Notice d’instructions

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

Cellule de soudage MAG robotisée pour assemblages en acier jusqu’à 40 kg

Type / modèle : RSZ-2600

Année de construction : 2026

Muster Maschinenbau GmbH
Beispielstraße 1
12345 Musterstadt
Allemagne

Édition 10/2026 · Version 1.2 · N° de projet MUSTER-2026-001-FR · N° de document MUSTER-2026-001-FR-BA · Approbation : Brouillon

Muster Maschinenbau GmbH
Beispielstraße 1
12345 Musterstadt

E-mail : service@muster-maschinenbau.example
Web : www.muster-maschinenbau.example

03/11/2026

Table des matières

1 Informations de base importantes

1.1 Étendue de la livraison et limites de la machine
1.2 Responsabilités (fabricant / exploitant)
1.3 Interfaces externes
1.4 Informations juridiques et normes appliquées
1.5 Documentation (structure, abréviations, termes techniques)
1.6 Normes harmonisées appliquées

2 Sécurité

2.1 Utilisation prévue
2.2 Mauvais usage raisonnablement prévisible
2.3 Respect de la notice d'instructions
2.4 Signalisation de sécurité
2.5 Protecteurs et dispositifs de protection
2.6 Risques résiduels et mesures de prévention

3 Caractéristiques techniques

3.1 Équipement

4 Description de la machine

4.1 Structure et principaux sous-ensembles
4.2 Postes de travail des opérateurs
4.3 Description du fonctionnement

5 Livraison, transport, déballage

5.1 Consignes de sécurité pour le transport et la manutention
5.2 Poids, positions du centre de gravité et moyens de transport
5.3 Points de levage et levage en toute sécurité
5.4 Dispositifs de sécurisation pour le transport
5.5 Déballage
5.6 Stockage avant l'installation

6 Conditions de stockage

6.1 Protection contre la corrosion
6.2 Durée maximale de stockage et contrôles périodiques

7 Conditions d'installation

7.1 Encombrement et dimensions
7.2 Fondation / capacité portante
7.3 Conditions ambiantes
7.4 Raccordements d'alimentation

8 Assemblage et installation, première mise en service

8.1 Sécurité
8.2 Assemblage et installation
8.3 Première mise en service

9 Utilisation

9.1 Sécurité
9.2 Organes de service et indicateurs
9.3 Modes de fonctionnement
9.4 Mise en marche et changement de série
9.5 Mise à l'arrêt

10 Entretien

10.1 Registre de maintenance
10.2 Plan d'inspection et de maintenance
10.3 Plan de lubrification
10.4 Recherche de défauts

11 Démontage et élimination

11.1 Consignes de sécurité pour le démontage
11.2 Ordre de démontage
11.3 Séparation et élimination des fluides d'exploitation
11.4 Tri des matériaux et recyclage

12 Plans et autres informations

12.1 Dessins et pièces de rechange
12.2 Documentation électrique
12.3 Justificatif de l'appréciation du risque

13 Cybersécurité

13.1 Intégration au réseau de l'exploitant
13.2 Version du logiciel et preuve des interventions
13.3 Télémaintenance
13.4 Mises à jour
13.5 Conservation des journaux
13.6 Informations sur la cybersécurité

Annexe

Déclaration de conformité

Liste des tableaux

Tableau 1 Normes appliquées : Normes de type A (normes fondamentales de sécurité)

Tableau 2 Normes appliquées : Normes de type B (normes génériques de sécurité)

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

Tableau 4 Normes appliquées : Autres normes et spécifications techniques appliquées (sans présomption de conformité)

Tableau 5 Vue d’ensemble des risques résiduels

Tableau 6 Interfaces numériques de la machine

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.

1.6 Normes harmonisées appliquées

Tableau 1: Normes appliquées : Normes de type A (normes fondamentales de sécurité)

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

Tableau 2: Normes appliquées : Normes de type B (normes génériques de sécurité)

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 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
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

Norme	Titre	Répertorié sous
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

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

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 10218-2:2025)	2006/42/CE
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

Tableau 4: Normes appliquées : Autres normes et spécifications techniques appliquées (sans présomption de conformité)

Norme	Titre	Répertorié sous
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 7010:2020	Graphical symbols. Safety colours and safety signs. Registered safety signs	

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.

Tableau 5: Vue d'ensemble des risques résiduels

N°	Phénomène dangereux	Phases de vie
28	**Mécanique** 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.	Transport, Assemblage
29	**Mécanique** 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.	Assemblage, Mise en service
39	**Corruption/sécurité informatique** 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]	Assemblage, Mise en service, Fonctionnement
12	**Électrique** 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.	Maintenance, Mise en service, Recherche de défauts
30	**Combinaison** 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.	Mise en service, Réglage, Maintenance
31	**Combinaison** 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).	Mise en service, Fonctionnement, Recherche de défauts

N°	Phénomène dangereux	Phases de vie
37	**Corruption/sécurité informatique** 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)]	Réglage, Fonctionnement, Mise en service
38	**Corruption/sécurité informatique** 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]	Fonctionnement, Mise en service
40	**Corruption/sécurité informatique** 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]	Mise en service, Maintenance, Fonctionnement
43	**Corruption/sécurité informatique** 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)]	Mise en service, Maintenance, Recherche de défauts
1	**Mécanique** 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).	Fonctionnement, Réglage, Recherche de défauts
2	**Mécanique** 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	Réglage

N°	Phénomène dangereux	Phases de vie
	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.	
4	**Mécanique** 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.	Fonctionnement, Réglage, Recherche de défauts
5	**Mécanique** 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.	Fonctionnement, Réglage, Recherche de défauts
6	**Mécanique** 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.	Recherche de défauts, Maintenance, Réglage
7	**Mécanique** 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.	Fonctionnement, Réglage, Recherche de défauts
8	**Mécanique** 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.	Réglage, Maintenance, Nettoyage
9	**Mécanique** 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.	Fonctionnement, Réglage
10	**Mécanique** Danger de trébuchement, de glissade et de chute dans la zone du poste de	Fonctionnement, Réglage,

N°	Phénomène dangereux	Phases de vie
	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.	Maintenance, Nettoyage, Recherche de défauts
11	**Mécanique** 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.	Réglage, Maintenance, Recherche de défauts
13	**Électrique** 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.	Réglage, Fonctionnement, Recherche de défauts
14	**Électrique** 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).	Fonctionnement, Réglage
15	**Thermique** 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.	Fonctionnement, Réglage
16	**Thermique** 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.	Fonctionnement, Réglage
17	**Thermique** 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.	Maintenance, Réglage, Nettoyage
18	**Rayonnement** 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.	Réglage, Fonctionnement

N°	Phénomène dangereux	Phases de vie
19	**Rayonnement** 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.	Fonctionnement, Réglage, Maintenance
20	**Matières/substances** 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.	Fonctionnement, Réglage, Maintenance, Nettoyage
24	**Bruit** 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).	Fonctionnement, Réglage
27	**Ergonomique** 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.	Fonctionnement, Réglage, Maintenance, Nettoyage
32	**Mécanique** 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.	Fonctionnement, Réglage
36	**Corruption/sécurité informatique** 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)]	Fonctionnement, Réglage

N°	Phénomène dangereux	Phases de vie
3	**Mécanique** 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.	Fonctionnement
21	**Matières/substances** 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.	Fonctionnement, Maintenance, Recherche de défauts
34	**Thermique** 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.	Fonctionnement, Maintenance
35	**Ergonomique** 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.	Fonctionnement
41	**Corruption/sécurité informatique** 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)]	Fonctionnement, Maintenance, Recherche de défauts
42	**Corruption/sécurité informatique** 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)]	Fonctionnement
44	**Corruption/sécurité informatique** 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	Fonctionnement, Maintenance,

N°	Phénomène dangereux	Phases de vie
	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)]	Recherche de défauts
22	**Matières/substances** 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.	Maintenance, Nettoyage
23	**Mécanique** 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.	Maintenance, Recherche de défauts
33	**Mécanique** 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.	Mise hors service

Phase de vie : Transport

Mécanique

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.

Phases de vie: Transport, Assemblage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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 ($\beta \leq 60°$), 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.
- Risque résiduel dû au balancement de la charge et à la présence de personnes dans la zone dangereuse :
- 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).
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4.2) :
- 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.
- 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).

- 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.
- Spécification des EPI : casque de sécurité, chaussures de sécurité (S3) et gilet haute visibilité obligatoires pendant toutes les opérations de transport.
- Remarque : il est interdit de se tenir sous des charges suspendues.

Phase de vie : Assemblage

Mécanique

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.

Phases de vie: Assemblage, Mise en service

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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).
- 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.
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.
- 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.
- 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.

- 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.

Corruption/sécurité informatique

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]

Phases de vie: Assemblage, Mise en service, Fonctionnement

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Phase de vie : Mise en service

Électrique

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.

Phases de vie: Maintenance, Mise en service, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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).
- 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.
- 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).

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Combinaison

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.

Phases de vie: Mise en service, Réglage, Maintenance

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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).
- 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).
- 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).
- 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.

- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.
- 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.
- 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 ».
- 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).

Combinaison

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).

Phases de vie: Mise en service, Fonctionnement, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Corruption/sécurité informatique

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)]

Phases de vie: Réglage, Fonctionnement, Mise en service

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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)).
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Corruption/sécurité informatique

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]

Phases de vie: Fonctionnement, Mise en service

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Corruption/sécurité informatique

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]

Phases de vie: Mise en service, Maintenance, Fonctionnement

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Corruption/sécurité informatique

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)]

Phases de vie: Mise en service, Maintenance, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Phase de vie : Réglage

Mécanique

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).

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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 :
- 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.
- 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).
- 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).
- 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).
- 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).

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.
- 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).
- 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.
- 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.

Mécanique

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.

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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).
- 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.
- 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).
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Recherche de défauts, Maintenance, Réglage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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).
- 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.
- 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).
- 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.
- 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.

- 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.
- 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).

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.
- 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.
- 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).
- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Réglage, Maintenance, Nettoyage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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).
- 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.
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.
- 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.
- 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).

- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage, Maintenance, Nettoyage, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- Limiter le risque résiduel dû aux risques de trébuchement et de glissade restants au moyen des mesures techniques suivantes :
- 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.
- 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.
- Tapis de protection contre les projections dans la zone de soudage immédiate, faciles à retirer et à nettoyer.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) :
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Réglage, Maintenance, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.
- 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.
- 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).
- 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).
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).
- 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 ».
- 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.
- 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.

Électrique

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.

Phases de vie: Réglage, Fonctionnement, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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).
- 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.
- 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).
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).
- 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).
- 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 ».
- 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.

Électrique

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).

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- Séparation spatiale et galvanique des circuits de soudage et des circuits de sécurité par prescription de conception :
- 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.
- 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.
- 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.
- Pour le risque résiduel restant dû aux perturbations conduites et rayonnées :
- 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.
- 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).
- 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).
- 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).
- 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).
- 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).

- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- Notice d'instructions (règlement (UE) 2023/1230, annexe III, point 1.7.4) :
- 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.
- 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).
- 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.
- 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.
- 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 ».

Thermique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.
- 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).

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.
- 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).
- 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.

- 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.

Thermique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Protection incendie : prévoir un support pour un extincteur (CO_2 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).
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).
- 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.
- 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.
- 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).

Thermique

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.

Phases de vie: Maintenance, Réglage, Nettoyage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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).
- 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.
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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 ».
- 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.
- 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.

- 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.

Rayonnement

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.

Phases de vie: Réglage, Fonctionnement

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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).

Rayonnement

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage, Maintenance

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).

Matières/substances

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage, Maintenance, Nettoyage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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 m^3/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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).

Bruit

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).

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- Réduction du bruit à la source par des mesures de conception selon l'EN ISO 11688-1 :
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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).
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).
- 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.
- 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.
- 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.

Ergonomique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage, Maintenance, Nettoyage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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).

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.
- 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.
- 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).

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

Corruption/sécurité informatique

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)]

Phases de vie: Fonctionnement, Réglage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Phase de vie : Fonctionnement

Mécanique

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.

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).
- 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.
- 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).
- 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.

Matières/substances

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Maintenance, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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).
- 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.
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).

- 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).
- 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.
- 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.

Thermique

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.

Phases de vie: Fonctionnement, Maintenance

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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).
- Le risque résiduel restant de feu de filtre est limité par les mesures de protection techniques suivantes :
- 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.
- 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.
- 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.
- 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).

- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).

Ergonomique

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.

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Corruption/sécurité informatique

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)]

Phases de vie: Fonctionnement, Maintenance, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- Prévoir la journalisation des événements comme fonction fixe de la commande (non désactivable par l'opérateur), avec une mémoire non volatile de taille suffisante.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Corruption/sécurité informatique

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)]

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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)).
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Corruption/sécurité informatique

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)]

Phases de vie: Fonctionnement, Maintenance, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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).
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

Phase de vie : Maintenance

Matières/substances

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.

Phases de vie: Maintenance, Nettoyage

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- Mesures de protection techniques pour le risque résiduel restant (poussière résiduelle à l'ouverture du caisson et à la manipulation de la cartouche) :
- 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).
- 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.
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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).
- Exigence de qualification : changement de filtre uniquement par du personnel spécialisé formé, informé du danger des poussières de fumées de soudage.
- 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.
- 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.

Mécanique

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.

Phases de vie: Maintenance, Recherche de défauts

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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).
- 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).
- 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.
- 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).

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.
- 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 ».
- 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).
- 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.

Phase de vie : Mise hors service

Mécanique

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.

MESURES DE PRÉVENTION PRÉSENTES SUR LA MACHINE

- 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.
- 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.
- 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).
- 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.

CONSIGNES POUR L'UTILISATEUR

- 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.

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

3.1 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.

5.1 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.

5.2 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.

5.3 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.

5.4 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.

5.5 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.

5.6 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.

6.1 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.

6.2 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.

10.4 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.

11.1 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.

11.2 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.

11.3 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.

11.4 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.

12.3 Justificatif de l’appréciation du risque

L’appréciation du risque selon EN ISO 12100, couvrant l’ensemble des 42 phénomènes dangereux, leur évaluation et les mesures de prévention prises, fait partie du dossier technique du fabricant. Elle est présentée aux autorités de surveillance du marché sur demande motivée. Les dangers résiduels déterminants pour le fonctionnement et les consignes qui en découlent figurent dans le chapitre « Sécurité ».

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.

13.1 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.

13.2 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.

13.3 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.

13.4 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).

13.5 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.

13.6 Informations sur la cybersécurité

Cette section contient les informations du fabricant sur la cybersécurité de la machine.

La machine dispose des interfaces numériques suivantes :

Tableau 6: Interfaces numériques de la machine

Interface	Protocole	Connexion	Mises à jour
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	Uniquement sur site, sur la machine	Sur site par le personnel de service
Connexion au MES de l'exploitant (Réseau / bus de terrain / intégration dans la ligne de production)	OPC UA (Sign & Encrypt) sur Ethernet	Réseau de l'installation	Sur site par le personnel de service
Télémaintenance via la passerelle VPN (Accès à distance / télémaintenance)	VPN IPsec via la connexion Internet de l'exploitant	Connexion via Internet	À distance
Panneau IHM au pupitre de commande (Panneau de commande (IHM) avec gestion des utilisateurs et des paramètres)	Commande tactile avec rôles et comptes utilisateurs	Uniquement sur site, sur la machine	Sur site par le personnel de service
Port USB sur le panneau IHM (USB / supports de stockage amovibles)	USB 2.0 pour les sauvegardes et l'importation de programmes	Uniquement sur site, sur la machine	Via des supports de données amovibles
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	Uniquement sur site, sur la machine	Sur site par le personnel de service

Nom et coordonnées du fabricant

Muster Maschinenbau GmbH

Beispielstraße 1, 12345 Musterstadt, Allemagne

service@muster-maschinenbau.example

https://www.muster-maschinenbau.example

Point de contact unique pour les vulnérabilités et politique de divulgation

Signalement des vulnérabilités: security@muster-maschinenbau.example

Politique de divulgation coordonnée des vulnérabilités: https://www.muster-maschinenbau.example/security/disclosure

Identification univoque du produit

Désignation du produit: Cellule de soudage robotisée RSZ-2600

Type: RSZ-2600

Autres informations d'identification: 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 »

Destination, environnement de sécurité et propriétés de sécurité

Destination: Soudage MAG robotisé d'assemblages en acier jusqu'à 40 kg en production en série, installation fixe dans un hall de production.

Environnement de sécurité prévu par le fabricant: 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.

Fonctionnalités essentielles: 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.

Propriétés de sécurité: 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.

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.

Assistance technique en matière de sécurité et date de fin de la période d'assistance

Type d'assistance technique en matière de sécurité: 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

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.

Liste des annexes

Les documents complémentaires suivants accompagnent la machine (annexe de la présente notice d'instructions) :

- Déclaration de conformité

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