentification multifacteur, OPC UA avec certificats ; les échecs de connexion et les sessions de télémaintenance sont journalisés et affichés sur le panneau IHM.	Concept de rôles ROL-01, extrait du journal de la réception
Part I No. 2(e)	Confidentialité des données	oui	satisfaite		OPC UA en mode Sign & Encrypt, tunnel VPN chiffré ; les mots de passe sont stockés uniquement sous forme de hachages.	Relevé de configuration de la passerelle et du serveur OPC UA

Référence	Exigence	Applicable	Statut	Justification	Mise en œuvre	Justificatif
Part I No. 2(f)	Intégrité des données, des commandes, des programmes et des configurations	oui	satisfaite		Paquets de mise à jour signés, sommes de contrôle du logiciel de commande sur le panneau IHM, journal des modifications des paramètres et des programmes.	Procès-verbal de réception de la version du logiciel
Part I No. 2(g)	Minimisation des données	oui	satisfaite		Seules les données de production et les noms d'utilisateur nécessaires à la connexion et à la journalisation sont traités ; aucune donnée n'est transmise au fabricant en dehors des sessions de maintenance activées.	Diagramme de flux de données DFP-01
Part I No. 2(h)	Disponibilité des fonctions essentielles, protection contre les attaques par déni de service	oui	satisfaite		Réseau de la cellule séparé du réseau de l'exploitant, limitation de la bande passante sur la passerelle ; la cellule continue de fonctionner avec les derniers programmes libérés sans connexion au MES ni à Internet.	Essai de charge réseau et de perte de connexion, rapport NET-T-02
Part I No. 2(i)	Faible incidence sur les autres appareils et réseaux	oui	satisfaite		La passerelle n'autorise que OPC UA vers le MES et la connexion VPN vers le fabricant, et n'achemine aucun trafic entre le réseau de la cellule et le réseau de l'exploitant.	Jeu de règles de pare-feu FW-01
Part I No. 2(j)	Surfaces d'attaque aussi réduites que possible	oui	satisfaite		Services et ports inutiles désactivés, accès de programmation à l'intérieur de l'armoire de commande verrouillée, USB utilisable uniquement après connexion.	Liste de contrôle de durcissement HRT-01
Part I No. 2(k)	Atténuation de l'incidence d'une exploitation	oui	satisfaite		Aucune voie d'accès à distance vers la commande de sécurité, état sûr en cas de perte de communication, sauvegarde et restauration avec comparaison des sommes de contrôle.	Rapport de validation des fonctions de sécurité, essai de restauration

Référence	Exigence	Applicable	Statut	Justification	Mise en œuvre	Justificatif
Part I No. 2(l)	Enregistrement et surveillance des événements liés à la sécurité	oui	en cours		Journal des événements relatif aux connexions, aux changements de rôle et aux modifications de paramètres, aux chargements de logiciel et aux sessions de télémaintenance. La conception du mécanisme de désactivation (opt-out) est encore en cours de clarification, car ce même journal fournit la preuve au titre de l'annexe III, point 1.1.9, du règlement sur les machines (état au 17 septembre 2026).	Concept de journalisation LOG-01 (projet)
Part I No. 2(m)	Suppression et transfert sécurisés des données	oui	satisfaite		La fonction « Paramètres d'usine » supprime définitivement les comptes utilisateurs, les certificats, les programmes et les journaux ; les sauvegardes sont écrites sur USB sous forme chiffrée.	Essai de réinitialisation, rapport RST-01

Composants de tiers 1 sur 5 documentés

Article 13, paragraphes 5 et 6, du règlement sur la cyberrésilience

Dernière modification : 03/11/2026 13:11

Quiconque intègre à un produit des composants provenant de tiers fait preuve de la diligence requise : les composants ne doivent pas compromettre la cybersécurité du produit. Cela vaut aussi pour les logiciels libres et ouverts qui n'ont pas été mis à disposition sur le marché dans le cadre d'une activité commerciale (article 13, paragraphe 5, du règlement sur la cyberrésilience). Lorsqu'une vulnérabilité est constatée dans un composant, elle doit être signalée à la personne ou à l'entité qui fabrique ou entretient le composant ; un correctif développé en interne doit lui être communiqué (article 13, paragraphe 6, du règlement).

Composant 1 : Commande du robot à bras articulé

Fabricant: Fabricant du robot (fournisseur)

Version: Logiciel de commande 5.2

Type: Matériel

Statut cyberrésilience: en cours de vérification

Classe / remarque: Fonctionnalité de base : commande du robot ; selon le fournisseur, aucune catégorie de l'annexe III ou IV.

Preuve de diligence raisonnable: Questionnaire fournisseur sur le traitement des vulnérabilités et la période d'assistance évalué ; abonnement aux avis de sécurité du fournisseur ; déclaration de conformité au règlement sur la cyberrésilience demandée pour les livraisons à partir du 11 décembre 2027.

Référence SBOM: Nomenclature logicielle (SBOM) du fournisseur demandée

Dernière vérification: 10/09/2026

Composant 2 : Automate de sécurité avec logiciel d’ingénierie

Fabricant: Fabricant de systèmes de commande (fournisseur)
Version: Micrologiciel 3.1
Type: Matériel
Statut cyberrésilience: en cours de vérification
Classe / remarque: Fonctionnalité de base : commande de sécurité, aucune catégorie de l’annexe III ou IV.
Preuve de diligence raisonnable: Guide de sécurité du fabricant évalué et recommandations de durcissement appliquées ; abonnement aux avis de sécurité ; déclaration de conformité au règlement sur la cyberrésilience demandée.
Référence SBOM: RSZ-2600-SBOM-001, section Automate de sécurité
Dernière vérification: 10/09/2026

Composant 3 : Routeur industriel avec VPN (passerelle de télémaintenance)

Fabricant: Fabricant d’équipements réseau (fournisseur)
Version: Micrologiciel 8.4
Type: Matériel
Statut cyberrésilience: en cours de vérification
Classe / remarque: Produit important de classe I au titre de l’annexe III, point 5 (VPN) et point 12 (routeurs) ; pour les livraisons à partir du 11 décembre 2027, le fournisseur doit justifier d’une évaluation de la conformité au titre de l’article 32, paragraphe 2, du règlement sur la cyberrésilience.
Preuve de diligence raisonnable: Maintenance du micrologiciel confirmée par écrit jusqu’en 2036, remplacement par le modèle successeur prévu pendant la période d’assistance ; durcissement selon le guide du fournisseur.
Référence SBOM: RSZ-2600-SBOM-001, section Passerelle
Dernière vérification: 10/09/2026

Composant 4 : Panneau IHM avec logiciel de visualisation

Fabricant: Fabricant de systèmes d’automatisation (fournisseur)
Version: Runtime 17
Type: Matériel
Statut cyberrésilience: en cours de vérification
Classe / remarque: Fonctionnalité de base : conduite et surveillance, aucune catégorie de l’annexe III ou IV.
Preuve de diligence raisonnable: Questionnaire fournisseur évalué ; assistance pour le runtime confirmée jusqu’en 2037 ; abonnement aux avis de sécurité.
Référence SBOM: RSZ-2600-SBOM-001, section Panneau IHM
Dernière vérification: 10/09/2026

Composant 5 : Bibliothèque de communication OPC UA (open source)

Fabricant: Projet open source
Version: 1.4
Type: Logiciel, logiciel libre et open source
Statut cyberrésilience: non couvert par le règlement sur la cyberrésilience
Classe / remarque: Logiciel libre et open source qui n’est pas fourni par le projet dans le cadre d’une activité commerciale (considérant 18 du règlement sur la cyberrésilience) ; l’obligation de diligence lors de son intégration incombe au fabricant de la cellule (article 13, paragraphe 5, du règlement sur la cyberrésilience).
Preuve de diligence raisonnable: Version vérifiée par rapport aux bases de données publiques de vulnérabilités ; activité de maintenance et politique de sécurité du projet examinées ; les mises à jour sont reprises à chaque version du logiciel ; les vulnérabilités détectées sont signalées au projet (article 13, paragraphe 6, du règlement sur la cyberrésilience).
Référence SBOM: RSZ-2600-SBOM-001
Dernière vérification: 10/09/2026

- Point 1 : Ouvert : il n’est pas encore établi si le composant satisfait aux exigences (article 13, paragraphe 5, du règlement sur la cyberrésilience).
- Point 2 : Ouvert : il n’est pas encore établi si le composant satisfait aux exigences (article 13, paragraphe 5, du règlement sur la cyberrésilience).
- Point 3 : Ouvert : il n’est pas encore établi si le composant satisfait aux exigences (article 13, paragraphe 5, du règlement sur la cyberrésilience).

- Point 4 : Ouvert : il n’est pas encore établi si le composant satisfait aux exigences (article 13, paragraphe 5, du règlement sur la cyberrésilience).

Gestion des vulnérabilités 12 sur 12 documentés

Annexe I, partie II, du règlement sur la cyberrésilience

Dernière modification : 03/11/2026 13:11

Emplacement de stockage de la nomenclature	Système PDM du fabricant, document RSZ-2600-SBOM-001, mis à jour pour chaque version logicielle libérée
Format de la nomenclature	CycloneDX 1.6 (JSON)
Mise à disposition de la nomenclature à l’utilisateur	non
Adresse de contact pour le signalement des vulnérabilités (partie II, point 6, et article 13, paragraphe 17, du règlement sur la cyberrésilience)	security@muster-maschinenbau.example
Politique de divulgation coordonnée (partie II, point 5, du règlement sur la cyberrésilience)	https://www.muster-maschinenbau.example/security/disclosure
Publication d’informations sur les vulnérabilités corrigées (partie II, point 4, du règlement sur la cyberrésilience)	https://www.muster-maschinenbau.example/security/advisories

Exigences de l’annexe I, partie II

Référence	Exigence	Statut	Mise en œuvre	Justificatif	Remarque
Part II No. 1	Identifier les vulnérabilités et les composants, nomenclature des logiciels	satisfaite	Nomenclature logicielle au format CycloneDX pour chaque version logicielle libérée, couvrant au moins les dépendances de premier niveau ; liste des composants avec fournisseurs et versions.	RSZ-2600-SBOM-001	

Référence	Exigence	Statut	Mise en œuvre	Justificatif	Remarque
Part II No. 2	Corriger les vulnérabilités sans retard, mises à jour de sécurité distinctes	satisfaite	Correction selon la gravité avec des délais cibles fixés ; lorsque cela est techniquement possible, les mises à jour de sécurité sont mises à disposition séparément des mises à jour fonctionnelles.	VA-SEC-04, section 5	Restriction dans le libellé : les mises à jour de sécurité ne doivent être fournies séparément des mises à jour fonctionnelles que « lorsque cela est techniquement possible ». Pour les versions ultérieures substantiellement modifiées d'un produit logiciel, l'article 13, paragraphe 10, du règlement sur la cyberrésilience permet de limiter l'obligation à la version mise sur le marché en dernier, à condition que les utilisateurs de la version antérieure aient accès gratuitement à la dernière version, sans coûts d'adaptation supplémentaires.
Part II No. 3	Tester et examiner régulièrement la sécurité	en cours	Test d'intrusion annuel sur une cellule de référence et vérification des vulnérabilités avant chaque livraison ; le premier test est prévu avant la mise sur le marché.	Plan d'essai SEC-PP-01	
Part II No. 4	Publier des informations sur les vulnérabilités corrigées	satisfaite	Avis de sécurité comportant la description, les versions concernées, l'impact, la gravité et la correction, sur https://www.muster-maschinenbau.example/security/advisories ; la publication n'est différée que dans des cas justifiés, jusqu'à ce que les exploitants aient pu installer la mise à jour.	VA-SEC-04, section 6	Restriction dans le libellé : dans des cas dûment justifiés où les risques de la publication l'emportent sur les avantages en matière de sécurité, la publication peut être différée jusqu'à ce que les utilisateurs aient pu appliquer le correctif. La justification relève de la description de la mise en œuvre.
Part II No. 5	Politique de divulgation coordonnée des vulnérabilités	satisfaite	Politique de divulgation coordonnée des vulnérabilités publiée sur https://www.muster-maschinenbau.example/security/disclosure.	Politique publiée, rév. A	
Part II No. 6	Partage d'informations et adresse de contact pour les vulnérabilités	satisfaite	Adresse de contact security@muster-maschinenbau.example ; abonnement aux avis de sécurité des fournisseurs de la commande du robot, de l'automate de sécurité et de la passerelle.	VA-SEC-04, section 3	

Référence	Exigence	Statut	Mise en œuvre	Justificatif	Remarque
Part II No. 7	Diffusion sécurisée des mises à jour	satisfaite	Paquets de mise à jour signés avec somme de contrôle via le portail client (TLS) ; le programme d'installation vérifie la signature avant l'installation.	Concept de mises à jour UPD-01	Restriction dans le libellé : les mises à jour de sécurité sont installées « le cas échéant automatiquement ». Pour les produits utilisés dans des environnements professionnels et industriels où une mise à jour automatique pourrait perturber l'exploitation, les utilisateurs ne s'y attendent normalement pas (cf. considérant 56 du règlement sur la cyberrésilience) ; la décision doit être justifiée ici.
Part II No. 8	Mises à jour de sécurité gratuites accompagnées d'avis	satisfaite	Les mises à jour de sécurité sont gratuites pendant la période d'assistance et sont accompagnées de messages d'information sur leur contenu et sur les mesures recommandées, séparément des mises à niveau fonctionnelles payantes.	Conditions générales de service, section relative aux mises à jour de sécurité	Restriction dans le libellé : la diffusion gratuite peut faire l'objet d'un accord différent entre le fabricant et l'utilisateur professionnel pour un produit sur mesure. Un tel accord doit être mentionné ici ; l'obligation de diffusion sans délai accompagnée de messages d'avis subsiste.

- Les huit exigences de l'annexe I, partie II, s'appliquent sans la réserve « le cas échéant » de la partie I (phrase introductive de l'annexe I, partie II ; cf. considérant 54 du règlement sur la cyberrésilience) et ne peuvent donc pas être désélectionnées dès que les obligations du règlement s'appliquent au produit ; pour chaque point, il faut consigner comment il est mis en œuvre et ce qui l'atteste (annexe VII, point 2 b) et point 6 du règlement). Certains points comportent des restrictions dans leur propre libellé ; elles figurent comme remarque sur la ligne et concernent la mise en œuvre, non l'applicabilité.

Période d'assistance 4 sur 4 documentés

Article 13, paragraphes 8, 9 et 19, du règlement sur la cyberrésilience

Dernière modification : 17/09/2026 01:18

Période d'assistance fixée	12 ans
Vérification au regard de l'article 13, paragraphe 8, du règlement sur la cyberrésilience	La période d'assistance atteint la durée minimale de cinq ans et la durée d'utilisation attendue. Les motifs de sa fixation relèvent de la documentation technique (article 13, paragraphe 8, cinquième alinéa, et annexe VII, point 4, du règlement sur la cyberrésilience).
Facteurs pris en compte	La période d'assistance correspond à la durée d'utilisation attendue de 12 ans. Ont été pris en compte les attentes des exploitants en production en série, la durée de vie de cellules de soudage comparables et la maintenance des micrologiciels à laquelle se sont engagés les fournisseurs de la commande du robot, de l'automate de sécurité et de la passerelle (justificatifs dans la liste des composants).
Fin calculée (hypothèse de cette évaluation : début à la mise sur le marché, plus la durée)	03/2039
Date de fin indiquée	03/2039

Indication de la date de fin au moment de l’achat	Confirmation de commande, plaque complémentaire à côté de la plaque signalétique et chapitre Cybersécurité de la notice d’instructions
Disponibilité des mises à jour de sécurité fournies (article 13, paragraphe 9, du règlement sur la cyberrésilience)	Les mises à jour de sécurité sont mises à disposition sur le portail client du fabricant avec notes de version et somme de contrôle, et y restent disponibles pendant au moins dix ans après leur publication, et en tout état de cause jusqu’à la fin de la période d’assistance.

Notification des vulnérabilités activement exploitées et des incidents graves 4 sur 4 documentés

Article 14 du règlement sur la cyberrésilience

Dernière modification : 17/09/2026 01:18

Délais au titre de l’article 14, paragraphes 2 et 4, du règlement sur la cyberrésilience : alerte précoce sans retard injustifié et au plus tard 24 heures après la prise de connaissance ; notification sans retard injustifié et au plus tard 72 heures après la prise de connaissance, sauf si les informations ont déjà été fournies ; rapport final au plus tard 14 jours après la disponibilité d’une mesure corrective ou d’atténuation en cas de vulnérabilité, et au plus tard 1 mois après la notification en cas d’incident de sécurité. Les délais sont calculés sans report aux jours ouvrables ; c’est la lecture la plus stricte.

Responsable des notifications	Responsable de la sécurité des produits, joignable via security@muster-maschinenbau.example et l’équipe d’astreinte du service, y compris le week-end
Suppléant	Responsable de l’électrotechnique
État membre de l’établissement principal	Allemagne
CSIRT désigné comme coordinateur	CERT-Bund auprès de l’Office fédéral de la sécurité des technologies de l’information (BSI)
Accès à la plateforme unique de notification (article 16 du règlement sur la cyberrésilience)	mis en place
Procédure interne documentée	Procédure VA-SEC-04 « Traitement des vulnérabilités et des incidents de sécurité », rév. B
Information des utilisateurs concernés (article 14, paragraphe 8, du règlement sur la cyberrésilience)	Avis de sécurité par e-mail aux contacts enregistrés de chaque exploitant et publication sur https://www.muster-maschinenbau.example/security/advisories, également sous forme lisible par machine au format CSAF

Informations et instructions pour l’utilisateur 7 sur 7 documentés

Annexe II, annexe VII, point 1 d), du règlement sur la cyberrésilience

Dernière modification : 17/09/2026 01:18

Les informations suivantes s’inspirent de l’annexe II du règlement sur la cyberrésilience. Pour ce produit (mis sur le marché avant le 11 décembre 2027), elles ne doivent l’accompagner qu’en cas de modification substantielle à compter du 11 décembre 2027 (article 69, paragraphe 2, du même règlement). Pour une machine, elles figurent dans le chapitre Cybersécurité de la notice d’instructions.

Annex II No. 1 CRA: Nom et coordonnées du fabricant

Muster Maschinenbau GmbH
Beispielstraße 1, 12345 Musterstadt, Allemagne
service@muster-maschinenbau.example
https://www.muster-maschinenbau.example

Annex II No. 2 CRA: Point de contact unique pour les vulnérabilités et politique de divulgation

security@muster-maschinenbau.example
https://www.muster-maschinenbau.example/security/disclosure

Annex II No. 3 CRA: Identification univoque du produit

Cellule de soudage robotisée RSZ-2600

RSZ-2600

Numéro de série sur la plaque signalétique, sur la paroi latérale droite de l’armoire de commande ; version du logiciel sur le panneau IHM, sous « Info »

Annex II No. 4 CRA: Destination, environnement de sécurité et propriétés de sécurité

Soudage MAG robotisé d’assemblages en acier jusqu’à 40 kg en production en série, installation fixe dans un hall de production.

Exploitation dans un réseau de production séparé des réseaux bureautique et Internet ; connexion au MES uniquement par la passerelle fournie ; télémaintenance uniquement par la passerelle VPN après activation au pupitre de commande ; armoire de commande et ports de programmation verrouillés.

Commande du robot, de la table tournante, du procédé de soudage et de l’aspiration des fumées ; réception des ordres et transmission des données de production via OPC UA ; sauvegardes via USB ; télémaintenance par le fabricant.

Comptes utilisateurs personnels avec rôles ; connexion OPC UA chiffrée et signée ; VPN avec authentification multifacteur ; journal des événements relatif aux connexions, aux modifications de paramètres et aux sessions de télémaintenance ; version et somme de contrôle du logiciel relatif à la sécurité sur le panneau IHM ; aucun accès à distance à la commande de sécurité.

Annex II No. 5 CRA: Circonstances pouvant entraîner des risques de cybersécurité importants

Raccordement du réseau de la cellule directement au réseau bureautique ou à Internet ; télémaintenance laissée activée en permanence ; mots de passe partagés ; fichiers de sources inconnues via USB ; mises à jour de sécurité non installées ; poursuite de l’exploitation après la fin de la période d’assistance.

Annex II No. 6 CRA: Adresse internet de la déclaration UE de conformité

aucune indication (le cas échéant)

Annex II No. 7 CRA: Assistance technique en matière de sécurité et date de fin de la période d’assistance

Mises à jour de sécurité des logiciels de commande, d’IHM et de passerelle via le portail client ; avis de sécurité par e-mail ; assistance du service du fabricant lors de l’intégration de la cellule dans le réseau de l’exploitant.

Fin de la période d’assistance: 03/2039

Annex II No. 8 CRA: Instructions détaillées

a) Mise en service et utilisation sécurisées: Modifier le mot de passe initial lors de la première connexion (la commande l’impose) et créer des comptes personnels pour tous les opérateurs ; intégrer la passerelle conformément au plan de réseau du fabricant et n’autoriser que OPC UA vers le MES et la connexion VPN vers le fabricant ; sauvegarder la configuration réceptionnée et consigner sa somme de contrôle dans le procès-verbal de réception.

b) Effet des modifications sur la sécurité des données: Des connexions réseau supplémentaires, des règles de pare-feu modifiées, des modifications du programme de sécurité ou le raccordement d’autres machines peuvent compromettre la cybersécurité et les fonctions de sécurité. N’effectuer de telles modifications qu’après concertation avec le fabricant, puis contrôler les fonctions de sécurité.

c) Installation des mises à jour pertinentes pour la sécurité: Télécharger les mises à jour de sécurité depuis le portail client, comparer la somme de contrôle et les installer via USB sur le panneau IHM, cellule à l’arrêt, mode de réglage sélectionné et porte de maintenance fermée, ou au cours d’une session de télémaintenance activée ; vérifier ensuite la version et la somme de contrôle sur le panneau IHM.

d) Mise hors service sécurisée et suppression des données de l’utilisateur: Avant la mise hors service, sauvegarder les programmes de soudage et les journaux, réinitialiser la cellule via « Paramètres d’usine » (cette opération supprime les comptes utilisateurs, les certificats, les programmes et les journaux) et demander au fabricant de bloquer l’accès de télémaintenance.

Annex II No. 9 CRA: Accès à la nomenclature des logiciels, si elle est fournie

aucune indication (le cas échéant)

- Remarque : aucune adresse internet de la déclaration UE de conformité n’est indiquée ; elle ne doit être mentionnée que « le cas échéant » (annexe II, point 6, du règlement sur la cyberrésilience). Lorsque les obligations principales s’appliquent, le produit est accompagné, conformément à l’article 13, paragraphe 20, du même règlement, d’une copie de la déclaration UE de conformité ou d’une déclaration simplifiée ; la déclaration simplifiée indique l’adresse internet à laquelle le texte complet est accessible (annexe VI du même règlement).

État de la normalisation sur le marché

Article 27 du règlement sur la cyberrésilience

Au 15 septembre 2026, aucune norme harmonisée relative au règlement sur la cyberrésilience n'est citée au Journal officiel de l'Union européenne. Il n'existe donc actuellement aucune présomption de conformité au titre de l'article 27, paragraphe 1, du règlement, et, pour les produits importants de classe I, la voie du contrôle interne (module A) avec des normes harmonisées appliquées intégralement n'est pratiquement pas encore ouverte. L'acte délégué désignant les schémas européens de certification pour l'effet de présomption (article 27, paragraphe 9, du règlement) n'a pas non plus été adopté. Avant l'évaluation de la conformité, vérifier l'état au Journal officiel.

Cet aperçu décrit l'état de la normalisation, et non les normes appliquées à ce produit. La liste des normes harmonisées, spécifications communes ou autres spécifications techniques appliquées au titre de l'annexe VII, point 5, du règlement sur la cyberrésilience est tenue dans la liste de contrôle de la documentation technique.

Identifiant	Titre	Source	Remarque
Demande de normalisation M/606, C(2025) 618	Demande de normalisation de la Commission du 3 février 2025 relative au règlement sur la cyberrésilience	source primaire	41 normes, demande valable jusqu'au 30 novembre 2027 ; la demande mentionne expressément les machines (directive 2006/42/CE et règlement (UE) 2023/1230).
EN 40000-1-1 à EN 40000-1-4 (projets)	Série horizontale de normes : vocabulaire, principes de la cyberrésilience, gestion des vulnérabilités, exigences de sécurité génériques	source secondaire	En cours d'élaboration ; au 15 septembre 2026, non citée au Journal officiel, donc sans effet de présomption.
prEN 50770-1 à prEN 50770-6 (projets)	Normes verticales pour les produits de technologie opérationnelle : pare-feu, gestion de réseau, interfaces réseau, VPN, routeurs et commutateurs, SIEM	source secondaire	En cours d'élaboration sur la base de la série IEC 62443 ; au 15 septembre 2026, non citée au Journal officiel.
IEC 62443-4-1, -4-2 et -3-3	Processus de développement sécurisé, exigences applicables aux composants, exigences applicables aux systèmes	source secondaire	Techniquement centrale, mais, au 15 septembre 2026, non citée au Journal officiel comme norme harmonisée relative au règlement sur la cyberrésilience. Utilisable comme autre spécification technique appliquée dans la documentation technique (annexe VII, point 5, du règlement), sans effet de présomption.
EN 18031-1, EN 18031-2 et EN 18031-3:2024	Exigences de cybersécurité applicables aux équipements radioélectriques (directive relative aux équipements radioélectriques)	source secondaire	Citée avec restrictions au titre de la directive relative aux équipements radioélectriques (décision d'exécution (UE) 2025/138), pertinente jusqu'au 10 décembre 2027 ; pas une voie de présomption de conformité pour le règlement sur la cyberrésilience.

Ce rapport documente les informations du fabricant au titre du règlement (UE) 2024/2847 sur la cyberrésilience. Il n'est pas une appréciation du risque selon l'EN ISO 12100 : les conséquences d'une attaque touchant à la sécurité y figurent avec leur estimation du risque dans la liste des phénomènes dangereux, tandis que l'évaluation des risques de cybersécurité au titre de l'article 13, paragraphe 2, du même règlement est tenue ici. Les deux indices de risque ne doivent être ni confondus ni additionnés.

Les règles de calcul de cette évaluation (décompte des informations, seuil de mesure, classes de risque, calcul des délais sans report aux jours ouvrables) sont signalées comme telles et ne sont pas des exigences du règlement. Les situations juridiques incertaines portent une date de référence.

Le décompte des sections et des informations est une convention de cette documentation et non une exigence du règlement ; il indique où la documentation présente encore des lacunes.

8. Notice d’instructions

Annexe III, point 1.7.4, du règlement sur les machines

Extrait des textes des chapitres. Les figures, les tableaux et les sections générées automatiquement (dangers résiduels, normes appliquées) figurent dans l’export séparé de la notice et dans les chapitres 1 et 2 de ce dossier.

1 Informations de base importantes

La présente notice d’instructions s’applique à la cellule de soudage robotisée RSZ-2600 (numéro de série RSZ2600-2026-0001, année de construction 2026) et s’adresse à l’exploitant ainsi qu’au personnel chargé de l’utilisation, du réglage, de la maintenance et du démontage. Elle fait partie intégrante de la machine, doit être accessible au personnel à tout moment et doit être remise en cas de changement de site ou de revente. Ce chapitre décrit l’étendue de la livraison, les limites de la machine, les interfaces externes et les bases juridiques de la présente documentation.

1.1 Étendue de la livraison et limites de la machine

Étendue de la livraison : la RSZ-2600 est livrée en tant qu’ensemble de machines entièrement fonctionnel. L’étendue de la livraison comprend :

- Robot industriel à bras articulé à 6 axes (portée 2600 mm, charge utile 12 kg), avec commande du robot et console de programmation
- Table tournante à deux postes avec paroi centrale de séparation fixe, rideau de soudage et brides de serrage pneumatiques des pièces
- Source de courant de soudage MAG 400 A à un facteur de marche de 60 pour cent avec dévidoir, torche de soudage refroidie par eau avec groupe de refroidissement, et station de nettoyage de la torche
- Unité d’aspiration des fumées de soudage 1800 m³/h avec pré-séparateur d’étincelles, cartouche filtrante, surveillance de la température de la cartouche filtrante, clapets d’arrêt motorisés, et détecteurs de fumée et de CO
- Protecteur périphérique (clôture périphérique) de 2200 mm de haut avec porte de maintenance, rideau lumineux de type 4, automate de sécurité, pupitre de commande et armoire de commande
- Passerelle réseau avec pare-feu et accès de télémaintenance
- Éclairage du poste de travail intégré à la machine selon l’EN 1837 et plate-forme de travail debout réglable en hauteur au poste de chargement
- Notice d’instructions avec les documents d’accompagnement énumérés au chapitre 12 (dont la déclaration UE de conformité, le plan d’installation, les schémas des circuits, le schéma pneumatique, la liste des pièces de rechange, le plan d’essai des fonctions de sécurité et le formulaire de registre de maintenance)

Ne font pas partie de l’étendue de la livraison :

- Dispositifs de serrage spécifiques aux pièces (sauf accord séparé) ; pour les exigences relatives aux dispositifs de serrage de l’exploitant, voir le chapitre 3.1
- L’alimentation en gaz de protection fournie par le client
- Les raccordements des fluides fournis par le client
- Une gaine d’air extrait optionnelle pour l’unité d’aspiration

- L’auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg au poste de chargement (fourni par le client, capacité de charge d’au moins 40 kg)

Limites d’utilisation : soudage MAG d’assemblages en acier (acier non allié et faiblement allié) jusqu’à 40 kg de poids de pièce et un encombrement maximal de pièce de 800 x 600 x 400 mm. Production en série exclusivement avec des programmes de soudage prédéfinis et approuvés. Chargement et déchargement manuels au poste avant correspondant par du personnel spécialisé formé, temps de cycle d’environ 90 secondes. Non destinée aux pièces en aluminium, galvanisées ou revêtues, ni au soudage manuel à l’intérieur de la cellule, ni aux pièces présentant des contraintes résiduelles issues de procédés antérieurs.

Limites dans l’espace : surface au sol d’environ 6,5 x 4,0 m, hauteur 2,6 m. Espace de travail du robot d’une portée de 2600 mm, entièrement entouré par la clôture périphérique de 2200 mm de haut et par la paroi centrale de séparation fixe de la table tournante. Zone de rotation de la table tournante de 180 degrés. Poste de chargement devant l’ouverture de chargement, rideau lumineux de type 4 d’une résolution de 30 mm, distance de sécurité calculée et documentée selon l’EN ISO 13855. Une porte de maintenance à l’arrière. Les interfaces avec les processus en amont et en aval sont exclusivement manuelles.

Limites dans le temps : durée de vie prévue de 12 ans en 2 équipes, maintenance annuelle par le fabricant, contrôle semestriel des fonctions de sécurité, contrôle de l’interverrouillage et du rideau lumineux selon l’EN ISO 14119 et l’EN ISO 13855 lors de chaque intervention de maintenance. Pièces d’usure : torche de soudage, tubes contact, buse de gaz, galets d’entraînement du fil, cartouche filtrante de l’unité d’aspiration, rideau de soudage.

Limites environnementales : zone intérieure sèche d’un hall de production, 5 à 40 degrés C, humidité relative jusqu’à 70 pour cent sans condensation, alimentation secteur 400 V CA 50 Hz TN-S, puissance raccordée 32 kVA, air comprimé 6 bar exempt d’huile, installation sur un sol industriel en béton plan. Pas de zone à risque d’explosion, pas d’utilisation en extérieur.

Limites de l’ensemble : la cellule comprend le robot (quasi-machine avec déclaration UE d’incorporation), la table tournante, la source de courant de soudage (équipement portant le marquage CE), l’unité d’aspiration ainsi que les composants de clôture, de porte et de capteurs. Les interfaces entre ces parties ont été évaluées dans l’appréciation du risque de l’ensemble et prises en compte dans la déclaration UE de conformité de l’ensemble.

1.2 Responsabilités (fabricant / exploitant)

Les responsabilités du fabricant et de l’exploitant sont réparties comme suit :

Responsabilités du fabricant : conception, construction et conformité de l’ensemble de machines, y compris l’appréciation du risque, la validation des fonctions de sécurité et la documentation technique ; première mise en service avec réception documentée ; maintenance annuelle conformément au contrat ; fourniture de pièces de rechange et assistance technique.

Responsabilités de l’exploitant : utilisation de la machine exclusivement dans le cadre de l’utilisation prévue ; sélection et qualification du personnel ainsi que son instruction régulière et documentée (au moins une fois par an) ; mise à disposition de l’équipement de protection individuelle et surveillance de son utilisation ; évaluation des risques liée au poste de travail conformément à la loi allemande sur la sécurité et la santé au travail (ArbSchG) et à l’ordonnance allemande sur la sécurité des équipements de travail (BetrSichV), y compris le bruit et les fumées de soudage (règle technique allemande pour les substances dangereuses TRGS 528) ; contrôle périodique de l’équipement électrique conformément à la prescription

DGUV Vorschrift 3 (prescription allemande de l’assurance accidents relative aux installations et matériels électriques) ; contrôle semestriel des fonctions de sécurité et maintenance selon le chapitre 10, y compris la tenue du registre de maintenance ; mise à disposition des fluides fournis par le client (alimentation électrique, air comprimé, gaz de protection) dans la qualité requise ; mise à disposition et contrôle périodique d’un auxiliaire de levage pour les pièces de plus de 15 kg au poste de chargement (capacité de charge d’au moins 40 kg) ; surveillance de la santé au travail en cas d’exposition aux fumées de soudage ; transmission de l’alarme incendie de l’unité d’aspiration (détecteurs de fumée et de CO) à un poste occupé en permanence, conformément au concept de protection incendie du bâtiment ; signalement au fabricant des événements et défauts relatifs à la sécurité.

Modifications de la machine : les transformations et les rééquipements ne sont admis qu’après accord écrit du fabricant. Les modifications substantielles au sens du règlement sur les machines peuvent nécessiter une nouvelle évaluation de la conformité.

1.3 Interfaces externes

La machine dispose des interfaces d’alimentation et de fluides suivantes :

- Alimentation en énergie électrique : 400 V CA, 3/N/PE, 50 Hz, schéma TN-S, puissance raccordée 32 kVA, protection par fusibles 63 A gG fournie par le client, alimentation à l’interrupteur principal de l’armoire de commande.
- Alimentation en air comprimé : 6 bar, exempt d’huile, raccord G 1/2 sur l’unité de conditionnement d’air de la machine.
- Alimentation en gaz de protection (fournie par le client) : mélange gazeux M21 selon l’EN ISO 14175 (82 pour cent d’argon, 18 pour cent de CO2), raccordement sur la source de courant de soudage, débit d’environ 15 l/min à la torche.
- Aspiration des fumées de soudage : unité d’aspiration intégrée à la cellule, 1800 m³/h avec cartouche filtrante en mode recyclage ; raccordement d’air extrait optionnel fourni par le client.
- Interfaces de signaux : contacts de signalisation libres de potentiel (état de fonctionnement et message de défaut groupé) pour le raccordement à un système de commande de niveau supérieur. Il n’existe pas d’interfaces relatives à la sécurité avec des installations voisines ; la liaison avec les processus en amont et en aval est exclusivement manuelle.
- Interfaces de données : OPC UA vers le MES de l’exploitant (réception des ordres, retour des données de production) et télémaintenance par VPN par le fabricant, toutes deux exclusivement via la passerelle fournie ; port USB sur le panneau IHM pour les sauvegardes de données et les mises à jour. Pour plus de détails, voir le chapitre 13 (Cybersécurité).

Les exigences relatives à la réalisation des raccordements par le client sont décrites au chapitre 7 (Conditions d’installation).

1.4 Informations juridiques et normes appliquées

Le fabricant déclare la conformité de la machine à la législation d’harmonisation de l’Union suivante :

- Règlement (UE) 2023/1230 sur les machines
- Directive 2014/30/UE relative à la compatibilité électromagnétique

Les objectifs de sécurité énoncés dans la directive 2014/35/UE sont respectés conformément à l’annexe III, point 1.5.1, du règlement sur les machines. La déclaration UE de conformité est jointe à la présente notice d’instructions ; le marquage CE est apposé sur la plaque signalétique.

La présente notice d’instructions a été établie conformément à l’annexe III, points 1.7.4 à 1.7.4.2, du règlement (UE) 2023/1230. La présente version française est une traduction ; en cas de doute, la version allemande fait foi.
Les transformations et modifications non autorisées de la machine, en particulier des protecteurs et dispositifs de protection et de la commande de sécurité, ne sont pas admises. Elles peuvent annuler la conformité de la machine et entraîner la perte de la garantie ; le fabricant décline toute responsabilité pour les dommages qui en résultent. Seules des pièces de rechange satisfaisant aux exigences définies par le fabricant peuvent être utilisées.
La présente documentation est protégée par le droit d’auteur. La reproduction et la communication à des tiers ne sont admises que dans la mesure nécessaire à l’utilisation, à la maintenance ou à la revente de la machine.
La liste complète des normes appliquées figure à la fin du présent chapitre.

1.5 Documentation (structure, abréviations, termes techniques)

Structure : la présente notice d’instructions est divisée en 13 chapitres et suit le cycle de vie de la machine, de la livraison à l’élimination. Les informations relatives à la sécurité sont regroupées au chapitre 2 et figurent en outre au début des chapitres consacrés aux différentes activités.

Présentation des avertissements : les avertissements sont gradués selon le niveau de danger. DANGER signale une situation dangereuse imminente qui entraîne la mort ou des blessures graves. AVERTISSEMENT signale une situation potentiellement dangereuse qui peut entraîner la mort ou des blessures graves. ATTENTION signale une situation qui peut entraîner des blessures légères à modérées. AVIS signale des informations relatives à la prévention des dommages matériels.

Abréviations : API = automate programmable industriel ; CEM = compatibilité électromagnétique ; CMR = cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction ; CMU = charge maximale d’utilisation d’un accessoire de levage ; EMF = champs électromagnétiques ; EPI = équipement de protection individuelle ; ESPE = équipement de protection électrosensible ; IHM = interface homme-machine (interface opérateur) ; LOTO = lockout/tagout (séparation des énergies et protection contre la remise sous énergie) ; MAG = soudage métal actif gaz ; MES = système d’exécution de la fabrication ; MR = règlement (UE) 2023/1230 sur les machines ; OPC UA = Open Platform Communications Unified Architecture (protocole de l’interface de données vers le MES) ; PL = niveau de performance selon l’EN ISO 13849-1 ; PLr = niveau de performance requis ; SLS = vitesse réduite de manière sûre (Safely-Limited Speed) ; SRP/CS = partie d’un système de commande relative à la sécurité ; TCP = point central de l’outil ; VPN = réseau privé virtuel (connexion chiffrée pour la télémaintenance).

Documents associés : notice d’assemblage du fabricant du robot, notices d’instructions de la source de courant de soudage, du dévidoir et de l’unité d’aspiration des fumées de soudage, schémas électriques et pneumatiques, déclaration UE de conformité ainsi que rapports d’essai et procès-verbaux de réception. Ces documents doivent être conservés avec la présente notice d’instructions.

2 Sécurité

Ce chapitre contient les informations de sécurité fondamentales pour toutes les phases de vie de la cellule de soudage robotisée RSZ-2600. Il porte sur :

- l’utilisation prévue
- le mauvais usage raisonnablement prévisible

- les protecteurs et dispositifs de protection installés
- la signalisation de sécurité sur la machine

Les consignes de sécurité propres aux activités figurant aux chapitres 5 à 11 s'appliquent en complément. La vue d'ensemble complète de tous les risques résiduels avec les mesures de prévention issues de l'appréciation du risque est jointe à la fin du présent chapitre et doit être respectée par toutes les personnes travaillant sur ou avec la machine.

2.1 Utilisation prévue

La cellule de soudage robotisée RSZ-2600 est exclusivement destinée au soudage MAG automatisé d'assemblages en acier non allié et faiblement allié d'un poids de pièce allant jusqu'à 40 kg et d'un encombrement maximal de pièce de 800 x 600 x 400 mm, en production en série, au moyen de programmes de soudage définis et approuvés. Le chargement et le déchargement sont effectués manuellement au poste avant correspondant de la table tournante à deux postes par du personnel spécialisé formé, avec un temps de cycle d'environ 90 secondes. L'accès du personnel à la zone de travail du robot n'est pas prévu en mode automatique.

Conception en tant qu'ensemble de machines : (1) Robot industriel à bras articulé, 6 axes, portée 2600 mm, charge utile 12 kg, livré par le fabricant du robot en tant que quasi-machine avec une déclaration UE d'incorporation conforme à l'annexe V, partie B, et une notice d'assemblage conforme à l'annexe XI. (2) Table tournante à deux postes à axe de rotation vertical et rotation de 180 degrés, paroi centrale de séparation fixe avec rideau de soudage, brides de serrage pneumatiques des pièces. (3) Source de courant de soudage MAG 400 A à un facteur de marche de 60 pour cent, portant le marquage CE, avec dévidoir et station de nettoyage de la torche. (4) Aspiration des fumées de soudage 1800 m³/h avec cartouche filtrante. Tous les composants sont commandés conjointement et mis sur le marché en tant qu'unité unique.

L'utilisation prévue comprend également le respect de la présente notice d'instructions, des intervalles de maintenance prescrits ainsi que des conditions ambiantes et de raccordement indiquées aux chapitres 3 et 7. La machine est destinée à une installation fixe dans un hall de production sec, à l'intérieur. Toute utilisation autre ou allant au-delà est considérée comme non conforme ; l'exploitant est seul responsable des dommages qui en résultent. Les utilisations non conformes comprennent notamment : le soudage de pièces en aluminium, galvanisées ou revêtues ; le soudage manuel à l'intérieur de la cellule ; le traitement de pièces en dehors des limites de géométrie et de poids approuvées ; le fonctionnement en atmosphère explosible ou en extérieur.

2.2 Mauvais usage raisonnablement prévisible

Pénétration dans la zone de travail du robot par l'ouverture de chargement malgré le rideau lumineux, par exemple en passant par-dessus, en rampant par-dessous ou en passant la main entre les faisceaux ; manipulation ou pontage du rideau lumineux, par exemple en le recouvrant de ruban adhésif ou en fixant un objet dans le champ de protection ; contournement de l'interverrouillage de la porte de maintenance au moyen d'un actionneur de substitution ou par blocage de la position de la porte ; présence dans la zone de rotation de la table tournante pendant la rotation ; ajustement ou retouche de la pièce en mode automatique sans arrêt de la machine ; maintien du sélecteur de mode de fonctionnement en position Réglage pendant la production ; actionnement permanent ou blocage du dispositif de validation ; travail dans la cellule sans équipement de protection individuelle, en particulier sans lunettes de soudage ni écran de protection ; fonctionnement avec l'aspiration des fumées de soudage arrêtée ou obstruée ; nettoyage de la cellule avec l'installation sous tension ; travaux de maintenance sur la partie pneumatique sans décharge

de la pression et sans protection contre une remise en marche intempestive ; levage manuel de pièces de plus de 15 kg sans l’auxiliaire de levage fourni par l’exploitant ; utilisation par du personnel non instruit ou par des intérimaires n’ayant pas reçu d’initiation ; mise en place de pièces en dehors de la géométrie de pièce approuvée, entraînant des collisions ; ouverture de la source de courant de soudage avant l’écoulement du temps de décharge.

2.3 Respect de la notice d’instructions

La connaissance de la présente notice d’instructions est une condition préalable fondamentale à l’utilisation sûre de la machine. Avant d’effectuer tout travail sur ou avec la machine, le personnel désigné doit avoir lu et compris le chapitre concerné ainsi que le chapitre 2 (Sécurité). La notice d’instructions doit être conservée à proximité immédiate de la machine et rester accessible au personnel à tout moment.

Qualification du personnel : utilisation uniquement par du personnel instruit ; réglage, apprentissage et recherche de défauts uniquement par du personnel de réglage formé ayant suivi une formation robot ; maintenance uniquement par du personnel spécialisé qualifié ; travaux sur l’équipement électrique uniquement par des personnes qualifiées en électricité ; travaux sur l’équipement de soudage et l’installation d’aspiration uniquement par du personnel qualifié à cet effet. Les personnes en formation ne peuvent travailler sur la machine que sous la surveillance permanente d’un spécialiste expérimenté.

L’exploitant doit veiller à ce que les responsabilités soient clairement définies, à ce que des instructions soient dispensées régulièrement et de manière documentée et à ce que seul le personnel autorisé ait accès à la machine. Outre la présente notice d’instructions, les réglementations applicables en matière de santé et de sécurité au travail et de prévention des accidents ainsi que les instructions internes de l’exploitant doivent être respectées.

2.4 Signalisation de sécurité

Les signaux de sécurité et d’information suivants sont apposés de manière permanente sur la machine. Ils doivent être maintenus en état lisible et remplacés s’ils sont endommagés.

Signaux d’avertissement (ISO 7010) : « Avertissement : tension électrique » (W012) sur l’armoire de commande, sur la source de courant de soudage et dans la zone de soudage ; « Avertissement : surface chaude » (W017) sur la table tournante, sur la station de nettoyage de la torche et du côté retrait du poste de chargement ; « Avertissement : rayonnement optique » (W027) à l’ouverture de chargement et à la porte de maintenance ; « Avertissement : démarrage automatique » (W018) à tous les accès à la zone de travail du robot et au pupitre de commande ; « Avertissement : risque d’écrasement » (W019) au niveau de la zone de rotation de la table tournante ; « Avertissement : risque d’écrasement des mains » (W024) sur la table tournante, au poste de chargement ainsi que sur les tôles latérales et le cadre du rideau lumineux ; « Avertissement : charge suspendue » (W015) sur la table tournante, au poste de chargement et aux points de levage des sous-ensembles concernés par le transport ; « Avertissement : élément pointu » (W022) sur le porte-torche et sur le dévidoir ; « Avertissement : champ magnétique » (W006) à la porte de maintenance, au poste de chargement et sur la source de courant de soudage ; « Avertissement : surface glissante » (W011) à l’accès au poste de chargement et à l’allée de maintenance ; « Avertissement : obstacle au sol » (W007) aux endroits présentant un risque de trébuchement dans l’allée de maintenance.

« Signal d’avertissement général » (W001) avec texte complémentaire : « Risque d’incendie dû aux projections de soudage » sur la clôture périphérique ; « Fumées de soudage nocives » dans la zone de soudage ; « Poussières nocives » et « Risque d’incendie dû aux étincelles dans le filtre » sur le caisson du

filtre de l’unité d’aspiration ; « Pression résiduelle dans le dispositif de serrage » sur les dispositifs de serrage et sur la vanne d’arrêt d’air comprimé ; « Risque de basculement avant ancrage » sur deux côtés opposés du bâti de base (pour l’assemblage et le déplacement). Sur le lieu d’installation de l’alimentation en gaz de protection fournie par le client, l’exploitant appose le signal d’avertissement W001 avec le texte complémentaire « Risque d’asphyxie dû au gaz de protection ».

Signaux d’interdiction : signal d’interdiction complémentaire « Accès interdit aux personnes non autorisées » (règle allemande ASR A1.3, D-P006) à la porte de maintenance et sur l’armoire de commande ; « Accès interdit aux personnes porteuses de dispositifs cardiaques implantés actifs » (ISO 7010, P007) à tous les accès, car des champs électromagnétiques sont générés lors du soudage MAG ; « Défense de mettre la main à l’intérieur » (ISO 7010, P015) sur la table tournante et à l’ouverture de chargement.

Signaux d’obligation (ISO 7010) : « Porter une protection oculaire » (M004) au poste de chargement et à la porte de maintenance ; « Porter une protection auditive » (M003) au poste de chargement ; « Porter des gants de protection » (M009) du côté retrait du poste de chargement et à la porte de maintenance ; « Porter des chaussures de sécurité » (M008) dans toute la zone de travail ; « Porter des vêtements de protection » (M010) à la porte de maintenance ; « Porter une protection respiratoire » (M017) dans la zone de soudage et sur le caisson du filtre de l’unité d’aspiration.

Marquages supplémentaires : plaque signalétique avec marquage CE sur la paroi latérale droite de l’armoire de commande ; identification des dispositifs d’arrêt d’urgence ; indication du temps de décharge sur la source de courant de soudage ; marquage du centre de gravité et des points de levage sur les sous-ensembles concernés par le transport ; marquages au sol jaunes et noirs selon la règle technique allemande pour les lieux de travail ASR A1.3 pour les voies de circulation et la zone de débattement de la porte de maintenance.

Panneaux textuels : « Manutention manuelle jusqu’à 15 kg uniquement, au-delà utiliser l’auxiliaire de levage » au poste de chargement ; « Accrocher son cadenas personnel avant d’entrer » et « Interrompre le travail en cas de défaillance de l’éclairage » à la porte de maintenance ; « Vérifier la pince de masse avant de commencer le soudage » sur les dispositifs de serrage ; « Ne pas ouvrir en cas d’alarme incendie » sur la trappe de maintenance du caisson du filtre ; « Modifier le cheminement des câbles uniquement conformément au schéma électrique RSZ-2600-EPL-001 » et « Modifications de paramètres uniquement par du personnel spécialisé autorisé ; essai de validation ultérieur obligatoire » sur l’armoire de commande ; « Avant toute intervention : mettre à l’échappement jusqu’à 0 bar et verrouiller la vanne d’arrêt » sur la vanne d’arrêt d’air comprimé ; panneau textuel indiquant la zone d’action des dispositifs d’arrêt d’urgence (l’arrêt d’urgence agit sur toutes les sous-machines de la cellule) au pupitre de commande.

2.5 Protecteurs et dispositifs de protection

Les protecteurs et dispositifs de protection décrits ci-après sont installés à demeure sur la RSZ-2600. Ils ne doivent être ni retirés, ni modifiés, ni contournés. La machine ne doit être utilisée qu’avec tous les protecteurs et dispositifs de protection entièrement montés et en état de fonctionnement.

Protecteurs fixes et mobiles : protecteur périphérique (clôture périphérique), hauteur 2200 mm, avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage, fenêtres d’observation de protection pour le soudage et panneau de soubassement ; distances de sécurité conçues selon l’EN ISO 13857. Porte de maintenance à l’arrière, réalisée en tant que protecteur mobile avec dispositif de verrouillage et interverrouillage selon l’EN ISO 14119 (verrouillage par ressort, déverrouillage par mise sous énergie ; actionneur codé) ; l’interverrouillage n’est libéré qu’une fois l’arc éteint et le robot et la table tournante à

l’arrêt surveillé. Depuis l’intérieur, la porte de maintenance peut être ouverte à tout moment sans outil au moyen du déverrouillage de secours ; son actionnement déclenche un arrêt. La poignée de la porte est équipée d’un dispositif de condamnation pour cadenas personnels : chaque personne qui pénètre dans la cellule y accroche son propre cadenas lorsque la porte est ouverte et emporte la clé avec elle. Tant qu’un cadenas est accroché, la porte ne peut pas être fermée et le mode automatique ne peut pas être démarré. Les mouvements ne sont alors possibles qu’en mode de réglage, avec le dispositif de validation actionné et à vitesse réduite de manière sûre. Paroi centrale de séparation fixe de la table tournante à deux postes avec rideau de soudage entre le poste de chargement et la zone de soudage.

Équipements de protection électrosensibles : rideau lumineux de type 4 selon l’EN IEC 61496-1:2020 et l’EN IEC 61496-2:2020, d’une résolution de 30 mm, à l’ouverture de chargement ; le champ de protection couvre entièrement l’ouverture de chargement et est actif en permanence (pas de muting), et les autres ouvertures sont fermées par des protecteurs fixes selon l’EN ISO 13857:2019, tableau 4 ; distance de sécurité calculée et documentée selon l’EN ISO 13855. Une intrusion dans le champ de protection déclenche un arrêt sûr du robot et de la table tournante.

Commande de sécurité et fonctions de sécurité : un automate de sécurité évalue l’ensemble des protecteurs et dispositifs de protection. Principales fonctions de sécurité selon l’EN ISO 13849-1 : SF-01 verrouillage et interverrouillage de la porte de maintenance avec coupure sûre de la source de courant de soudage lorsque la porte est ouverte (PL d, catégorie 3) ; SF-02 rideau lumineux à l’ouverture de chargement (PL e, catégorie 4) ; SF-03 arrêt d’urgence (PL d, catégorie 3) ; SF-04 autorisation du mouvement de rotation de la table tournante (PL e, catégorie 4) ; SF-05 vitesse réduite de manière sûre en mode de réglage, 250 mm/s au maximum au TCP (PL d). La surveillance de la pression de serrage des brides de serrage des pièces est intégrée en tant que condition d’autorisation dans la fonction de sécurité SF-04 ; la table tournante ne tourne qu’une fois la pression de serrage confirmée (voir appréciation du risque, n° 5). La validation des fonctions de sécurité est documentée selon l’EN ISO 13849-2.

Arrêt d’urgence : dispositifs d’arrêt d’urgence selon l’EN ISO 13850 au pupitre de commande, à la porte de maintenance et sur la console de programmation. L’arrêt d’urgence agit sur toutes les sous-machines de la cellule (robot, table tournante, source de courant de soudage, dévidoir) et déclenche un arrêt contrôlé (catégorie d’arrêt 1 selon l’EN 60204-1). Le redémarrage n’est possible qu’après le réarmement du dispositif d’arrêt d’urgence actionné et un acquittement manuel au pupitre de commande.

Sélection du mode de fonctionnement et mode de réglage : sélecteur de mode de fonctionnement verrouillable avec les modes de fonctionnement Automatique et Réglage ; la clé reste en possession de la personne autorisée. En mode de réglage, la vitesse est limitée de manière sûre à 250 mm/s et les mouvements ne sont possibles que lorsque le dispositif de validation à trois positions de la console de programmation, conforme à l’EN ISO 10218-1, est actionné ; le relâchement ou l’enfoncement complet du dispositif déclenche un arrêt contrôlé (catégorie d’arrêt 1).

Verrouillage de redémarrage et avertissement de démarrage : après le déclenchement d’un dispositif de protection, après un arrêt d’urgence et après le rétablissement de la tension, le verrouillage de redémarrage empêche tout redémarrage automatique. L’acquittement s’effectue exclusivement au pupitre de commande, en dehors de la zone dangereuse, avec vue directe sur l’ouverture de chargement. Avant tout démarrage automatique, un avertissement de démarrage retentit ; la colonne lumineuse indique l’état de fonctionnement.

Séparation des énergies : interrupteur principal avec position ARRÊT verrouillable selon l'EN 60204-1 pour une séparation sûre (LOTO) ; vanne d'arrêt d'air comprimé verrouillable avec fonction d'échappement et indicateur de pression résiduelle au point d'accès de maintenance ; avertissement relatif au temps de décharge de la source de courant de soudage avant ouverture.

Sécurité pneumatique : pressostat sur le circuit de serrage, qui n'autorise le mouvement de rotation de la table tournante qu'une fois la pression de serrage confirmée ; capteur de présence de pièce à chaque poste, qui signale la position de la pièce ; clapet anti-retour piloté (clapet de maintien de pression) dans la ligne de serrage, qui maintient la pièce serrée en cas de chute de pression, avec commande manuelle de secours permettant une décharge contrôlée de la pression en cas de défaut.

Mesures de prévention supplémentaires : accouplement anticollision sur la torche de soudage avec arrêt de sécurité immédiat en cas de collision ; protection contre les chocs dans la zone de la table tournante et tôle déflectrice sous la table tournante faisant office de dispositif de retenue ; temporisation de refroidissement pour chaque programme de soudage avec voyant rouge au poste de retrait ; surveillance de la température au col de cygne de la torche avec affichage de l'autorisation sur le panneau IHM ; aspiration des fumées de soudage 1800 m³/h avec surveillance du débit d'aspiration, pré-séparateur d'étincelles, surveillance de la température de la cartouche filtrante, clapets d'arrêt motorisés et détecteurs de fumée et de CO (verrouillages fonctionnels sans exigence de PL) ; éclairage de poste de travail intégré à la machine avec message de défaillance sur le panneau IHM ; marquages au sol des voies de circulation et passe-câbles résistant au passage de véhicules à proximité de la cellule.

L'efficacité des protecteurs et dispositifs de protection doit être contrôlée conformément aux exigences des chapitres 9 (contrôles quotidiens) et 10 (contrôles périodiques). Tout défaut constaté doit être signalé immédiatement ; la machine doit être mise à l'arrêt jusqu'à ce que la réparation ait été effectuée.

2.6 Risques résiduels et mesures de prévention

Malgré les protecteurs et dispositifs de protection décrits, il subsiste sur la machine des risques résiduels qui ne peuvent pas être entièrement éliminés par la conception. La vue d'ensemble complète des 42 risques résiduels, structurée par phase de vie, avec les mesures de prévention correspondantes, est issue de l'appréciation du risque et jointe à la fin du présent chapitre. Les mesures de prévention y sont indiquées pour chaque phénomène dangereux dans l'ordre de l'EN ISO 12100 : prévention intrinsèque (étape 1), protection et mesures de prévention complémentaires (étape 2), informations pour l'utilisation (étape 3).

Vue d'ensemble des principaux risques résiduels : risque d'écrasement et de choc par le robot et la table tournante lors de travaux avec protecteurs et dispositifs de protection ouverts (réglage, recherche de défauts) ; rayonnement optique de l'arc ainsi que surfaces chaudes et projections de soudage à proximité des postes ; danger lié aux fumées de soudage en cas d'aspiration insuffisante ; danger électrique à l'armoire de commande et à la source de courant de soudage ; énergie pneumatique stockée dans le circuit de serrage ; exposition au bruit au poste de chargement (84 dB(A)) ; champs électromagnétiques à proximité du procédé de soudage.

Équipement de protection individuelle : lors de l'utilisation de la machine, porter au minimum : chaussures de sécurité S3 selon l'EN ISO 20345, vêtements de travail près du corps et ignifugés, lunettes de protection avec protections latérales et protection auditive. Lors de la manipulation des pièces, porter en outre des gants de protection, et des gants de protection contre la chaleur lors du retrait des pièces soudées. Les gants de protection ne protègent pas contre l'écrasement. N'intervenir dans la zone de rotation que lorsque

la table tournante est arrêtée. Lors des travaux de réglage, de maintenance et de nettoyage dans la cellule, en complément : lunettes de soudage ou écran de protection en cas de contact visuel avec l’arc, gants de soudeur lors de travaux sur des composants encore chauds. Les EPI sont mis à disposition par l’exploitant, qui doit également en surveiller l’utilisation.

Conduite à tenir en cas de danger : en cas de danger identifiable, actionner immédiatement l’arrêt d’urgence, mettre la machine hors tension à l’interrupteur principal et informer le supérieur hiérarchique. Une personne enfermée dans la cellule la quitte au moyen du déverrouillage de secours de la porte de maintenance. Si une personne est coincée par le robot ou la table tournante : actionner l’arrêt d’urgence et déclencher la chaîne d’alerte interne. Sans énergie motrice, les axes du robot peuvent être déplacés au moyen du dispositif de desserrage des freins conformément aux instructions du fabricant du robot ; étayer au préalable l’axe concerné, car il peut chuter une fois le frein desserré. Lorsque la machine est séparée des sources d’énergie, la table tournante peut être tournée à la main après desserrage du frein moteur. Le sauvetage n’est effectué que par du personnel de réglage et de maintenance instruit. Les incendies sur l’équipement électrique ne doivent être combattus qu’avec des extincteurs à CO2 ou à poudre, jamais avec de l’eau. Pour la conduite à tenir en cas d’incendie dans l’unité d’aspiration, voir le chapitre 9.5. En cas d’accident, prodiguer les premiers secours et suivre la chaîne d’alerte interne.

3 Caractéristiques techniques

- Machine/installation : Cellule de soudage robotisée RSZ-2600 (ensemble de machines)
- Type/modèle : RSZ-2600
- Numéro de série : RSZ2600-2026-0001
- Année de construction : 2026
- Type de machine : Ensemble de machines au sens de l’article 3, point 1, d), du règlement sur les machines
- Modes de fonctionnement : Automatique, Réglage
- Plaque signalétique : sur la paroi latérale droite de l’armoire de commande ; indications : fabricant, type, numéro de série, année de construction, valeurs de raccordement électrique, poids, marquage CE

Équipement

Dimensions et poids : surface au sol de la cellule d’environ 6,5 x 4,0 m ; hauteur 2,6 m ; poids total d’environ 4600 kg. Sous-ensembles individuels les plus lourds : table tournante à deux postes environ 1900 kg, robot avec socle environ 850 kg, armoire de commande environ 350 kg, source de courant de soudage avec dévidoir environ 120 kg, unité d’aspiration des fumées de soudage environ 250 kg, segments de la clôture périphérique au total environ 400 kg ; pupitre de commande, câblage, installation des fluides et petites pièces environ 730 kg.

Données des pièces : poids maximal de pièce 40 kg ; encombrement maximal de pièce 800 x 600 x 400 mm ; matériaux : acier non allié et faiblement allié ; temps de cycle d’environ 90 secondes.

Équipement électrique : tension assignée 400 V CA, 3/N/PE, 50 Hz ; schéma TN-S ; puissance raccordée 32 kVA ; protection par fusibles côté alimentation 63 A gG ; tension de commande 24 V CC ; dispositif de protection à courant différentiel résiduel de type B ; équipement électrique conçu selon l’EN 60204-1.

Technique de soudage : source de courant de soudage MAG 400 A à un facteur de marche de 60 pour cent ; tension à vide maximale 80 V ; classe de protection I, indice de protection IP23S ; dévidoir pour

diamètres de fil de 1,0 à 1,2 mm ; torche de soudage refroidie par eau avec groupe de refroidissement et surveillance de la température au col de cygne de la torche ; station de nettoyage de la torche avec unité de pulvérisation et coupe-fil ; gaz de protection : mélange gazeux M21 selon l'EN ISO 14175 (fourni par le client), débit d'environ 15 l/min.

Robot : robot industriel à bras articulé à 6 axes ; portée 2600 mm ; charge utile 12 kg ; répétabilité +/- 0,05 mm ; vitesse réduite de manière sûre en mode de réglage 250 mm/s au maximum au TCP.

Table tournante : table tournante à deux postes à axe de rotation vertical, rotation de 180 degrés ; capacité de charge 2 x 40 kg plus dispositifs de serrage ; temps de rotation d'environ 3 secondes ; brides de serrage des pièces à fermeture pneumatique avec pressostat, clapet anti-retour piloté (clapet de maintien de pression) et capteur de présence de pièce à chaque poste.

Dispositifs de serrage spécifiques aux pièces de l'exploitant : 60 kg au maximum par poste ; contour d'interférence selon le plan d'installation RSZ-2600-LAY-001 ; isolés électriquement du bâti de la table ; brides à fermeture pneumatique avec clapet de maintien de pression et raccordées à la surveillance de la pression de serrage (SF-04) ; le fabricant approuve les nouveaux dispositifs avant leur première utilisation.

Pneumatique : pression de service 6 bar ; qualité de l'air comprimé : exempt d'huile selon l'ISO 8573-1 ; raccord G 1/2 ; consommation d'air moyenne d'environ 90 Nl/min.

Éclairage du poste de travail : intégré à la machine selon l'EN 1837 ; 500 lx au poste de chargement, 200 lx dans l'allée de maintenance ; message de défaillance sur le panneau IHM.

Aspiration des fumées de soudage : débit d'aspiration 1800 m³/h ; cartouche filtrante de classe de fumées de soudage W3 (efficacité de séparation d'au moins 99 pour cent, essai selon l'EN ISO 21904-2 ; exigence issue de l'appréciation du risque selon la règle technique allemande pour les substances dangereuses TRGS 528) ; mode recyclage, raccordement d'air extrait en option ; surveillance du débit d'aspiration avec message de défaut ; pré-séparateur d'étincelles en amont de la cartouche filtrante ; surveillance de la température de la cartouche filtrante, clapets d'arrêt motorisés et détecteurs de fumée et de CO dans le caisson du filtre et dans la gaine d'air extrait ; caisson du filtre avec système de changement bag-in/bag-out pour le remplacement de la cartouche ; poursuite du fonctionnement du ventilateur d'aspiration pendant au moins 10 minutes après la fin du soudage.

Émission sonore (déclaration selon l'EN ISO 4871) : niveau de pression acoustique d'émission pondéré A au poste de chargement LpA = 84 dB(A), incertitude de mesure K = 2,5 dB, déterminé selon l'EN ISO 11202 ; niveau de puissance acoustique pondéré A LWA = 96 dB(A), incertitude KWA = 3 dB, déterminé selon l'EN ISO 3746 (classe de précision 3). Conditions de fonctionnement pendant le mesurage : mode automatique avec un programme de soudage approuvé à un temps de cycle d'environ 90 secondes, aspiration des fumées de soudage en fonctionnement, porte de maintenance fermée ; la position de mesure est le poste de chargement devant l'ouverture de chargement (personne debout). Le niveau de pression acoustique de crête pondéré C au poste de chargement ne dépasse pas 130 dB(C). Les valeurs indiquées sont des niveaux d'émission et ne sont pas nécessairement des niveaux de travail sûrs. L'exploitant est tenu de mettre à disposition une protection auditive à partir d'un niveau d'exposition quotidienne au bruit de 80 dB(A) ; à partir de 85 dB(A), le port d'une protection auditive est obligatoire et une signalisation appropriée doit être mise en place.

Conditions ambiantes de fonctionnement : température ambiante de +5 à +40 degrés C ; humidité relative jusqu'à 70 pour cent, sans condensation ; altitude d'installation jusqu'à 1000 m au-dessus du niveau de la

mer ; uniquement dans des locaux intérieurs secs ; pas d’atmosphère explosible ; vitesse de l’air dans la zone de l’ouverture de chargement inférieure à 0,5 m/s afin que la protection gazeuse ne soit pas perturbée.

4 Description de la machine

La RSZ-2600 est une cellule de soudage MAG robotisée destinée au soudage à l’arc d’assemblages en acier d’un poids de pièce allant jusqu’à 40 kg en production en série. Il s’agit d’une machine spéciale fabriquée en exemplaire unique, mise sur le marché en tant qu’ensemble de machines doté d’une commande commune, sous la forme d’une unité unique. Principe de base : pendant que l’opérateur charge et décharge les pièces au poste avant de la table tournante à deux postes, le robot soude au second poste, derrière la paroi centrale de séparation fixe. La rotation de 180 degrés de la table tournante fait alterner les postes avec un temps de cycle d’environ 90 secondes. Ce chapitre décrit la structure de l’installation avec ses principaux sous-ensembles, les postes de travail des opérateurs et le déroulement du fonctionnement.

4.1 Structure et principaux sous-ensembles

L’installation se compose des principaux sous-ensembles suivants :

(1) Robot industriel à bras articulé : 6 axes, portée 2600 mm, charge utile 12 kg, monté sur un socle en acier ; livré par le fabricant du robot en tant que quasi-machine avec une déclaration UE d’incorporation conforme à l’annexe V, partie B ; avec commande du robot et console de programmation.

(2) Table tournante à deux postes : axe de rotation vertical avec rotation de 180 degrés, paroi centrale de séparation fixe avec rideau de soudage, brides de serrage des pièces à fermeture pneumatique avec pressostat, clapet anti-retour piloté (clapet de maintien de pression) avec commande manuelle de secours et capteur de présence de pièce à chaque poste ; tôle déflectrice sous la table tournante faisant office de dispositif de retenue ; capacité de charge 2 x 40 kg plus dispositifs de serrage (60 kg au maximum par poste, pour les exigences, voir chapitre 3.1).

(3) Équipement de soudage : source de courant de soudage MAG 400 A à un facteur de marche de 60 pour cent (équipement portant le marquage CE), dévidoir sur le bras du robot, faisceau de torche, torche de soudage refroidie par eau avec groupe de refroidissement, surveillance de la température au col de cygne de la torche et accouplement anticollision, station de nettoyage de la torche avec nettoyage de buse, unité de pulvérisation et coupe-fil.

(4) Aspiration des fumées de soudage : unité d’aspiration de 1800 m³/h avec pré-séparateur d’étincelles, cartouche filtrante et hotte de captage au-dessus de la zone de soudage ; surveillance du débit d’aspiration ; surveillance de la température de la cartouche filtrante, clapets d’arrêt motorisés et détecteurs de fumée et de CO dans le caisson du filtre et dans la gaine d’air extrait ; caisson du filtre avec système de changement bag-in/bag-out permettant un remplacement de la cartouche à faible émission de poussière et avec un orifice obturable d’introduction d’agent extincteur.

(5) Protecteurs et dispositifs de protection : protecteur périphérique (clôture périphérique) de 2200 mm de haut avec panneaux de remplissage opaques à la lumière de soudage, fenêtres d’observation de protection pour le soudage et panneau de soubassement ; porte de maintenance à l’arrière avec dispositif de verrouillage, interverrouillage, déverrouillage de secours depuis l’intérieur et dispositif de condamnation pour cadenas personnels ; rideau lumineux de type 4 à l’ouverture de chargement.

(6) Commande : armoire de commande avec interrupteur principal, automate de sécurité, commande de l’installation et passerelle réseau avec pare-feu pour la connexion de données et la télémaintenance (voir chapitre 13) ; échange de signaux entre toutes les sous-machines via la commande commune.

(7) Pupitre de commande : panneau IHM avec affichage du programme, boutons-poussoirs Démarrage du cycle et Acquittement, sélecteur de mode de fonctionnement, commutateur à clé de télémaintenance, dispositif d’arrêt d’urgence ; colonne lumineuse (vert/jaune/rouge) sur le toit de la cellule ; voyant rouge de la temporisation de refroidissement au poste de retrait.

(8) Alimentation en fluides : unité de conditionnement d’air comprimé avec vanne d’arrêt de maintenance verrouillable à fonction d’échappement et indicateur de pression résiduelle ; raccordement pour l’alimentation en gaz de protection fournie par le client, avec électrovanne (normalement fermée) qui coupe l’alimentation en gaz lors d’un arrêt de la machine, lors d’un arrêt d’urgence et pendant les pauses de fonctionnement.

(9) Éclairage du poste de travail : éclairage intégré à la machine selon l’EN 1837 avec 500 lx au poste de chargement et 200 lx dans l’allée de maintenance ; message de défaillance sur le panneau IHM.

4.2 Postes de travail des opérateurs

Poste de chargement (face avant) : poste de travail de l’opérateur pour le chargement et le déchargement des pièces au poste avant correspondant de la table tournante. L’accès se fait par l’ouverture de chargement surveillée par le rideau lumineux. L’opérateur se tient en dehors de la zone de travail du robot ; la paroi centrale de séparation fixe protège de l’arc et des projections de soudage. Une plate-forme de travail debout réglable en hauteur adapte la hauteur de travail à la taille de l’opérateur (hauteur de travail d’environ 900 à 1100 mm au-dessus de la surface d’appui) ; avant de commencer le travail, régler la plate-forme de sorte que les points de préhension se trouvent à peu près à hauteur du coude.

Pupitre de commande (à côté de l’ouverture de chargement) : panneau IHM pour la sélection du programme et l’affichage de l’état, boutons-poussoirs Démarrage du cycle et Acquittement, sélecteur de mode de fonctionnement verrouillable, commutateur à clé de télémaintenance, dispositif d’arrêt d’urgence. Le pupitre de commande offre une vue directe sur l’ouverture de chargement.

Console de programmation (personnel de réglage) : appareil portatif de la commande du robot avec arrêt d’urgence et dispositif de validation à trois positions pour l’apprentissage et le déplacement en mode de réglage. Son utilisation est réservée au personnel de réglage formé.

Accès de maintenance (face arrière) : porte de maintenance avec dispositif de verrouillage et interverrouillage ; accès pour les travaux de maintenance et de réglage uniquement lorsque l’installation est mise à l’arrêt ou en mode de réglage. Aucun poste de travail à l’intérieur de la cellule n’est prévu en mode automatique.

4.3 Description du fonctionnement

Déroulement d’un cycle automatique :

1. L’opérateur place la pièce dans le dispositif de serrage au poste avant. Les brides pneumatiques se ferment ; le pressostat confirme la pression de serrage et le capteur de présence confirme la position de la pièce.

2. L’opérateur quitte le champ de protection du rideau lumineux et appuie sur le bouton-poussoir Démarrage du cycle au pupitre de commande. La commande vérifie que le champ de protection est libre et que toutes les fonctions de sécurité ont été acquittées.

3. Après un avertissement sonore de démarrage, la table tournante pivote de 180 degrés : le poste fraîchement chargé pivote dans la zone de soudage et le poste portant la pièce soudée terminée pivote vers l’opérateur.

4. Le robot exécute le programme de soudage libéré au poste arrière. L’aspiration des fumées de soudage fonctionne sous le pilotage du procédé ; le nettoyage de la torche est effectué sous commande programmée à des intervalles définis.

5. Parallèlement, l’opérateur retire la pièce terminée au poste avant et charge la pièce brute suivante. Le retrait n’est autorisé qu’une fois écoulée la temporisation de refroidissement enregistrée pour le programme de soudage et lorsque le voyant rouge du poste de retrait s’est éteint. Le temps de cycle est d’environ 90 secondes.

6. Une fois le programme terminé et le démarrage du cycle à nouveau actionné, la séquence se répète. En cas de défauts (par exemple interruption de l’arc, fin de fil, défaut de l’aspiration), l’installation s’arrête de manière contrôlée ; le défaut est affiché sur l’IHM et la colonne lumineuse passe au rouge.

En mode de réglage (commutateur à clé), la table tournante et le robot ne peuvent être déplacés qu’au moyen du dispositif de validation et à vitesse réduite de manière sûre ; le cycle automatique est bloqué. Lorsque la porte de maintenance est ouverte, la source de courant de soudage est coupée de manière sûre (SF-01) ; le fil ne peut alors être avancé qu’en marche par à-coups, à vitesse d’enfilage réduite.

5 Livraison, transport, déballage

Ce chapitre décrit la livraison, le transport interne et le déballage en toute sécurité de la cellule de soudage robotisée RSZ-2600. L’installation est livrée dans les unités de transport prémontées suivantes : (1) robot avec socle en acier, bloqué en position de transport, sur un cadre de transport avec passages de fourches ; (2) table tournante à deux postes avec axe de rotation bloqué, sur un cadre de transport ; (3) armoire de commande avec pupitre de commande ; (4) source de courant de soudage MAG avec dévidoir et station de nettoyage de la torche sur une palette ; (5) unité d’aspiration des fumées de soudage sur une palette ; (6) segments de la clôture périphérique, porte de maintenance et rideau lumineux dans des conteneurs grillagés. Toutes les unités sont filmées et protégées contre le glissement ; les petites pièces et la documentation se trouvent dans une boîte d’accessoires étiquetée, dans le cadre de transport de l’armoire de commande.

Consignes de sécurité pour le transport et la manutention

Le transport et la manutention de la machine et de ses sous-ensembles ne doivent être effectués que par du personnel spécialisé formé, familiarisé avec les charges concernées. Pour tous les travaux de transport et de déballage, porter un équipement de protection individuelle approprié, en particulier des chaussures de sécurité S3 selon l’EN ISO 20345 et des gants de protection appropriés.

AVERTISSEMENT : Chute, basculement ou balancement de charges lors du levage et du déplacement de sous-ensembles lourds. Il peut en résulter la mort ou des blessures graves. Ne jamais se tenir sous des charges suspendues et protéger la zone de transport contre tout accès non autorisé.

Dès la livraison, contrôler la machine quant aux dommages de transport visibles de l’extérieur et quant à son intégralité. Documenter tout dommage constaté et le signaler avant l’installation. L’étendue exacte de la livraison figure dans les documents d’expédition.

Poids, positions du centre de gravité et moyens de transport

Les masses et les positions du centre de gravité des différents sous-ensembles sont déterminantes pour le choix des moyens de transport, des appareils de levage et des accessoires de levage :

- Masse totale de l’installation : environ 4600 kg (répartie sur plusieurs unités de transport)
- Table tournante à deux postes : environ 1900 kg, centre de gravité au centre au-dessus de l’axe de rotation, position du centre de gravité marquée sur le cadre
- Robot avec socle en acier : environ 850 kg, centre de gravité haut ; respecter le marquage du centre de gravité sur le cadre de transport
- Armoire de commande : environ 350 kg
- Unité d’aspiration des fumées de soudage : environ 250 kg
- Source de courant de soudage MAG avec dévidoir : environ 120 kg
- Segments de la clôture périphérique, au total : environ 400 kg
- Pupitre de commande, câblage, installation des fluides et petites pièces : environ 730 kg (répartis sur plusieurs colis)

Moyens de transport admissibles : chariot élévateur à fourche avec une capacité de charge résiduelle suffisante (au moins 2,5 t) et une longueur de fourches suffisante pour la table tournante et le robot ; pont roulant avec accessoires de levage contrôlés (capacité de charge d’au moins 2 t) pour le positionnement dans des espaces restreints ; transpalette uniquement pour les unités palettisées jusqu’à 300 kg. Les appareils de levage, les chariots de manutention et les accessoires de levage doivent être dimensionnés et contrôlés pour la charge effectivement déplacée. Utiliser uniquement des accessoires de levage en parfait état et homologués, et respecter leur capacité de charge.

Points de levage et levage en toute sécurité

Pour le levage, utiliser uniquement les points de levage et d’élingage prévus à cet effet :

- Robot avec socle : quatre anneaux de levage marqués sur le socle en acier ; ne jamais fixer d’accessoires de levage sur le bras du robot, le câblage ou le faisceau de torche. Alternativement, transport par chariot élévateur au moyen des passages de fourches du cadre de transport.
- Table tournante : passages de fourches dans le bâti de base ou quatre anneaux de levage aux coins du cadre ; la paroi centrale de séparation n’est pas porteuse et ne doit pas être utilisée comme point de levage.
- Armoire de commande : anneaux de levage sur le dessus de l’armoire (à retirer avant la mise en service et à remplacer par des bouchons d’obturation).
- Unités palettisées (source de courant, unité d’aspiration) : transport par chariot élévateur ou transpalette sur la palette.

AVIS : Accessoires de levage fixés sur le bras du robot, le câblage, le faisceau de torche ou la paroi centrale de séparation de la table tournante. Les réducteurs, les câbles et la paroi centrale de séparation seront endommagés. Utiliser uniquement les anneaux de levage marqués et les passages de fourches.

Élinguer la charge de manière à exclure tout basculement, glissement ou balancement (angle d’élingage des accessoires de levage de 60 degrés au plus par rapport à la verticale, utiliser des protections d’arêtes).

Lever lentement et sans à-coups, guider la charge de manière contrôlée et la déposer sans choc. Pendant le transport interne, protéger la charge contre le glissement et le basculement. Pour le transport sur véhicules routiers, l’arrimage des charges selon l’EN 12195-1 s’applique.

Dispositifs de sécurisation pour le transport

Tous les dispositifs de sécurisation pour le transport sont marqués en rouge. Les éléments suivants doivent être retirés avant la mise en service : (1) boulons de blocage de l’axe de rotation de la table tournante sur le bâti de base ; (2) dispositifs de blocage pour le transport sur les axes du robot (le robot se trouve dans la position de transport marquée ; la libération s’effectue conformément aux instructions du fabricant, uniquement après l’ancrage du socle) ; (3) sangles d’arrimage et protections d’arêtes sur les cadres de transport ; (4) clips de blocage sur la porte de maintenance et les éléments de clôture. Ordre : ne retirer les dispositifs de sécurisation pour le transport qu’une fois le sous-ensemble concerné aligné et ancré à son emplacement d’installation définitif (voir chapitre 8). Conserver tous les dispositifs de sécurisation pour le transport en vue d’un transport ultérieur ou d’une mise hors service ; l’emplacement de rangement prévu est le compartiment du socle de l’armoire de commande.

Déballage

Déballer la machine et ses sous-ensembles sur une surface appropriée, porteuse et plane. Lors de l’ouverture de l’emballage, procéder de manière à ne mettre en danger ni la machine ni le personnel, et éviter d’endommager les pièces rapportées, les conduites ainsi que les protecteurs et dispositifs de protection. Éliminer les matériaux d’emballage de manière appropriée et conformément aux réglementations locales. Après le déballage, vérifier à nouveau l’intégralité de la livraison à l’aide des documents d’expédition.

Stockage avant l’installation

Si la machine doit être stockée temporairement avant l’installation, les conditions de stockage admissibles selon le chapitre 6 doivent être respectées : locaux fermés et secs, -10 à +50 degrés C, humidité relative de 60 pour cent au maximum, sans condensation. L’emballage et les housses de protection doivent rester sur la machine jusqu’à l’installation. Pour une durée de stockage supérieure à 12 mois, les contrôles supplémentaires selon le chapitre 6.2 s’appliquent.

6 Conditions de stockage

Ce chapitre décrit les conditions de stockage de la cellule de soudage robotisée RSZ-2600 ainsi que de ses composants et sous-ensembles entre la livraison, l’installation et un éventuel stockage intermédiaire ultérieur. L’objectif est d’éviter les dommages dus à des conditions ambiantes inadmissibles, à la corrosion et à des périodes d’arrêt trop longues.

Conditions de stockage admissibles : température de stockage de -10 à +50 degrés C ; humidité relative de 60 pour cent au maximum, sans condensation. La machine doit être stockée au sec, propre et à l’abri des intempéries dans des locaux fermés. La condensation, l’humidité directe, les fortes variations de température et les atmosphères agressives (par exemple air salin ou chloré) doivent être évitées.

La machine contient un équipement électrique, des composants pneumatiques ainsi qu’une source de courant de soudage MAG avec dévidoir et une aspiration des fumées de soudage avec cartouche filtrante. Ces sous-ensembles sont particulièrement sensibles à l’humidité et à l’encrassement. La commande du robot et l’armoire de commande doivent être couvertes pour les protéger de la poussière ; les portes

doivent rester fermées. Pendant le stockage intermédiaire, les housses de protection et emballages fournis par le fabricant doivent être conservés ou remis en place. Le fil de soudage doit être stocké au sec et dans son emballage d’origine.

Protection contre la corrosion

Les surfaces métalliques nues et non revêtues, en particulier les surfaces de serrage de la table tournante, les guidages et les dispositifs de serrage, doivent être traitées avant le stockage avec une huile anticorrosion exempte d’acide ou une cire de conservation. La protection contre la corrosion doit être renouvelée si la durée de stockage dépasse 6 mois. Une protection contre la corrosion présente à la livraison ne doit pas être retirée sans nécessité ; avant la mise en service, elle doit être éliminée sans résidu des surfaces fonctionnelles. En cas de stockage prolongé, l’état de la protection contre la corrosion doit être contrôlé tous les trimestres et la protection renouvelée si nécessaire.

Durée maximale de stockage et contrôles périodiques

La durée de stockage maximale admissible sans mesures particulières est de 12 mois. Pendant le stockage, des contrôles trimestriels doivent être effectués : état de la protection contre la corrosion, sécheresse et propreté du lieu de stockage, intégrité des emballages et des housses de protection.

En cas de dépassement de la durée de stockage de 12 mois, les opérations suivantes doivent être effectuées avant la mise en service : contrôle visuel de tous les sous-ensembles quant à la corrosion et aux dommages ; contrôle ou remplacement des batteries tampons de la commande du robot (perte possible des références d’axes) ; mesure de l’isolement de l’équipement électrique ; contrôle des composants pneumatiques quant au durcissement des joints ; contrôle fonctionnel de tous les dispositifs de sécurité selon le chapitre 8 (première mise en service). En cas de doute, consulter le fabricant.

7 Conditions d’installation

Lieu d’installation : sur le site de l’exploitant, conformément au plan d’installation RSZ-2600-LAY-001. La machine est destinée à une installation fixe dans un hall de production sec. Ce chapitre décrit les exigences relatives à l’encombrement, à la fondation, aux conditions ambiantes et aux raccordements d’alimentation que l’exploitant doit garantir sur site avant la livraison.

7.1 Encombrement et dimensions

Surface au sol de la cellule : environ 6,5 x 4,0 m ; hauteur 2,6 m. Un espace libre d’au moins 1,0 m doit être prévu tout autour de la cellule pour l’utilisation, la maintenance et les voies d’évacuation ; d’au moins 1,2 m devant la porte de maintenance à l’arrière (rayon de débattement de la porte plus espace de travail). Devant l’ouverture de chargement, une zone de commande et de mise à disposition d’au moins 2,0 m de profondeur doit être maintenue dégagée pour la mise à disposition des pièces et le flux de matières. Dans cette zone, l’exploitant fournit un auxiliaire de levage d’une capacité de charge d’au moins 40 kg pour les pièces de plus de 15 kg (par exemple un équilibreur de charge ou une potence pivotante sur colonne) ; celui-ci ne fait pas partie de l’étendue de la livraison. Hauteur libre requise du hall : au moins 3,2 m (travaux d’installation et de maintenance sur le toit de la cellule). Les voies d’accès doivent être vérifiées avant la livraison : plus grande unité de transport (table tournante) environ 2,4 x 1,8 x 2,0 m, 1900 kg. Les voies de circulation et les zones dangereuses doivent être marquées conformément à la règle technique allemande pour les lieux de travail ASR A1.8.

7.2 Fondation / capacité portante

La machine est installée sur un sol industriel en béton plan ; une fondation séparée n'est pas nécessaire. Exigences : classe de résistance du béton au moins C25/30, épaisseur de la dalle au moins 200 mm, planéité +/- 5 mm par rapport à la surface d'installation, charge surfacique au moins 10 kN/m². Le socle du robot et le bâti de base de la table tournante sont ancrés au sol au moyen de chevilles de charge (M16, profondeur d'ancrage conforme à l'agrément du fabricant des chevilles) ; les forces dynamiques du robot (moment de basculement au niveau du socle jusqu'à environ 8 kNm) doivent être reprises par l'ancrage. Le sol doit être exempt de fissures dans la zone d'ancrage ; les distances minimales aux bords des chevilles doivent être conformes à l'agrément des chevilles. Les revêtements ou enduits de sol ne doivent pas compromettre la transmission des efforts. En cas de conditions de sol différentes, la capacité portante doit être évaluée sur site par une personne compétente mandatée par le client.

7.3 Conditions ambiantes

Les conditions ambiantes suivantes doivent être respectées sur le lieu d'installation : température ambiante de +5 à +40 degrés C ; humidité relative jusqu'à 70 pour cent, sans condensation ; altitude d'installation jusqu'à 1000 m au-dessus du niveau de la mer ; environnement intérieur sec, pas de zone à atmosphère explosible, pas d'atmosphère agressive ou fortement chargée en poussières. Les courants d'air dans la zone de l'ouverture de chargement doivent être évités (vitesse de l'air inférieure à 0,5 m/s), car ils perturbent la protection gazeuse du procédé de soudage et réduisent l'efficacité de l'aspiration des fumées ; les portes du hall et les bouches de ventilation doivent être disposées en conséquence. La zone d'installation doit être peu exposée aux vibrations (pas de proximité immédiate de presses ou de poinçonneuses générant de fortes vibrations du sol), afin que la répétabilité du robot et le fonctionnement des capteurs de sécurité ne soient pas compromis.

Environnement électromagnétique : la cellule est destinée aux environnements industriels (immunité selon l'EN IEC 61000-6-2, émission selon l'EN IEC 61000-6-4, justification dans le rapport d'essai RSZ-2600-EMV-001). Elle n'est pas destinée aux environnements résidentiels ni au raccordement à un réseau public basse tension alimentant également des bâtiments à usage d'habitation. Le cheminement des câbles, les raccordements des blindages et la liaison équipotentielle selon le schéma électrique RSZ-2600-EPL-001 ne doivent être modifiés que par du personnel qualifié disposant de connaissances en CEM ; les câbles de courant de soudage et les câbles de commande restent dans des goulottes séparées. Après le remplacement de la source de courant de soudage, de la commande du robot ou de composants de sécurité, renouveler l'essai fonctionnel des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05.

7.4 Raccordements d'alimentation

Les raccordements d'alimentation suivants doivent être fournis sur site par le client pour le fonctionnement de la machine :

- Électricité : 400 V CA, 3/N/PE, 50 Hz, schéma TN-S ; puissance raccordée 32 kVA ; protection par fusibles 63 A gG fournie sur site par le client ; câble d'alimentation 5 x 16 mm² Cu (valeur indicative, tenir compte du mode de pose) jusqu'à l'interrupteur principal de l'armoire de commande ; rotation des phases dans le sens horaire requise ; prise de terre en fond de fouille ou liaison équipotentielle selon les prescriptions VDE.
- Air comprimé : 6 bar (+/- 0,5 bar), exempt d'huile selon l'ISO 8573-1 ; raccord G 1/2 sur l'unité de conditionnement d'air ; débit minimal 200 Nl/min ; vanne d'arrêt à proximité de la machine, fournie sur site par le client, recommandée.

- Gaz de protection : mélange gazeux M21 selon l’EN ISO 14175 (82 pour cent d’argon, 18 pour cent de CO2) provenant d’un réseau de distribution centralisé ou d’une batterie de bouteilles ; pression dynamique 2 à 4 bar, débit d’environ 15 l/min ; protéger les bouteilles contre le basculement.
- Aspiration : l’aspiration des fumées de soudage fonctionne en mode recyclage ; en option, une gaine d’air extrait (raccordement DN 250) peut être fournie sur site par le client. L’exploitant est responsable d’une ventilation suffisante du hall conformément à la règle technique allemande pour les substances dangereuses TRGS 528.
- Éclairage : l’exploitant fournit l’éclairage du hall sur site. L’éclairage du poste de travail de la cellule fait partie de l’étendue de la livraison (intégré à la machine selon l’EN 1837, 500 lx au poste de chargement, 200 lx dans l’allée de maintenance, message de défaillance sur le panneau IHM).

8 Assemblage et installation, première mise en service

L’assemblage, l’installation et la première mise en service sont effectués par le fabricant ou par du personnel spécialisé mandaté par le fabricant. Ce chapitre décrit les exigences et les procédures ; il sert également de référence à l’exploitant pour un déplacement ultérieur au sein de l’usine, qui ne doit être effectué qu’en concertation avec le fabricant.

8.1 Sécurité

L’assemblage, l’installation et la première mise en service de la cellule de soudage robotisée RSZ-2600 ne doivent être effectués que par du personnel spécialisé formé disposant de qualifications en construction mécanique, en électrotechnique, en pneumatique et en technique de soudage. Le robot est livré par le fabricant du robot en tant que quasi-machine avec une déclaration UE d’incorporation conforme à l’annexe V, partie B, et une notice d’assemblage conforme à l’annexe XI ; pour tous les travaux sur ce composant, la notice d’assemblage correspondante du fabricant du robot doit être respectée en complément.

Avant de commencer tout travail mécanique ou électrique, la machine doit être séparée de manière sûre de l’alimentation en énergie : couper l’interrupteur principal et le verrouiller en position ARRÊT au moyen d’un cadenas (LOTO), couper l’air comprimé à la vanne d’arrêt de l’unité de conditionnement d’air et le mettre à l’échappement, vérifier l’absence de pression sur l’indicateur de pression résiduelle et faire vérifier l’absence de tension par une personne qualifiée en électricité. La procédure de clés et de cadenas de l’exploitant doit être appliquée.

DANGER : Tension électrique de 400 V au niveau du câble d’alimentation, de l’armoire de commande et de la source de courant de soudage. Le contact avec des pièces sous tension entraîne la mort ou des blessures graves. Les travaux sur l’équipement électrique ne doivent être effectués que par des personnes qualifiées en électricité et uniquement après séparation, protection contre la remise sous tension et vérification de l’absence de tension ; après la séparation, attendre au moins 1 minute la décharge de la source de courant de soudage ; pour les entraînements du robot, le temps d’attente indiqué par le fabricant du robot s’applique.

AVERTISSEMENT : Mouvements inattendus des axes du robot et de la table tournante lors de la première mise sous énergie et pendant l’assemblage. Il peut en résulter la mort ou des blessures graves. Avant la mise en marche, s’assurer qu’aucune personne ne se trouve dans la zone de travail du robot ni dans la zone de rotation de la table tournante.

Outre le danger électrique, il convient de tenir compte également de la partie pneumatique en tant que système sous pression, des substances dangereuses du procédé de soudage MAG et de l’exposition au

bruit. Avant les travaux sur le circuit de serrage et sur les brides de serrage pneumatiques des pièces, les brides doivent d’abord être ouvertes, car le clapet de maintien de pression emprisonne la pression de serrage dans le vérin ; le circuit pneumatique doit ensuite être dépressurisé et l’indicateur de pression résiduelle contrôlé pour vérifier qu’il affiche 0 bar. Pendant les travaux, porter au minimum : chaussures de sécurité S3 selon l’EN ISO 20345, gants de protection et, pour les travaux au-dessus de la tête, un casque de protection ; pour les essais de soudage, en complément, l’équipement de protection pour le soudage selon le chapitre 2.6.

Les documents techniques nécessaires à l’assemblage, en particulier le dessin d’ensemble et le dessin de vue d’ensemble, les schémas électriques et pneumatiques ainsi que les schémas des circuits de sécurité, doivent être mis à disposition avant le début des travaux.

8.2 Assemblage et installation

La cellule de soudage robotisée RSZ-2600 est érigée en tant qu’ensemble de machines. Une surface au sol d’environ 6,5 x 4,0 m pour une hauteur de 2,6 m doit être prévue pour l’installation ; les exigences relatives à la fondation, à la capacité portante et à l’environnement selon le chapitre 7 doivent être respectées.

Ordre d’assemblage :
1. Aligner la table tournante à l’emplacement indiqué sur le plan d’installation (vérifier l’horizontalité au moyen d’un niveau à bulle de précision) et l’ancrer avec quatre chevilles de charge M16 ; couple de serrage conforme à l’agrément des chevilles (valeur indicative 110 Nm).
2. Positionner le socle du robot, le mesurer par rapport à la table tournante conformément au plan d’installation et l’ancrer avec quatre chevilles de charge M16 ; ne libérer qu’ensuite les dispositifs de blocage pour le transport sur les axes du robot.
3. Mettre en place l’armoire de commande avec le pupitre de commande ainsi que la source de courant de soudage et l’unité d’aspiration ; monter la station de nettoyage de la torche sur le socle.
4. Monter les segments de la clôture périphérique, les panneaux de soubassement, la porte de maintenance avec dispositif de verrouillage/interverrouillage et le rideau lumineux conformément au plan d’installation ; respecter les distances de sécurité selon l’EN ISO 13857 et l’EN ISO 13855 indiquées sur le dessin.
5. Installation électrique par une personne qualifiée en électricité conformément aux schémas électriques : câble d’alimentation jusqu’à l’interrupteur principal, liaison équipotentielle de tous les sous-ensembles, câblage des sous-machines et des circuits de sécurité ; vérifier l’ordre des phases (champ tournant dans le sens horaire).
6. Raccorder la partie pneumatique conformément au schéma pneumatique (6 bar, raccord G 1/2) ; effectuer un essai d’étanchéité.
7. Raccorder l’alimentation en gaz de protection et purger les conduites ; raccorder l’installation d’aspiration et orienter la hotte de captage.

Une fois tous les raccordements effectués, les points suivants doivent être contrôlés : bonne tenue de toutes les fixations et de tous les ancrages, intégralité de l’encoffrement, fonctionnement de la porte de maintenance à dispositif de verrouillage et interverrouillage, alignement correct du rideau lumineux et retrait complet de tous les dispositifs de sécurisation pour le transport (chapitre 5.4).

Réduction du bruit et des vibrations : monter intégralement les panneaux de remplissage de la clôture, les panneaux de soubassement et le capot de l’entraînement de la table tournante ; ils font partie des mesures de réduction du bruit. Ne pas ponter les éléments d’appui élastiques de l’entraînement de la table

tournante par des liaisons rigides. Aucune autre mesure contre le bruit ou les vibrations n’est requise lors de l’installation.

8.3 Première mise en service

La première mise en service ne doit avoir lieu qu’une fois l’assemblage et l’installation entièrement terminés et tous les protecteurs et dispositifs de protection correctement montés et raccordés. Avant la première mise sous énergie, il faut s’assurer qu’aucune personne ne se trouve dans la zone de travail du robot, dans la zone de rotation de la table tournante ni à l’intérieur de la clôture périphérique.

Dans le cadre de la première mise en service, les essais relatifs à la sécurité selon le plan d’essai du fabricant doivent être effectués et documentés dans le procès-verbal de réception :

- Essai du conducteur de protection et mesure de l’isolement selon l’EN 60204-1 (rapport d’essai électrique)
- Efficacité du circuit d’arrêt d’urgence sur tous les dispositifs d’arrêt d’urgence (pupitre de commande, porte de maintenance, console de programmation)
- Fonctionnement du rideau lumineux, y compris la mesure de la distance d’arrêt et la vérification de la distance de sécurité selon l’EN ISO 13855
- Fonctionnement de la porte de maintenance à dispositif de verrouillage et interverrouillage, du déverrouillage de secours, du dispositif de condamnation pour cadenas personnels et de la fonction de verrouillage de redémarrage
- Fonctionnement de la surveillance de la pression sur le circuit de serrage, du clapet de maintien de pression dans la ligne de serrage avec sa commande manuelle de secours et des capteurs de présence de pièce
- Fonctionnement du dispositif de validation, du sélecteur de mode de fonctionnement et de la vitesse réduite de manière sûre (mesure au TCP, 250 mm/s au maximum)
- Efficacité de l’installation d’aspiration des fumées de soudage (mesure du débit volumique) et fonctionnement de la surveillance de la température de la cartouche filtrante, des clapets d’arrêt, des détecteurs de fumée et de CO et de la poursuite du fonctionnement
- Fonctionnement de la temporisation de refroidissement avec voyant au poste de retrait, de la surveillance de la température au col de cygne de la torche et de l’éclairage du poste de travail (500 lx au poste de chargement, 200 lx dans l’allée de maintenance, message de défaillance)
- Validation de toutes les fonctions de sécurité selon l’EN ISO 13849-2 (documentation dans le procès-verbal de vérification de la sécurité)

Des essais de fonctionnement suivent ensuite : d’abord un cycle à vide sans pièce en mode de réglage, puis des cycles automatiques avec pièce et évaluation des résultats de soudage. Les programmes de soudage utilisés doivent avoir été approuvés ; l’utilisation prévue selon le chapitre 2.1 doit être respectée.

Les résultats de la première mise en service doivent être documentés dans les rapports d’essai et les procès-verbaux de réception. La machine n’est remise à l’exploitant et la production n’est lancée qu’après la réussite de tous les essais des fonctions de sécurité, la réception documentée et l’instruction du personnel d’exploitation.

9 Utilisation

Ce chapitre s’adresse à l’opérateur et au personnel de réglage de la cellule de soudage robotisée RSZ-2600. Une initiation documentée et la connaissance du chapitre 2 (Sécurité) sont des conditions préalables

à toutes les activités. L’opérateur travaille exclusivement au poste de chargement et au pupitre de commande ; les activités à l’intérieur de la cellule sont réservées au personnel de réglage et de maintenance. L’équipement de protection individuelle prescrit au chapitre 2.6 doit être porté pendant tous les travaux.

9.1 Sécurité

Les règles de sécurité suivantes s’appliquent à l’utilisation :

- La machine ne doit être utilisée qu’avec tous les protecteurs entièrement montés et en état de fonctionnement. Les contrôles quotidiens selon le chapitre 9.4 doivent être effectués avant le début de chaque équipe.
- Ne jamais intervenir dans la zone de travail du robot, contourner des protecteurs ou manipuler le rideau lumineux. Personne ne doit se trouver dans la zone de rotation de la table tournante pendant sa rotation. Les gants de protection ne protègent pas contre l’écrasement ; n’intervenir dans la zone de rotation que lorsque la table tournante est arrêtée.
- Ne mettre en place et ne retirer les pièces que lorsque le poste avant est immobile. Ne retirer les pièces soudées qu’après l’écoulement de la temporisation de refroidissement (voyant rouge du poste de retrait éteint) et ne les manipuler qu’avec des gants de protection contre la chaleur ; dans la zone du cordon de soudure, elles atteignent plusieurs centaines de °C après le soudage.
- Manipuler les pièces jusqu’à 15 kg à la main et les pièces de plus de 15 kg uniquement avec l’auxiliaire de levage fourni par l’exploitant au poste de chargement (par exemple un équilibreur de charge ou un système de grue, capacité de charge d’au moins 40 kg) ; la masse maximale par pièce est de 40 kg.
- Ne pas regarder directement l’arc, y compris par réflexion ; le rideau de soudage, les panneaux de remplissage de la clôture périphérique et les fenêtres d’observation doivent être intacts.
- Le fonctionnement n’est autorisé qu’avec l’aspiration des fumées de soudage en fonctionnement efficace. En cas de défaut de l’aspiration, la cellule s’arrête de manière contrôlée ; elle ne peut pas être redémarrée avant l’élimination du défaut.
- Les défauts, dommages et bruits inhabituels doivent être signalés immédiatement ; en cas de défauts relatifs à la sécurité, la machine doit être arrêtée et protégée contre le redémarrage.
- Seul l’opérateur doit se trouver dans la zone de l’ouverture de chargement ; les autres personnes doivent laisser libre la zone de commande marquée.

AVERTISSEMENT : Pièces et dispositifs de serrage chauds après le soudage (plusieurs centaines de °C dans la zone du cordon de soudure). Il peut en résulter des brûlures graves aux mains et aux avant-bras. Ne retirer les pièces qu’après l’écoulement de la temporisation de refroidissement et uniquement avec des gants de protection contre la chaleur, et ne pas les toucher avec la peau non protégée.

La temporisation de refroidissement est enregistrée pour chaque programme de soudage. Tant qu’elle est en cours, le retrait reste bloqué et le voyant rouge du poste de retrait est allumé.

9.2 Organes de service et indicateurs

Interrupteur principal (sur l’armoire de commande) : coupe l’installation complète sur tous les pôles ; peut être verrouillé en position ARRÊT pour la maintenance et la réparation.

Pupitre de commande à côté de l’ouverture de chargement :

- Panneau IHM : sélection du programme, compteur de pièces, affichage de l’état de fonctionnement et des messages de défaut en texte clair, affichage des intervalles de maintenance.
- Bouton-poussoir Démarrage du cycle (vert) : lance le cycle automatique lorsque le champ de protection est libre et qu’aucun défaut n’est présent.
- Bouton-poussoir Acquittement/Réarmement (bleu, lumineux) : acquittement après le déclenchement d’un protecteur, après le réarmement du dispositif d’arrêt d’urgence et après l’élimination d’un défaut ; clignote lorsqu’un acquittement est nécessaire.
- Dispositif d’arrêt d’urgence (rouge sur fond jaune) : arrête l’installation complète en situation dangereuse.
- Sélecteur de mode de fonctionnement (commutateur à clé) : positions Automatique et Réglage ; la clé reste en possession de la personne autorisée.
- Commutateur à clé de télémaintenance (positions Arrêt et Activation) : active une session de télémaintenance par le fabricant (voir chapitre 13.3) ; la clé reste en possession de la personne responsable chez l’exploitant.

Colonne lumineuse sur le toit de la cellule : vert = mode automatique en cours ; jaune = installation en attente (fin de cycle, manque de matière, acquittement nécessaire) ; rouge = défaut ou arrêt d’urgence ; en outre, avertissement sonore de démarrage avant chaque démarrage automatique.

Console de programmation (personnel de réglage uniquement) : appareil portatif de la commande du robot avec écran, touches de déplacement manuel, dispositif de validation à trois positions et arrêt d’urgence propre.

Autres indicateurs : manomètre de l’unité de conditionnement d’air (air comprimé), indicateur de pression résiduelle à l’accès de maintenance, indicateur de débit du gaz de protection sur la source de courant de soudage, indicateur de pression différentielle de la cartouche filtrante sur l’unité d’aspiration ; voyant rouge au poste de retrait (allumé pendant la temporisation de refroidissement) ; sur le panneau IHM, l’affichage de l’autorisation pour le changement et le nettoyage de la torche (surveillance de la température au col de cygne de la torche) ainsi que les messages de défaillance de l’éclairage du poste de travail et de surchauffe ou d’alarme incendie de l’unité d’aspiration.

9.3 Modes de fonctionnement

La machine dispose des modes de fonctionnement Automatique et Réglage. Ils sont sélectionnés au moyen du sélecteur de mode de fonctionnement :

Mode automatique (sélecteur en position Automatique) : fonctionnement normal pour la production en série. Tous les protecteurs sont actifs ; la porte de maintenance est verrouillée ; l’accès se fait exclusivement par l’ouverture de chargement surveillée par le rideau lumineux. Le cycle se déroule automatiquement après libération au moyen du bouton-poussoir Démarrage du cycle.

Mode de réglage (sélecteur en position Réglage, commutateur à clé) : mode de fonctionnement destiné à l’apprentissage, au test de programmes et à la recherche de défauts par du personnel de réglage formé. Les mouvements du robot et de la table tournante ne sont possibles qu’avec le dispositif de validation à trois positions de la console de programmation actionné et à vitesse réduite de manière sûre (250 mm/s au maximum au TCP). Lorsque la porte de maintenance est ouverte, la source de courant de soudage est coupée de manière sûre (SF-01) ; le fil ne peut alors être avancé qu’en marche par à-coups, à vitesse d’enfilage réduite. La clé reste en possession de la personne autorisée ; une fois les travaux terminés, il est impératif de revenir en position Automatique.

AVERTISSEMENT : Mouvements du robot et de la table tournante alors que des personnes se trouvent dans la cellule en mode de réglage. Il peut en résulter un écrasement et un choc avec blessures graves. Ne pénétrer dans la cellule qu’avec la console de programmation en main, protéger la porte de maintenance contre la fermeture en accrochant son cadenas personnel au dispositif de condamnation, et n’actionner le dispositif de validation que lorsqu’aucune autre personne ne se trouve dans la zone de mouvement.

Maintenance (pas un mode de fonctionnement) : les travaux de maintenance mécanique, électrique et pneumatique sont effectués avec la machine séparée des sources d’énergie et protégée contre le redémarrage (interrupteur principal verrouillé, air comprimé déchargé) ; voir le chapitre 10.

Les autres phases de vie, à savoir le transport et l’installation (chapitres 5 et 8), le nettoyage (chapitre 10.2) et la recherche de défauts (chapitre 10.4) ainsi que la mise hors service et le démontage (chapitre 11), sont décrites dans les chapitres respectifs indiqués. Les travaux de nettoyage doivent toujours être effectués avec la machine arrêtée et séparée des sources d’énergie.

9.4 Mise en marche et changement de série

Mise en marche quotidienne (respecter l’ordre) :
1. Contrôle visuel : clôture périphérique avec panneaux de remplissage et fenêtres d’observation, rideau de soudage, rideau lumineux et porte de maintenance intacts ; aucune personne ni aucun objet étranger dans la cellule ; zone de commande dégagée ; éclairage du poste de travail en fonctionnement (aucun message de défaillance sur le panneau IHM) ; plate-forme de travail debout réglée à sa propre taille.
2. Ouvrir les alimentations en fluides : ouvrir la vanne d’arrêt d’air comprimé (6 bar à l’unité de conditionnement d’air), ouvrir l’alimentation en gaz de protection (débit d’environ 15 l/min), vérifier la réserve de fil.
3. Enclencher l’interrupteur principal ; attendre que la commande ait terminé sa séquence de démarrage.
4. Contrôle fonctionnel du rideau lumineux au moyen du barreau d’essai (l’interruption de chaque zone de faisceaux doit déclencher un message) ; une fois par semaine, en outre, contrôle fonctionnel d’un dispositif d’arrêt d’urgence (un dispositif différent à chaque fois, voir chapitre 10.2).
5. Vérifier que l’aspiration est prête à fonctionner (aucun message de défaut sur l’IHM, indicateur de pression différentielle dans la plage verte) ; l’aspiration démarre sous le pilotage du procédé.
6. Sélectionner le programme de soudage sur l’IHM, acquitter les messages de défaut, libérer l’installation au moyen du démarrage du cycle.

Changement de série et changement de produit (personnel de réglage uniquement) : changement de programme sur l’IHM ; remplacement des dispositifs de serrage spécifiques aux pièces uniquement avec l’installation arrêtée et le circuit de serrage dépressurisé (ouvrir d’abord les brides, puis couper l’air comprimé et le mettre à l’échappement, voir chapitre 10.4) ; utiliser uniquement des dispositifs de serrage approuvés par le fabricant conformément au chapitre 3.1 ; après chaque changement de série, effectuer un contrôle de la première pièce et documenter la libération. Remplacer les pièces d’usure de la torche (tube contact, buse de gaz) en fonction de la durée de vie prescrite.

Apprentissage de nouveaux programmes (personnel de réglage uniquement) : exclusivement en mode de réglage avec le dispositif de validation et à vitesse réduite ; les nouveaux programmes doivent d’abord être vérifiés en mode de réglage à vitesse réduite, puis dans un cycle automatique sans pièce ; la libération doit être documentée.

9.5 Mise à l’arrêt

Mise à l’arrêt en fonctionnement normal (fin d’équipe) :
1. Laisser le cycle en cours se terminer ; ne pas l’interrompre au milieu du procédé de soudage.
2. Retirer la pièce finie ; amener l’installation en position de base via l’IHM.
3. Laisser l’aspiration poursuivre son fonctionnement (poursuite automatique du fonctionnement pendant au moins 10 minutes, exigence de protection contre l’incendie issue de l’appréciation du risque) ; effectuer ensuite un contrôle visuel du caisson du filtre pour détecter tout échauffement inhabituel ou toute odeur de brûlé.
4. Fermer l’alimentation en gaz de protection ; fermer la vanne d’arrêt d’air comprimé en cas d’arrêt prolongé.
5. Couper l’interrupteur principal. En cas d’arrêt pour le week-end ou d’arrêt d’exploitation, verrouiller en outre l’interrupteur principal.

Arrêt en cas d’urgence : actionner le dispositif d’arrêt d’urgence. Toutes les sous-machines sont amenées à un arrêt contrôlé (catégorie d’arrêt 1) ; la colonne lumineuse passe au rouge.

Redémarrage après un arrêt d’urgence :
1. Identifier et éliminer la cause de la situation dangereuse ; s’assurer qu’aucune personne ne se trouve dans la cellule.
2. Réarmer le dispositif d’arrêt d’urgence actionné (en le tournant ou en le tirant).
3. Acquitter au pupitre de commande ; lancer ensuite le démarrage du cycle. Une pièce dont le procédé de soudage a été interrompu doit être marquée comme pièce à retoucher et contrôlée.

Comportement après une coupure de courant : après le rétablissement du courant, l’installation reste à l’arrêt grâce au verrouillage de redémarrage. Avant l’acquittement, l’état de l’installation doit être vérifié (position de la pièce, position de la torche, pression de serrage) ; acquitter ensuite et redémarrer comme après un arrêt d’urgence. Si la torche est coincée ou est entrée en collision, faire appel au personnel de réglage. Le sauvetage d’une personne coincée est décrit au chapitre 2.6.

Conduite à tenir en cas de défaillance de l’air comprimé : le clapet de maintien de pression maintient les pièces serrées ; le pressostat bloque le mouvement de rotation de la table tournante et la machine s’arrête de manière contrôlée. Arrêter la machine, rétablir l’alimentation en air comprimé (6 bar à l’unité de conditionnement d’air) et ne retirer la pièce qu’une fois la pression de serrage à nouveau confirmée. Acquitter ensuite et redémarrer comme après un arrêt d’urgence.

AVERTISSEMENT : Incendie dans le caisson du filtre de l’unité d’aspiration causé par des étincelles et des particules incandescentes, éventuellement avec un certain retard après la fin de l’équipe. Il peut en résulter des brûlures graves et une intoxication par les fumées. Ne pas ouvrir le caisson du filtre en cas d’alarme incendie, quitter la zone et appeler les pompiers.

Incendie dans l’unité d’aspiration : si la surveillance de la température de la cartouche filtrante ou un détecteur de fumée ou de CO se déclenche, la commande arrête le ventilateur d’aspiration, ferme les clapets d’arrêt motorisés et arrête la cellule de manière contrôlée. Quitter immédiatement la zone, appeler les pompiers et informer son supérieur hiérarchique. Ne pas ouvrir le caisson du filtre, car l’air entrant peut raviver les matières qui couvent et les faire s’enflammer ; l’agent extincteur est introduit uniquement par les pompiers, par l’orifice obturable d’introduction d’agent extincteur du caisson du filtre. Le redémarrage n’est autorisé qu’après l’élimination du défaut et l’accord du service de maintenance. L’unité d’aspiration ne doit pas fonctionner avec un capteur de température défectueux ou un clapet d’arrêt inefficace.

10 Entretien

Ce chapitre s’adresse au personnel de maintenance spécialisé chargé de la maintenance de la cellule de soudage robotisée RSZ-2600. Les travaux de maintenance doivent être effectués machine à l’arrêt. Avant les travaux mécaniques, électriques et pneumatiques, la machine doit être séparée des sources d’énergie au moyen de l’interrupteur principal, verrouillable en position ARRÊT, et protégée contre le redémarrage ; l’alimentation pneumatique doit être dépressurisée. Avant les travaux sur les brides, celles-ci doivent d’abord être ouvertes, car le clapet de maintien de pression emprisonne la pression de serrage dans le vérin ; l’air comprimé doit ensuite être coupé et mis à l’échappement, et l’indicateur de pression résiduelle doit être contrôlé pour vérifier qu’il affiche 0 bar. Si une bride ne peut pas être ouverte, la pression doit être déchargée de manière contrôlée au moyen de la commande manuelle de secours du clapet de maintien de pression (pour la procédure, voir le chapitre 10.4). Les contrôles fonctionnels des dispositifs de protection selon le chapitre 10.2 sont effectués machine sous tension, depuis l’extérieur de la cellule. Respecter en outre la documentation des fabricants des composants achetés, en particulier la notice d’assemblage du fabricant du robot ainsi que la documentation de la source de courant de soudage MAG, du dévidoir, de la station de nettoyage de la torche et de l’aspiration des fumées de soudage.

DANGER : Tension électrique de 400 V dans l’armoire de commande et dans la source de courant de soudage. Le contact avec des pièces sous tension entraîne la mort ou des blessures graves. Les travaux sur l’équipement électrique ne doivent être effectués que par des personnes qualifiées en électricité ; au préalable, couper et verrouiller l’interrupteur principal, attendre au moins 1 minute la décharge de la source de courant de soudage (entraînements du robot : temps d’attente indiqué par le fabricant du robot) et vérifier l’absence de tension.

10.1 Registre de maintenance

Tous les travaux de contrôle, de maintenance et de réparation effectués doivent être documentés de manière traçable. Le registre de maintenance sert de preuve de la maintenance conforme de la cellule de soudage robotisée RSZ-2600 et doit être conservé pendant toute la durée de vie de la machine. Pour chaque intervention, les informations suivantes doivent au minimum être consignées dans le registre de maintenance : date, travaux effectués, pièces de rechange et consommables utilisés, nom du personnel spécialisé ayant effectué les travaux et irrégularités éventuellement constatées. Les contrôles relatifs à la sécurité des protecteurs et dispositifs de protection, tels que le rideau lumineux, la porte de maintenance avec interverrouillage et le circuit d’arrêt d’urgence, doivent être consignés séparément. Un formulaire de registre de maintenance (RSZ-2600-WNW-001) est fourni avec la machine (voir chapitre 12) ; un système interne équivalent (par exemple un logiciel de maintenance) peut être utilisé à la place. Le registre de maintenance doit être conservé au moins jusqu’à la mise hors service de la machine ; l’exploitant en est responsable.

10.2 Plan d’inspection et de maintenance

Le plan d’inspection et de maintenance indique quelles tâches doivent être effectuées sur la machine et à quels intervalles. Pour les composants achetés, les exigences de maintenance figurant dans la documentation du fabricant concerné s’appliquent en complément.

Quotidiennement (opérateur) : contrôle visuel des protecteurs et dispositifs de protection ; contrôle fonctionnel du rideau lumineux au moyen d’un barreau d’essai ; contrôle du débit d’aspiration (indicateur de pression différentielle), du débit de gaz de protection et de la pression d’air comprimé ; vérifier l’absence de dépôts de projections sur les buses de la torche ; vérifier que les flexibles de gaz de protection, les

câbles de soudage et de masse ainsi que la pince de masse ne sont pas endommagés et sont bien fixés ; vérifier le fonctionnement de l’éclairage du poste de travail ; nettoyer la zone de travail et éliminer les projections du sol au poste de chargement.

Hebdomadairement (opérateur/personnel de réglage) : contrôle fonctionnel de l’arrêt d’urgence (en alternant entre les différents dispositifs d’arrêt d’urgence) ; vérifier le tube contact et la buse de gaz de la torche, les remplacer en cas d’usure ; nettoyer les galets d’entraînement du fil et le guide-fil ; purger les condensats de l’unité de conditionnement d’air ; vérifier que le rideau de soudage, les panneaux de remplissage de la clôture périphérique et les fenêtres d’observation ne sont pas endommagés.

Mensuellement (personnel de réglage/maintenance) : nettoyer la station de nettoyage de la torche et faire l’appoint de produit de pulvérisation ; vérifier l’étanchéité des raccords et flexibles pneumatiques ; contrôler la cartouche filtrante de l’aspiration, la remplacer si la pression différentielle se situe dans la zone rouge ; contrôle fonctionnel de l’interverrouillage, du déverrouillage de secours et du dispositif de condamnation de la porte de maintenance ; vérifier l’absence de points de frottement sur les câbles du robot et le faisceau de torche ; vider le pré-séparateur d’étincelles de l’unité d’aspiration (traiter la poussière comme lors du remplacement de la cartouche filtrante) ; vérifier le niveau de liquide de refroidissement du groupe de refroidissement et, si nécessaire, faire l’appoint avec le liquide de refroidissement prescrit par le fabricant de la torche.

Tous les six mois (maintenance) : contrôle fonctionnel documenté de toutes les fonctions de sécurité (SF-01 à SF-05) selon le plan d’essai des fonctions de sécurité joint (RSZ-2600-PPS-001, voir chapitre 12) ; contrôle de l’ancrage du socle du robot et de la table tournante (couples de serrage) ; contrôle visuel de l’équipement électrique ; contrôle visuel des raccordements des blindages et de la liaison équipotentielle ; mesure de l’isolement du circuit de soudage par une personne qualifiée en électricité ; contrôle fonctionnel du capteur de température et des clapets d’arrêt ainsi que des détecteurs de fumée et de CO de l’unité d’aspiration.

Annuellement (fabricant) : révision générale conformément au contrat de maintenance, comprenant la maintenance du robot selon les indications du fabricant (lubrification des réducteurs, batteries de la commande du robot), le contrôle de l’étalonnage du robot, le contrôle du dispositif de verrouillage et de l’interverrouillage selon l’EN ISO 14119, le nouveau calcul ou le contrôle de la distance de sécurité du rideau lumineux selon l’EN ISO 13855 et le contrôle de la source de courant de soudage selon l’EN 60974-4.

AVERTISSEMENT : Poussières de fumées de soudage lors du remplacement de la cartouche filtrante. Leur inhalation peut causer des lésions permanentes des voies respiratoires. Porter un demi-masque filtrant à particules FFP3 selon l’EN 149, des lunettes de protection et des gants jetables ; ne pas soulever de poussière.

Remplacement de la cartouche filtrante (maintenance) : attendre la fin de la poursuite du fonctionnement de l’aspiration, puis séparer la machine des sources d’énergie ; au moyen du système de changement bag-in/bag-out du caisson du filtre, retirer la cartouche saturée dans le sac de changement et fermer immédiatement le sac de manière étanche ; nettoyer le caisson du filtre avec un aspirateur industriel de classe de poussière H selon l’EN 60335-2-69, ne pas le nettoyer par soufflage et ne pas balayer ; mettre en place une cartouche neuve de classe de fumées de soudage W3 et vérifier la bonne assise du joint ; après la remise sous tension, contrôler l’indicateur de pression différentielle ; élimination selon le chapitre 11.3.

Nettoyage de la cellule (personnel de réglage/maintenance) : uniquement avec la machine séparée des sources d'énergie et protégée contre le redémarrage ; éliminer les projections mécaniquement ; aspirer la poussière avec un aspirateur industriel de classe de poussière H, ne pas la souffler à l'air comprimé et ne pas balayer ; ne pas utiliser de produits de nettoyage inflammables ; nettoyer les fenêtres d'observation et les vitres frontales du rideau lumineux avec un chiffon doux ; après le nettoyage, effectuer le contrôle fonctionnel du rideau lumineux.

En outre, les obligations légales de contrôle de l'exploitant au titre de l'ordonnance allemande sur la sécurité des équipements de travail (BetrSichV) et de la prescription DGUV Vorschrift 3 (prescription allemande de l'assurance accidents relative aux installations et matériels électriques) s'appliquent (contrôle périodique de l'équipement électrique). Les composants endommagés ou usés des protecteurs et dispositifs de protection doivent être réparés ou remplacés avant la remise en service de la machine.

10.3 Plan de lubrification

Le plan de lubrification indique quels points de lubrification de la machine doivent être alimentés, à quels intervalles et avec quels lubrifiants :

- Réducteurs du robot (axes 1 à 6) : lubrification exclusivement dans le cadre de la révision annuelle effectuée par le fabricant, selon les prescriptions du fabricant du robot (graisse pour réducteurs selon la documentation du robot).
- Couronne d'orientation et palier de la table tournante : lubrifier tous les six mois avec de la graisse polyvalente KP2K-30 selon la DIN 51502 (2 graisseurs sur le bâti de base, environ 10 g chacun).
- Guidages et articulations des brides de serrage pneumatiques des pièces : appliquer chaque mois une fine couche d'huile pour machines exempte d'acide ; ne pas utiliser de quantités excessives (dépôts de projections).
- Charnières et dispositif de verrouillage de la porte de maintenance : lubrifier tous les six mois avec de la graisse polyvalente.
- Station de nettoyage de la torche : remplir chaque mois le réservoir de produit de pulvérisation (agent anti-projections sans silicone).

Les composants pneumatiques sont conçus pour de l'air exempt d'huile et ne doivent pas être huilés. Utiliser uniquement les lubrifiants indiqués ou des lubrifiants équivalents approuvés par le fabricant. Les consommables et lubrifiants usagés doivent être éliminés de manière appropriée et respectueuse de l'environnement conformément au chapitre 11.3. La machine doit être séparée des sources d'énergie pour tous les travaux de lubrification ; porter des gants de protection appropriés.

Recherche de défauts

Diagnostic : les messages de défaut sont lus depuis l'extérieur de la cellule, machine sous tension, sur le panneau IHM, la colonne lumineuse et les indicateurs. Les interventions à l'intérieur de la cellule machine sous tension (par exemple dégagement du robot ou vérification de la trajectoire du programme) ne sont autorisées qu'au personnel de réglage, en mode de réglage, avec le dispositif de validation et à vitesse réduite de manière sûre. L'accès se fait exclusivement par la porte de maintenance ; chaque personne qui pénètre dans la cellule sécurise la porte en accrochant son cadenas personnel au dispositif de condamnation. Les travaux mécaniques, électriques et pneumatiques ne commencent qu'après la séparation des sources d'énergie : pour les travaux sur les brides, retirer d'abord la pièce et ouvrir les brides ; couper et verrouiller l'interrupteur principal (LOTO) ; couper l'air comprimé au moyen de la vanne d'arrêt de maintenance, attendre la fin de la mise à l'échappement, vérifier que l'indicateur de pression

résiduelle affiche 0 bar et verrouiller la vanne avec un cadenas ; attendre au moins 1 minute la décharge de la source de courant de soudage ; pour les entraînements du robot, le temps d’attente indiqué par le fabricant du robot s’applique.

AVERTISSEMENT : Démarrage inattendu du robot et de la table tournante et air comprimé stocké dans le circuit de serrage lors de la recherche de défauts. Il peut en résulter un écrasement avec blessures graves. Avant de pénétrer dans la cellule, arrêter la machine et sécuriser la porte de maintenance avec son cadenas personnel. Avant de travailler sur les brides, ouvrir d’abord les brides, car le clapet de maintien de pression emprisonne la pression de serrage dans le vérin. Couper ensuite l’air comprimé, le mettre à l’échappement et vérifier que l’indicateur de pression résiduelle affiche 0 bar. Si une bride ne peut pas être ouverte, décharger la pression de manière contrôlée au moyen de la commande manuelle de secours du clapet de maintien de pression.

Défaut	Cause possible	Remède
L’installation ne démarre pas en mode automatique	Circuit de sécurité ouvert (porte de maintenance, rideau lumineux), arrêt d’urgence actionné	Fermer la porte de maintenance, dégager le rideau lumineux, réarmer le dispositif d’arrêt d’urgence, acquitter au pupitre de commande
Le rideau lumineux se déclenche sans raison apparente	Encrassement ou désalignement de l’optique	Nettoyer les vitres frontales de l’émetteur et du récepteur, vérifier l’alignement (indicateur d’alignement), puis effectuer le contrôle fonctionnel
La table tournante ne tourne pas	Pression de serrage inférieure à la valeur de consigne, capteur de présence de pièce sans réponse, champ de protection occupé	Vérifier l’alimentation en air comprimé (6,0 bar), vérifier le serrage de la pièce, dégager la zone de rotation
Défaillance de l’air comprimé (chute de la pression de serrage, message de défaut sur le panneau IHM)	Défaillance de l’alimentation en air comprimé sur site, vanne d’arrêt fermée, fuite dans le circuit de serrage	Arrêter la machine ; le clapet de maintien de pression maintient les pièces serrées. Rétablir l’alimentation en air comprimé (6,0 bar), rechercher les fuites, ne retirer la pièce qu’une fois la pression de serrage confirmée, puis acquitter au pupitre de commande
L’interverrouillage de la porte de maintenance ne se libère pas	Le robot ou la table tournante n’est pas encore à l’arrêt sûr, arc pas encore éteint	Attendre l’immobilisation complète (affichage au pupitre de commande), puis renouveler la demande
Cordon de soudure défectueux (projections, porosités)	Avance du fil perturbée, gaz de protection insuffisant, buse de la torche usée	Vérifier l’avance du fil et le débit de gaz, remplacer la buse/le tube contact, vérifier les paramètres de soudage
Aspiration insuffisante / message de défaut	Cartouche filtrante saturée, hotte de captage déplacée	Remplacer la cartouche filtrante (classe de fumées de soudage W3, procédure selon le chapitre 10.2, élimination comme déchet dangereux selon le chapitre 11.3), corriger la position de la hotte
Le robot s’arrête avec un message de collision	Déclenchement de l’accouplement anticollision de la torche ou de la détection de collision du robot (surveillance du couple/du courant)	Éliminer la cause dans la zone de travail, vérifier l’absence de dommages sur la torche et l’accouplement anticollision, vérifier la trajectoire du programme, acquitter le message sur la console de programmation

Défaut	Cause possible	Remède
Le retrait reste bloqué, le voyant rouge du poste de retrait est allumé	La temporisation de refroidissement du programme de soudage est en cours	Attendre l’écoulement de la temporisation de refroidissement ; ne pas contourner la temporisation
Message de défaut du refroidissement de la torche ou pas d’autorisation pour le changement de torche	Niveau de liquide de refroidissement trop bas, groupe de refroidissement défectueux, col de cygne de la torche encore trop chaud	Vérifier le niveau de liquide de refroidissement et faire l’appoint, vérifier le groupe de refroidissement et le faisceau de torche ; ne remplacer la torche qu’après l’affichage de l’autorisation sur le panneau IHM
Surchauffe ou alarme incendie de l’unité d’aspiration	Particules incandescentes dans le filtre ; déclenchement du capteur de température, du détecteur de fumée ou du détecteur de CO	Procéder selon le chapitre 9.5 (Incendie dans l’unité d’aspiration) ; ne pas ouvrir le caisson du filtre
Message : défaillance de l’éclairage du poste de travail	Luminaire défectueux	Interrompre le travail dans la zone concernée, faire réparer le luminaire par une personne qualifiée en électricité

Si un défaut ne peut pas être éliminé au moyen de ces mesures, contacter le fabricant (pour les coordonnées, voir le chapitre 12.1). Les interventions non autorisées sur les fonctions de sécurité sont interdites.

11 Démontage et élimination

Ce chapitre décrit les principes de la mise hors service définitive, du démontage et de l’élimination respectueuse de l’environnement de la cellule de soudage robotisée RSZ-2600. Le démontage constitue une phase distincte du cycle de vie de la machine et ne doit être effectué que par du personnel qualifié et formé. Respecter également les informations contenues dans les documents techniques associés, en particulier le dessin d’ensemble et le dessin de vue d’ensemble ainsi que les schémas électriques et pneumatiques.

Consignes de sécurité pour le démontage

AVERTISSEMENT : Énergie stockée (énergie électrique, air comprimé, masses en mouvement) ainsi que substances dangereuses et résidus issus du procédé de soudage. Il peut en résulter la mort ou des blessures graves. Avant le démontage, séparer la machine des sources d’énergie, attendre l’écoulement du temps de décharge, mettre la partie pneumatique à l’échappement et bloquer les sous-ensembles mobiles en position.

Avant de commencer les travaux de démontage, la machine doit être arrêtée de manière sûre et séparée de l’alimentation en énergie sur tous les pôles : couper l’interrupteur principal et le verrouiller en position ARRÊT au moyen d’un cadenas ; faire séparer le câble d’alimentation par une personne qualifiée en électricité, le protéger contre la remise sous tension, vérifier l’absence de tension, le mettre à la terre et en court-circuit, et recouvrir les pièces voisines sous tension (les cinq règles de sécurité de l’EN 50110-1). Attendre au moins 1 minute avant d’ouvrir la source de courant de soudage et l’armoire de commande (temps de décharge mesuré de la source de courant de soudage : 1,9 s jusqu’à ≤ 60 V ; le temps d’attente inclut une marge de sécurité) ; pour les entraînements du robot, le temps d’attente indiqué par le fabricant du robot s’applique.

La partie pneumatique doit être dépressurisée : ouvrir les brides de serrage des pièces avant de séparer la machine des sources d'énergie, car le clapet de maintien de pression emprisonne la pression de serrage dans le vérin ; fermer ensuite la vanne d'arrêt de maintenance, mettre l'installation à l'échappement par la position d'échappement de cette vanne et vérifier sur l'indicateur de pression résiduelle que la pression a été évacuée. Si une bride ne peut pas être ouverte, décharger la pression emprisonnée de manière contrôlée au moyen de la commande manuelle de secours du clapet de maintien de pression.

Les sous-ensembles mobiles susceptibles de stocker une énergie potentielle doivent être protégés contre tout mouvement involontaire avant le desserrage des fixations : amener le robot en position de transport et le bloquer avec le dispositif de blocage pour le transport conservé ; bloquer la table tournante avec la broche de verrouillage de l'axe de rotation.

Pour la manutention et l'enlèvement des sous-ensembles lourds, utiliser des moyens de levage et de transport appropriés ainsi que l'équipement de protection individuelle. Masses et points de levage des sous-ensembles : voir chapitres 5.2 et 5.3.

Ordre de démontage

Le démontage s'effectue dans l'ordre inverse de l'assemblage (chapitre 8.2) :
1. Déconnecter les alimentations : gaz de protection, air comprimé et raccordement de l'aspiration ; vidanger les conduites et les repérer.
2. Faire déconnecter et repérer les raccordements électriques par une personne qualifiée en électricité ; déconnecter le câble d'alimentation.
3. Démonter le rideau lumineux, la porte de maintenance et les segments de la clôture périphérique.
4. Retirer la source de courant de soudage avec le groupe de refroidissement, le dévidoir, la station de nettoyage de la torche et l'unité d'aspiration.
5. Bloquer le robot en position de transport, desserrer l'ancrage, soulever le robot avec son socle.
6. Bloquer la table tournante, desserrer l'ancrage, soulever la table tournante ; enfin, retirer l'armoire de commande et le pupitre de commande.
Les couples de serrage et de desserrage des assemblages doivent être relevés sur le dessin d'ensemble et dans les documents d'assemblage. Les chapitres 5 et 6 s'appliquent au stockage intermédiaire ou au transport ultérieur.

Séparation et élimination des fluides d'exploitation

Avant le tri des matériaux, tous les fluides d'exploitation et produits auxiliaires doivent être vidangés, collectés et séparés de manière appropriée. Il convient de tenir compte en particulier des éléments suivants : les graisses lubrifiantes de la couronne d'orientation de la table tournante et des réducteurs du robot ; l'agent anti-projections de la station de nettoyage de la torche ; le liquide de refroidissement du groupe de refroidissement et du faisceau de la torche de soudage refroidie par eau (le collecter et l'éliminer conformément à la fiche de données de sécurité, ne pas le déverser dans les égouts) ; les résidus de fil de soudage ; la cartouche filtrante de l'unité d'aspiration des fumées de soudage ainsi que les poussières de fumées de soudage déposées dans le caisson, le pré-séparateur d'étincelles et la tuyauterie.

AVERTISSEMENT : Poussières de fumées de soudage dans la cartouche filtrante et dans les dépôts de poussière de l'unité d'aspiration. Leur inhalation peut causer des lésions permanentes des voies respiratoires. Lors de la manipulation de la cartouche filtrante, porter un demi-masque filtrant à particules FFP3 selon l'EN 149 et des gants jetables, et ne pas soulever de poussière. Éliminer la cartouche filtrante et les dépôts de poussière dans un emballage étanche à la poussière en tant que déchets dangereux (code

15 02 02* de la liste européenne des déchets, en Allemagne AVV 15 02 02* : matériaux filtrants contaminés par des substances dangereuses, ou selon la classification de l’entreprise d’élimination).

Les fluides d’exploitation, les résidus de filtration et les composants contaminés par des substances dangereuses ne doivent pas être jetés avec les ordures ménagères ni rejetés dans l’environnement. Collecter ces matériaux séparément et les éliminer par l’intermédiaire d’une installation d’élimination agréée. Les fiches de données de sécurité des substances utilisées et les exigences de l’entreprise d’élimination des déchets agréée compétente au niveau régional s’appliquent.

Tri des matériaux et recyclage

Après l’enlèvement des fluides d’exploitation, les sous-ensembles doivent être démontés et les matériaux triés par type :

- Acier et fonte (clôture périphérique avec panneaux de remplissage, cadres, table tournante, socle) : valorisation comme ferraille
- Métaux non ferreux (câbles en cuivre, câbles de soudage, tubes contact) : collecte séparée
- Équipements électriques et électroniques (commandes, entraînements, IHM, capteurs, source de courant de soudage) : collecte séparée et élimination en tant que déchets d’équipements électriques et électroniques par l’intermédiaire d’installations de collecte et de valorisation agréées
- Piles et accumulateurs (batteries tampons de la commande du robot) : système de reprise des piles et accumulateurs
- Matières plastiques (capots, flexibles, rideau) : valorisation matière ou énergétique
- Matériaux d’emballage et d’isolation : filières de valorisation locales

Lors du démontage et de l’élimination, respecter les exigences légales et réglementaires applicables sur le lieu d’installation. En cas de doute, les matériaux et les fluides d’exploitation doivent être éliminés par l’intermédiaire d’une entreprise d’élimination des déchets agréée ; l’élimination doit être documentée.

12 Plans et autres informations

Les documents suivants sont fournis avec la machine :

- Plan d’installation (RSZ-2600-LAY-001)
- Schémas des circuits de l’équipement électrique (RSZ-2600-EPL-001)
- Schéma pneumatique (RSZ-2600-PPL-001)
- Liste des pièces de rechange (RSZ-2600-ET-001)
- Plan d’essai des fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 (RSZ-2600-PPS-001)
- Formulaire de registre de maintenance (RSZ-2600-WNW-001)
- Déclaration UE de conformité

L’exploitant reçoit lors de la remise le procès-verbal de réception de la première mise en service, avec les versions de référence et les sommes de contrôle du logiciel relatif à la sécurité (programme de l’automate de sécurité, configuration de sécurité de la commande du robot, paramétrage du rideau lumineux ; voir chapitre 13.2).

12.1 Dessins et pièces de rechange

Le plan d’installation (RSZ-2600-LAY-001) est fourni avec la machine. Le fabricant met à disposition sur demande le dessin d’ensemble et les dessins d’assemblage (jeu de plans RSZ-2600-ZG-001 et suivants)

pour la maintenance et pour la commande de pièces de rechange.

Pièces de rechange et d’usure : seules des pièces de rechange d’origine ou des pièces équivalentes approuvées par le fabricant peuvent être utilisées. Principales pièces d’usure : tubes contact et buse de gaz de la torche de soudage, galets d’entraînement du fil, gaine guide-fil, rideau de soudage, cartouche filtrante de l’aspiration, brosses du panneau de soubassement et jeux de joints des brides pneumatiques. Informations de commande : liste des pièces de rechange jointe RSZ-2600-ET-001 ; toujours indiquer le type et le numéro de série de la machine lors des commandes.

Contact pour les pièces de rechange et les demandes techniques : Muster Maschinenbau GmbH, Beispielstraße 1, 12345 Musterstadt, Allemagne, e-mail service@muster-maschinenbau.example.

12.2 Documentation électrique

La documentation électrique selon l’EN 60204-1 est fournie avec la machine : schémas des circuits (schéma électrique RSZ-2600-EPL-001), plans de bornes et listes de câbles, plan d’implantation de l’armoire de commande, nomenclature de l’équipement électrique, documentation des programmes de l’automate programmable et de l’automate de sécurité avec liste des signaux, ainsi que les rapports d’essai relatifs à l’essai du conducteur de protection et à la mesure de l’isolement. Un exemplaire des schémas des circuits est conservé dans l’armoire de commande. Les modifications de l’installation électrique ne doivent être effectuées que par des personnes qualifiées en électricité et uniquement avec l’accord du fabricant ; en cas de modification, les plans doivent être mis à jour en conséquence.

13 Cybersécurité

Ce chapitre est destiné à l’exploitant ainsi qu’aux spécialistes chargés des réseaux et de la maintenance. Il décrit comment la cellule de soudage robotisée RSZ-2600 est intégrée au réseau de l’exploitant, comment la version du logiciel est vérifiée et comment fonctionnent la télémaintenance et les mises à jour. Lorsqu’une intervention sur la commande concerne une fonction de sécurité, les consignes du chapitre 2 (Sécurité) s’appliquent également.

Intégration au réseau de l’exploitant

Raccorder la cellule au réseau de l’exploitant uniquement par la passerelle fournie. Ne raccorder aucun autre appareil ni aucun autre réseau au réseau de la cellule à l’intérieur de l’armoire de commande.

- Placer la passerelle dans un segment de réseau dédié aux équipements de production, et non dans le réseau bureautique.
- N’autoriser que les connexions dont la cellule a besoin : OPC UA du MES vers la cellule et la connexion VPN vers le serveur de télémaintenance du fabricant.
- Ne pas établir de connexion Internet directe pour la commande.
- Ne modifier les règles du pare-feu qu’après concertation avec le fabricant.

Version du logiciel et preuve des interventions

La version et la somme de contrôle du logiciel relatif à la sécurité sont affichées sur le panneau IHM sous « Info » et peuvent être consultées sans connexion. Le logiciel relatif à la sécurité comprend le programme de l’automate de sécurité, la configuration de sécurité de la commande du robot et le paramétrage du rideau lumineux ; les versions de référence et les sommes de contrôle sont consignées dans le procès-verbal de réception. Les comparer avec le procès-verbal de réception après chaque intervention, chaque

mise à jour et chaque remplacement d’appareil. Le journal des événements répertorie les connexions, les modifications de paramètres, les chargements de logiciel et les sessions de télémaintenance avec horodatage et utilisateur. Si les valeurs diffèrent, ne pas libérer le mode automatique et informer le fabricant.

Télémaintenance

La télémaintenance est désactivée à la livraison. Une session ne peut être activée qu’au moyen du commutateur à clé de télémaintenance du pupitre de commande et se termine automatiquement au bout de quatre heures ; tant qu’elle est active, le panneau IHM affiche « Télémaintenance active ». Une personne responsable doit être présente sur site. En cas de soupçon d’accès non autorisé, mettre immédiatement fin à la session au moyen du commutateur à clé de télémaintenance et informer le fabricant via l’adresse de contact pour les signalements de sécurité.

Mises à jour

Pendant la période d’assistance, jusqu’en mars 2039, le fabricant met à disposition sur le portail client des mises à jour de sécurité pour les logiciels de commande, d’IHM et de passerelle, avec notes de version et somme de contrôle. Le fabricant informe les contacts enregistrés des nouvelles mises à jour par e-mail ; les avis de sécurité sont également publiés sur https://www.muster-maschinenbau.example/security/advisories. Pour installer une mise à jour :

- Télécharger la mise à jour depuis le portail client et comparer la somme de contrôle avec les notes de version.
- Arrêter la cellule, sélectionner le mode de réglage, maintenir la porte de maintenance fermée et installer la mise à jour via USB sur le panneau IHM ou au cours d’une session de télémaintenance activée sur site.
- Comparer ensuite la version et la somme de contrôle sous « Info » avec les notes de version et les consigner comme nouvelle référence dans le procès-verbal de réception.
- Avant de libérer le mode automatique, effectuer et documenter l’essai fonctionnel de toutes les fonctions de sécurité SF-01 à SF-05 selon le plan d’essai joint RSZ-2600-PPS-001 (voir chapitres 10.2 et 12).

Conservation des journaux

La commande protège le journal des événements contre la suppression et la modification et conserve les chargements de logiciel ainsi que les données associées pendant une durée maximale de cinq ans après leur chargement. Le journal peut être exporté sous une forme lisible sur le panneau IHM. Veiller à ce que la date et l’heure de la commande soient correctes, faute de quoi les horodatages sont inexploitables. Transmettre les journaux au nouvel exploitant en cas de cession de la cellule et les mettre à la disposition d’une autorité sur demande motivée.

Ce document a été établi avec l’assistance de l’IA. Le contrôle et la responsabilité du contenu incombent au fabricant.
#ce-copilot:ki-unterstuetzt; ai-disclosure=ai-assisted; generator=CE-Copilot; digitalsourcetype=compositeWithTrainedAlgorithmicMedia