

SICK AG

LIVRE BLANC

SAFE ROBOTICS : LA SÉCURITÉ AU SEIN DES SYSTÈMES
ROBOTS COLLABORATIFS

2018-06

AUTEURS

Fanny Platbrood

Responsable Produits Industrial Safety, ventes et service
chez SICK AG à Waldkirch/Allemagne

Otto Görnemann

Responsable Sécurité des machines et réglementations
chez SICK AG à Waldkirch/Allemagne

SOMMAIRE

Introduction	3
Interaction homme-machine et sécurité	3
Définitions – Terminologie.....	3
Normes relatives aux applications robotiques.....	3
Coexistence	4
Coopération	4
Collaboration	5
Normes et exigences pour les applications robotiques collaboratives sûres.....	5
Exigences fondamentales	5
Modes de fonctionnement collaboratifs selon les normes ISO 10218-2 et ISO/TS 15066.....	6
Appréciation des risques	7
Réduction du risque.....	7
Résumé.....	7

Introduction

Ces dernières années, les applications d'automatisation industrielles ont réalisé d'énormes progrès en matière de systèmes d'entraînement et de détection d'objets. Une nouvelle ère d'interaction entre l'homme et la machine s'ouvre.

Pour ce qui est de la sécurité fonctionnelle et des normes associées telles que CEI 61508, CEI 62061 et ISO 13849-1/-2 [1, 2, 3, 4], les robots récemment développés avec des fonctions désormais optimisées permettent une étroite collaboration avec l'homme dans le même espace de travail. Dans le secteur industriel, lorsque les capacités humaines sont combinées à celles de robots, cela se traduit par des solutions de production qui se caractérisent notamment par une qualité supérieure, une réduction des coûts, une meilleure ergonomie et des cycles plus courts (mot-clé Industrie 4.0).

Compte tenu des normes internationales actuelles, qui traitent de la sécurité des robots industriels (ISO 10218-1/-2) [5, 6] et en particulier des robots destinés au fonctionnement collaboratif (ISO/TS 15066) [7], ce livre blanc explique les prescriptions contenues dans ces normes et applicables au développement d'applications robotiques collaboratives plus sûres. Le livre blanc montre également les limites des technologies actuelles et donne un aperçu des exigences ainsi que des futurs développements.

Interaction homme-machine et sécurité

La production industrielle rencontre un besoin croissant en machines flexibles et autonomes, capables de s'adapter rapidement et efficacement à des conditions de production variables.

Pour protéger les personnes des dangers résultant de la vitesse, des mouvements et de la force des robots, les robots exécutent généralement leurs tâches derrière des protecteurs. Cependant, si l'on souhaite une interaction étroite entre l'homme et la machine, cette méthode classique, efficace pour séparer physiquement la personne de la source de danger ne peut pas être utilisée. Pour cette raison, des mesures alternatives pour réduire les risques doivent être appliquées.

Définitions – Terminologie

L'interaction des hommes avec des robots actifs et des appareils similaires à des robots peut être définie selon deux paramètres : le temps et l'espace. S'il n'existe aucun espace, ni temps commun où l'homme et le robot actif agissent ensemble, les mouvements du robot ne représentent aucun risque et la situation n'est pas considérée comme « interactive ». Les situations dans lesquelles l'homme et le robot partagent effectivement un espace commun, mais à des moments différents, sont désignées comme « coopératives ». Les situations où l'homme et le robot travaillent au même endroit et en même temps, est appelé fonctionnement « collaboratif ».

Application	Espace de travail différent	Espace de travail commun
Traitement séquentiel	(Aucune interaction)	Coopération
Traitement simultané	Coexistence	Collaboration

Normes relatives aux applications robotiques

Région	Appréciation des risques	Robots	Systèmes robots et intégration	Robots collaboratifs
Chine	GB/T 15706-2012	GB 11291.1-2011	GB 11291.2-2013	GB 11291.2:2013
Corée du Sud		KS B ISO 10218-1	KS B ISO 10218-2	
Japon	JIS B9700	JIS B8433-1	JIS B8433-2	JIS TS B0033
États-Unis	ANSI/ISO 12100, ANSI B11.0	ANSI/RIA R15.06 (partie 1)	ANSI/RIA R15.06 (partie 2)	RIA TR R15.606
Europe	EN ISO 12100	EN ISO 10218-1	EN ISO 10218-2	ISO/TS 15066
Taiwan		CNS 14490-1 B8013-1	CNS 14490-2 B8013-2	
Canada	CSA Z432, CAN/ CSA-Z1002	CAN/CSA-Z434 (partie 1)	CAN/CSA-Z434 (partie 2)	
Brésil	ABNT NBR ISO 12100	ABNT NBR ISO 10218-1/2	ABNT NBR ISO 10218-1/2	

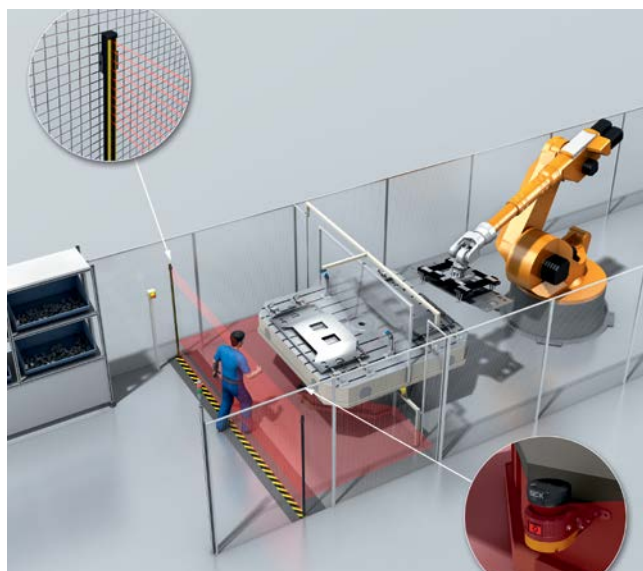
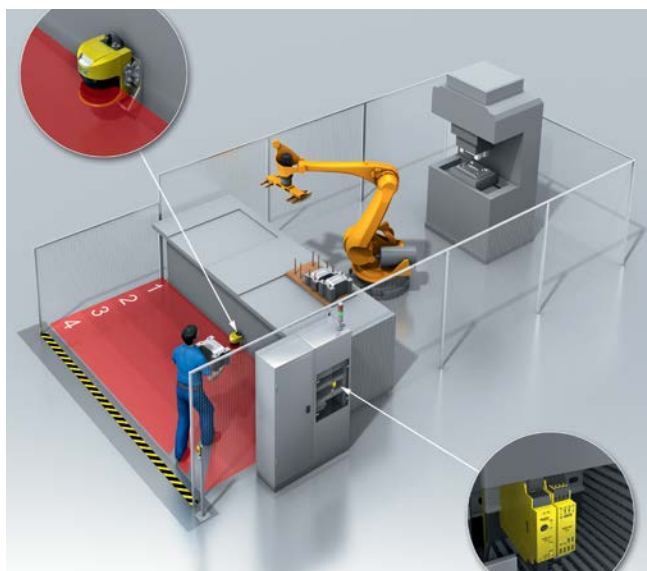
Coexistence

Même dans les applications robotiques industrielles dans lesquelles aucune personne ne doit intervenir au cours du processus de production, il est nécessaire qu'un opérateur accède à l'espace de travail du robot, pour des travaux de maintenance par exemple. Dans ces applications, l'espace de travail doit être clos et les portes d'accès doivent être verrouillées. Le verrouillage doit garantir l'arrêt des fonctions dangereuses du robot à l'entrée de l'opérateur dans la zone dangereuse. Cet état doit être maintenu tant qu'une personne se trouve dans cette zone dangereuse ou que les portes d'accès sont ouvertes.



Coopération

Les applications largement répandues pour les robots industriels sont les processus de travail au cours desquels un opérateur charge et décharge la cellule robotisée. Dans ces scénarios coopératifs, l'opérateur et le robot exécutent les étapes de travail nécessaires dans un espace de travail commun, à des moments différents. Ici aussi, des mesures techniques de protection sont requises. Selon la conception du système de chargement et de déchargement, il est possible d'utiliser des dispositifs de protection optoélectroniques tels que des barrages immatériels de sécurité et des scrutateurs laser de sécurité.



Collaboration

En revanche, avec certaines applications, il est nécessaire que l'homme et le robot actif interagissent simultanément dans un espace de travail commun. Dans ces situations collaboratives, la force, la vitesse et les trajectoires de déplacement du robot doivent être limitées. Pour réduire le risque, des mesures de protection intrinsèques – si existantes – peuvent être utilisées ou des mesures supplémentaires appliquées, telles que la limitation du couple par les performances des entraînements ou des parties du système de commande relatives à la sécurité. La force, la vitesse et les trajectoires de déplacement doivent également être surveillées et commandées en fonction du niveau de risque réel. Ce niveau de risque est aussi fonction de la distance de séparation entre l'homme et le robot. Pour cette tâche, des capteurs fiables sont requis afin de détecter les personnes ou de déterminer leur vitesse d'approche et la distance par rapport à la zone dangereuse. Fondamentalement, ces capteurs doivent relever les défis de demain qui vont de pair avec le développement des technologies collaboratives.



Normes et exigences pour les applications robotiques collaboratives sûres

Le système robotique décrit dans la partie 2 de la norme ISO 10218 se compose d'un robot industriel, de son effecteur terminal et de pièces de machine quelconques, d'installations, d'appareils, d'axes auxiliaires et de capteurs externes qui assistent le robot lorsqu'il exécute ses tâches.

Exigences fondamentales

Plusieurs exigences fondamentales sont à considérer à la conception d'applications collaboratives.

- L'espace de travail collaboratif doit remplir les conditions suivantes :
 1. Il doit être conçu de sorte que l'opérateur puisse effectuer sans problème et en toute sécurité ses tâches et sans être exposé à d'autres dangers émanant d'équipements auxiliaires ou d'autres machines au sein de l'espace de travail.
 2. Il ne doit exister aucun risque de coupure, d'écrasement ou de piqûre, ni tout autre risque lié à des surfaces chaudes, des pièces sous tension par exemple, qui ne pourrait pas être limité par une diminution de la vitesse, de la force ou de la puissance du système robot. Cela s'applique aussi aux dispositifs de fixation (outils) et pièces usinées.
- L'espace de travail du robot doit prévoir une distance minimale par rapport aux zones accessibles limitrophes présentant un risque d'écrasement ou de coincement. Si cela est impossible, utiliser des dispositifs de protection supplémentaires.
- Prévoir, dans la mesure du possible, une limitation des axes afin de restreindre le nombre de mouvements libres du robot et de réduire le risque de blessures.

Modes de fonctionnement collaboratifs selon les normes ISO 10218-2 et ISO/TS 15066

La spécification technique ISO/TS 15066 cite quatre modes de fonctionnement collaboratifs, qui peuvent être appliqués seuls ou combinés en fonction de l'exigence de l'application concernée et de la conception du système robot :



- Arrêt nominal de sécurité contrôlé

Le robot est arrêté pendant l'interaction avec l'opérateur au sein de l'espace collaboratif. Cet état est surveillé de sorte que l'entraînement peut rester activé.



- Guidage manuel

La sécurité de la collaboration entre l'homme et le robot est assurée par le fait que le robot est guidé volontairement manuellement à une vitesse réduite appropriée.



- Limitation de la force et de la puissance : un pas vers la collaboration

Le contact physique entre le système robot (pièce comprise) et une personne (opérateur) peut être intentionnel ou non. La sécurité requise est atteinte en limitant la puissance et la force à des valeurs qui ne seront à l'origine d'aucune blessure, ni d'aucune mise en danger. Pour la collaboration avec limitation de puissance et de force, des robots spécialement conçus pour ce mode de fonctionnement sont nécessaires. La spécification technique ISO/TS 15066 inclut des valeurs maximales (limites de résistance biomécaniques) qui ne doivent pas être dépassées en cas de collision du robot avec des parties du corps.

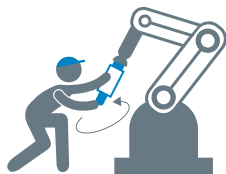


- La surveillance de la vitesse et de la distance : l'avenir

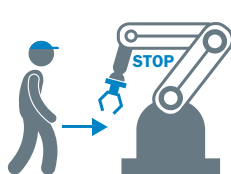
La vitesse et les trajectoires de déplacement du robot sont surveillées et adaptées en fonction de la vitesse et de la position de l'opérateur dans l'espace protégé.

Avec les applications collaboratives, une ou plusieurs des méthodes citées ici doivent être sélectionnées en fonction de l'utilisation pour garantir la sécurité de toutes les personnes exposées à des dangers potentiels.

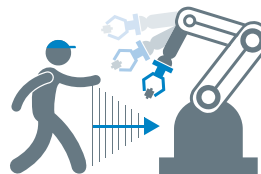
Les exigences actuelles en matière de fonctionnement des systèmes robots collaboratifs incluent l'utilisation d'un système de commande relatif à la sécurité adapté, satisfaisant aux exigences du niveau de performance PL d selon la norme ISO 13849-1.

Procédure de validation pour les modes de fonctionnement collaboratifs

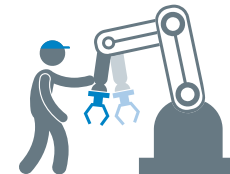
Guidage manuel



Arrêt nominal de sécurité contrôlé



Surveillance de la vitesse et de la distance



Limitation de la force et de la puissance

Plus l'interaction entre l'homme et le robot est étroite, plus le travail de validation des mesures de réduction des risques est important.

Appréciation des risques

Le marché actuel offre une grande diversité de modèles de robot, allant des robots industriels standard aux robots spécialement conçus pour le mode collaboratif (robot collaboratif, aussi désigné sous le terme « cobot »). Lorsque des robots sont intégrés à des systèmes (avec effecteurs terminaux, etc.), une appréciation des risques de l'ensemble du système robot (machine complète) doit être réalisée. Les mesures de réduction des risques qui en résultent doivent ensuite garantir un mode collaboratif sûr. Cela est également nécessaire lorsque le robot correspondant dispose déjà de mesures conceptuelles de réduction des risques.

Réduction du risque

Parmi les mesures de protection intrinsèques généralement utilisées avec les robots collaboratifs figurent notamment :

- La limitation des forces maximales autorisées ou des couples, p. ex. par le dimensionnement de l'entraînement
- La conception correspondante des surfaces du robot visant à réduire l'effet de pression ou les forces de collision transmises (p. ex. surfaces de robot arrondies, capitonnage absorbant l'énergie)

L'efficacité de ces mesures de protection intrinsèques peut cependant être considérablement altérée par la conception de l'outillage du robot, du dispositif de fixation, de la pièce ou des autres machines à l'intérieur de l'espace de travail collaboratif.

D'autres mesures de protection peuvent être appliquées :

- La limitation de la puissance (couple), de la force ou de la vitesse par des parties du système de commande relatives à la sécurité
- L'utilisation de dispositifs de protection sensibles à la pression (PSPE) ou d'équipements de protection électro-sensibles (ESPE) pour arrêter ou inverser les mouvements du robot

Résumé

À l'avenir, l'homme et le robot collaboreront encore plus étroitement dans le cadre d'applications d'automatisation exigeant une grande flexibilité (p. ex. dans la fabrication de petites séries à forte variabilité). La collaboration homme-robot interviendra à la place de processus de montage manuels. Dans cette collaboration, les capacités de l'homme et de la machine se compléteront parfaitement. L'ergonomie des postes de travail où une forte productivité est souhaitée pourra ensuite être améliorée. La limitation (nécessaire à la sécurité) de la vitesse et de la force devra être en harmonie avec cette productivité.

Les principes de conception de la norme ISO/TS 15066 complètent les exigences déjà formulées dans la norme ISO 10218-1/-2 et établissent une base de conception des applications robotiques collaboratives.

Les produits et appareils proposés actuellement sur le marché ne peuvent pas répondre complètement aux exigences posées aujourd'hui à une collaboration homme-robot sûre et sans obstacle. Le développement de nouvelles technologies de capteurs et de robots ainsi que de systèmes de commande intelligents est la condition préalable à de futures applications robotiques collaboratives.

Chaque application réalisée aujourd'hui et utilisant la collaboration homme-robot est unique. Une appréciation spécifique des risques est indispensable, même si les robots mis en œuvre ont été spécialement conçus pour l'interaction avec l'homme. Le fait que le fabricant du robot intègre à son produit des mesures pour une conception à sécurité intrinsèque ne dégage pas l'intégrateur système de son obligation en tant que fabricant de machines à évaluer et à réduire les risques potentiels. Les fabricants de systèmes et les intégrateurs de systèmes robots doivent vérifier soigneusement les mesures de protection conceptuelles qui tiennent compte des dangers et risques résiduels, prises par le fabricant de robots et concevoir le système robot en fonction de cette appréciation des risques. L'expérience a montré que, suite à l'appréciation des risques, des mesures supplémentaires de réduction des risques devaient être implémentées (p. ex. barrages immatériels de sécurité ou scrutateurs laser de sécurité, etc.) par le fabricant de systèmes pour parvenir à une application collaborative parfaitement sûre.

RÉFÉRENCES

- [1] CEI 61508-x:2010 – Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques et électroniques programmables – 7 parties. Commission électrotechnique internationale. Bureau central de la CEI – Boîte postale 131 – CH-1211 Genève 20 – Suisse.
- [2] CEI 62061:2015 – Sécurité des machines - Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité. Commission électrotechnique internationale. Bureau central de la CEI – Boîte postale 131 – CH-1211 Genève 20 – Suisse
- [3] ISO 13849-1:2015 – Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1 : Principes généraux de conception. ISO, International Standardization Organization, organisation internationale de normalisation. Boîte postale 56 – CH-1211 Genève 20 – Suisse
- [4] ISO 13849-2:2003 – Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 2 : validation. ISO, International Standardization Organization, organisation internationale de normalisation. Boîte postale 56 – CH-1211 Genève 20 – Suisse
- [5] ISO 10218-1:2011 – Robots et dispositifs robotiques – Exigences de sécurité pour les robots industriels – Partie 1 : robots. ISO, International Standardization Organization, organisation internationale de normalisation. Boîte postale 56 – CH-1211 Genève 20 – Suisse
- [6] ISO 10218-2:2011 – Robots et dispositifs robotiques – Exigences de sécurité pour les robots industriels – Partie 2 : systèmes robots et intégration. ISO, International Standardization Organization, organisation internationale de normalisation. Boîte postale 56 – CH-1211 Genève 20 – Suisse
- [7] ISO/TS 15066:2015 – Robots and robotic devices – Collaborative robots (disponible en anglais uniquement). ISO, International Standardization Organization, organisation internationale de normalisation. Boîte postale 56 – CH-1211 Genève 20 – Suisse

→ www.sick.com/safe-robotics