

Industrie du futur et innovation responsable : l'impact des usages de la robotiques collaborative

COLIN, Thierry

Université de Lorraine, CEREFIGE, F-54000 Nancy, France

thierry.colin@univ-lorraine.fr

Résumé :

La robotique collaborative (cobotique) est une innovation de rupture dans l'industrie 4.0, intégrant des robots conçus pour travailler en proximité avec les opérateurs humains. Alors que les recherches actuelles se concentrent sur leurs bénéfices techniques et productifs, cette communication propose une analyse nuancée de leurs impacts sociétaux et organisationnels. Trois études de cas dans des PME montrent que l'intégration des cobots transforme le travail en réduisant la pénibilité, en comblant des pénuries de compétences et en enrichissant potentiellement les fonctions des opérateurs. Cependant, leur utilisation reste majoritairement substitutive plutôt que collaborative. En adoptant une perspective d'innovation responsable, cette recherche montre comment les cobots peuvent soutenir l'employee-driven innovation (EDI), favorisant des processus inclusifs. La flexibilité et l'accessibilité des cobots permettent aux salariés de participer à des innovations opérationnelles. Ces résultats ouvrent des pistes pour un usage responsable des cobots.

Mots-clés : Robotique collaborative, Industrie du futur, Innovation responsable, Employee-driven innovation, PME

Industrie du futur et innovation responsable : l'impact des usages de la robotiques collaborative

« La machine doit s'adapter à l'homme. Rien n'impose que l'homme ait à s'adapter à la machine, si ce n'est les choix que nous faisons ou que nous subissons parce qu'ils sont faits hors de notre contrôle. »

Jean-Paul Laumond, La robotique

Innovation de rupture faisant partie de la « panoplie » de l'usine du futur, la robotique collaborative est présentée comme « emblématique de l'industrie 4.0 » par La Fabrique de l'industrie. La considérant comme une nouvelle phase de la robotique, le leader danois du secteur affirme que « si le premier robot industriel était bel et bien conçu pour remplacer l'humain, ce n'est plus le cas aujourd'hui. A présent, humains et machines doivent travailler ensemble, comme des collègues. »¹

La robotique collaborative ou cobotique peut être qualifiée d'innovation de rupture dans la mesure où elle introduit de nouveaux critères de performance qui ciblent des usages différents de ceux du marché actuel. De fait, les grands noms de la robotique sont très critiques vis-à-vis des cobots (lents, peu endurant..) car ils évaluent cette innovation avec les critères techniques traditionnels du secteur (vitesse, robustesse,) alors que le cobot correspond à ce que Christensen & Raynor (2013) considèrent comme la deuxième phase d'évolution d'un secteur pendant laquelle la facilité d'utilisation devient un critère central de performance.

Partageant l'analyse de Coad et al. (2022) selon laquelle les entreprises et les pouvoirs publics reprennent trop facilement le discours unilatéralement positif des innovateurs, nous proposons d'examiner de manière nuancée les effets potentiels de la robotique collaborative sur le travail. En effet, plutôt que de se focaliser uniquement sur les impacts connus des innovations passées, il est crucial, comme le suggère Aggeri (2023), d'anticiper et d'analyser les conséquences possibles des technologies actuelles.

Les recherches dans le champ de la cobotique sont essentiellement centrées sur des expériences de laboratoire sur les interactions humain-cobot ayant en général pour objectif de tester un nombre limité de paramètres dans des conditions contrôlées. Ces travaux ne suffisent pas pour comprendre l'impact des cobots dans un contexte industriel réel (Weiss et al., 2021). Notre recherche empirique entend combler le manque de travaux permettant de comprendre comment

¹Site d'Universal Robot : <https://www.universal-robots.com/fr/decouvrez-les-cobots/>

l'introduction de cobot peut impacter le travail en situation de production effective. Des travaux fondateurs ont déjà montré qu'il ne suffit pas qu'un dispositif soit intitulé collaboratif pour qu'il soit utilisé de cette façon (Orlikowski, 1992). Nous répondons ainsi à l'appel à un développement des recherches étudiant les robots « *in the wild* » (Jung & Hinds, 2018). Nous proposons de quitter les laboratoires pour analyser les usages des cobots dans les ateliers en ne nous focalisant pas uniquement sur leurs capacités techniques et sur leurs effets bénéfiques.

Dans une première partie de la communication, nous présenterons les principes de la robotique collaborative. Dans une deuxième, nous montrerons que dans une optique d'innovation responsable, l'analyse de l'impact de l'introduction des cobots dans les ateliers doit inclure ces effets sur l'emploi et l'environnement. Plus encore, le courant de l'*employee-driven innovation* incite à comprendre dans quelle mesure les promesses de cette technologie en termes de collaboration peuvent favoriser une innovation plus inclusive. Les troisième et quatrième sections seront consacrées à la méthodologie et aux principaux résultats d'une recherche qualitatives dans trois PME utilisant des cobots. Enfin, nous terminerons en mobilisant nos résultats de recherche pour discuter des leviers permettant de favoriser une utilisation « plus inclusive » de la cobotique.

1. ROBOTIQUE COLLABORATIVE : COMPRENDRE UNE INNOVATION CLE DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

Si les robots sont, de longue date, très présents dans l'industrie, ils devaient jusqu'à présent, pour des raisons de sécurité, être enfermés dans des cages. Celles-ci ne peuvent être ouvertes que par des techniciens certifiés, une fois les robots arrêtés. La programmation des robots, utilisant des langages spécifiques et complexes, est généralement l'apanage des ingénieurs. Depuis une quinzaine d'années, une nouvelle génération de robots légers, faciles à programmer et capables de travailler dans les ateliers à proximité des opérateurs, sont déployés au sein des ateliers : ce sont les robots collaboratifs appelés également cobots.

Le terme cobot est la contraction des termes anglais « *collaborative* » et « *robot* ». La paternité en est attribuée à des universitaires américains (Akella et al., 1999; Colgate et al., 1996; Peshkin et al., 2001; Saraceno, 2023) qui cherchent à la fois à limiter les troubles musculosquelettiques et à améliorer la productivité dans des usines de production automobile (Ford et General Motors). Un robot collaboratif est un robot qui peut être installé dans le même espace de travail que les opérateurs humains, sans barrière de protection physique. Il est équipé de capteurs et de

programmes déclenchant un ralentissement du mouvement ou un arrêt complet si un risque de collision est détecté.

Les cobots sont capables de réaliser la plupart des opérations industrielles (visser, percer, poncer, souder...) dès lors qu'ils sont équipés des outils correspondants. Ils ne sont pas conçus pour des usages prédéfinis par leurs fabricants : bien au contraire, leur nature même les destine à une très grande palette d'usages différents en fonction des contextes. Ce qui caractérise avant tout les cobots, c'est leur facilité d'utilisation et leur flexibilité. Facilement programmables, grâce à des interfaces accessibles sur des tablettes, et aisément déplaçables, ils peuvent être utilisés à des tâches qui sont susceptibles de varier dans le temps et dans l'espace.

Si l'on veut comprendre la portée potentielle de cette technologie « collaborative », on peut à titre d'illustration, citer le groupe Renault qui considère que « L'industrie 4.0, c'est des hommes et des robots qui travaillent ensemble ». Des recherches récentes (Colin & Grasser, 2023; Dornelles et al., 2023; Shaba et al., 2024; Smids et al., 2020), montrent que l'utilisation des cobots dans les entreprises est effectivement potentiellement porteuse de changements importants dans l'organisation du travail. Cependant, ces recherches convergent sur le fait que le sens et la portée de ces changements ne sont pas encore écrits parce qu'il existe plusieurs façons d'utiliser cette technologie émergente. A un extrême, les cobots peuvent être utilisés pour pousser encore un peu plus loin l'automatisation des ateliers. Ils viennent alors se substituer aux opérateurs à la fois pour les soulager des gestes les plus pénibles et pour pousser plus loin la course à la rentabilité par substitution de la machine à l'humain. On ne peut pas parler dans ce cas de collaboration mais de « coexistence » (Hentout et al., 2019) : les cobots et les opérateurs travaillent dans le même espace mais sans interaction. Mais d'autres utilisations des cobots sont possibles, dans lesquelles leur flexibilité et leur polyvalence sont exploitées. Dans cette configuration flexible, il ne s'agit pas seulement d'intégrer de façon définitive le cobot à une organisation de l'atelier qui ne change pas, mais d'adapter en permanence l'organisation du travail en utilisant le cobot à l'opération pour laquelle il est le plus utile. L'impact de l'introduction des cobots sur le travail est naturellement différent dans ces deux types d'usage.

2. LA ROBOTIQUE COLLABORATIVE COMME INNOVATION RESPONSABLE : VERS UNE ROBOTIQUE DEMOCRATISEE ?

Concernant les effets des cobots, la littérature académique (Faccio et al., 2023; Liu et al., 2022), tout comme les documents institutionnels², se concentrent sur les questions d'efficacité productive de cette innovation. L'approche en termes d'innovation responsable (IR) invite à élargir le champ d'investigation. En effet, cette approche ne se contente pas d'évaluer l'impact des innovations sur la productivité, mais s'intéresse également à leurs implications sociales, environnementales et éthiques. L'IR est classiquement définie comme : ” *a transparent, interactive process by which societal actors and innovators become mutually responsive to each other with a view to the (ethical) acceptability, sustainability and societal desirability of the innovation process and its marketable products (in order to allow a proper embedding of scientific and technological advances in our society)*” (Owen et al., 2021; Von Schomberg, 2013). L'impact sociétal de la robotique collaborative se manifeste principalement dans deux domaines : l'emploi et la durabilité des cobots. En adoptant une approche de responsabilité sociétale, l'analyse de l'impact des cobots peut se concentrer sur deux questions essentielles :

- Doit-on prendre au sérieux la thèse de l'absence de substitution de l'homme par les cobots ?
- Quel est l'impact environnemental des cobots sur la durée de leur cycle de vie ?

Mais, tout autant que la responsabilité sociétale, le caractère responsable de la cobotique doit être analysé dans son impact sur ses utilisateurs. En tant qu'innovation de process, la robotique collaborative a ceci de spécifique que les consommateurs, au sens ici d'acheteurs du produit, sont des entreprises, et que les utilisateurs sont les salariés de l'entreprise. Si l'on cherche à appréhender la désirabilité sociétale du processus d'innovation, il faut alors s'intéresser aux effets potentiels de l'introduction de la robotique collaborative sur ces utilisateurs et donc son impact non seulement sur l'emploi mais également sur le travail.

Les potentiels effets négatifs sur le travail, la *dark side* (Coad et al., 2022) de la cobotique, ne sont abordés dans les documents institutionnels qu'en terme de sécurité physique des

² Voir par exemple le Guide pratique de l'usine du futur de la Fédération des Industries Mécaniques.

opérateurs³ et dans la littérature en sciences sociales essentiellement sous l'angle de l'acceptabilité de la technologie (Baumgartner et al., 2022; Jacob et al., 2023; Liu et al., 2022). Pourtant, si la robotique collaborative tient les promesses de ces thuriféraires, son impact sur le travail dans l'usine du futur dépassera largement ces deux questions. Si l'on prend le terme de collaboratif à la lettre, les interactions avec les cobots devraient permettre aux opérateurs de s'impliquer davantage dans le processus d'innovation. Basés sur un accès plus simple à la programmation et une flexibilité importante dans leur utilisation, les cobots pourraient favoriser un processus d'innovation plus inclusif en interne. En d'autres termes, il s'agit de savoir si cette technologie participe au mouvement de transfert de l'activité d'innovation des producteurs vers les utilisateurs mis en évidence de longue date par von Hippel (1976) et donc si la cobotique peut enclencher une démocratisation de l'innovation (von Hippel, 2009) dans l'usine du futur. Dans une optique d'IR, la capacité à inclure l'ensemble des salariés « à travers la mise en place de pratiques de démocratisation de l'innovation » (Georget et al., 2023) peut notamment renvoyer au courant de *l'employee driven innovation (EDI)*.

L'EDI est un concept général, «*an umbrella concept*» (Opland et al., 2022), très proche du concept de «*high-involvement innovation*» (Klein & Paris, 2021) qui peut contribuer à démocratiser l'innovation (Leible et al., 2023). Si l'on suit une des référence fondatrices (Høyrup, 2010), en tant que processus d'innovation l'EDI, a trois caractéristiques :

Il nécessite à la fois la création et la mise en œuvre d'innovations significatives ce qui le distingue de simples réglages ou d'adaptations d'innovations conçues par les spécialistes.

Les innovations concernées peuvent inclure n'importe quel contenu (c'est-à-dire des innovations de produit, de processus et de paradigme).

Enfin, l'EDI est le fait des employés ordinaires, «*work-floor employees*» (Renkema et al., 2022), qui ne sont pas normalement affectés à des activités d'innovation mais qui peuvent apporter leur contribution en dehors des limites de leurs responsabilités professionnelles principales.

C'est dans cette dernière caractéristique que réside la spécificité de l'EDI : contrairement à l'essentiel de la littérature sur l'innovation, les acteurs du processus n'ont pas ici pour fonction principale d'innover. On est assez proche de « l'innovation ordinaire » de N. Alter (2001).

³ Voir par exemple le Guide de prévention à destination des fabricants et des utilisateurs pour la mise en œuvre des applications collaboratives robotisées du Ministère du Travail ou le dossier Robots collaboratifs sur le site l'INRS

L'IDE s'appuie sur les apprentissages en situation de travail et une activité qui peut être assimilée à du « bricolage » (Taylor et al., 2021) dans le sens où il s'agit d'utiliser les moyens disponibles pour créer des solutions innovantes. Cette innovation faite dans les ateliers ou les services par des employés dont la fonction principale est de produire rend ce processus inclusif. En effet, *“For “ordinary” employees, to drive innovations largely means participating in those organizational decision-making procedures by which innovations are triggered and determined.”* (Kesting & Parm Ulhøi, 2010) Une recherche récente (Felstead et al., 2020), se basant sur des questions spécifiques introduites dans l'enquête britannique *Skills and Employment Survey*, montre l'importance du phénomène. A titre d'illustration, sept salariés sur dix ont déclaré avoir pris l'initiative plus d'une fois au cours de l'année écoulée d'améliorer la façon dont le travail était effectué et/ou les produits ou services produits.

Høyrup (2012) propose de distinguer trois niveaux, selon que les processus sont ascendants, mixtes ou descendants. L'approche de premier niveau se réfère aux processus d'innovation initiés de la base vers le sommet par les "employés ordinaires" ; l'approche stratégique de deuxième niveau se réfère aux processus mixtes initiés de la base vers le sommet et du sommet vers la base ; et l'approche stratégique de troisième niveau se réfère aux processus d'innovation initiés du sommet vers la base par la direction. Selon Høyrup (2012), la question de savoir si l'on inclut l'approche stratégique de troisième ordre dans l'EDI dépend de la définition, large ou étroite, que l'on donne au phénomène. Dans une revue de la littérature consacrée à l'*employee-driven digital innovation*, Opland et ses collègues (Opland et al., 2022) constatent que près des deux tiers des études concernent le premier niveau, c'est-à-dire des processus *bottom-up*.

Un autre apport de ce courant est de ne pas considérer l'EDI comme un phénomène spontané : *« Employee-driven activity does not live alone. It is influenced by the activity of the management, colleagues in the network and the wider community. »* (Haapasaari et al., 2018) Une partie importante des recherches dans ce domaine s'intéresse aux conditions organisationnelles favorisant l'EDI. Il peut s'agir d'analyses centrées sur les facteurs organisationnels favorisant le passage de l'idée à son implémentation dans l'organisation (Kesting & Parm Ulhøi, 2010; Voxted, 2018), sur l'équilibre entre autonomie et contrôle dans le processus (Flocco et al., 2022), sur l'impact des mécanismes de soutien de la GRH dans un contexte professionnel formalisé (Renkema et al., 2022), du rôle des relations de pouvoir (Haapasaari et al., 2018), sur les facteurs influençant des EDI pro-environnementales (Yuriev et al., 2022) ou à la possibilité de l'EDI dans des pays émergents (Kesting et al., 2016). Notre

communication s'inscrit dans la filiation de ces travaux puisque notre question de recherche est de comprendre dans quelle mesure l'introduction d'une technologie théoriquement à fort potentiel « collaboratif », la cobotique, va ou non favoriser l'EDI et la participation des salariés à l'innovation.

Sur le principe, la robotique collaborative pourrait faciliter l'EDI. En partant des trois caractéristiques mentionnées par Høystrup, il peut tout à fait s'agir d'innovation de process, cela suppose que les innovations ne soient pas de simple mise au point ou adaptation des cobots et qu'elles soient le fait de salariés dont ce n'est pas la fonction première c'est-à-dire notamment des opérateurs. En d'autres termes, les employés devraient être les moteurs de ces changements, ce qui suppose de leur donner les moyens et l'autonomie nécessaires.

Outre les conditions organisationnelles, on peut s'interroger sur ce qui pousserait des salariés dont ce n'est pas la fonction à innover. Pour Raasch et von Hippel (2013), il existe trois motivations pour la participation volontaire à un projet d'innovation : les avantages liés à la vente, à l'utilisation et au processus. S'agissant de l'EDI, les avantages liés à la vente semblent a priori peu pertinents. La capacité à tirer profit d'une éventuelle commercialisation de son innovation par un opérateur, si elle existe d'un point de vue juridique, est dans la pratique assez limitée. La deuxième motivation est a priori plus opérante : si un salarié innove c'est généralement pour résoudre un problème qui se pose dans son travail et il est souvent plus simple pour l'utilisateur d'innover que de transmettre une information complexe au fournisseur de son équipement (Von Hippel & Tyre, 1995). Il s'agit de problèmes spécifiques et qui s'éloignent des routines habituelles de l'entreprise et de ce point de vue les recherches sur l'EDI considèrent que les salariés ordinaires « *can therefore contribute creativeness, networks and exclusive knowledge* » (Kesting & Parm Ulhøi, 2010). Surtout, la motivation peut résider dans le fait de participer au processus d'innovation considéré comme une activité de résolution de problème qui procure du plaisir et des occasions d'apprentissage. C'est notamment par son impact en termes de capacité d'apprentissage des salariés ordinaires que l'on pourra donc juger du potentiel en termes d'EDI d'une nouvelle technologie.

3. ÉTUDES DE CAS : METHODOLOGIE ET PRESENTATION DES ENTREPRISES

Cette section détaille la méthodologie employée et présente succinctement les entreprises ayant fait l'objet d'étude de cas en précisant notamment les raisons et les modalités de l'intégration des cobots.

3.1 Méthodologie

S'agissant d'une innovation relativement récente, dont la diffusion dans l'industrie n'est pas massive même si elle commence à être significative (Colin & Grasser, 2023), une approche quantitative serait difficile à mettre en œuvre et aurait finalement assez peu de sens. Une approche qualitative par étude de cas (Yin, 2003) nous semble plus à même de permettre de comprendre les effets d'une innovation technologique en cours de déploiement.

La communication proposée se base, pour sa partie empirique, sur trois études de cas réalisées dans des PME qui utilisent des cobots et s'inscrit dans la tradition française de recherche sur le changement technologique en adoptant une vision compréhensive (Coron & Gilbert, 2022).

Tableau 1 : Caractéristiques des entreprises

Acronyme	Activité	Nombre salariés	Nombre de cobots	Utilisation des cobots
Equipauto	Fabrication de sous-ensembles pour l'automobile	72	8	Vissage Positionnement de pièce Contrôle qualité
Metal	Tôlerie chaudronnerie pour fabrication de pièces en petites séries	52	3	Soudure Ponçage
Tole	Tôlerie industrielle	37	7	Découpe Chargement de machine Soudure Ponçage Peinture

Pour chaque étude de cas, nous avons tout d'abord visité l'ensemble de l'usine avant de faire une observation « flottante » (Baumard et al., 2014) des ateliers dans lesquels ont été introduits des cobots. Ensuite, des entretiens ont été réalisés auprès de la direction de l'entreprise, des cadres du service production, des techniciens et managers de proximité des ateliers utilisant des cobots et d'opérateurs de ces ateliers. Ce sont au total 25 entretiens qui ont été menés et intégralement retranscrits. Quand cela était possible, les entretiens avec les opérateurs ont été suivis par un retour sur le poste de travail pour une démonstration du fonctionnement du cobot et une poursuite sans enregistrement des entretiens.

Tableau 2 : Les entretiens réalisés

	Opérateurs	Techniciens/ managers	Cadres	Total
Equipauto	4	4	3	11
Métal	1	1	3	5
Tôle	4	4	1	9
Total	9	9	7	25

Le guide d'entretiens avec les cadres qui pilotaient l'introduction des cobots a suivi une trame chronologique : initiative, déroulement et bilan du projet. Retracer l'historique des projets

d'implantation de cobots nous a permis de cerner les attentes initiales des entreprises et leurs évolutions jusqu'au fonctionnement en utilisation courante. Les entretiens avec les managers et les techniciens ont porté sur les changements induits par l'introduction des cobots, tant pour eux-mêmes que pour les opérateurs. Des questions visaient également à faire préciser les apprentissages nécessaires à tous les niveaux et la façon dont les opérateurs ont été associés au processus. Le guide utilisé pour les opérateurs les amenait à décrire leur travail et à préciser l'usage des cobots. Il revenait ensuite sur leur implication dans le projet cobot et sur le bilan qu'ils en tirent.

Les entretiens ont été enregistrés et systématiquement retranscrits. Ils ont fait l'objet d'un codage sur le logiciel Nvivo à partir d'une grille *a priori* (Cf. schéma en annexes). Le codage nous a permis de catégoriser les éléments d'entretiens portant sur l'impact des cobots sur les utilisateurs en termes d'acceptabilité, de sécurité, de condition de travail et de capacité à innover. Un deuxième ensemble de code porte sur l'impact sociétal des cobots soit par le biais de l'emploi soit par leurs effets environnementaux. Un troisième ensemble de codes porte sur les apprentissages liés à la mise en œuvre des cobots. Ce nœud regroupant un grand nombre de verbatims, il a assez rapidement été scindé en quatre codes précisant les moteurs de l'apprentissage, les freins à l'apprentissage et en termes de résultats les compétences nouvelles et le lien aux compétences anciennes. Enfin, quatre codes descriptifs nous permettaient de catégoriser les éléments portant sur les caractéristiques de l'entreprise et de l'interviewé ainsi que sur le fonctionnement des cobots de l'entreprise et enfin les avis généraux sur la cobotique.

3.2 Trois cas d'intégration de cobots en PME

Métal : le cobot qui imite les soudeurs

MÉTAL est une PME d'une cinquantaine de salariés spécialisée dans la sous-traitance en tôlerie-chaudronnerie (découpe, pliage, soudure et finition). Elle est implantée en milieu rural et mise avant tout sur les petits volumes et des délais courts.

Les cobots ont été introduits pour essayer de résoudre une difficulté à recruter des soudeurs qualifiés. Ces derniers sont captés par une grosse usine d'armement située à 20 km de l'entreprise. La soudure est le principal goulot d'étranglement de la production d'une entreprise qui peine à tenir ses délais.

Le soudage était initialement partagé entre des soudeurs manuels et un robot « classique » de soudure. La programmation du robot est effectuée par un technicien spécialisé, ce qui nécessite une connaissance du langage de programmation spécifique. Le temps de préparation d'une série

est relativement long. Sur des séries très courtes ou des assemblages complexes, les postes à souder manuels restent plus efficaces.

L'entreprise a fait l'acquisition d'une installation cobotique de soudage proposée par un grand fabricant de poste à souder. Elle se compose d'un poste manuel manipulé par un cobot positionné sur un établi spécifique. Sa particularité est d'être dotée d'une fonction d'imitation qui permet au cobot de reproduire finement les gestes du soudeur. Ce dernier fait la première soudure (ou ensemble de soudures) et le cobot enregistre le geste qu'il peut répliquer à l'identique. Il suffit ensuite de replacer les pièces à souder dans le montage et le cobot peut faire autant de pièces que nécessaire. Sur des séries récurrentes, on peut même garder une photo du montage et relancer le programme (à la limite sans le soudeur). Le cobot travaille dans un espace isolé par une barrière virtuelle à cause du risque de brûlure et une barrière physique (bâche) pour protéger la vue. Dans son fonctionnement, il n'est pas collaboratif. Lors de notre recherche, deux cobots de soudure sont utilisés et un autre est en commande. Capitalisant sur l'expérience acquise, un « technicien » sans formation industrielle est en train de mettre au point une application cobotique destinée au ponçage. L'objectif est de dégrossir la finition qui est terminée à la main et l'utilisation du cobot doit être transférée aux opérateurs.

Un autre intérêt du cobot est que l'investissement est limité et qu'il est très rapidement opérationnel : mise en place en une journée contre 15 jours d'installation et un an pour l'exploitation complète pour le robot « classique ». La mise en production a été faite par le responsable soudure qui n'est pas un technicien et n'a pas de compétences spécifiques en robotique ou en programmation. Globalement, le travail de soudeur devient un peu plus technique mais également moins répétitif. Cela change la façon d'organiser le travail de soudure. D'une part, parce qu'il faut choisir ce qui sera fait par le soudeur, par le cobot ou par le robot. Ce choix pouvant varier dans le temps en fonction des impératifs de production et des délais. D'autre part, l'ordre des opérations de soudure sur des ensembles complexes doit être envisagé différemment : alors que dans la soudure traditionnelle le soudeur fait une pièce du début à la fin, quand on passe par le cobot, il peut être intéressant de segmenter la pièce. La façon de concevoir le montage support pour le soudage et le séquençement des tâches liées à cette opération sont différents.

Tôle : de l'application cobotique de soudure à la multiplication des cobots

Tôle est une entreprise d'une trentaine de salariés qui associe une activité de tôlerie et un bureau d'étude. Lors de l'étude de cas, l'entreprise a huit ans d'existence et elle connaît une très forte croissance. Sur la partie tôlerie, l'entreprise fabrique d'une part des petites séries en sous-

traitance et d'autre part elle développe, fabrique et commercialise des produits spécifiques sur des marchés de niche à partir de containers maritimes : *Tiny house*, box de traitement de meubles contre les puces de lit, cabines de peinture... L'entreprise, située en milieu rural, connaît des difficultés de recrutement. Pour les résoudre, elle recrute des personnes sans qualification industrielle et les forme en utilisant le dispositif « action de formation préalable au recrutement » de Pôle Emploi. Elle mise également sur une amélioration des conditions de travail, en particulier pour les postes les plus pénibles, qui sont les plus exposés au turnover.

La partie bureau d'étude s'est surtout développé à travers un partenariat avec un fabricant de postes à souder pour la conception d'une unité de soudure utilisant un cobot. La solution développée est assez différente de celle mise en place par Métal. Si le principe reste celui d'un cobot générique utilisant un poste à souder classique, la programmation ne se fait pas par imitation du geste du soudeur, mais par une application dédiée. L'innovation principale est un programme spécifique qui contrôle le cobot et le poste à souder via une interface intuitive. L'entreprise a vendu une cinquantaine de ces applications cobotiques de soudure.

L'expérience a permis ensuite d'utiliser des cobots dans les différentes activités de la partie tôlerie. Neuf cobots sont utilisés actuellement dans l'atelier. Après les trois cobots de soudure, c'est une opération de chargement/déchargement d'une presse plieuse qui a été automatisée. La presse est une machine très ancienne et qui ne respecte plus les normes de sécurité pour un chargement manuel. Un opérateur programme la manipulation des pièces et leur chargement dans la plieuse en entrant des paramètres sur une tablette par le biais d'une application dédiée. Tôle a ensuite intégré un cobot afin de réaliser différentes étapes de polissage et de ponçage. Ces étapes de finition sont parmi les plus fastidieuses et pénibles (vibrations). L'entreprise a ensuite créé une installation avec un cobot mobile doté d'une lance de découpe plasma pour remplacer un opérateur qui faisait une découpe à la disqueuse sur des containers. Là encore, c'est avant tout l'élimination de la pénibilité qui était visée. Enfin, lors de notre étude de cas une application de peinture et une application de désamiantage à distance étaient en développement. A la suite, l'entreprise a développé une activité de conseil pour la mise en place de solutions cobotiques dans les entreprises (fonction d'intégrateur).

Equipauto : du cobot qui remplace les ouvriers du montage au développement d'un centre de compétences

Equipauto est un sous-traitant du secteur automobile installé à proximité d'une usine d'un grand constructeur. L'entreprise, qui est une filiale d'un grand groupe étranger, compte 70 salariés en

CDI et une dizaine d'intérimaires. Elle est spécialisée dans le montage de sous-ensembles, notamment par vissage, et la main-d'œuvre constitue 70 % des coûts. L'installation de cobots est motivée par une volonté de gain de productivité en faisant une automatisation facile et rentable d'opérations de vissage. L'entreprise n'utilise pas de robots classiques car il n'y a pas sur place de compétences pour les programmer et leur rentabilisation dans une entreprise à l'avenir fragile est incertain.

L'utilisation des cobots n'est pas du tout collaborative et ils sont protégés par des carters pour des raisons de sécurité. Ce qui va faire leur intérêt, c'est leur facilité d'installation, de programmation et leur faible encombrement. La contrainte de juste à temps est telle que les cobots remplacent des opérateurs un pour un en utilisant leurs outils et on peut donc les remplacer par des intérimaires en cas de panne.

La spécificité de ce cas repose sur le développement d'une expertise interne du site en matière d'installation de cobots, destinée à être diffusée au sein du groupe. Initialement, des activités de montage cobotisées ont été réalisées avec l'aide d'un intégrateur. Progressivement, les ingénieurs et techniciens de l'entreprise déploient un nombre croissant de cobots (neuf à la date de l'étude de cas), en les équipant successivement d'un chargeur d'outils, d'un système d'approvisionnement, d'une caméra pour le positionnement, puis d'une autre caméra pour le contrôle qualité. Ce savoir-faire interne aboutit à la création d'un centre de compétences, chargé non seulement de dupliquer ce modèle d'automatisation dans les autres filiales du groupe, mais aussi d'assurer une veille technologique sur ces innovations. Le rôle des opérateurs de fabrication se limite à faire remonter les problèmes rencontrés et ils ne travaillent pas avec mais à côté des cobots. Par contre sur les autres niveaux, l'évolution des compétences est nette. Les animateurs (qui sont opérateurs) sont chargés de gérer le redémarrage des cobots en cas d'arrêt et ils ont une clé permettant de réinitialiser le cobot. Ils gèrent des équipes « mixtes ». Les techniciens de maintenance peuvent programmer et participer activement à la mise en place des cobots (ce qui n'est pas le cas avec la robotique traditionnelle). De nombreuses formations (CQPF) ont accompagné cette évolution ainsi qu'un système d'habilitation : niveau remise en route pour les animateurs et programmation pour les techniciens.

4. LES USAGES DE LA COBOTIQUE : VERS UNE ROBOTIQUE PLUS RESPONSABLE ?

Nous allons maintenant présenter les résultats de l'intégrations de cobots sous le prisme de l'investissement responsable. Du point de vue de l'impact sociétal, le bilan est relativement

ambivalent (4.1) mais la cobotique si elle est finalement peu collaborative dans ses usages semble plutôt favorable au développement de l'EDI (4.2).

4.1 *Un impact sociétal ambivalent sur l'emploi*

Concernant l'emploi dans les trois cas étudiés, il y a bien substitution du travail humain vers les cobots. Dans les trois entreprises, les tâches effectuées par les cobots sont pour l'essentiel des tâches qui étaient auparavant effectuées par des opérateurs même si cela n'a pas nécessairement entraîné de suppression d'emploi. C'est particulièrement le cas à Equipauto où la mise en place des cobots s'est traduite par le non renouvellement d'une partie des intérimaires : *« ça fait sauter une place d'opérateur quelque part. »* (Un opérateur de Equipauto parlant des cobots). L'avis des managers de proximité n'est pas très différent : *« Vous voyez hein on a des opérateurs (souffle) et le matin il est pas réveillé voilà quoi. Le robot lui le matin, on appuie dessus et il est prêt quoi. (...) c'est bien plus fiable qu'un opérateur quoi. »* (Manager de proximité Equipauto). A Métal, le déploiement des robots collaboratifs se fait dans une situation où l'entreprise a de grande difficulté de recrutement et peine à respecter les délais des commandes. L'innovation technologique ne débouchera donc pas sur des suppressions d'emploi mais l'objectif est bien de remplacer le travail humain par l'activité du cobot : *« ce robot-là me permet réellement, de dégager du temps de soudage. Et comme je dis à mes collaborateurs, même si on fait que deux points de soudure (...), c'est deux points de soudure gagnés que le soudeur ne fait plus. »* (Directeur de Métal). Les directions affirment systématiquement que le bilan en termes d'emploi est neutre, voir positif, parce que les cobots permettraient de renforcer la compétitivité et d'éviter des éventuelles délocalisations. Il est difficile d'aller plus avant à partir d'une recherche au niveau micro-économique concernant une innovation en cours de déploiement.

Ce que montre nos études de cas, c'est que le bilan est d'autant plus ambigu que la substitution peut avoir des effets très variables selon les activités.

Ce sont souvent des tâches génératrices de TMS ou de pénibilité qui sont l'objet de substitution et la motivation première n'est pas nécessairement un gain de productivité : *« on va pas supprimer l'emploi, on aura toujours autant d'emplois. Il faut être clair, sauf que vous allez enlever les tâches pénibles, c'est tout »* (Directeur, Métal). Dans le choix entre ce qui va être soudés par le cobot ou par un opérateur, c'est tout autant la pénibilité que des critères de

tailles des lots qui entrent en jeu : « *sur le cobot⁴, on soude des pièces galvanisées avec une aspiration, ce que les soudeurs traditionnels n'aiment pas faire.* » (Opérateur soudure, Tôle). C'est également le cas de certaines opérations de vissage à Equipauto : « *des vissages qui sont faits par un humain, mais qui sont très durs. (...) à force de prendre 105 newtons dans le bras à chaque module, c'est un peu... Alors, même si on met toujours des systèmes qui aident à bloquer l'effort, ça reste quand même des tâches pénibles pour les opérateurs* » (ingénieur méthode Métal)

Ensuite, et les deux sont souvent cumulatifs, les substitutions peuvent viser des emplois en situation de pénurie sur le marché du travail. C'est notamment le cas des applications cobotiques de soudure mises en place à Métal et Tôle dans des bassins d'emploi où il est extrêmement difficile, particulièrement pour une PME, de recruter un soudeur. La mise en place de cobot vise autant à favoriser l'attractivité des métiers industriels en améliorant les conditions de travail et en faisant monter les opérateurs en compétences : « *La philosophie cobot, c'est tu as détecté une pénibilité, tu prends en considération déjà, et (...) si tu veux, le cobot qui va enlever ta pénibilité, et ton mec, tu ne vas pas le virer, ton mec, tu vas le faire monter en compétence, donc déjà, tu lui as donné une certaine considération parce que tu l'as écouté et que tu as détecté sa pénibilité, tu lui as mis en place une solution, et que derrière, du coup, il va se remotiver pour faire tourner le truc, et derrière, tu vas pouvoir le faire monter en compétence, soit sur la programmation des cobots, soit sur autre chose.* » (Directeur Tôle)

L'objectif est le même à Métal : « *faute de combattants ça accélère la robotisation, ça, c'est évident, mais demain, on va attirer du monde, parce qu'on sera robotisé, vous voyez. Donc les métiers changent tout simplement, (...) le soudeur sera pas soudeur, il sera manipulateur-soudeur* » (Directeur Métal) Ce que confirme un soudeur : « *le soudeur il va faire la programmation de sa pièce, il va s'assurer que tout est conforme et puis de l'autre côté ben la finition, la tâche pénible du métier est bien dégrossie.* » (Soudeur Metal)

Outre les postes de soudeur, on a pu constater que la mise en place d'un cobot sur la plieuse à Tôle permet un enrichissement et une diversification des tâches : « *Ça me permet de faire autre chose. Par exemple, je fais mon programme, je le lance en pliage, je mets une pièce à souder à côté, je règle le cobot sur le soudage, ça va souder tout seul. Donc j'ai deux cobots qui travaillent, qui remplacent deux êtres humains, et moi, si j'ai une pièce compliquée, je vais la plier*

⁴ Les salariés parlant parfois indifféremment de cobots, de robots collaboratifs ou de robot dans des ateliers où il n'y a pas nécessairement de robots classiques, nous avons parfois remplacé le terme robot par le terme cobot dans des citations par soucis de clarté et de respect du sens donné au terme par l'interviewé.

manuellement. » (Opérateur plieuse, Tôle). De ce point de vue, l'automatisation par un cobot à un impact très différent de celui qu'aurait eu un robot classique car il peut être pris en main par un salarié sans qualification industrielle : « Moi, je ne suis pas du tout du domaine, je ne suis pas du métier. J'ai fait un bac en mathématiques, en Tunisie. Après, j'ai fait une licence en chimie, du coup, ça n'a rien à voir. (...) Avec le cobot, on a eu une formation pour tout le monde. Après, moi, (...) avec le cobot, je suis monté en compétence, mais petit à petit. » (Opérateur plieuse, Tôle)

D'un point de vue environnemental, les données récoltées ne permettent pas de faire un bilan complet du cycle de vie de cobot qui sont récemment installés. Dans les entretiens, les préoccupations écologiques n'apparaissent jamais spontanément dans les motivations de l'implantation des cobots. Cependant, de ce point de vue, les cobots ont cet avantage par rapport aux robots classiques d'être redéployables augmentant potentiellement fortement leur durée d'utilisation. Les cobots utilisés aujourd'hui en soudure pourrait être réutilisés sur n'importe quelle autre opération. Nos interlocuteurs nous ont confirmé la parfaite interchangeabilité des cobots même si dans les faits l'utilisation des cobots était trop récente pour que des cas effectifs aient existé. Outils « génériques », les cobots seraient moins sensibles à l'obsolescence quand les conditions de fabrication, les technologies ou les conditions de marché évoluent. A titre d'illustration le cobot utilisé pour la soudure et le ponçage à Métal est le même et c'est également le même modèle qui est utilisé pour la plupart des applications à Tôle. L'exemple de la plieuse montre qu'il est également possible de prolonger l'usage de machine-outil qui ne sont plus aux normes de sécurité en faisant faire le chargement par un cobot. Le faible encombrement et la grande polyvalence des cobots pourrait favoriser une réutilisation tant des cobots eux-mêmes, que d'autres équipement a priori obsolètes, favorisant une démarche de type économie circulaire dans les usines du futur.

4.2 Une technologie plutôt favorable au développement de l'EDI

Concernant, la capacité de la cobotique à favoriser l'EDI nos trois études de cas nous permettent de faire plusieurs constats :

Le premier est transversal : dans les trois cas, les usages des cobots ne sont pas collaboratifs.

« Ben je fais mon travail et puis le robot il fait son travail. (...) voilà, pour moi, ça s'arrête-là. » (Opérateur Equipauto)

« on va dire entre guillemets, ils sont pas très collaboratifs non plus quoi, on a quand même une zone de sécurité. Ils travaillent pas avec nous, ils travaillent à côté de nous et dès qu'on rentre dans la zone ça arrête de travailler quoi. » (Technicien Equipauto)

« son utilisation peut être différente en fonction des applications, ce qui n'est pas forcément collaboratif. (...) enfin, j'estime qu'on est plus dans le collaboratif »
(Directeur, Métal)

Tant pour des raisons de sécurité, que de difficultés techniques à le mettre en œuvre dans cette optique, le cobot-collègue semble tenir du mythe. Il est avant tout un outil utilisé de façon asynchrone par les opérateurs. On confirme ici des résultats déjà avancés dans la littérature quand elle s'intéresse non pas aux possibilités offertes par les cobots mais à leur usage réel en contexte productif (Bauer et al., 2016; Colin & Grasser, 2023; Ivaldi, 2018; Michaelis et al., 2020).

Si l'aspect collaboratif des cobots semble, à ce stade, ne pas être primordial cela ne veut pas dire que leur introduction dans les ateliers n'a pas d'impact sur le travail et son organisation. Cet impact passe avant tout par la facilité d'utilisation et la flexibilité de cette technologie. De ce point de vue, les cobots peuvent favoriser l'EDI dans deux directions : d'une part, par une inclusion dans le processus d'innovation de catégorie de salariés qui en sont exclues avec la robotique traditionnelle et d'autre part par la constitution de trajectoires d'innovation plus ouvertes.

Alors que la robotique est avant tout une affaire d'ingénieur, la cobotique semble beaucoup plus accessible aux « salariés ordinaires ». Le simple fait que les cobots partagent le même espace de travail que les opérateurs et qu'ils ne soient pas enfermés dans une cage suscite la curiosité : *« Mais les opérateurs ils veulent participer, ça, c'est clair. »* (Responsable soudure, Métal) Dans les trois entreprises étudiées la mise en place des cobots a été l'occasion de nombreux apprentissages qui ont essentiellement concerné les techniciens chez Equipauto mais également les opérateurs chez Metal et Tôle.

« Le personnel de maintenance qui a travaillé là-dessus était content d'avoir la possibilité de de continuer à gagner en compétences sur ce genre de choses donc ça, ça a changé un peu la donne. » (responsable projet cobotique Equipauto)

« ça fait voir autre chose aussi, c'est... c'est intéressant » (soudeur Métal)

C'est notamment la simplicité de la programmation qui va permettre d'impliquer des opérateurs : *« à programmer c'est beaucoup plus simple, avec les cobots »* (Opérateur Tôle). Cela ne veut pas dire que les salariés n'ont aucune appréhension mais la relative simplicité de cette technologie permet d'apprendre par la pratique : *« j'me suis cassé la tête sur un premier dossier, j'ai dit « oh la la, ça va être, ça va être un cauchemar ce cobot ». Et puis finalement si parce qu'il faut savoir s'y prendre. C'est pour ça que maintenant quand je forme les opérateurs*

dessus, « voilà tu fais ça dans cet environnement-là, voilà. Quand tu te sentiras plus à l'aise, et en on passera un petit volume au-dessus et ainsi de suite ». (Responsable soudure, Métal). On peut, de ce point de vue, considérer la technologie comme inclusive parce qu'elle requiert peu de compétence métier : « Même, on prend une personne qui n'a jamais fait des études de sa vie, on lui apprend comme un portable, un smartphone, une application « là, tu as des touches », tu lui répètes cinq, six fois, c'est bon. » (Opérateur plieuse, Tôle). A un autre niveau, le technicien qui a mis au point l'application de ponçage à partir d'un cobot standard et d'une ponceuse manuelle confirme : « Je suis pas du tout informaticien, je sais pas du tout coder. » (Technicien, Métal). Quand on l'interroge sur la capacité des opérateurs à s'approprier cette technologie, sa réponse montre l'accessibilité des cobots et en pointe les limites : « Tous les opérateurs à 100 %, ça va être compliqué. Mais on va dire, la plupart de nos opérateurs, je pense qu'ils pourront... sans problème. Après, c'est une question de formation et d'envie. » (Technicien, Métal)

Dernier constat, les apprentissages issus de la mise en place des premiers cobots ont ouvert une trajectoire d'innovation non anticipée. Ainsi, à Métal, après avoir participé à la mise en place des cobots l'un des salariés, sans formation initiale industrielle, a mis en œuvre une application de ponçage. « C'était un essai. C'est-à-dire que j'ai dit, ben, aujourd'hui on a les Cobots, on a une meule, on peut mettre une meule sur un Cobot, on va tester, et puis on verra ce que ça donne, tout simplement. (...) De toute façon... au pire des cas, soit ça marche et tant mieux, soit ça marche pas, ben... au pire, entre guillemets, on trouvera une autre utilité au cobot. » (Technicien, Métal). Outre la simplicité d'utilisation, on voit dans cet exemple que la faiblesse de l'investissement et la capacité à le redéployer favorisent le processus d'essais-erreur. A Equipauto, la mise en place des premières applications de cobotique a été faite en collaboration très étroite avec le fournisseur et un intégrateur, et l'entreprise s'est ensuite progressivement autonomisée : « Ben au départ c'était..., on avait commandé des cellules complètes quoi. (...) Puis au fur à mesure ben, on en a fabriqué nous-mêmes quoi. (...) Après voilà ils nous ont montré leur technologie, on a eu des formations et des choses comme ça, après les programmations, les autres, on les a faits nous-mêmes. » (Technicien de maintenance Equipauto) A Tôle, les cobots ont tout d'abord été utilisés en soudure puis l'entreprise a redéployé les savoir-faire constitués vers d'autres activités : chargement de machine, découpe plasma, ponçage, désamiantage à distance et à débouché sur un partenariat avec un fabricant de cobot pour être intégrateur des robots collaboratifs dans d'autres entreprises. Le caractère générique du cobot rend les apprentissages faits lors d'un développement assez facilement

transposable sur un autre type d'usage du cobot : « *c'est le même Process. C'est les mêmes cobots, c'est la même marque. (...) On n'a encore pas fait tout le champ des possibles sur ce cobot.* » (Directeur, Tôle)

Au final, l'impact de la cobotique sur le développement de l'*employee-driven innovation* dépend pour une part de la définition retenue. Si l'on considère uniquement l'approche de premier niveau de l'IDE, c'est-à-dire l'approche ascendante, et si l'on assimile les *work-floor employees* aux seuls opérateurs de production alors l'impact semble relativement limité. La mise en place des cobots échappe pour l'essentiel aux opérateurs qui ne font que s'adapter à une innovation décidée par les directions des PME. On constate néanmoins que la facilité d'utilisation et la proximité physique permettent un enrichissement du travail et une montée en compétences des opérateurs qui est *a priori* favorable à « l'innovation ordinaire » (Alter, 2001). Reste que dans nos trois études de cas, il est difficile de citer une « *significant innovation* » (Høyrup, 2010), c'est-à-dire une innovation que l'on ne puisse pas considérer comme un simple réglage ou une adaptation d'innovations conçues par les spécialistes. Inversement, si l'on envisage les différentes approches de l'EDI, on s'inscrit ici assez clairement dans une approche descendante, dite de troisième ordre (Cf. 2). De plus, la question de savoir qui peut être considéré comme un « *ordinary employees* » n'est ici pas triviale. Dans la littérature sur l'EDI, cette question est peu traitée mais dans son acception la plus large on peut considérer qu'il s'agit des salariés dont l'innovation n'est pas la principale fonction et le concept d'EDI vise surtout à souligner « *the importance of workplace learning* » (Høyrup, 2012). Dans ce sens, les techniciens voire les managers de proximité peuvent être vus comme des *work-floor employees* et l'impact de la cobotique est beaucoup plus important. La mise en œuvre des cobots ne nécessite plus nécessairement le recours à des ingénieurs. La relative simplicité de leur programmation et la flexibilité dans leurs usages permettent un apprentissage par l'usage facteur d'EDI. Potentiellement, cette technologie pourrait être un facteur de démocratisation de l'accès à la robotique. Reste à imaginer les leviers permettant ce type de mise en œuvre.

5. QUELS LEVIERS POUR UN USAGE RESPONSABLE DES COBOTS ?

A partir de nos résultats, nous allons maintenant suggérer des leviers d'action qui pourraient soutenir une utilisation des cobots favorisant l'*employee-driven innovation*. Il s'agit de chercher à « identifier les prises pour l'action collective » (Aggeri, 2023, p. 181) ou pour le dire autrement de faire évoluer la discussion sur "ce que signifie l'innovation responsable" vers "la manière dont elle pourrait être mise en œuvre dans le contexte des entreprises". (Lubberink et

al., 2017). Un des résultats de notre recherche est que l'introduction des cobots dans les entreprises correspond rarement à un usage collaboratif mais qu'elle rapproche la robotique des salariés des ateliers. Ce rapprochement physique (plus de cages) et « opérationnel » (flexibilité et facilité d'utilisation) peut favoriser l'EDI mais cela n'est pas automatique. Trois leviers nous semblent possibles pour que les cobots ne soient pas uniquement une poursuite de l'automatisation mais favorisent une innovation issue des ateliers dans un processus qui reste globalement descendant : la formation des « *work-floor employees* », une organisation plus ouverte dans les entreprises et l'existence d'une expertise publique sur les usages de la cobotique.

La formation professionnelle est reconnue par la littérature comme un des enjeux cruciaux pour une implémentation réussie des principes de l'industrie 4.0 (Nayernia et al., 2022). Concernant, spécifiquement la cobotique, le premier levier semble effectivement d'accompagner leur mise en place par des formations à destination des « *work-floor employees* ». L'EDI part du principe que les employés sont une source de créativité inexploitée, grâce aux connaissances qu'ils développent dans leur travail. Cependant, ces connaissances seules peuvent être insuffisantes et, de ce point de vue, outre des formations sur les usages possibles des cobots, des rudiments de programmation semblent être décisifs. La programmation des cobots est relativement simple. Elle se fait sur des tablettes à partir d'applications spécifiques qui ne nécessitent pas de programmation au sens strict mais s'approprier cette technologie suppose une relative familiarité avec les outils informatiques et une compréhension des bases de la programmation. Les fournisseurs de cobots ont mis en place des ressources en ligne qui peuvent servir de support à des formations internes. Ce point est d'autant plus important que c'est sans doute là que se fait la différence entre les opérateurs et les techniciens⁵. Ces derniers, par leur formation initiale ou en entreprise et par leur expérience, ont en général acquis des compétences en programmation qui ne leur permettaient pas nécessairement d'innover avec les robots classiques mais s'avèrent suffisantes avec la robotique collaborative. Au niveau opérateur, ce n'est pas a priori le cas. Seuls des opérateurs ayant une appétence pour les NTIC ou ayant un niveau de formation initiale important (licence de chimie pour l'opérateur plieuse de Tôle) pourront se former par essais-erreur et en consultant des ressources externes. Pour les salariés ordinaires, l'accessibilité de la cobotique n'est qu'un potentiel qui suppose une capacité à

⁵ La frontière entre ces deux catégories est loin d'être toujours évidente mais elle recouvre, nous semble-t-il, la différence existant dans la littérature entre une conception étroite « *ordinary employee* » et une conception plus large « *work-floor employee* » des salariés concernés par l'EDI (cf. 4.2).

utiliser les outils informatiques et l'acquisition des bases de la programmation. La cobotique ne peut être inclusive que si les entreprises ont une politique de formation proactive notamment des opérateurs. Le risque est que les initiateurs des projets cobotiques considèrent que la demande de formation doit émaner spontanément des opérateurs. Or, le recours des salariés en activité à la formation professionnelle ne dépend pas uniquement de leur besoin mais surtout des politiques de leur entreprise en la matière. Ainsi, une analyse des déclarations des salariés sur leurs besoins non satisfaits et leurs souhaits en matière de formation professionnelle (Lambert & Vero, 2013) montrent que ceux-ci dépendent essentiellement du niveau d'ambition des politiques de formation des entreprises. Dans les trois PME qui ont fait l'objet des études de cas, il n'existe pas de politique RH développée et formalisée mais cela ne veut pas pour autant dire absence de formation. Celle-ci se fait souvent de façon plutôt informelle mais également par des formations « classiques ». En la matière comme des études l'ont montré, l'accès des salariés des PME à la formation dépend avant tout de leurs stratégies de développement (Beraud & Noack, 2018). À cet égard, ce sont sans doute en premier lieu les orientations managériales et le niveau d'ouverture de l'organisation qui comptent.

En effet, conformément à ce que l'on trouve dans la littérature sur l'EDI, il faut une organisation plus ouverte pour que cette dernière se développe (Brandi & Hasse, 2012; Price et al., 2012). Nos études de cas ont eu lieu dans des PME dont l'organisation est effectivement plutôt favorable à des processus d'innovation inclusifs. Si, dans les trois cas, l'impulsion du processus d'innovation est le fait des directeurs d'entreprise, la participation des salariés dans les ateliers a été systématiquement encouragée. L'impact d'une technologie sur la créativité des salariés et sa traduction en innovation n'est pas lié aux seules caractéristiques « techniques » du nouveau procédé de fabrication mais à la façon dont les organisations les utilisent dans la pratique comme l'ont montré de longue date les travaux d'Orlikowski (2000). Dans une organisation néo-taylorienne, le rapport de prescription (Hatchuel, 1996) est tel qu'il est difficilement envisageable que l'implantation de la robotique collaborative débouche sur autre chose qu'une poursuite de l'automatisation avec à la clé des pertes d'emploi et peu d'innovations issues des opérateurs (Colin & Grasser, 2023). Faire évoluer les organisations et leur management pour permettre les apprentissages en situation de travail, bases des futures EDI, est un levier central. Si elle veut favoriser l'innovation, l'usine du futur ne peut être abordée sous le seul angle de la technique comme c'est fréquemment le cas.

Traditionnellement, les partenaires sociaux comme les institutionnels n'abordent l'impact de l'innovation qu'à travers le prisme des normes et notamment des normes de sécurité. Comme

nous l'avons souligné dans la première partie, les documents institutionnels et une bonne partie de la littérature académique ne traitent les effets de la cobotique qu'en termes de risque pour les opérateurs et de capacité à accepter leur présence dans les ateliers. Ces angles sont légitimes mais ils réduisent les salariés à des agents passifs qui subissent l'innovation. Le prisme de l'EDI permet au contraire d'en faire des acteurs en tant qu'utilisateurs principaux de la technologie. Pour favoriser cela, il est nécessaire qu'existe une expertise publique sur l'usage des cobots et ceci d'autant plus que l'impact de la cobotique sur l'emploi est pointé (Bauer et al., 2016). A titre d'illustration, en 2008, la confédération danoise des syndicats, a publié un document de synthèse sur l'EDI (LO, 2008), démontrant ainsi l'intérêt de la confédération pour le rôle que peuvent jouer les syndicats dans l'orientation de l'innovation. À travers des exemples concrets, l'étude de LO met en évidence le potentiel des syndicats à favoriser l'innovation au sein des entreprises. Ces derniers peuvent encourager la coopération interdisciplinaire, faciliter le partage d'idées et soutenir l'acceptation des changements, ils contribuent à créer un environnement propice à l'émergence de nouvelles solutions. Les syndicats ne se limiteraient pas à défendre les intérêts des travailleurs, ils agiraient également comme des catalyseurs d'innovation en améliorant l'environnement de travail, en encourageant l'initiative individuelle et en permettant aux employés de faire entendre leur voix. De plus, en aidant à gérer les changements organisationnels et en mettant en place des mécanismes de partage des gains, les syndicats contribueraient à renforcer l'engagement des salariés et à améliorer la performance globale de l'entreprise. Reste à savoir si ce type d'engagement syndical est transposable en France où les syndicats sont traditionnellement assez peu impliqués dans les questions d'organisation du travail (Colin, 2020). Coutrot et Perez (2022) s'intéressant à la question assez proche du sens du travail confirme ce constat mais constate que « depuis plus d'une décennie, des équipes syndicales expérimentent des recherches actions, en collaboration avec des chercheurs en sciences de travail, afin de construire une démarche revendicative à partir du travail réel et de son sens. » Une action collective en partenariat avec des chercheurs pourrait être un levier efficace et une suite utile de la présente recherche.

6. REFERENCES

- AGGERI, F. (2023), *L'Innovation, mais pour quoi faire ? : Essai sur un mythe économique, social et managérial*: Seuil.
- AKELLA, P., PESHKIN, M., COLGATE, E., WANNASUPHOPRASIT, W., NAGESH, N., WELLS, J., HOLLAND, S., PEARSON, T., & PEACOCK, B. (1999). *Cobots for the automobile assembly line*. Paper presented at the Proceedings 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation.
- ALTER, N. (2001), *L'innovation ordinaire*: PUF.
- BAUER, W., BENDER, M., BRAUN, M., RALLY, P., & SCHOLTZ, O. (2016), *Lightweight robots in manual assembly – best to start simply! Examining companies' initial experiences with lightweight robots*: Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO.
- BAUMARD, P., DONADA, C., IBERT, J., & XUEREB, J.-M. (2014). Chapitre 9. La collecte des données et la gestion de leurs sources *Méthodes de recherche en management* pp. 261-296. Paris: Dunod.
- BAUMGARTNER, M., KOPP, T., & KINKEL, S. (2022), "Analysing factory workers' acceptance of collaborative robots: a web-based tool for company representatives." *Electronics*, 11(1), 145.
- BERAUD, D., & NOACK, E. (2018), "La formation dans les petites entreprises, reflet de leurs orientations stratégiques." *Céreq Bref*(369), 4.
- BRANDI, U., & HASSE, C. (2012). Employee-driven innovation and practice-based learning in organizational cultures *Employee-driven innovation: A new approach* pp. 127-148: Springer.
- CHRISTENSEN, C., & RAYNOR, M. (2013), *The innovator's solution: Creating and sustaining successful growth*: Harvard Business Review Press.
- COAD, A., NIGHTINGALE, P., STILGOE, J., & VEZZANI, A. (2022), "The dark side of innovation." *Industry and Innovation*, 28(1), 102-112.
- COLGATE, E., WANNASUPHOPRASIT, W., & PESHKIN, M. (1996). *Cobots: Robots for collaboration with human operators*. Paper presented at the International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Atlanta.
- COLIN, T. (2020). *Un dialogue social sur la gestion de l'entreprise est-il possible?* Journée d'étude La négociation collective dans tous ses états. Nancy.
- COLIN, T., & GRASSER, B. (2023), "Travailler avec des cobots dans l'usine du futur: vers une évolution du rapport de prescription?", *Annales des Mines-Gérer et comprendre* (3), 21-33.
- CORON, C., & GILBERT, P. (2022), "Le changement technologique en organisation : revue de la littérature francophone et proposition d'un cadre intégrateur." *Management & Avenir*, 129(3), 131-153.
- DORNELLES, J. D. A., AYALA, N. F., & FRANK, A. G. (2023), "Collaborative or substitutive robots? Effects on workers' skills in manufacturing activities." *International Journal of Production Research*, 61(22), 7922-7955.

- FACCIO, M., GRANATA, I., MENINI, A., MILANESE, M., ROSSATO, C., BOTTIN, M., MINTO, R., PLUCHINO, P., GAMBERINI, L., & BOSCHETTI, G. (2023), "Human factors in cobot era: A review of modern production systems features." *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34(1), 85-106.
- FELSTEAD, A., GALLIE, D., GREEN, F., & HENSEKE, G. (2020), "Getting the Measure of Employee-Driven Innovation and Its Workplace Correlates." *British Journal of Industrial Relations*, 58(4), 904-935.
- FLOCCO, N., CANTERINO, F., & CAGLIANO, R. (2022), "To control or not to control: How to organize employee-driven innovation." *Creativity and Innovation Management*, 31(3), 396-409.
- GEORGET, V., BARLATIER, P.-J., PÉNIN, J., & RAYNA, T. (2023), "Les enjeux économiques, politiques et managériaux de l'innovation responsable." *Innovations*, 72(3), 5-33.
- HAAPASAARI, A., ENGESTRÖM, Y., & KEROSUO, H. (2018), "From initiatives to employee-driven innovations." *European Journal of Innovation Management*, 21(2), 206-226.
- HATCHUEL, A. (1996). Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription. In G. Tersac & E. Friedberg (Eds.), *Coopération et conception* pp. 101-122. Toulouse Octarès.
- HENTOUT, A., AOUACHE, M., MAOUDJ, A., & AKLI, I. (2019), "Human-robot interaction in industrial collaborative robotics: a literature review of the decade 2008-2017." *Advanced Robotics*, 33(15-16), 764-799.
- HØYRUP, S. (2010). Employee-driven innovation and workplace learning: basic concepts, approaches and themes (Vol. 16, pp. 143-154): SAGE Publications Sage UK: London, England.
- HØYRUP, S. (2012). Employee-Driven Innovation: A New Phenomenon, Concept and Mode of Innovation. In S. Høyrup, M. Bonnafous-Boucher, C. Hasse, M. Lotz, & K. Møller (Eds.), *Employee-Driven Innovation: A New Approach* pp. 3-33. London: Palgrave Macmillan UK.
- IVALDI, S. (2018), "Intelligent Human-Robot Collaboration with Prediction and Anticipation." *ERCIM News*.
- JACOB, F., GROSSE, E. H., MORANA, S., & KÖNIG, C. J. (2023), "Picking with a robot colleague: A systematic literature review and evaluation of technology acceptance in human-robot collaborative warehouses." *Computers & Industrial Engineering*, 109262.
- JUNG, M., & HINDS, P. (2018). Robots in the wild: A time for more robust theories of human-robot interaction (Vol. 7, pp. 1-5): ACM New York, NY, USA.
- KESTING, P., & PARM ULHØI, J. (2010), "Employee-driven innovation: extending the license to foster innovation." *Management decision*, 48(1), 65-84.
- KESTING, P., SONG, L. J., QIN, Z., & KROL, M. (2016), "The role of employee participation in generating and commercialising innovations: insights from Chinese high-tech firms." *International Journal of Human Resource Management*, 27(10), 1059-1081.

- KLEIN, A., & PARIS, T. (2021), "Implémenter un dispositif d'innovation participative comme un outil de gestion dans une démarche de conception innovante." *Innovations*, 66(3), 47-77.
- LAMBERT, M., & VERO, J. (2013), "The capability to aspire for continuing training in France: The role of the environment shaped by corporate training policy." *International Journal of Manpower*, 34(4), 305-325.
- LAUMOND, J.-P. (2023), *La Robotique : entre science, technologie et imaginaire*: Odile Jacob.
- LEIBLE, S., SIMIC, D., GÜCÜK, G.-L., LEWANDOWSKI, T., & KUČEVIĆ, E. (2023). Unfolding Effect Areas of Employee-Driven Innovation: A Systematic Literature Review. In A. Luigi (Ed.), *Innovation* pp. Ch. 5. Rijeka: IntechOpen.
- LIU, L., GUO, F., ZOU, Z., & DUFFY, V. G. (2022), "Application, Development and Future Opportunities of Collaborative Robots (Cobots) in Manufacturing: A Literature Review." *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1-18.
- LO (2008), "Employee-driven innovation Improving economic performance and job satisfaction." *Copenhagen, Danske LO*.
- LUBBERINK, R., BLOK, V., VAN OPHEM, J., & OMTA, O. (2017), "Lessons for responsible innovation in the business context: A systematic literature review of responsible, social and sustainable innovation practices." *Sustainability*, 9(5), 721.
- MICHAELIS, J. E., SIEBERT-EVENSTONE, A., SHAFFER, D. W., & MUTLU, B. (2020). *Collaborative or simply uncaged? understanding human-cobot interactions in automation*. Paper presented at the Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- NAYERNIA, H., BAHEMIA, H., & PAPAGIANNIDIS, S. (2022), "A systematic review of the implementation of industry 4.0 from the organisational perspective." *International Journal of Production Research*, 60(14), 4365-4396.
- OPLAND, L. E., PAPPAS, I. O., ENGESMO, J., & JACCHERI, L. (2022), "Employee-driven digital innovation: A systematic review and a research agenda." *Journal of Business Research*, 143, 255-271.
- ORLIKOWSKI. (1992). *Learning from notes: Organizational issues in groupware implementation*. Paper presented at the Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work.
- ORLIKOWSKI, W. (2000), "Using technologie and constituting strctures : a practice lens for studying technologie in organizations." *Organization Science*, 11(4), 404-428.
- OWEN, R., VON SCHOMBERG, R., & MACNAGHTEN, P. (2021), "An unfinished journey? Reflections on a decade of responsible research and innovation." *Journal of Responsible Innovation*, 8(2), 217-233.
- PEREZ, C., & COUTROT, T. (2022), *Redonner du sens au travail: Une aspiration révolutionnaire*: Seuil.
- PESHKIN, M. A., COLGATE, J. E., WANNASUPHOPRASIT, W., MOORE, C. A., GILLESPIE, R. B., & AKELLA, P. (2001), "Cobot architecture." *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 17(4), 377-390.

- PRICE, O. M., BOUD, D., & SCHEERES, H. (2012). Creating work: Employee-driven innovation through work practice reconstruction. In M. Bonnafous-Boucher, Hasse, C. Høyrup, S., & M. a. M. Lotz, K. (Eds.), *Employee-driven innovation: a new approach* pp. 77-91: Springer.
- RAASCH, C., & HIPPEL, E. (2013), "Innovation Process Benefits: The Journey as Reward." *MIT Sloan Management Review*, 55, 33-39.
- RENKEMA, M., MEIJERINK, J., & BONDAROUK, T. (2022), "Routes for employee-driven innovation: how HRM supports the emergence of innovation in a formalized context." *The International Journal of Human Resource Management*, 33(17), 3526-3559.
- SARACENO, M. (2023), "Socio-histoire du cobot: les «mandats» de la robotique et ses tentations schismatiques." *e-Phaïstos. Revue d'histoire des techniques/Journal of the history of technology*, 11(XI-1).
- SHABA, E., LAZAZZARA, A., SOLARI, L., & DELLE FAVE, A. (2024). Empowering or taking over? A job design perspective on the effects of cobots' introduction in the manufacturing industry pp. 254-269.
- SMIDS, J., NYHOLM, S., & BERKERS, H. (2020), "Robots in the workplace: a threat to—or opportunity for—meaningful work?", *Philosophy & Technology*, 33(3), 503-522.
- TAYLOR, R., FULLER, A., HALFORD, S., LYLE, K., & TEGLBORG, A. C. (2021), "Translating employee-driven innovation in healthcare: Bricolage and the mobilization of scarce resources." *Public Money & Management*, 41(5), 376-386.
- VON HIPPEL, E. (1976), "The dominant role of users in the scientific instrument innovation process." *Research Policy*, 5(3), 212-239.
- VON HIPPEL, E. (2009), "Democratizing Innovation: The Evolving Phenomenon of User Innovation." *International Journal of Innovation Science*, 1(1), 29-40.
- VON HIPPEL, E., & TYRE, M. J. (1995), "How learning by doing is done: problem identification in novel process equipment." *Research Policy*, 24(1), 1-12.
- VON SCHOMBERG, R. (2013), "A vision of responsible research and innovation." *Responsible innovation: Managing the responsible emergence of science and innovation in society*, 51-74.
- VOXTED, S. (2018), "Conditions of implementation of employee-driven innovation." *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 22(4-5), 471-488.
- WEISS, A., WORTMEIER, A. K., & KUBICEK, B. (2021), "Cobots in Industry 4.0: A Roadmap for Future Practice Studies on Human–Robot Collaboration." *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 51(4), 335-345.
- YIN, R. K. (2003), *Case Study Research : Design and Methods*: Sage Publications.
- YURIEV, A., BOIRAL, O., & TALBOT, D. (2022), "Is there a place for employee-driven pro-environmental innovations? The case of public organizations." *Public Management Review*, 24(9), 1383-1410.

Annexe : schéma des nœuds de codage utilisés

