

Notes techniques

INDUSTRIE 4.0 ET MACHINE SÛRE : LES DÉFIS DU CONCEPTEUR ET DE L'UTILISATEUR

Dans le cadre de l'industrie 4.0, qui demande des moyens de production flexibles, concevoir une machine facilement modifiable, tout en préservant la santé et la sécurité des opérateurs, représente un défi plus complexe que dans le cas de productions classiques, dédiées à un seul type de produits. Cet article propose un outil de transmission des données de conception du concepteur vers l'utilisateur pour faciliter cette flexibilité en respectant la conformité réglementaire.

BRUNO
DAILLE-
LEFÈVRE
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

XAVIER
GODOT
Arts et
métiers,
Institute of
technology,
Campus
de Metz,
laboratoire
de
Conception –
fabrication –
commande

Habituellement, l'utilisateur définit un cahier des charges pour que le concepteur conçoive une machine adaptée à l'usage prévu et prenant en compte la prévention des risques pour les opérateurs. Dans le cas de l'industrie 4.0, ce cahier des charges reste le même, mais les usages de la machine peuvent évoluer au fil du temps et s'éloigner de l'usage prévu. Il faut cependant que la machine reste sûre. L'utilisateur, dans ce cas, doit donc avoir accès au dossier de conception, pour pouvoir faire évoluer et modifier la machine tout en assurant la santé et la sécurité des opérateurs.

Effets de l'industrie 4.0 sur la conception des machines

Tout d'abord, quelles avancées regroupe cette idée d'industrie 4.0, appelée aussi « Industrie du futur » ? Qualifiée de « quatrième révolution industrielle », elle met en avant la capacité des entreprises à répondre aux nouvelles attentes des consommateurs en termes de produits personnalisés. Ces exigences passent par une réorganisation profonde de l'entreprise : conception des produits, gestion et planification de la production et des ressources, qualifications du personnel, raccourcissement des processus internes de décision et de validation... L'industrie 4.0 intègre également de nouveaux moyens de production flexibles et connectés, comme des robots collaboratifs et des équipements de travail reconfigurables. Ces derniers doivent en effet s'adapter aux variations :

- du produit à réaliser selon les demandes du client (personnalisation de masse);
- de la gamme opératoire qui en découle;

RÉSUMÉ

La méthodologie graphique de conception partagée sûre présentée dans cet article permet au couple concepteur – utilisateur, dans le cadre de l'industrie 4.0, d'adapter les machines de manière sûre en fonction des besoins de flexibilité des entreprises. Ainsi, il est possible de préserver la santé et la sécurité des travailleurs dans ce nouveau contexte. Sa mise en œuvre nécessite néanmoins un changement profond des façons de travailler entre concepteurs et utilisateurs. Cet article propose un cadre de réflexion méthodologique pour appuyer ce type de démarche à l'aide d'un exemple.

INDUSTRY 4.0 AND SAFE MACHINERY: CHALLENGES FOR DESIGNERS AND USERS

The graphical co-design method presented in this article allows designers and users, in the context of industry 4.0, to adapt machinery safely based on a company's need for flexibility. As a consequence, the health and safety of workers can be protected in this new context. Implementation of co-design nevertheless requires significant changes to how designers and users work together. This article uses an example to present a framework for methodological reflection to support this type of approach.



Test de fonctionnement sur une presse plieuse électrique, avant sa mise en production dans l'entreprise.

© Rodolphe Escher pour l'INRS / 2018

- des quantités à produire et de la cadence de production;
- de ressources (opérateurs et/ou robots collaboratifs).

Ainsi, dans l'industrie 4.0, le type de pièces à produire par une machine peut évoluer fortement et rapidement. Le cadre d'utilisation de la machine, défini à la conception, ne correspond plus à la fabrication d'un produit unique sur une longue période. Certaines parties de la machine devront en conséquence être modifiées pour s'adapter aux variations du produit et aux ressources. Le cadre d'utilisation prévu de la machine devient alors difficile à anticiper de manière exhaustive, lors de l'écriture de son cahier des charges. Dans ces conditions, la prise en compte de la santé et de la sécurité selon la directive européenne 2006/42/CE (directive « Machines »), puis selon le règlement 2023/1230/UE, est à réinterroger (Cf. Pour en savoir plus p. 73).

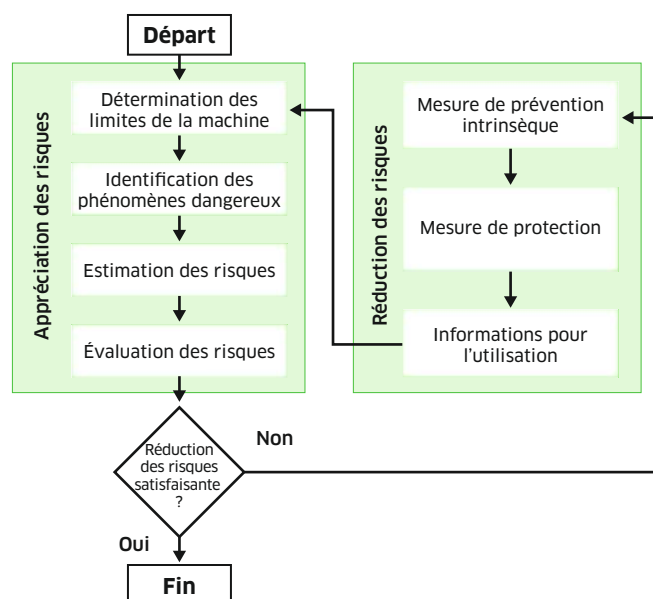
Intégrer la santé - sécurité dès la conception d'une machine selon la directive n° 2006/42/CE ou le règlement n° 2023/1230/UE

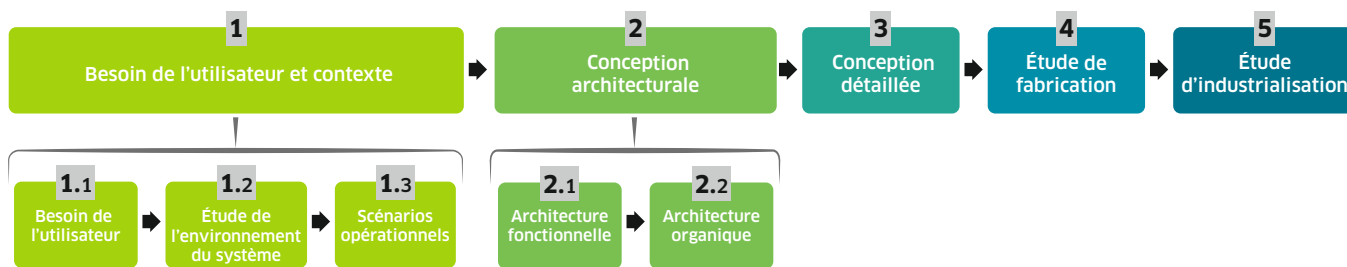
La directive « Machines » 2006/42/CE, applicable jusqu'en 01/2027, ou, après cette date, le règlement 2023/1230/UE, obligent les concepteurs de machines à les concevoir en respectant un ensemble d'exigences essentielles de santé et de sécurité (EESS). La réglementation en vigueur impose l'intégration de ces exigences au plus tôt dans la démarche de conception. Pour ce faire, elle propose un processus

itératif d'appréciation et de réduction des risques (Cf. Figure 1), illustré également par la norme NF EN ISO 12100 [1].

La première étape de ce processus est la détermination des limites de la machine. Dès cette première étape, la directive « Machines » 2006/42/CE (ou le règlement 2023/1230/UE) précisent que : « [...] le fabricant ou son mandataire [...] détermine les limites

↓ FIGURE 1 Démarche de conception d'une machine, Selon la directive européenne n° 2006/42/CE et le règlement n° 2023/1230/UE.





↑ FIGURE 2
Démarche
de conception
d'une machine.

de la machine, comprenant son usage normal et tout mauvais usage raisonnablement prévisible ». La notion d'usage, ou d'utilisation de la machine, est donc le premier point à déterminer lors de la conception ou de l'achat d'une machine. Cet usage ne se limite pas à une analyse fonctionnelle du besoin. Les fonctions techniques que remplira la future machine ne sont pas suffisantes lors de la description de la machine. Cette machine n'agit pas seule, même si elle est « entièrement automatisée ». Il y a forcément des opérateurs qui en surveillent le processus, la règlent, la réparent, l'alimentent en matières premières, en consommables, évacuent les produits finis, les déchets, contrôlent la qualité, anticipent les dérives... Ce sont aussi ces usages qui sont évoqués dans la directive « Machines » et le règlement : la ou les manières dont les utilisateurs vont se servir de la machine. Ces activités englobent la machine, les opérateurs, les produits... Ces éléments sont considérés comme constituant « la situation de travail » [2-3]. Si l'usage de la machine est mis en avant, c'est pour s'assurer que le concepteur créera bien un équipement adapté à l'opérateur, à son activité. Ainsi, ce ne sera pas à l'homme de s'adapter à la machine ou au risque, mais au concepteur de prendre en compte tout usage de la machine, y compris un « mauvais usage raisonnablement prévisible » selon la directive « Machines » 2006/42/CE ou le règlement 2023/1230/UE. Par exemple, modifier de manière sommaire, ou supprimer des éléments d'une machine qui assurent la sécurité du travailleur pour pouvoir travailler « sans entrave », peut faire partie de ce type de mauvais usage « raisonnablement prévisible ». Tous ces éléments sont à prendre en compte dès les premières étapes de conception de la machine.

Séquençage des étapes de conception d'une machine, d'analyse puis de réduction des risques

La conception d'une machine implique différentes étapes incontournables (Cf. Figure 2). La première étape de la conception recouvre les points suivants :

- 1.1 – **Besoin de l'utilisateur** : définir le besoin principal de l'utilisateur de la machine ;
- 1.2 – **Étude de l'environnement de la machine** : identifier les éléments qui vont interagir avec la future machine : les utilisateurs (opérateurs, technicien de

maintenance, régleur...) et les éléments matériels (produit, sous-ensembles, autres machines, atelier, énergies disponibles...). Autant d'éléments à prendre en compte par le concepteur pour établir le contexte d'utilisation et les contraintes associées ;

- 1.3 – **Scénario opérationnel** : lister les fonctions techniques, c'est-à-dire les actions élémentaires que devront remplir la machine et/ou l'opérateur pour répondre au besoin exprimé. Ce besoin peut nécessiter une interaction entre la machine et l'opérateur. La deuxième étape de conception concerne les architectures :

- 2.1 – **Fonctionnelle** : ordonnancer ces fonctions, leur donner un séquençage, un enchaînement, puis associer des spécifications techniques, des niveaux à atteindre, des contraintes aux fonctions et à leur séquençage ;

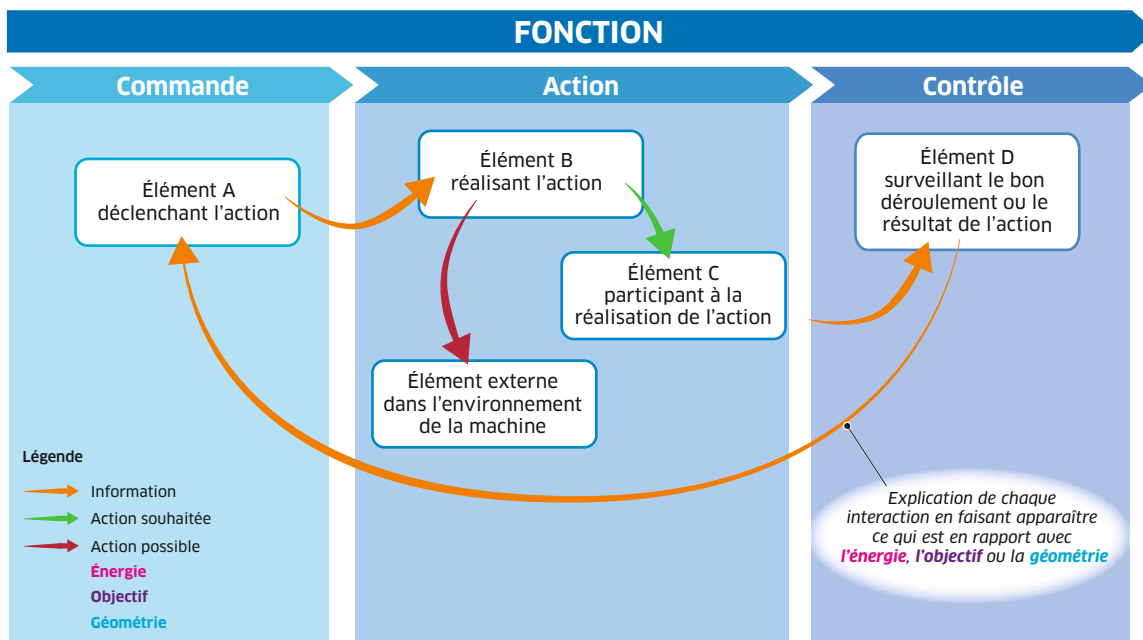
- 2.2 – **Organique** : proposer des principes physiques, des solutions techniques, pour accomplir ces fonctions, puis choisir des organes mécaniques, électriques..., pour mettre en œuvre ces solutions techniques et les agencer entre elles.

La troisième étape permet la conception détaillée : la conception et le dimensionnement de chaque pièce élémentaire.

Puis vient l'étude de fabrication : le choix du procédé et de la gamme de fabrication de chaque pièce élémentaire.

Et enfin, l'étude d'industrialisation : l'agencement et l'organisation des moyens de fabrication des pièces et du produit.

La directive « Machines » et le règlement de 2023 exigent une intégration de la santé et de la sécurité dès la conception d'une machine. Au regard des EESS et des étapes de conception listées ci-dessus, il est possible, dès les premières étapes, d'identifier des phénomènes dangereux potentiels. Cependant, l'analyse des risques qui en serait faite rendrait des conclusions trop vagues ou peu pertinentes. En effet, l'énoncé des fonctions à remplir ouvre un champ trop vaste de solutions techniques possibles. À l'inverse, si le concepteur attendait la conception détaillée de chaque élément pour réaliser une analyse de risques, l'éventuelle remise en cause du travail de conception en découlerait occasionnerait une perte de temps pour le projet et certaines modifications ne seraient plus possibles. Le moment le plus pertinent pour



← FIGURE 3 Représentation graphique générique d'une fonction et des éléments y participant.

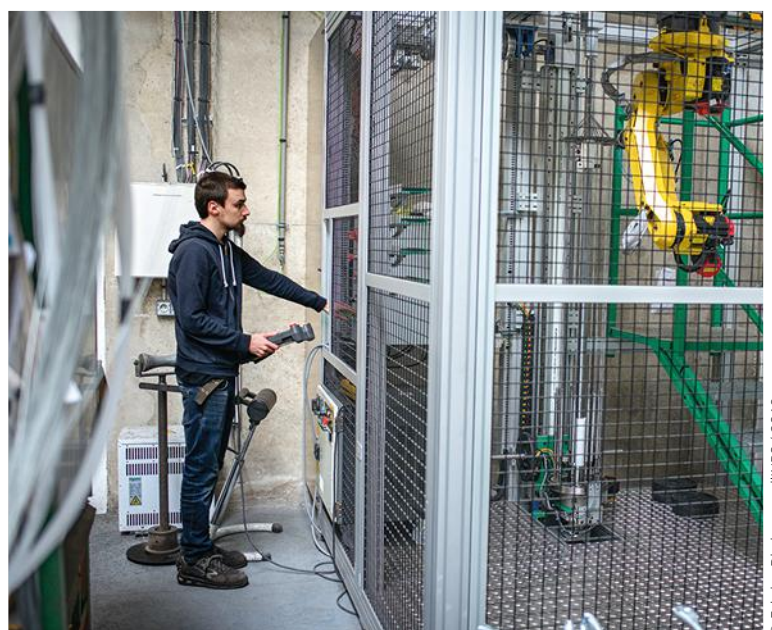
établir une première analyse des risques formelle est donc l'étape de conception architecturale organique (cf. Figure 2, étape 2.2), où chaque solution technique est traduite en organe mécanique ou électrique. Le concepteur a alors la connaissance de l'ensemble des données techniques nécessaires et suffisantes pour mener une analyse des risques efficace et remettre en cause, si nécessaire, ses choix antérieurs [4]. Les étapes habituelles de conception d'une machine, schématisées sur la Figure 2, sont souvent réduites aux seuls aspects fonctionnels et techniques. L'usage réel de la machine par les opérateurs et son contexte d'utilisation ne sont pas ou sont peu formalisés. Les concepteurs ont donc besoin d'outils pour définir les usages de la machine, ainsi que le rôle de ses utilisateurs. Des outils et des aides existent pour préciser le besoin du client lors de la rédaction du cahier des charges en faisant référence aux exigences de santé - sécurité [5-8]. Cependant, ils sont adaptés aux situations pour lesquelles l'utilisateur définit un cahier des charges variant peu au cours de la vie de la machine. Ils ne sont pas adaptés au contexte particulier de l'industrie 4.0, dans lequel les usages de la future machine sont difficilement anticipés de manière exhaustive lors de sa conception. Des outils d'aide à la conception dans ce nouveau paradigme restent à développer.

Comment concevoir une machine sûre dans le cadre de l'industrie 4.0 : la « conception partagée sûre » d'une machine

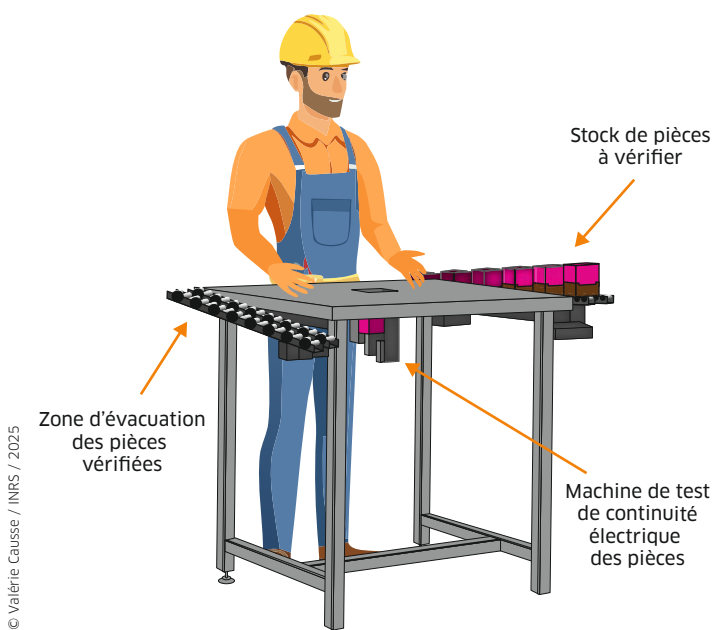
Dans le cadre de l'industrie 4.0, les usages et les évolutions au cours du cycle de vie d'une machine ne sont que partiellement connus lors de la conception de la machine. L'intégration et la sécurisation de tous

les usages dès la conception, d'une part, et le fait de permettre à la machine de s'adapter aux exigences de flexibilité tout au long de sa vie, d'autre part, sont très difficiles à concilier [9-10]. Ainsi, une séparation stricte des rôles entre la conception d'une machine sûre en bureau d'études, puis son utilisation chez le client, n'est, de fait, pas adaptée. Il est donc nécessaire de faire évoluer la démarche de conception vers une démarche de conception partagée. Dans l'idéal, celle-ci commencerait au bureau d'études et se poursuivrait dans l'atelier, pour permettre une adaptation rapide à l'évolution des besoins, du produit ou des ressources, tout en garantissant la sécurité

Tresseuse semi-automatisée dans une usine de production de tire-câbles métalliques.



© Fabrice Dimier pour l'INRS / 2019



© Valérie Causse / INRS / 2025

↑ **FIGURE 4**
 Conception architecturale organique d'une machine de vérification de la continuité électrique de pièces, approvisionnée par un opérateur.

des opérateurs. En s'appuyant sur un dossier technique et des livrables documentaires fournis par le concepteur de la machine, l'utilisateur pourrait alors la modifier lui-même, à condition de posséder les compétences et les ressources pour le faire tout en respectant la réglementation. Pour exprimer cette évolution, la notion de « *conception partagée sûre* », entre le concepteur initial et le futur utilisateur a été introduite [11-12].

Cette conception partagée sûre nécessiterait de doter les bureaux d'études et les utilisateurs de machines de méthodes ou d'outils de développement communs. Ces outils doivent expliciter les choix techniques effectués en conception, afin de modifier la machine « dans l'atelier » en fonction de l'évolution du besoin et de la définition du nouveau besoin et d'accompagner ce changement.

Une méthode d'aide à la conception partagée d'une machine sûre a ainsi été étudiée, sur la base des données de conception disponibles [12]. Elle s'appuie sur les outils de l'ingénierie système, pour identifier et structurer les données de conception. Ces données doivent intégrer l'évolution du besoin de l'utilisateur, justifiant la conception de la machine, ses fonctions techniques, leur séquençement, les éléments qui participent à la réalisation de ce besoin et les éléments externes se trouvant dans l'environnement de la machine.

À partir de ces données, il est proposé tout d'abord de détailler chaque fonction technique de la machine sous la forme d'une boucle « Commande – Action – Contrôle ». Ces précisions ressemblent à la vision qu'ont les automatismes d'une machine. Puis, chaque élément participant à la réalisation d'une fonction (opérateur, pièce, outillage, partie active de la machine...) est réparti entre ces trois catégories. Enfin,

les interactions, directes ou potentielles, entre éléments sont établies. Chaque interaction correspond à un usage. Celui-ci est alors explicité littéralement, en mettant en évidence les aspects traitant des énergies mises en œuvre, de la géométrie des pièces et de leur comportement (dénommé ici « objectif »). Toutes ces informations sont utilisées lors de l'analyse des risques. Pour en faciliter la compréhension et la communication, une représentation graphique en est proposée (Cf. Figure 3).

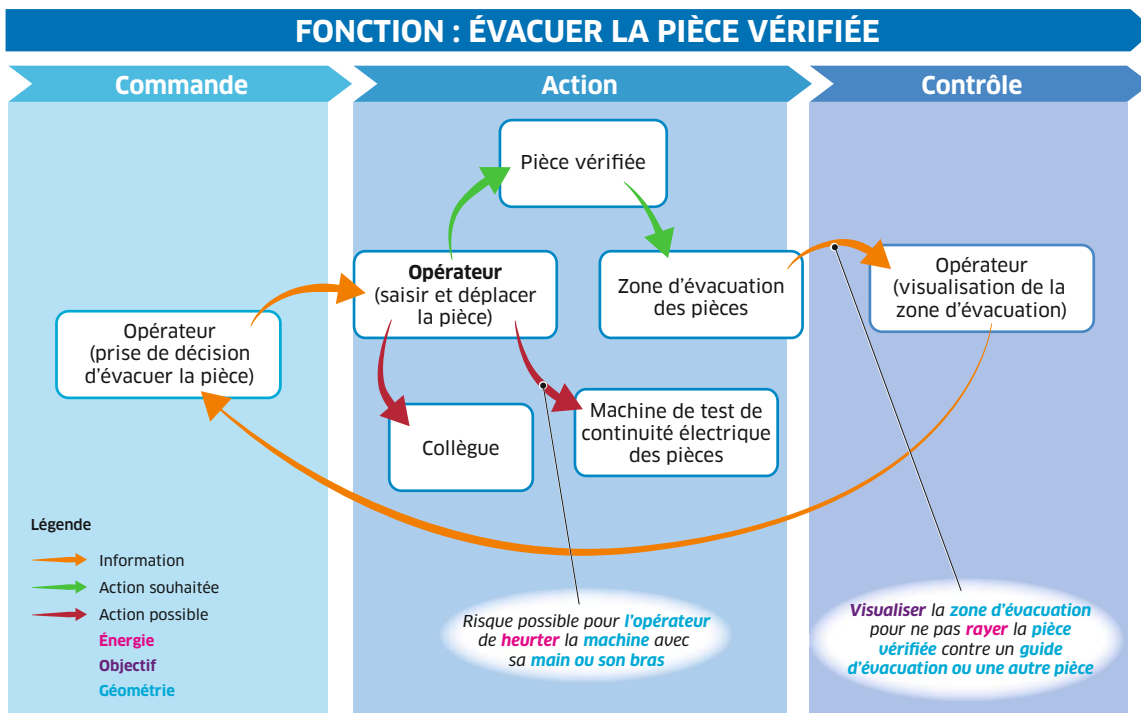
Si un élément évolue, apparaît ou disparaît, il suffit de modifier les graphes où cet élément participe à la réalisation d'une fonction, et de noter son influence sur les interactions avec les autres éléments. Ainsi, au final, il est possible d'avoir une idée des conséquences en termes d'usages de la machine et de conception. À partir de ces données, il est possible de procéder à une nouvelle analyse des risques, pour identifier les éventuels effets sur la santé et la sécurité des opérateurs afin d'y remédier.

Ces modifications de graphes peuvent être faites par l'utilisateur de la machine, lorsqu'il souhaite l'adapter à une nouvelle configuration de production. Par ce moyen, l'utilisateur peut satisfaire plus facilement son souhait d'obtenir une machine flexible, de type industrie 4.0, tout en s'assurant qu'elle reste sûre.

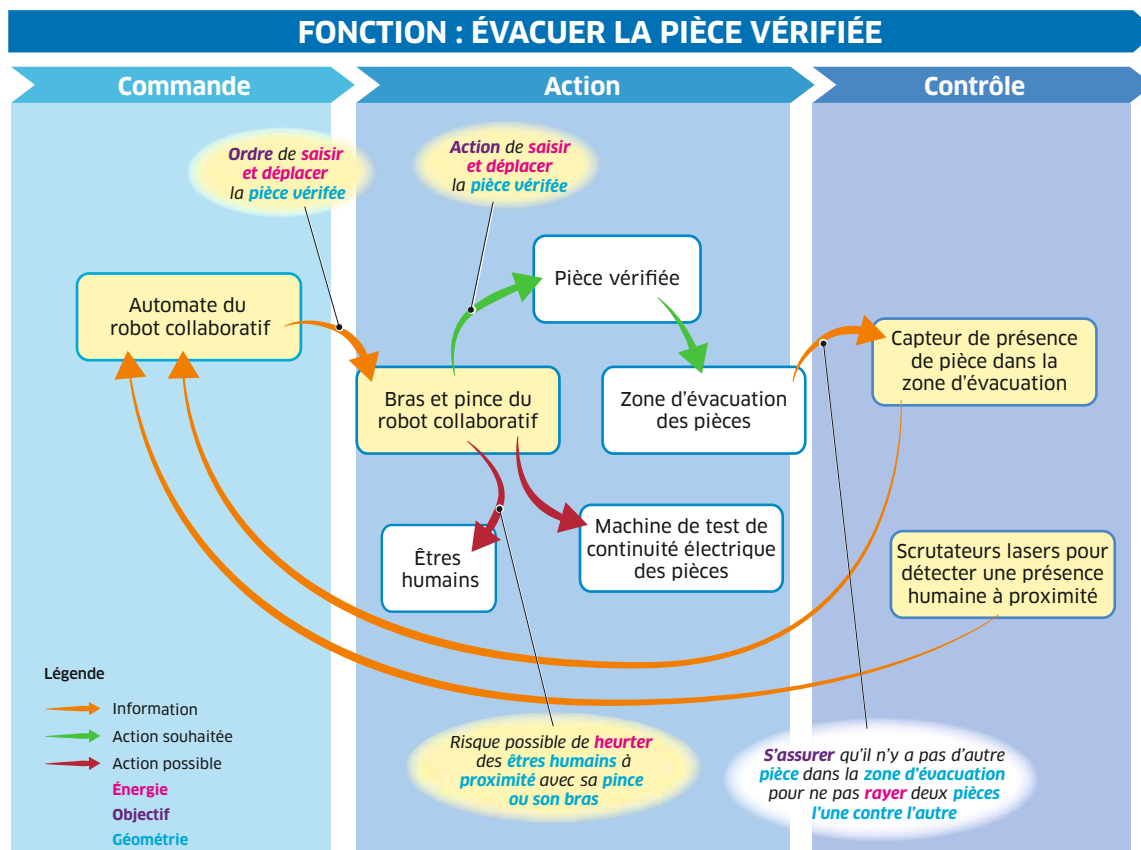
Exemple simplifié de mise en application de cette méthodologie

Pour illustrer cette approche, on prendra la conception d'une machine destinée à vérifier la continuité électrique d'une pièce (cf. Figure 4). Pour effectuer cette tâche, il faut que l'opérateur saisisse une pièce dans le stock de pièces à vérifier et la place sur la machine de test de continuité électrique. La machine descend la pièce, hors d'atteinte de l'opérateur, et teste la continuité électrique de la pièce. Puis la machine remonte la pièce vers l'opérateur. Celui-ci peut la saisir et la placer dans la zone d'évacuation des pièces vérifiées, si le test est satisfaisant.

Les éléments participant à la tâche sont : un stock de pièces à vérifier, un opérateur, une machine permettant de tester la continuité électrique des pièces, une zone d'évacuation des pièces vérifiées. Les éléments extérieurs peuvent être : d'autres machines à proximité, des collègues de travail, une allée de passage... Parmi les fonctions à réaliser pour répondre à cette tâche, il faut évacuer la pièce vérifiée. Cet exemple se focalise sur cette dernière fonction. Le concepteur a préconisé de la faire réaliser manuellement par un opérateur. Celui-ci devra saisir la pièce sur la machine de test à la fin du cycle de test de continuité électrique, la déplacer et la déposer dans la zone d'évacuation à sa droite (rails de guidage à rouleaux inclinés, visibles sur la Figure 4). Cette fonction est représentée graphiquement, selon le format proposé sur la Figure 5. Ce schéma permet de souligner l'importance pour l'opérateur de visualiser la zone d'évacuation. Le



← FIGURE 5
Représentation graphique d'une fonction « évacuer la pièce vérifiée ».



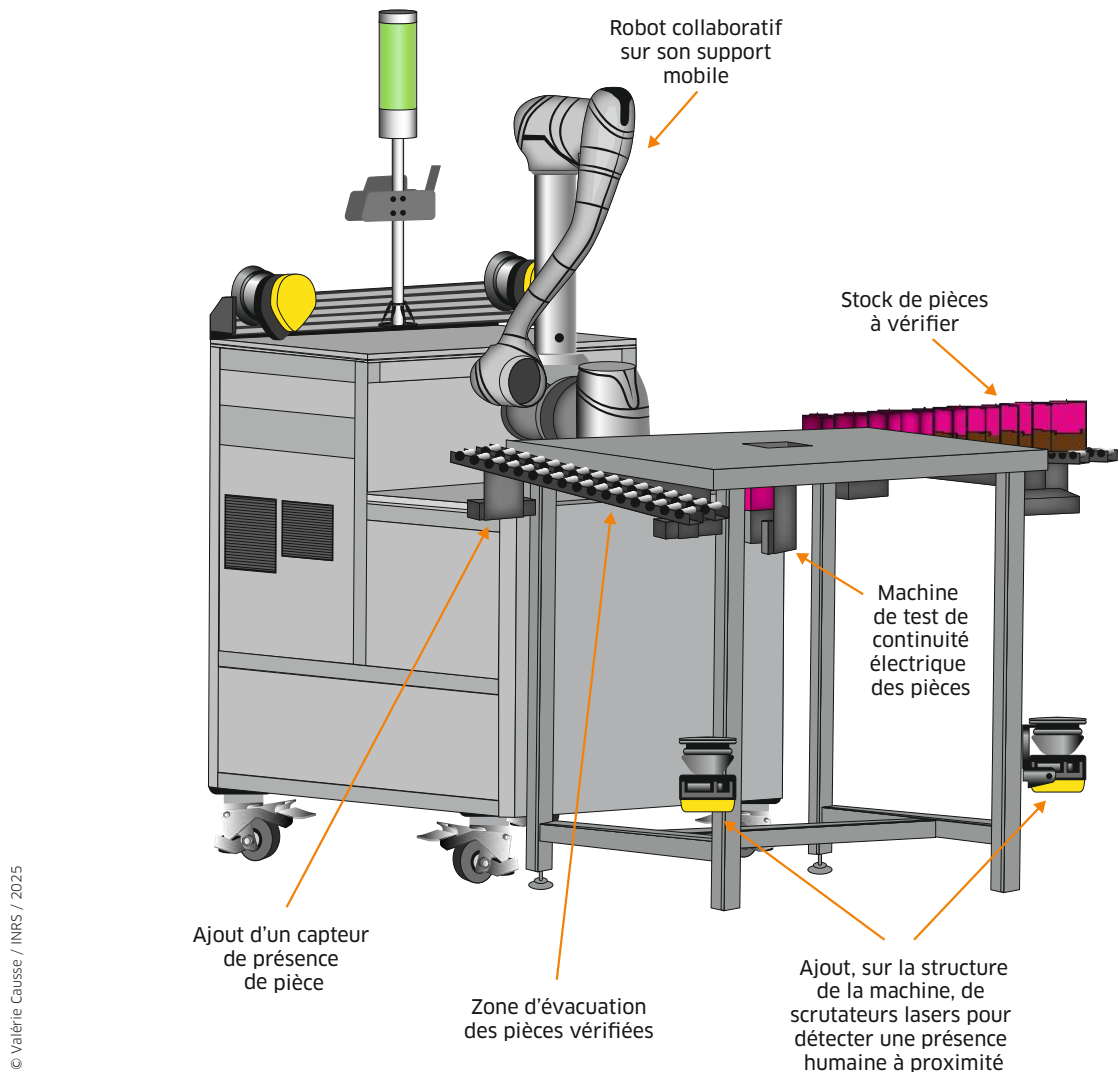
← FIGURE 6
Modification (sur fond jaune) de la représentation graphique d'une fonction « évacuer la pièce vérifiée ».

concepteur ne doit donc pas opérer des choix de conception obstruant la vision de la trajectoire de la pièce, en prenant en compte la position de l'opérateur. Une fois cette machine conçue, fabriquée et livrée à l'utilisateur, celui-ci peut décider de modifier cette machine pour la rendre compatible avec l'utilisation

d'un robot collaboratif en lieu et place de l'opérateur, pour réaliser la fonction « évacuer les pièces vérifiées ». À partir des graphes d'interactions fournis par le concepteur, l'utilisateur peut identifier, fonction par fonction, les éléments qui changent ou évoluent dans ce nouveau contexte d'utilisation.



FIGURE 7 →
Modifications de la conception de la machine, en interaction maintenant avec un robot collaboratif.



© Valérie Causse / INRS / 2025

Ici, par exemple, l'évacuation de la pièce vérifiée sera réalisée par un robot collaboratif, au lieu d'un opérateur. Le rôle de la machine reste le même, à savoir : le test de la continuité électrique des pièces. En revanche, les éléments y participant incluent maintenant un robot collaboratif et son automate. Les éléments extérieurs restent les mêmes : d'autres machines à proximité, des êtres humains (opérateurs, magasinier...), une allée de passage... Dans ce nouvel usage, l'utilisateur, suivant cette optique de conception partagée sûre, va modifier le schéma et les interactions entre l'ensemble des éléments (cf. Figure 6, représenté en jaune).

En créant ce nouveau schéma (cf. Figure 6) et en effectuant la comparaison avec l'ancien (cf. Figure 5), l'utilisateur se rend compte que la modification souhaitée a des conséquences en termes d'usages et de phénomènes dangereux potentiels. Ainsi, d'un point de vue fonctionnel, la machine de test doit

évoluer. En effet, la prise d'information visuelle de la zone d'évacuation des pièces contrôlées, que réalisait l'opérateur pour ne pas entrechoquer des pièces, doit maintenant être réalisée par la machine et communiquée à l'automate du robot collaboratif. Il faut donc implanter un capteur de présence de pièce dans la machine, au niveau de la zone d'évacuation des pièces contrôlées.

De plus, dans cet exemple, le robot collaboratif, lors du déplacement de son bras ou de sa pince, peut également heurter un humain se trouvant à proximité. C'est un phénomène dangereux à prendre en compte, et à traiter pour rendre de nouveau la machine sûre. Pour cela, l'utilisateur affine son analyse des risques à partir des nouvelles informations, puis modifie localement la conception de la machine, en choisissant ici d'y ajouter des scrutateurs lasers pour détecter une présence humaine à proximité (cf. Figure 7).

Apports et limites de cette méthodologie

L'un des intérêts de cette représentation des fonctions techniques est de faciliter la compréhension de la machine et des conséquences d'un changement pour son utilisateur. Cette méthode facilite également le dialogue entre le concepteur et les autres acteurs de conception (client, utilisateur, préventeur, ergonomiste...), et permet le respect de la démarche de réduction du risque.

Cependant, la description qui est faite de la machine se limite au fonctionnement nominal. Une analyse complémentaire serait nécessaire, par exemple une AMDEC (analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité), pour mieux traiter les aspects dysfonctionnels de la machine et leurs conséquences en matière de santé et de sécurité lors de l'analyse et de l'évaluation des risques.

Conclusion

La méthodologie graphique de conception partagée sûre présentée dans cet article permet au couple concepteur / utilisateur, dans le cadre de l'industrie 4.0, d'adapter les machines de manière sûre en fonction des besoins de flexibilité des entreprises. Ainsi, il est possible de préserver la santé et la sécurité des travailleurs dans ce nouveau contexte. Sa mise en œuvre nécessite néanmoins un changement profond des façons de travailler entre concepteurs et utilisateurs.

POUR EN SAVOIR +

- **Journée technique de l'INRS – Prévenir les risques liés aux machines.** Accessible sur : <https://www.inrs.fr/footer/actes-evenements/journee-technique-machines.html>
- **Dossier Web INRS – Conception des machines.** Accessible sur : <https://www.inrs.fr/risques/conception-machines/definitions.html>
- **Campagne d'information de l'INRS sur la sécurité des machines.** Accessible sur : <https://www.securite-machine.fr>
- **Dossier – Machines : des acteurs pour la prévention.** *Hygiène & sécurité du travail*, 2023, 273, DO 42, pp. 19-44. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DO%2042>
- **Dossier – Le risque machine.** *Travail & sécurité*, septembre 2024, 862, pp. 12-25. Accessible sur : <https://www.travail-et-securite.fr/ts/862/DOS/le-risque-machine/eviter-les-risques-a-toutes-les-etapes-de-la-vie-d-une-machine.html>

Ainsi, si l'industrie 4.0 et les discours qui la portent laissent à penser que les moyens de production (machines, robots collaboratifs...) peuvent aisément être mis en œuvre, combinés, modifiés (flexibilité, réactivité, « *plug and play* »), la réalité est complexe dans un contexte réglementaire concernant la conception, l'utilisation et la modification de machines qui poursuit un objectif de protection de la santé et de la sécurité des salariés. ●

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **NORME NF EN ISO 12100 – Sécurité des machines. Principes généraux de conception. Appréciation du risque et réduction du risque.** Afnor, 2010. Accessible sur : <https://www.boutique.afnor.org/fr> (site payant).
- [2] **HASAN R. ET AL.** – Integrating safety into the design process: elements and concepts relative to the working situation. *Safety science*, 2003, 41 (2-3), pp. 155-179.
- [3] **MARSOT J.** – *Conception et ergonomie. Méthodes et outils pour intégrer l'ergonomie dans le cycle de conception des outils à mains.* INRS, Note scientifique et technique NS 219, 2002. Accessible sur : <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01420178v1>
- [4] **ARIAS-CORZO S.O., DAILLE-LEFÈVRE B. ET AL.** – *Conception sûre des systèmes de production : intégration de la santé/sécurité des opérateurs à travers l'analyse des usages.* In : *Congrès CIGI-Qualita*. Grenoble, mai 2021. Accessible sur : hal-03324112
- [5] **INRS** – *Sécurité des équipements de travail. Prévention des risques mécaniques.* ED 6122, 2018. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206122>
- [6] **INRS** – *Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail.* ED 6231, 2016. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206231>
- [7] **INRS** – *Évaluation des risques lors de la conception de machines.* ED 6389, 2020. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206389>
- [8] **DAILLE-LEFÈVRE B. ET AL.** – Acheter une machine : comment décrire les usages attendus ? *Hygiène & sécurité du travail*, 2015, 239, EC 10, pp. 70-73. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/mediahtml?refINRS=EC%2010>
- [9] **MARTIN P., MARSOT J., DAILLE-LEFÈVRE B. ET AL.** – *New issues for workers safety in the Factory of the future.* *Advances on mechanics*. In : *Design engineering and manufacturing II*. Springer, 2019, pp. 402-411. Accessible sur : hal-02310753
- [10] **MARTIN P., DAILLE-LEFÈVRE B. ET AL.** – *Résultats préliminaires sur les nouveaux challenges de santé-sécurité au sein de l'usine du futur.* Accessible sur : https://www.researchgate.net/publication/341979612_CIGI_QUALITA_2019-N13-Challenges_sante_securite-PMartin-juin2019
- [11] **DAILLE-LEFÈVRE B., GUERROUM N., GODOT X.** – *Industrie du Futur et santé-sécurité : l'Ingénierie Système apporte-t-elle une réponse ?* In : *18^e Colloque national S.smart*, 4-6 avril 2023.
- [12] **MARTIN P., DAILLE-LEFÈVRE B. ET AL.** – *Usine du futur : conception des postes de travail et aspects santé – sécurité.* *Techniques de l'ingénieur*, juillet 2022, réf. SF 150, 18 p.