

# Robots collaboratifs : démarche de prévention pour une intégration réussie

## Conférence en ligne, 22 juin 2021

### AUTEURS :

M. Bote, W. Guessard, E. Peris, département Études et assistance médicales, INRS

### EN RÉSUMÉ

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) a organisé une journée technique consacrée aux robots collaboratifs, faisant intervenir notamment des fournisseurs, des utilisateurs, des chercheurs et des préventeurs. Cette journée a permis d'échanger sur les attentes, les réussites et les espoirs que suscitent ces technologies mais aussi les insatisfactions et les méfiances à leur rencontre. Ces retours d'expérience mitigés ont mis en lumière l'importance d'une démarche de prévention globale pouvant conduire à l'intégration de ces robots et nécessitant d'analyser le besoin en robot collaboratif et d'anticiper le plus en amont possible les effets des solutions retenues sur la sécurité et la santé au travail.

### MOTS CLÉS

Technologie avancée / Organisation du travail / Conditions de travail / Risque psychosocial / RPS / Trouble musculo-squelettique / TMS / Pathologie ostéo-articulaire / Pathologie péri-articulaire / Ergonomie

### INTRODUCTION

Dans son introduction, **B. Salengro (INRS)** a présenté l'objectif de cette journée : permettre une intégration réussie des robots collaboratifs grâce à une démarche de prévention des risques professionnels correctement conduite. Ces nouvelles technologies, notamment présentes dans les secteurs industriel et agroalimentaire, présentent *a priori* de nombreux atouts (performance, diminution de la charge physique). Elles posent cependant la question de l'interaction homme-robot qui peut impliquer de nouveaux risques professionnels. Ainsi, il faut faire coexister les contraintes de production et la protection de la santé.

### CONTEXTE ET POURQUOI UN ROBOT COLLABORATIF ?

Selon **J.C. Blaise et D. Tihay (INRS)**, la répartition des tâches entre l'homme et le robot s'inscrit dans

l'industrie du futur, l'idée étant de laisser les tâches ingrates aux robots pour que l'homme se consacre aux tâches nécessitant intelligence et savoir-faire. Cette combinaison peut aller du simple partage de l'espace de travail (sans interaction prévue) à une collaboration qui peut être indirecte (actions alternées) ou directe (travail simultané à la réalisation d'une même pièce). Cette collaboration induit des risques pour la santé des opérateurs : chocs liés à l'absence de barrière physique avec le robot, troubles musculosquelettiques (TMS) du fait, par exemple, du rythme imposé par ce dernier, ou risques psychosociaux (RPS) suite aux changements organisationnels. L'objectif de décharger l'opérateur d'actions contraignantes ne doit pas induire de nouvelles contraintes non prises en compte. Il n'existe pas de robot « à tout faire » : chaque nouveau projet nécessite d'analyser le besoin et les risques dans une démarche globale d'intégration. Afin de mettre en lumière les enjeux en prévention des risques, l'INRS a conduit,

## Robots collaboratifs : démarche de prévention pour une intégration réussie

en 2015, une enquête auprès de 21 entreprises utilisatrices de robots industriels pour identifier les enjeux de prévention. Parmi elles, 64 % exprimaient un intérêt pour la robotique collaborative, principalement pour améliorer la maintenance, faciliter la réalisation des opérations et réduire l'occupation au sol. Des réserves ont également été identifiées. Elles portaient sur les risques pour la santé des opérateurs (collision, RPS, projection de pièce, par exemple) ou sur les performances des robots (vitesse de déplacement réduite, distances de sécurité importantes, perte de productivité due aux arrêts intempestifs du robot, en particulier). Cette enquête a confirmé des attentes fortes de la part des entreprises, mais également une conscience des contraintes et des risques pour la santé des opérateurs.

**I.A. Maillard (Direction générale du travail – DGT)** a présenté le « *Guide de prévention à destination des fabricants et des utilisateurs pour la mise en œuvre des applications collaboratives robotisées* » élaboré en 2016. En effet, l'arrivée de ce genre nouveau de robot modifiait l'interface entre l'opérateur et la machine et faisait évoluer les schémas de prévention habituels, dans un contexte normatif également en évolution (norme « Robots et dispositifs robotiques » ISO 10218-1 et 2 et document technique ISO/TS 15066:2016). Certains aspects juridiques ont été clarifiés, notamment la possibilité de contact physique entre l'opérateur et la machine qui est admis lorsqu'il n'est pas susceptible de causer un dommage physique. Ce guide crée la notion « d'application collaborative robotisée » (ACR) qui inclut la notion de coexistence entre l'opérateur et le robot. Il confirme les quatre éléments de sécurité de

la norme : arrêt nominal contrôlé, guidage manuel, contrôle de la vitesse et de la distance de séparation, limitation de puissance et de force. De plus, il clarifie les responsabilités juridiques des différents opérateurs (fabricant, intégrateur et employeur). Ce dernier reste responsable de la mise en service et du maintien en conformité de l'ACR. Comme dans le cadre général, il est responsable de la prévention des risques professionnels et de la formation des salariés. Le fabricant et l'intégrateur sont responsables de la mise sur le marché d'une machine pour le premier et de son intégration dans le système industriel, en respectant les limitations définies par le constructeur et la réglementation, pour le second. À noter que l'employeur peut également être fabricant et modificateur. Ce guide est issu des réflexions du groupe de travail composé de participants d'origines diverses (organismes de prévention, de contrôle, industriels fabricants, intégrateurs et utilisateurs d'ACR...). Il fournit des recommandations en faveur de la prévention des risques liés à l'utilisation des robots collaboratifs mais n'a pas de nature réglementaire (il ne s'impose pas aux parties concernées). Toutefois, il sert de base de réflexion à la délégation française qui intervient dans les travaux sur l'évolution de la Directive « machines » au sein de la commission européenne. Un nouveau Règlement européen est prévu en 2022. L'enjeu principal de la réduction des risques professionnels liés à la robotique collaborative est, comme pour toute modification du process industriel, de réaliser une évaluation des risques professionnels et une analyse du besoin dans une démarche holistique. Cette démarche de prévention requiert le dialogue entre toutes les parties

concernées (fabricant, intégrateur, employeur mais également utilisateurs du robot collaboratif).

À titre d'illustration, **L. Seralta (Stäubli Robotics)** a présenté l'adaptation de son Groupe à la demande de robotique collaborative. L'entreprise développe une large gamme de robots qui peuvent être adaptés à différentes situations. Le choix a été fait de ne pas créer de robots spécifiques à visée collaborative mais d'adapter les robots existants : barrière matérielle ou immatérielle (camérascrutateurs) permettant au robot de ralentir et s'arrêter à mesure qu'un opérateur approche, surface sensible pour que le robot s'arrête quand on le touche. En fonction du besoin, il n'est ainsi pas nécessaire de se rééquiper. Il faut cependant noter que la productivité du robot diminue avec l'augmentation de la collaboration. L'intervenant a ainsi montré plusieurs cas d'usage pour illustrer ce rapport entre les cadences et les niveaux de sécurité nécessaires et a insisté sur l'importance de l'analyse des besoins. Il convient de répondre à un objectif, et non d'investir dans un robot collaboratif. Le niveau d'interaction entre le collaborateur et le robot dépend des objectifs du client. Ces objectifs, la sécurité, la maintenance et la productivité dans l'entreprise sont des éléments à évaluer avant de choisir la solution la plus adaptée.

## LES RISQUES PROFESSIONNELS

**S. Acoulon (CETIM – Centre technique des industries mécaniques)** a présenté l'accompagnement proposé par le CETIM lorsqu'une entreprise s'interroge sur l'acquisition

d'un robot. Le CETIM a développé l'outil ARTHUR (Analyse de Répartition des Tâches entre un Humain et un Robot) afin d'évaluer le besoin en robot collaboratif, dans un premier temps, et d'étudier la répartition des tâches entre le robot et l'opérateur, dans un deuxième temps. Cet outil permet de faire ressortir les objectifs et les enjeux de l'entreprise pour déterminer les solutions correspondantes ainsi que les points de vigilance. Il consiste en une prise d'informations générales sur l'entreprise (conditions de travail, qualification du personnel, enjeux prioritaires) suivie d'une étape d'identification des applications visées par la robotique et d'un ciblage précis des informations de chaque application (volume, temps de cycle, qualité...). Cette analyse précise permet d'identifier les tâches qui peuvent ou non être robotisées. Les pistes de solutions possibles sont ensuite présentées de manière pondérée selon différents critères (importance et intérêt de chaque opération à automatiser, impact sur la situation de travail avec nécessité d'adaptation du process, des postures des opérateurs, des zones de travail) et vont de l'assistance au geste jusqu'à la machine spéciale avec une large palette de solutions de robots collaboratifs entre ces extrêmes. Les solutions sont présentées sous forme d'un graphique et d'une synthèse qui offrent une vue d'ensemble et justifient chaque choix.

La Caisse nationale de l'assurance maladie recense plus de 55 000 accidents de travail en lien avec les machines au niveau national. Pour **A. Balsière (Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail – CARSAT – Rhône-Alpes)**, le robot est un outil qui peut soulager l'opérateur de certains aspects contraignants de son activité mais

qui ne pourra pas faire preuve de la même capacité d'adaptation (modification du geste en fonction du contexte), de prise d'initiative et d'empathie que l'opérateur humain. Par ailleurs, le robot n'élimine pas tous les risques (risque chimique par la génération d'aérosols par exemple). Il peut également faire apparaître de nouveaux risques comme celui lié à la manipulation par la machine de tôles susceptibles de blesser l'opérateur à proximité ou le risque de chute à cause des câbles. A également été évoqué le risque lié à la limitation des sécurités du robot pour réduire la fréquence des arrêts intempestifs et maintenir la cadence de production, avec la possibilité de provoquer des lésions de l'opérateur en cas de heurt. L'intégration de robots collaboratifs doit donc être évaluée en amont par une démarche de prévention et d'analyse du besoin telle que décrite dans TMS Pros. Elle doit être réalisée de manière participative, alliant les compétences techniques et les connaissances de terrain et fondée sur l'étude du poste de travail, de l'activité des opérateurs. Seront ainsi envisagées différentes solutions de réduction des risques dont pourront faire partie les robots collaboratifs. Si cette solution technique est choisie, les utilisateurs doivent bénéficier d'un transfert de compétences pour conserver leur « pouvoir d'agir » et leur laisser la capacité de décision et d'arbitrage. Une perte de cette capacité constituerait un facteur de risque de TMS et de RPS.

**M. Hardouin (AeroSpline)** a donné son point de vue concernant le rôle de l'intégrateur. Pour lui, le premier critère à prendre en compte est le geste métier, la tâche précise à faire réaliser au robot (ponçage, sablage, collage, rivetage...). L'implantation d'un robot collaboratif implique non pas une substitution de l'opé-

rateur, mais une complémentarité. La machine est un instrument de travail qui permet de libérer l'opérateur de tâches répétitives et contraignantes et démultiplier ses capacités créatives. L'apprentissage du geste par le robot collaboratif doit se faire dans le but d'un travail synchronisé entre lui et l'opérateur, grâce à l'apport de l'intelligence artificielle. Ont ainsi été montrés plusieurs cas d'usage dans différents domaines, notamment l'aéronautique, permettant à l'opérateur d'exercer son savoir-faire tout en allégeant la charge physique habituellement liée à la tâche réalisée. Le développement de la robotique collaborative pourrait permettre aux métiers pénibles de redevenir attractifs pour les générations futures.

## LES SOLUTIONS DE PRÉVENTION

**A. Sghaier (INRS)** a rappelé que les solutions techniques de prévention des risques liés à l'utilisation des robots collaboratifs s'inscrivent dans un contexte réglementaire (Directive « machines ») et normatif. Les normes ISO 10218-1 (qui s'adresse aux fabricants) et 10218-2 (aux intégrateurs) déclinent les 4 éléments de sécurité qui doivent être mis en œuvre pour la sécurisation des robots collaboratifs. Le document technique ISO/TS 15066 décrit les seuils d'effort en cas de risque de contact et les méthodes de calcul de la vitesse du robot pour ne pas dépasser ces seuils. Ces éléments de sécurité extrinsèque doivent être combinés aux caractéristiques intrinsèques du robot qui permettront de réduire les dommages s'il y a un contact : forme (parties saillantes, angle

## Robots collaboratifs : démarche de prévention pour une intégration réussie

vif), masse, matériau (souplesse) par exemple. Ils doivent également être combinés aux facteurs organisationnels et humains. Afin de les prendre en compte, **L. Brun (INRS)** a insisté sur la nécessité d'impliquer les futurs utilisateurs le plus en amont possible pour identifier et décrire les tâches, envisager leur modification avec l'arrivée du robot collaboratif, leur répartition entre celui-ci et l'opérateur. Cette analyse permet de mettre en évidence les avantages (suppression des tâches sans valeur ajoutée par exemple) et les points bloquants de la future organisation. Mise en œuvre tout au long du projet, elle permet aux utilisateurs de se faire une représentation de leur activité en collaboration avec le robot, de se familiariser avec ce dernier (avec des tests hors situation de travail au début) et de consolider les usages par l'accompagnement des opérateurs après le déploiement du système collaboratif. Ainsi, les impacts sur l'organisation (adaptation et nouvelles priorités), le collectif de travail (fragilisation, isolement) et l'activité (charge mentale, charge physique) sont identifiés et des solutions organisationnelles et humaines peuvent être mises en place. Ces solutions concernent, entre autres, la formation pour le développement de nouvelles compétences (par exemple la maintenance de premier niveau) ou le recentrage vers des tâches à plus forte valeur ajoutée. Une analyse du besoin doit fonder tout projet d'intégration de robot collaboratif et l'analyse des risques professionnels permet d'identifier des solutions à mettre en œuvre. Ces dernières doivent être d'ordre technique et organisationnel, sans que les unes ne prennent le pas sur les autres.

Pour **G. Bodereau (RECFMI Industrie)**, le choix du type de robot,

notamment de robot collaboratif, se fait au regard du terrain (cadences de manutention imposées par le client ou les équipements en amont), du client (coût, absence de protection physique, besoin de mobilité de la solution) et du constructeur retenu (performances techniques, cadence, poids). La robotique classique est adaptée aux cadences rapides alors que la robotique collaborative est adaptée en vue de remplacement d'un opérateur de réglage occasionnel avec des cadences lentes. Le robot collaboratif est plus onéreux à énergie identique mais est plus compact et mobile en mode de fonctionnement sans protection. Pour RECFMI Industrie, la réussite du projet dépend directement de la capacité à faire une machine aux normes : il est difficile de corriger *a posteriori* une non-conformité. Il existe un besoin de clarification normative, pour une meilleure compatibilité avec les compétences et les outils des organismes de contrôle. Un besoin de formation et d'information du client final/exploitant, des constructeurs et des organismes de contrôle est également évoqué. **D. Inacio (Bureau Veritas)** a décrit un projet d'intégration d'un robot collaboratif sur une chaîne logistique, en soutien de l'intégrateur. Ce projet était la réalisation d'une assistance collaborative robotisée pour la palettisation de produits. Il s'agissait d'une collaboration indirecte, l'opérateur intervenant pour le chargement des palettes vides et la reprise des palettes pleines. Après analyse du besoin, la liste des risques professionnels a été établie. Les situations à risque « raisonnablement prévisibles » lors des différentes situations de vie du système (installation, utilisation en production, maintenance préventive et curative) ont

été définies et ont permis d'anticiper certaines problématiques (implantation notamment). Les préconisations de la norme ISO 10218-1, l'évaluation de l'applicabilité des mesures de sécurité et l'analyse de la documentation technique ont permis la validation par l'organisme de contrôle de la sécurité d'utilisation du robot collaboratif envisagé. Pour l'intégrateur, ce type de partenariat entre intégrateur, client et organisme de contrôle est la clé de la réussite pour la sécurisation de l'utilisation des applications collaboratives robotisées. Il permet, en effet, l'analyse des risques et un avis précoce sur les solutions techniques à mettre en œuvre, dès le départ du projet. L'efficacité de ce partenariat dans la démarche requiert une définition précise du besoin dans le cadre d'une démarche globale.

### LE ROBOT INSTALLÉ, ET APRÈS ?

**Y. Giovanelli (SNCF), V. Trouchard (SNCF) et L. Wioland (INRS)** ont présenté un retour d'expérience concernant l'intégration d'un robot collaboratif à la SNCF. Pour ses opérations de maintenance, afin de limiter la pénibilité du travail, la SNCF a testé la mise en place de robots collaboratifs pour le ponçage d'éléments de carrosserie. La situation initiale présentait des risques de TMS (manutention et vibrations en particulier). Des robots collaboratifs ont été déployés dans l'objectif d'améliorer l'efficacité des opérations manuelles, de réduire les TMS et d'améliorer la sécurité. Le robot collaboratif permettait de réaffecter le temps de l'opérateur vers l'expertise. Après une phase de rejet (l'introduction du robot a été perçue comme un outil qui

pourrait remplacer l'opérateur), les opérateurs se le sont appropriés. Toutefois, à moyen et long termes, une moindre utilisation des robots collaboratifs et un retour aux pratiques manuelles ont été observés. Un moindre accompagnement managérial dans le temps, l'absence de lieu dédié à la machine, l'absence d'environnement de travail adapté étaient les facteurs identifiés de cette désaffection. Un partenariat avec l'INRS a alors été mis en place afin d'étudier l'acceptabilité et l'appropriation de ces robots collaboratifs. À partir de travaux en psychologie et ergonomie, l'INRS a identifié les facteurs conditionnant l'intention d'utiliser le dispositif. Ils se situent dans six dimensions : les conditions facilitantes (tout ce que l'entreprise organise pour soutenir le système à mettre en place : information, formation, procédure, suivi), la facilité d'utilisation (difficulté de mise en place, efforts), la performance (efficacité, qualité, vitesse ainsi qu'efforts physiques, fatigue, douleurs, conditions de travail), l'influence sociale (perception de l'avis des collègues et de l'encadrement), l'identité professionnelle (la façon dont l'opérateur se représente lui-même et construit son identité au travail : développement des compétences, perte d'autres compétences, valorisation du métier), les affects (ensemble des ressentis de l'opérateur). Ces six dimensions sont explorées par un questionnaire d'une quarantaine d'items développé pour la mise en place des exosquelettes. Il est en cours d'adaptation au domaine de la robotique collaborative. Pour conclure, outre la démarche d'identification des risques professionnels et des besoins d'assistance physique, ce cas montre l'importance du suivi de l'intégration des robots collaboratifs.

**B. Marchand (CEA Tech – Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives)** a présenté les travaux de CEA Tech, en charge de créer un pont entre les laboratoires de recherche et l'industrie pour la production de systèmes innovants. Il intervient dans six axes de recherche du domaine de la robotique (sécurité, commande intuitive, programmation intuitive, intelligence artificielle, mobilité et capacités de préhension). Dans le domaine de la sécurité, des études sont réalisées pour simuler par réalité virtuelle les interactions opérateur/robot sur le lieu d'activité afin de prédire les risques d'interférence. L'utilisation de l'intelligence artificielle permettra également au robot d'apprendre à différencier un contact lié à une interaction souhaitée d'une collision. En ce qui concerne la programmation intuitive, elle permet d'envisager une collaboration entre l'humain et le robot auquel l'opérateur apprendra les actions à réaliser en le guidant pour un meilleur compromis entre vitesse, sécurité et maintien de l'expertise de l'opérateur. De même, l'utilisation de plateformes mobiles autonomes autorisera le déplacement autonome du robot qui se positionnera en fonction des besoins. Enfin, les recherches réalisées dans le domaine de la préhension ont permis de développer une « main robotique » disposant du même nombre de degrés de liberté, c'est-à-dire des mêmes capacités de préhension, qu'une main humaine. Au-delà de ces recherches, le mot « robot » entraîne des craintes de substitution de l'activité humaine par les machines. Cette crainte devra être surmontée grâce au développement des capacités d'assistance que les robots collaboratifs, pour lesquelles une autre terminologie est proposée (« systèmes d'assistance »), pour-

ront fournir aux opérateurs qui garderont la maîtrise de leur activité.

## SYNTHÈSE ET CONCLUSION

**S. Brunet (INRS)** a conclu cette journée technique en rappelant la responsabilité de l'employeur en termes de préservation de la santé et de la sécurité des salariés et la nécessaire démarche de prévention qui ne saurait être improvisée ou sous-estimée. Certes les robots collaboratifs offrent des promesses en termes de soulagement et de productivité, mais ils demeurent des équipements de travail et ne peuvent être envisagés qu'après une évaluation objective et complète des risques professionnels, comprenant l'analyse du besoin d'assistance physique, et l'élaboration d'un plan d'actions de prévention qui doit être réellement mis en œuvre. Si le robot collaboratif est envisagé comme solution technique de prévention, l'analyse en amont de son intégration doit prendre en compte toutes les zones du corps et toutes les situations de travail, notamment les aléas. Les risques induits sur l'organisation du travail et la charge mentale doivent être évalués également. De plus, les opérateurs doivent être informés et impliqués dès l'analyse du besoin et à toutes les étapes de la démarche.