Thierry COLIN, Benoît GRASSER

Cerefige, IAE Nancy, Université de Lorraine

USAGES DES ROBOTS COLLABORATIFS DANS L'INDUSTRIE : QUELLES MUTATIONS EN TERMES DE TRAVAIL ET DE COMPETENCES ?

Introduction

« Cobots : un robot intelligent comme collègue » … mis en exergue sur le site Internet de l'un des principaux acteurs du secteur de la robotique, ce slogan assimilant le robot à un possible « collègue » semble annoncer une possible révolution dans les formes de travail industriel, nous projetant dans un univers où humains et machines collaboreraient de manière naturelle De fait, le développement du numérique et de l'Intelligence Artificielle renforce l'intérêt pour les technologies dites collaboratives qui font de plus en plus parler d'elles. Entre fantasmes et réalité, il est bien difficile de dire aujourd'hui quelles seront leurs influences réelles sur les processus de production et les formes de travail. Dès les années 90 des recherches ont montré que les applications informatiques conçues comme collaboratives sont loin d'être toujours utilisées dans ce sens (Orlikowski, 1993) et cela reste vrai sur des applications plus récentes (Ologeanu-Taddei, Fallery, Oiry, & Tchobanian, 2014).

Le néologisme « cobot », pour robot collaboratif, date de la fin des années quatre-vingt-dix, mais ce n'est réellement qu'aujourd'hui que les cobots font l'objet d'investissements et de développements importants à la fois de la part des fournisseurs traditionnels de robots (ABB, Denso, Fronius, Kuka, Rexroth, Stäubli, …), et de nouveaux entrants (E-Cobot, Universal Robot …) qui ambitionnent de renouveler les codes de la robotique. Parfois d'apparence très proche du robot traditionnel, ou s'inspirant de designs plus anthropomorphiques (comme le cobot Yumi d'ABB), les cobots partagent les mêmes espaces physiques que l'opérateur humain. Ils sont censés s'adapter de manière autonome à ses mouvements et pouvoir être redéployés facilement et de manière très flexible sur de multiples tâches ou activités. Programmables et reprogrammables sans difficulté, accessoirisés avec toutes sortes d'outils (pince, visseuse, perceuse, équipement de soudure …), ils sont présentés comme des nouveaux « compagnons de travail », pouvant soulager l'homme des tâches les plus ingrates

et les plus répétitives pour lui permettre de se concentrer sur les activités où l'expertise et la dextérité humaine sont source de valeur ajoutée.

Si les fournisseurs sont dans les starting-blocks et leurs discours parfaitement rodés, la technologie cobot est encore très loin d'être largement répandue. Pourtant, son coût d'acquisition relativement faible et ses facilités supposées en termes d'usage et de programmation le dotent en théorie de véritables arguments pour équiper aussi bien les grandes entreprises industrielles que les très nombreuses PME de ce secteur d'activité. Outre les difficultés techniques qui restent à surmonter pour que les promesses soient tenues, il y a probablement d'autres raisons à chercher pour expliquer une diffusion encore limitée.

Par essence, l'efficacité de ces dispositifs repose sur la manière dont l'homme et le cobot « collaborent », ce qui conduit à interroger la nature du rapport de prescription (Hatchuel, 2015). Pour qu'une réelle « collaboration » puisse avoir lieu entre le cobot et l'opérateur, il est, d'un point de vue logique, nécessaire que les prescriptions opérées par les concepteurs des équipements productifs, qu'ils soient externes (fournisseurs) ou internes à l'organisation (ingénieurs des méthodes, de la production et de la maintenance), proposent un niveau de prescription plus ouvert que pour des équipements classiques. La situation de travail doit permettre un certain niveau d'autonomie : l'opérateur doit pouvoir disposer d'un espace de décision propre pour déterminer quels sont les moments, quelles sont les tâches, quelles sont les modalités et les séquences de travail pour lesquelles l'activité conjointe avec le cobot fait sens. Il en est de même pour la fonction RH, dans la mesure où elle doit permettre de réfléchir à l'organisation du travail, au développement des compétences et à l'accompagnement qui doivent conduire les opérateurs à pouvoir jouer leur rôle dans des situations de travail plus collaboratives et dans lesquelles le recours à l'autonomie est censé être plus important. Dit autrement, l'exploitation des possibilités offertes par les cobots suppose que les opérateurs soient moins limités au rôle d'exécutant et que la fonction RH soit moins réduite au rôle de « fonction support » ; ils doivent au contraire tous deux davantage jouer un rôle de « concepteur » (au sens d'Hachtuel) des situations de travail, avec les autres acteurs traditionnellement impliqués dans la conception des dispositifs de production.

Dans cette communication nous chercherons à comprendre dans quelle mesure la robotique collaborative remet en cause l'organisation du travail dans l'industrie. Pour cela nous commencerons par définir ce qu'est un robot collaboratif et synthétiser ce que dit la littérature scientifique sur la collaboration homme-robot (1.) Nous proposerons ensuite de répondre à notre question de recherche en l'analysant sous l'angle de l'autonomie au travail et de la gestion des compétences (2.). Nous détaillerons ensuite les résultats de notre recherche qualitative sur l'usage des cobots auprès de fabricants de cobots et d'entreprises utilisatrices dans le secteur de l'industrie (3.). Dans une dernière partie nous proposerons une typologie des formes de collaborations homme-robot adaptée à notre démarche et nous en explorerons les conséquences possibles pour la fonction RH (4.).

1. Les robots collaboratifs : élément de définition et typologie

Dans cette partie, nous allons tout d'abord voir que la définition précise de ce qu'est un robot collaboratif ne fait pas consensus et nous préciserons quels dispositifs techniques nous incluons sous ce vocable dans le cadre de notre recherche (1.1). Une fois cette définition posée, une revue de la littérature sur les formes de collaboration homme-robot nous permettra de montrer que les typologies existantes, produites en dehors du champ des sciences de gestion, sont peu adaptées à une compréhension des changements organisationnels impulsés par la robotique collaborative (1.2).

1.1 Eléments de définition.

Un robot collaboratif est un robot qui peut travailler en collaboration avec des opérateurs humains en partageant un même espace de travail. On utilise également le terme d'application collaborative robotisée. Le terme cobot, plus fréquent, est créé par la contraction des termes anglais "collaborative" et "robot". La paternité en est attribuée à des universitaires américains (Akella et al., 1999; Colgate, Wannasuphoprasit, & Peshkin, 1996; Peshkin et al., 2001) qui cherchent à la fois à limiter les TMS et à améliorer la productivité dans des usines de production automobile (Ford et GM).

Un robot industriel classique ne partage pas un espace de travail avec les opérateurs puisque, pour des raisons de sécurité, il doit être installé dans un espace clos et distinct (une cage). La principale caractéristique du cobot, du point de vue de l'organisation industrielle, est de pouvoir travailler dans le même espace que l'opérateur. Cela pose un défi important en matière de sécurité puisque les concepteurs doivent s'assurer que le robot ne pourra pas causer de blessure aux opérateurs avec qui il partage l'espace de travail. C'est sur cette contrainte de sécurité permettant de « sortir le robot de sa cage » que se sont focalisés les travaux de recherche initiaux impliquant des automaticiens, des informaticiens, des ergonomes ou encore des cogniticiens donnant naissance à un champ d'étude spécifique : la cobotique (Claverie, Blanc, & Fouillat, 2013; Salotti, Ferreri, Ly, & Daney, 2018).

La définition de ce que recouvre le terme cobot ne va pas de soi. Certaines définitions restrictives se focalisent sur l'existence de contacts directs ou indirects entre le cobot et un opérateur alors que d'autres englobent les véhicules à guidage automatique (VGA), les exosquelettes et les bras manipulateurs. Des auteurs (Bounouar, Bearee, Benchekroun, & Siadat, 2019) proposent même de distinguer robotique collaborative et cobotique. Pour comprendre les conséquences organisationnelles et RH de l'utilisation de cobots, il nous faut donc établir ce que nous considérons comme cobot dans le cadre de cette recherche.

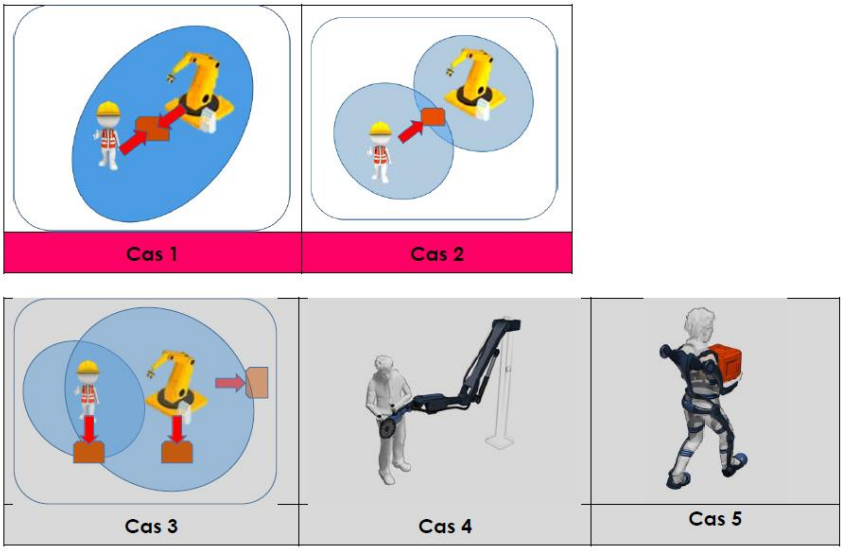
Les VGA (en anglais : Automatic guided vehicle, AGV) sont programmables, ils partagent un espace de travail commun avec les opérateurs et font preuve d'une certaine autonomie[1]. Même si leurs constructeurs (E-cobot ou BA systèmes[2] par exemple) estiment qu'il s'agit de cobots, nous ne les considérerons pas comme tels car ils ne possèdent pas la capacité de manipulation des pièces qui définit un robot collaboratif ; ils ne collaborent pas directement avec les opérateurs mais les remplacent plutôt dans le transport des pièces. Leur impact sur l'organisation du travail semble a priori limité.

Si l'on exclue les VGA, on aboutit à la typologie présente dans le Guide de prévention nationale relatif à la mise en œuvre des applications collaboratives robotisées, fruit d'un groupe de travail placé sous l'égide du ministère du Travail.

Figure 1 : les différentes configurations possibles d'une situation de travail avec un cobot.

[1] Ils ont la capacité d'adapter leur vitesse, voire leur trajet en fonction de l'évolution de leur environnement et notamment des déplacements des humains. L'ISO les qualifie de robots mobiles (ISO 19649:2017).

[2] (Caverot, 2012)



Source : Guide de prévention à destination des fabricants et des utilisateurs Pour la mise en œuvre des applications collaboratives robotisées, Ministère du Travail, Edition 2017

Les deux derniers cas de cette typologie ont pour finalité une assistance physique au geste ou à la manipulation et correspondent respectivement aux bras manipulateurs (cas 4) et aux exosquelettes (cas 5). Ici, ces deux dispositifs techniques ne seront pas considérés comme des cobots puisqu'il ne s'agit pas de robots dans le sens où ils ne bénéficient pas d'autonomie par rapport aux gestes humains qu'ils prolongent et renforcent indirectement (bras manipulateur) ou directement (exosquelette). Leurs actions ne peuvent pas être programmées. Il est difficile de parler de collaboration dans la mesure où ces dispositifs n'ont aucune autonomie[3].

Dans le cadre de cette recherche, nous définirons donc les cobots comme des robots[4] capables de partager un espace de travail avec des opérateurs humains en sécurité et de collaborer avec eux. Selon cette définition, proche de celle de la fédération internationale de robotique (IFR, 2020) ou de l'INRS (Blaise et al., 2020), les cobots correspondent aux cas 1 à 3 de la figure 1.

Notons enfin que si nous restreignons volontairement notre recherche à l'utilisation des cobots dans l'industrie, la cobotique a permis d'automatiser certaines tâches dans les activités de services : robotique chirurgicale (Vidal, 2014), microrobot pour le biomedical (Folio, 2016), restauration…

1.2 Hommes et cobots, quelle(s) collaboration(s) ?

Ce premier travail sur la définition des cobots permet donc de distinguer un type de matériel, mais ne dit rien de son usage et notamment sur la question, centrale pour notre propos, de la nature de la collaboration avec les opérateurs humains. La figure 1 montre par exemple trois types d'utilisation différents d'un cobot selon que l'opérateur et le cobot travaillent sur une pièce différente dans un même espace de travail (cas 3), sur une même pièce alternativement (cas 2) ou simultanément sur une même pièce (cas 1). Plusieurs classifications des interactions homme-robot existent et Salotti et al. (2018) notent que « La classification des systèmes cobotiques est difficile car il existe de nombreux critères pour décrire la

[3] Notons que le point de vue inverse est parfois défendu (Kleinpeter, 2015)

[4] Au sens de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) c.-à-d. un « mécanisme programmable actionné sur au moins deux axes avec un degré d'autonomie, se déplaçant dans son environnement, pour exécuter des tâches prévues »

collaboration homme robot. » Nous avons regroupé dans le tableau 1 les principales classifications existantes.

Comme on peut le voir, les différentes classifications n'ont pas le même statut, n'utilisent pas les mêmes critères et sont issues de disciplines différentes. On aboutit parfois à des intitulés différents pour une même définition ou, à l'inverse, à des intitulés identiques pour des définitions différentes. L'intérêt commun de toutes ces classifications est de mettre l'accent sur le fait que les usages du cobot peuvent être variés.

A un extrême, on peut utiliser un robot sans qu'il interagisse avec un opérateur ou ne partage son espace de travail. Le terme de coexistence est alors souvent utilisé. A un autre extrême, on a un cobot qui intervient sur une même pièce et en même temps qu'un opérateur voire qui réagit au mouvement de l'opérateur. Les appellations pour cette situation varient : coopération, collaboration, collaboration directe mais l'idée centrale est que c'est cette configuration qui correspond complétement à la notion de robotique collaborative. Notons que la situation dans laquelle le cobot est capable de s'adapter à l'opérateur est facile à réaliser en laboratoire mais plus difficile, voire impossible, à réaliser dans des conditions de travail réelles (Ivaldi, 2018).

Tableau 1 : Les classifications des types de collaboration homme-cobot

Type de classification	Critère	Modalités	Référence
Recherche académique en robotique	flux d'information	Schème symbiotique : couplage permanent Schème de l'humain augmenté : l'assistance de tous les instants et de l'intégration au plus près du corps humain Schème de la sous-traitance : sous-traitance d'une tâche pénible, mais la collaboration est limitée (VAG) Schème de l'assistance à l'effort : L'humain est aidé dans ses efforts mais il doit également effectuer une manipulation sur l'objet Schème de l'assistance intelligente : suppose une certaine aptitude à effectuer une tâche complexe et donc une certaine indépendance	(Salotti et al., 2018)
Recherche académique en robotique	Nature du partage de la tâche	Coexistence : capacité de partager l'espace de travail sans tâche commune ou sans exiger de contact mutuel ou de coordination des actions et des intentions Coopération : les humains et les robots travaillent dans le même but et remplissent les exigences de temps et d'espace, simultanément Collaboration : exécution d'une tâche complexe avec une interaction humaine directe physique où un contact explicite et intentionnel ou sans contact (actions coordonnées à partir de l'échange d'information)	(Hentout, Aouache, Maoudj, & Akli, 2019)
Recherche académique en informatique	Définition des différents rôles à partir des interactions homme/cobot	Supervision : contrôle de l'ensemble de la situation Opérateur : appelé à modifier le logiciel lorsque le comportement du robot n'est pas acceptable Mécanicien : s'occupe des interventions physiques Coéquipiers : peuvent leur donner des ordres au robot dans le cadre d'objectifs plus larges Extérieur : ne fait pas partie de l'équipe mais peut donner des ordres (arrêts d'urgence ou évitement)	(Scholtz, 2003)
Présentation des robot collaboratifs par l'institut	Partage d'une tâche et simultanéité	Partage d'espace de travail, lorsque l'homme et le robot concourent à la réalisation de tâches distinctes dans un même environnement physique Collaboration indirecte, lorsque l'homme et le robot travaillent à tour de rôle à la réalisation d'une	(Blaise et al., 2020)

national de recherche et de sécurité (INRS)		tâche commune Collaboration directe, lorsque l'homme et le robot travaillent simultanément à la réalisation d'une tâche commune.	
Guide de prévention du ministère du travail	Travail sur une même pièce et simultanéité	Coexistence homme-robot : Travail autonome sur des pièces différentes Collaboration directe : Travail sur une même pièce, actions simultanées Collaboration indirecte : Travail sur une même pièce, actions alternées	(Ministère du travail, 2017)
Ouvrage collectif sur l'expérience des premières entreprises utilisatrices	Partage d'un espace de travail et simultanéité	Coexistence : homme et robot sans cage travaillent l'un à côté de l'autre mais ne partagent pas d'espace de travail. Synchronisation : homme et robot partagent un espace de travail mais un seul des partenaires d'interaction est réellement présent dans l'espace de travail à tout moment. Coopération : Les deux partenaires d'interaction peuvent avoir des tâches à accomplir en même temps dans l'espace de travail (partagé), mais ils ne travaillent pas simultanément sur le même produit ou composant. Collaboration : humain et robot travaillent simultanément sur le même produit ou composant.	(Bauer, Bender, Braun, Rally, & Scholtz, 2016)
Positioning Paper International Federation of Robotics	Partage d'un espace de travail, simultanéité et réactivité du cobot	Coexistence : pas de cage mais pas d'espace partagé Collaboration séquentielle : robot et travailleur actifs dans le même espace mais mouvements séquentiels Coopération : robot et travailleur sur la même pièce au même moment et en même temps et tous les deux en mouvement Collaboration réactive : le robot répond en temps réel au mouvement du travailleur	(IFR, 2020)

Les formes de collaboration identifiées dans les littératures non gestionnaires ne nous sont pas d'une grande utilité, voire deviennent une source d'erreur une fois transposées dans le champ des sciences du management. Par exemple, dans la typologie de Hentout (2005) la forme d'interaction la plus riche renvoie essentiellement à la gestuelle humaine et à la cinématique de la machine : un dispositif est dit collaboratif s'il existe un contact physique explicite et intentionnel avec échange de forces entre l'homme et le cobot ou bien si le cobot est capable d'adapter sa propre cinématique aux gestes de l'opérateur humain sans qu'il y ait de contact physique entre eux. Autrement dit, cette approche de la logique collaborative pourrait n'apporter que très peu de changement au contenu et à l'organisation du travail. A l'inverse, si l'on suit la philosophie mise en avant par certains fournisseurs, les cobots pourraient être considérés comme de véritables « assistants personnels » ou « compagnons de travail », pouvant être facilement dédiés à une variété de tâches visant à seconder les opérateurs en prenant en charge, à la demande, les tâches les plus répétitives ou les plus pénibles.

Les typologies existantes, essentiellement centrées sur des questions d'automatisme (programmation, captation et analyse des mouvements, sécurité, cinématique etc.), ne sont donc pas d'une grande utilité pour mieux comprendre les enjeux de la cobotique en termes de modes de travail individuels et collectifs. Nous pouvons néanmoins à ce stade tirer trois enseignements de notre revue de littérature :

- Il existe un continuum de situations possibles en matière de potentiel collaboratif homme-machine, et non un mouvement homogène vers un nouveau mode de travail généralisé.
- Le potentiel collaboratif homme-machine peut s'évaluer du point de vue de l'activité ou de la tâche de l'opérateur, selon le niveau et la nature des interactions homme-machine attendues.
- Le potentiel collaboratif homme-machine doit s'évaluer également au niveau du système d'activité dans son ensemble, car l'un des atouts des cobots et de remodeler facilement les processus de production en fonction des besoins.

Ces constats mettent en évidence la nécessité de proposer un cadre d'analyse propre aux sciences de gestion et du management, et à la gestion des ressources humaines. C'est ce que nous allons proposer de faire dans la partie suivante, en mobilisant la littérature sur l'autonomie et sur le management des compétences.

2. Cobots industriels et GRH : une analyse en termes d'autonomie et de compétences.

En ce qui concerne le management, et la gestion des ressources humaines en particulier, le niveau ou le type de collaboration doit s'apprécier selon d'autres critères qui dépassent l'analyse de la tâche affectée à un instant « t » à l'opérateur et au cobot. Nous voudrions montrer que les notions d'autonomie et de rapport de prescription permettent une autre compréhension de la collaboration homme-cobot (2.1), et qu'une approche en termes de compétences constitue un angle d'analyse pertinent pour en évaluer ou en révéler les enjeux en termes de gestion des ressources humaines (2.2).

2.1 Cobots, autonomie et évolution du rapport de prescription

Du point de vue de l'analyse du travail et de la gestion des ressources humaines, la collaboration homme-machine ne peut pas être limitée à la question des interactions de mouvements et de déplacements dans un espace partagé. **La première question à se poser**

est donc de savoir sur quel critère évaluer l'ampleur des changements introduits par les cobots.

L'importance des changements dans les modes de travail individuels et collectifs apportés par les cobots sera liée à la manière dont l'exploitation de leur potentiel collaboratif sera réellement requise dans les situations de travail. Si l'usage d'un cobot est entièrement planifié et prescrit par les ingénieurs des méthodes, on peut alors imaginer des processus de substitution hommes-machines, mais pas de réels changements dans les manières de travailler. Si au contraire, leur usage implique de recourir plus largement à l'autonomie de décision, de réflexion et d'organisation pour les opérateurs et les équipes de production, alors les changements à envisager peuvent être de plus grande ampleur. Autrement dit, c'est probablement à l'aune des implications en termes d'autonomie que l'on pourra juger de l'influence réelle des technologies cobotiques sur les modes de travail individuels et collectifs.

La question de l'autonomie au travail peut être abordée sous de multiples formes, allant des enjeux de domination ou de rapports de force plus ou moins masqués (Courpasson, 2005; Coutrot, 2012), jusqu'aux questions de libération au travail et de développement personnel (Fernagu-Oudet & Batal, 2016), en passant par les approches ergonomiques (Coutarel (Coutarel, Caroly, Vézina, & Daniellou, 2015) ou sociologiques (De Terssac, 2012; Reynaud, 1989, 1999) de régulation des situations de travail, ou encore les expériences de travail en équipes autonomes mises en avant par l'école sociotechnique (à l'image des expériences menées dans usines Volvo d'Uddevala). Nous retiendrons ici la proposition de Everaere, qui définit l'autonomie comme la « (…) la capacité de chacun à prendre en charge lui-même une partie du flux, une zone de production ou une unité de transformation, bref un champ local de complexité, de façon autonome et responsable » (Everaere, 2007). Transposée à l'usage des cobots, cela signifierait que pour comprendre la manière dont les cobots peuvent influencer le travail et son organisation, il faut s'interroger sur l'évolution du « champ de complexité » qui est dévolu aux opérateurs de production.

Nous pouvons aller un peu plus loin à l'aide du concept de rapport de prescription proposé par Hatchuel (Hatchuel, 2015), qui traite du rapport entre conception, prescription, autonomie et apprentissage. Dans cette approche, la conception n'est pas un exercice solitaire et ne relève pas d'une dynamique de décision linéaire et descendante. Hatchuel imagine des situations à plusieurs concepteurs, ou entre des concepteurs et des utilisateurs qui disposent ou développent par apprentissage des savoirs que ne possède pas le concepteur. Plus la capacité des concepteurs à prescrire s'affaiblit et plus chaque acteur aura tendance à disposer d'un espace de prescription qui lui est propre et dans lequel il développera ses propres apprentissages du dispositif proposé par le concepteur.

Pour Hatchuel, « chaque modélisation nouvelle, chaque savoir nouveau impulse une nouvelle logique organisationnelle et peut être la genèse de nouveaux types d'acteurs » (Hatchuel & Molet, 1986). En ce sens, l'implémentation des cobots pourrait redéfinir les rôles des opérateurs de production et des acteurs de la fonction RH :

- Dans la phase de découverte et d'apprentissage des usages de cette technologie, les opérateurs et les acteurs de la fonction RH pourraient être assimilés à des « concepteurs » de situations de travail complètement inédites qui ne peuvent se réduire à leurs dimensions techniques et qui doivent s'ouvrir aux capacités d'apprentissage des acteurs de terrain.
- Dans une phase de pérennisation, on peut supposer que, s'il se confirme que l'autonomie des opérateurs constitue l'une des conditions d'exploitation du potentiel

des cobots, il faut alors s'attendre à une évolution du rapport de prescription, plus ouvert pour les opérateurs.

2.2 Appréhender le rôle de la fonction RH à travers une analyse en termes de gestion des compétences.

La seconde question consiste à se demander en quoi les évolutions en termes de collaboration hommes-machines et d'autonomie peuvent interroger la gestion du travail et le rôle des acteurs de la gestion des ressources humaines. De nombreux travaux se sont déjà intéressés aux différents modèles de GRH en général (Brabet, 1993; Pichault & Nizet, 2013) ou bien aux modèles de GRH plus spécifiquement adaptés aux entreprises innovantes. Parmi ces derniers, Defélix, Mazzilli, & Gosselin (2015) proposent une grille d'analyse se basant sur les quatre dimensions prioritaires que sont les compétences, le contexte organisationnel, les incitations et l'environnement de travail immédiat. Nous insisterons ici sur la dimension des compétences, non seulement parce qu'elle nous permet de donner plus d'importance à la question du contenu du travail, mais aussi parce que, dans une vision étendue au management des compétences (Dietrich, Gilbert, & Pigeyre, 2010), elle permet de questionner les autres dimensions de la GRH telles que les questions de reconnaissance ou d'organisation du travail.

Il serait possible, à ce stade, de rechercher quelles seraient les compétences à développer chez les opérateurs, et on pourrait annoncer, outre les compétences techniques propres à l'utilisation des cobots, qu'il serait nécessaire de développer les compétences de nature à favoriser l'autonomie : « En effet, l'octroi, inhérent à l'autonomie, d'une capacité et d'une légitimité décisionnelle n'a de sens que s'il s'appuie sur des aptitudes, des savoir-faire, des expertises ou des comportements discriminants qui définissent les compétences en même temps qu'ils structurent les affectations » (Everaere, 2007, p. 49).

Mais il ne s'agit pas ici de se limiter aux nouvelles compétences individuelles requises pour les opérateurs de production. Il y a en effet débat dans la littérature sur les compétences (Chen & Chang, 2010; Cheng & Chang, 2012; Delamare-Le Deist & Winterton, 2005; Grasser, Loufrani-Fedida, & Oiry, 2021) pour savoir si celles-ci doivent être considérées seulement comme des attributs individuels (approche *worker)* ou bien si elles doivent davantage être analysées dans leur relation avec le travail et le contexte dans lequel elles s'exercent (approche *work*). Les travaux fondateurs (McClelland, 1973; R. W. White, 1959) mais aussi toute une branche de travaux plus récents considèrent la compétence comme étant essentiellement un ensemble d'attributs individuels, (Boyatzis, 1982; Spencer & Spencer, 2008). A l'opposé, une autre approche, ayant également des racines anciennes, insiste beaucoup plus sur une perspective située de la compétence, qui consiste à refuser de traiter la personne et le contexte de travail comme distinctes (Sandberg & Pinnington, 2009). Les compétences supposées se développer dans l'action, résident principalement dans la compréhension des situations de travail, et sont indissociables de leur contexte social.

Une définition présentant la compétence comme une « combinaison de ressources rendant les individus capables d'accomplir une activité professionnelle dans un contexte spécifique » (Defélix et al., 2006, p. 2) permet d'intégrer les deux points de vue et fait plutôt consensus au sein des travaux francophones sur le management des compétences. Dans cette perspective, la **notion de compétence est inclusive** dans le sens où tout membre de l'organisation détient des compétences et peut les mobiliser. La notion de compétence est également **contextualisée et multiniveau** dans le sens où l'environnement du travail joue un rôle central dans la manière dont les compétences sont mobilisées et se développent au niveau individuel et collectif notamment (Colin & Grasser, 2014; Colin & Meier, 2020). Le management des compétences fait l'objet **d'une instrumentation de gestion développée spécifiquement**, incluant

notamment les pratiques de formation, les référentiels de compétences, ou encore l'évaluation des compétences (Brochier & Oiry, 2002) qui vont jouer un rôle également dans la reconnaissance de la valeur du travail (Cavestro, Durieux, & Monchatre, 2007).

Cette revue de littérature nous permet d'aboutir à la proposition d'une grille d'analyse croisant deux dimensions à même de servir de base à une réflexion prospective sur la manière dont l'utilisation des cobots peut influencer le travail des opérateurs de production d'une part et l'implication de la fonction Ressources Humaines d'autre part. La première dimension consiste à identifier la nature de la relation collaborative existant entre le cobot et l'opérateur humain, et d'en examiner les implications sur le niveau d'autonomie et l'évolution du rapport de prescription. La seconde dimension consiste à s'interroger, pour chaque type de nature de collaboration, sur les implications en termes de management des compétences, en termes d'évolution des compétences requises, des contextes de travail et de l'organisation du travail, d'instrumentation de gestion ou de négociation.

3. PREMIERS RESULTATS D'UNE RECHERCHE QUALITATIVE SUR LES USAGES DES COBOTS DANS L'INDUSTRIE.

D'un point de vue empirique, notre démarche visant à mieux comprendre les implications possibles de l'usage des cobots en termes de modes de travail et de gestion des ressources humaines s'est appuyée sur une méthodologie qualitative visant à recueillir des données auprès des fournisseurs des cobots, d'intégrateurs et d'entreprises déjà utilisatrices (3.1). Les données recueillies nous ont permis de faire un premier état des lieux sur les usages des cobots dans l'industrie (3.2).

3.1 Méthodologie

Notre recherche s'appuie sur une méthodologie qualitative par entretien. Pour comprendre l'impact de l'utilisation des cobots dans l'industrie, nous avons mené des entretiens auprès des principaux fournisseurs de cobots, de plusieurs intégrateurs[5] et d'entreprises utilisatrices de cobots. Les entretiens avec les fournisseurs et les intégrateurs ont porté sur leur définition des cobots, la genèse de la cobotique, le marché de la cobotique, les spécificités du processus d'intégration des cobots et les perspectives de développement de la cobotique (cf. guide d'entretien en annexe 1). Lors des entretiens avec des pilotes de projets cobotiques dans des entreprises nous avons suivi une trame chronologique : initiative, déroulement et bilan du projet (cf. guide d'entretien en annexe 2).

Compte tenu du contexte sanitaire la plupart des entretiens ont été menés par visioconférence. A ce stade, seuls deux entretiens avec des entreprises utilisatrices ont pu déboucher sur une observation sur site et un entretien avec un fabricant a donné lieu à une démonstration et essai de cobot.

Tableau 2 : nombre et répartition des entretiens

Type d'interlocuteur	Fabricants de cobots	Intégrateurs	Entreprises utilisatrices	Total

[5] Intégrateur : toute personne qui conçoit, fabrique ou assemble des systèmes robotisés pour un utilisateur selon le (Ministère du travail, 2017).

Nombre d'entretiens	8	2	5	15

Pour garantir l'anonymat de nos interlocuteurs, les fabricants et les intégrateurs seront tous désignés comme : un fabricant de Cobot. Les entreprises seront désignées par leur secteur d'appartenance : Automobile 1, Automobile 2, Equipementier, Verrerie et Echangeur (production de gros échangeurs thermiques pour l'industrie).

Les entretiens ont été intégralement transcrits et codés à l'aide du logiciel Nvivo. La grille de codage (Cf. annexe 3) vise à repérer et trier les passages des entretiens portant sur la technologie cobotique d'un point de vue descriptif (Nœud 1) et à répertorier les éléments qui, dans les entretiens, renvoient aux pratiques et outils de GRH (Nœud 2) et enfin au lien entre compétence et cobotique (Nœud 3).

3.2 Quels usages de la robotique collaborative dans l'industrie ?

Il ressort de nos entretiens que l'industrie de la robotique collaborative est actuellement à un tournant. La diffusion des cobots dans l'industrie n'est pas massive mais elle n'est plus anecdotique. Si nous n'avons pas pu obtenir de chiffres parfaitement sûrs, nous avons pu constater une forme de consensus pour dire que les robots collaboratifs représenteraient de l'ordre de de 5% des robots vendus en France ces dernières années, avec toutefois une tendance à l'accélération. Cet ordre de grandeur correspond à celui diffusé au niveau mondial par la fédération internationale de robotique. Les robots collaboratifs ne sont plus des prototypes de laboratoire. Ils sont couramment utilisés dans les usines de toutes tailles et tous secteurs mais l'utilisation de la cobotique est loin d'être généralisée. Beaucoup d'entreprises sont en veille sur cette technologie, cherchant surtout à ne pas passer à côté d'une éventuelle rupture technologique.

L'utilisation des cobots par les industriels est donc pour l'instant tâtonnante (3.2.1) et si certains acteurs témoignent de leur scepticisme en pointant les limites objectives des cobots (3.2.2), d'autres font le pari d'une technologie disruptive et travaillent activement au concept de « compagnon de travail artificiel » (3.2. 3). Dans cette seconde perspective, les potentialités offertes par les cobots seraient effectivement de nature à entraîner des mutations des formes de travail dans les ateliers de production, comme certaines expériences sont déjà en mesure de l'illustrer (3.2.4).

3.2.1 Une période de tâtonnement

Les motivations pour acquérir et installer des cobots sont très variées. L'entrée dans cette technologie se fait souvent par la question de la santé au travail, les cobots permettant de diminuer les gestes répétitifs sans que cela ne nécessite des processus d'automatisation coûteux et complexes. L'entreprise Verrerie par exemple, a opté pour un cobot, après avoir successivement essayé un exosquelette et un bras manipulateur, pour soulager les opérateurs lors du port des vases (jusqu'à 30 kg pièce) lors des opérations de polissage. L'achat ou le test de cobot peut également relever d'un effet de mode :

« il y a un an ou deux ans, (…) il y avait l'effet de mode : Je veux un cobot. » (Un fabricant de Cobot)

« on a bien sûr aussi l'effet de mode, l'effet un peu fashion dans les salons industriels, il y avait des robots qui distribuaient des glaces aux enfants, etc. » (Un fabricant de Cobot)

Cet effet de mode a sans doute été à la base d'un engouement excessif quant aux possibilités d'utilisation des cobots. Nos interlocuteurs nous ont fait part d'un certain nombre de réussites

industrielles mais également d'échecs dans l'implantation des cobots. Dans l'entreprise Equipementier, les cobots ont été mis en place et l'initiateur du projet en tire un bilan plutôt positif, mais sur certains poste les cobots ont été mis de côté et ne sont plus utilisés. Le pilote du projet parle d'une « technologie pas assez mature mais prometteuse ». Un certain nombre de grandes entreprises ont acheté des cobots parce que c'était l'avenir sans toujours comprendre les limites de cette technologie :

« Et là on est en train de voir une sorte de phase d'attente et de phase de : bon, vers où on va maintenant ? » (Un fabricant de Cobot)

Les limites objectivement rencontrées par les cobots jouent un rôle significatif dans cet état d'expectative.

3.2.1 Des limites objectives en termes de performance.

Il n'y a pas de consensus sur l'étendue des possibilités d'usage des cobots. Elle apparait vaste pour les leaders du marché, et particulièrement pour les « *pure players* », et semble beaucoup plus limitée pour certains roboticiens historiques, assez critiques envers la place prise par cette technologie.

Si l'importance qui leur est donnée varie fortement tous reconnaissent les mêmes limites aux cobots. Il y a tout d'abord une limite liée à la **charge utile**. Un cobot ne pas peut porter des pièces très lourdes à la fois parce qu'il est léger et de petite taille et parce que des objets lourds au bout du bras créent un risque pour les opérateurs à proximité. Les cobots ont également une **vitesse de déplacement limitée**. Or, cette limite est intrinsèque au cobot puisqu'elle permet de réduire à la fois le risque de collision avec un opérateur et les conséquences d'un éventuel choc. La productivité des cobots est donc beaucoup plus faible que celle des robots industriels et leur usage n'est souvent pas rentable dans des productions à grande échelle ni s'ils doivent s'insérer dans des dispositifs travaillant avec des robots traditionnels aux rythmes beaucoup plus élevés. Il semble également que les cobots connaissent des **limites en termes de fiabilité**, en raison même de leur plus grande légèreté et de leur polyvalence. Enfin, la sécurité, des opérateurs, normalement intrinsèque à la conception des cobots, peut être remise en cause par l'outil utilisé :

« Le cobot est sûr s'il transporte des madeleines, s'il transporte des lames à rasoir il est dangereux » (Un fabricant de Cobot)

Ce risque de sécurité a obligé certaines entreprises à revenir à des barrières virtuelles ou physiques de protection :

« Leurs robots collaboratifs, ils les mettent souvent dans des cages, parce que, finalement avec ce contact qui génère l'arrêt du robot, on ne garantit pas la sécurité à 100 % de l'opérateur et donc ils mettent des cages quand même. Donc ils paient un robot collaboratif pour le mettre en cage. » (Un fabricant de Cobot)

Le fait que certaines entreprises utilisatrices soient obligées de rompre le « premier commandement de la cobotique » en remettant les cobots en cage pourraient laisser assez perplexe sur la portée de la robotique collaborative. Peu rapides, incapables de porter des charges lourdes, de fiabilité sujette à caution et finalement pas si sûrs, les cobots semblent donc ne pas pouvoir concurrencer les robots classiques. C'est du moins le cas s'ils sont jugés selon des critères traditionnels. Or, pour les défenseurs de cette technologie, c'est sur la base de nouveaux usages, et donc sur d'autres critères, que le potentiel de cette technologie doit être évalué.

3.2.3 Le pari d'une technologie disruptive

Toutes proportions gardées, il pourrait y avoir certaines analogies avec ce qui a pu se passer dans d'autres secteurs d'activité, comme dans l'informatique par exemple, dans lesquels des technologies ou des concepts en rupture ont pu rebattre les cartes. C'est en tout cas ce que l'on peut retenir de la position d'Universal Robot (UR), qui défend avec beaucoup d'ardeur le concept du cobot « compagnon de travail » et qui a développé sa technologie en fonction de ce concept. Lors de nos entretiens tous les fabricants ou intégrateurs de cobots ont fait référence, implicitement ou explicitement, à Universal Robot, leader du marché de la robotique collaborative. Cette entreprise danoise pionnière du secteur (cf. encadré n°1) est l'un des rares fabricants d'importance n'étant pas issu originellement de la robotique. Elle a conçu une gamme de cobots légers et un mode d'utilisation qui fait référence pour les autres constructeurs, que ceux-ci s'en inspirent, s'en démarquent ou le critiquent. Si le concept de cobot émerge dans des publications scientifiques dès la fin des années 90 (Cf. 1.1), les débats actuels autour de leur usage sont fortement marqués par le modèle proposé par Universal robot.

Encadré n°1 : Universal Robots : le « modèle disruptif » de la robotique collaborative

Universal Robots a été créé en 2005 à Odense au Danemark par trois docteurs en robotique de l'Université qui ont, dès le départ, l'idée d'un petit robot adapté aux PME. Il s'agit donc de créer un produit léger, flexible et simple d'utilisation. « la définition absolue c'est un robot industriel accessible, c'est comme ça qu'on le voit » (entretien avec un responsable d'UR France) L'entreprise a été initialement financé par Syddansk Innovation, l'un des plus grands incubateurs d'innovation du Danemark et par le Fond d'investissement de l'État danois.

L'entreprise est un « pure player » qui développe et produit uniquement des robots qui peuvent être utilisé sans cage de protection contrairement aux robots traditionnels, ce qui est un défi en termes de sécurité. Le cobot évoluant au sein de l'atelier, il doit être muni de capteurs et de système d'arrêt assurant la sécurité des opérateurs. L'entreprise mise également dès le départ sur la facilité d'utilisation et le logiciel du cobot est mis au point bien avant le bras manipulateur lui-même. La programmation, très simple, se fait via une tablette et l'UR Academy permet de l'apprendre en ligne et en autonomie. Le premier cobot est commercialisé en 2008.

L'entreprise a fait le choix de se concentrer sur le cobot lui-même et les accessoires (**pinces**, caméra, applications complémentaires…) sont proposés sur une plateforme spécifique (*UR + ecosystem*) par des partenaires certifiés. Tous ces accessoires sont conçus comme des solutions permettant de personnaliser les cobots et directement adaptables (dans l'esprit « plug and play »). En retour, les cobot UR sont totalement standardisés et la gamme ne comporte que quatre modèles qui ne différent que par leur capacité de charge utile.

L'entreprise est actuellement leader du marché de la cobotique avec environ 50% de part de marché dans un segment en forte croissance qui représente près de 5% du marché global de la robotique. L'entreprise a été racheté en 2015 pour 285 millions de dollars par le fournisseur américain d'équipements d'automatisation Teradyne. Elle compte maintenant 740 salariés essentiellement au Danemark.

Sources : entretien avec le Directeur commercial Universal Robots France, articles dans le Financial Times et l'Usine nouvelle, site internet de l'entreprise

Dans cette nouvelle perspective, qui est également partagée ou explorée à des degrés divers par les autres acteurs du secteur, la sécurité de fonctionnement « hors cage » est une condition nécessaire, mais les leviers de performance des cobots reposent sur d'autres caractéristiques.

La première caractéristique relève de la **facilité de programmation** de ces robots légers. Les cobots sont tout d'abord beaucoup plus faciles à programmer que les robots traditionnels.

« Nos robots on va dire qui avaient avant un langage de programmation on va dire professionnel, auront maintenant une interface où même quelqu'un qui a fait zéro étude en informatique sera capable de programmer. » (Un fabricant de Cobot)

Certains cobots sont même dotés de capacité à « apprendre » par simple déplacement du bras du cobot qui peut enregistrer les mouvements et les reproduire.

Les cobots sont ensuite **faciles à déployer et redéployer**. Ils sont légers et donc faciles à transporter. Comme ils intègrent leurs propres systèmes de sécurité, ils peuvent être installés sans aucun travail de maçonnerie ou de ferronnerie préalable.

« Les robots collaboratifs, c'est par exemple des robots qui marchent sur du 220 volts et qui auront pas besoin d'une hauteur sous plafond importante, souvent on peut les fixer à un bureau ». (Un fabricant de Cobot)

Certains cobots sont même mobiles :

« le système est monté sur un pied et le cobot est véritablement considéré comme un opérateur. C'est-à-dire qu'on peut le prendre, le déplacer d'un poste de travail à un autre très facilement. » (Un fabricant de Cobot)

Des systèmes simplifiés de recalibrage permettent également de repositionner rapidement le robot dans l'espace après un déplacement. Cette facilité d'utilisation permet d'envisager des séries de petite taille pour lesquelles une robotisation classique ne peut pas être rentable :

« Dès qu'on va se mettre à avoir un petit peu de récurrences, même si c'est dix pièces, mais qu'on les fait toutes les semaines, une fois par semaine, on se garde les recettes et puis en avant » (Un fabricant de Cobot)

Les bras des cobots peuvent être utilisés dans une multitude d'applications : chargement de machine, prise et déplacement de pièce, vissage, contrôle qualité à l'aide de caméra, conditionnement, confection de pizzas… Les vidéos de démonstration sont nombreuses sur le Web. Les cobots sont de ce fait utilisés dans une grande variété de secteur d'activité : cosmétique, aéronautique, métallurgie, … Cette flexibilité d'usage se double d'une flexibilité dans l'espace et dans le temps. Le cobot peut être utilisé successivement pour différents projets dans l'entreprise :

« Demain, vous le sortez de là, vous le mettez ailleurs et je dirais, il va aller faire un autre process sur un autre poste de travail. » (Un fabricant de Cobot)

3.2.4 Une illustration de cet usage disruptif : le cobot soudeur.

Le Cobot soudeur est le fruit d'un partenariat entre UR qui apporte le cobot, une entreprise française ayant développé et breveté une technologie d'imitation du geste humain par le cobot, et la filiale française d'une entreprise autrichienne qui fournit l'appareille de soudage, la cartérisation et l'intégration homologuée.

Le principe de fonctionnement repose sur la capacité d'imitation par le cobot du geste humain. Le soudeur va souder la première pièce avec la torche du cobot et celui-ci va enregistrer de façon totalement transparente les gestes du soudeur. Il suffit ensuite de placer les nouvelles pièces à assembler sur l'établi de soudure pour que le cobot puisse répéter le

geste du soudeur à l'identique (orientation de la torche, vitesse, déplacement hors soudure…) autant de fois que nécessaire. L'établi permet de souder plusieurs pièces (identiques ou différentes) lors du même passage. Une fois le geste du soudeur enregistré n'importe quel salarié peut charger et décharger les pièces.

Le cobot en tant que tel respecte les normes européennes de sécurité mais muni d'une torche à souder il devient dangereux. Le choix a donc été fait de l'associer avec un ensemble de protections physiques (parois en plexi, rideaux anti-UV et immatériels) qui isolent le cobot lorsqu'il fonctionne. Il ne s'agit donc pas à proprement parler d'une cage, mais d'une cellule fermée sur trois côtés, et force est de constater que le cobot ne partage pas son espace de travail avec les salariés quand il répète la soudure enregistrée.

Le périmètre d'usage de cette application cobotique connait certaines limites. Les pièces ne doivent pas être trop grandes : elles doivent tenir sur la table de soudure. Elles nécessitent une répétition de la soudure à l'identique. Les soudures sur des produits de grandes tailles ou produit à l'unité devront toujours être réalisées par un opérateur. Inversement, si la répétition à grande échelle et la vitesse d'exécution sont centrales les robots de soudure traditionnels gardent un net avantage car le chargement/déchargement peut être automatisé et inclus au temps de cycle. Cette application cobotique est donc adapté à des petites séries plutôt dans des PME.

Cet exemple récent (la commercialisation date de janvier 2021) nous semble particulièrement intéressant. L'application cobotique de soudure ne remplit pas le seul critère qui fait l'unanimité des fabricants comme des différentes typologies : le partage d'un espace de travail. Le cobot n'est donc pas utilisé comme une application collaborative robotisée au sens propre du terme (Ministère du travail, 2017). Pourtant, on peut considérer que le degré de collaboration homme-machine est particulièrement élevé lors de l'apprentissage du geste de soudure et dans l'organisation du travail avec la répartition des soudures qui resteront opérées par l'humain et de celles qui seront opérées par le cobot, en fonction des caractéristiques des soudures, de la dimension des pièces à souder ou de la taille des séries.

Lorsque l'on quitte une analyse technique et statique des cobots pour s'intéresser à leur utilisation actuelle en contexte industriel la compréhension de la nature de la collaboration homme-cobot suppose de dépasser les questions de contact, de simultanéité et de partage de l'espace de travail. Les atouts et les limites potentiels des cobots tracent une voie spécifique d'utilisation de la robotique. Nous allons, dans la discussion qui suit, en tirer les conséquences en termes de compétences mais pour cela il nous faut synthétiser ce que nous avons appris sur les formes possibles de collaboration.

4. Discussion

Nous discuterons nos résultats de recherche en deux temps. Il s'agira tout d'abord de proposer une typologie des manifestations de la collaboration homme-cobot tenant compte du niveau d'autonomie et de l'évolution du rapport de prescription (4.1). Nous nous appuierons ensuite sur la grille de lecture en termes de compétence proposée dans la première partie pour tirer les conséquences de chacun des modes de collaboration d'un point de vue RH (4.2).

4.1 Identification de différentes formes de collaboration entre les cobots et les opérateurs de production.

Nos résultats nous permettent donc de revenir sur la notion de collaboration entre opérateurs et cobot en proposant une typologie qui tient compte à la fois du niveau d'autonomie des

opérateurs et de son évolution dans le temps. Cette typologie ne se focalise donc plus uniquement sur la tâche effectuée à un moment mais prend en compte l'activité globale du couple opérateur/cobot. (Cf tableau 3)

Manifestation de la collaboration	Collaboration amont	Collaboration alternée	Collaboration Simultanée	Collaboration organisationnelle
Logique correspondante	Les opérateurs sont associés à la mise au point d'un cobot, qui ensuite prendra en charge un segment du processus de production. Il peut y avoir à cette occasion une mobilisation des compétences des opérateurs (connaissances, comportements, savoir-faire). sur les lignes qui sont automatisées La situation à laquelle on aboutit in fine est une configuration relativement stabilisée, qui ne comprend pas de collaboration significative homme – cobot.	Dans la configuration pérennisée, les opérateurs ont un cobot à leur disposition, et peuvent l'utiliser pour se délester de tâches pénibles, répétitives, ou que le cobot peut prendre en charge efficacement. Par séquences, les opérateurs programment le cobot, puis le laissent opérer sous leur responsabilité, tout en vacant à leurs propres tâches/activité.	Dans la configuration pérennisée, l'opérateur humain et le cobot travaillent au même moment, dans un même espace et sur un même objet. La tâche en elle-même est conçue comme un ensemble d'opérations réalisées de manière simultanée ou enchaînée par le cobot et l'opérateur humain. Une fois définie, la situation de travail reste stabilisée pour une certaine durée.	Dans la configuration pérennisée, des cobots sont à disposition sur le site, et il existe une expertise d'utilisation, individuelle et collective, suffisante, pour permettre des usages variés des cobots en fonction des priorités (carnet de commandes, absentéisme, spécifications produit, demandes clients etc.). L'expertise accumulée sur l'usage des cobots permet de trouver de découvrir régulièrement de nouvelles possibilités d'application.
Cas-types	Automobile	Échangeur / soudure	Equipementier	Exemple types UR Equipementier dans la phase de test

Tableau 3 : Proposition d'une classification des types de collaboration homme-cobot

La mise en œuvre de cobot peut répondre à une logique d'automatisation poussée d'ateliers déjà fortement robotisés. Dans ce cas le potentiel de flexibilité du cobot n'est pas utilisé et c'est sa capacité à travailler « hors de la cage » qui est mobilisée. Le cobot effectue des tâches répétitives à la place d'un opérateur dans le même espace de travail mais sans qu'il y ait

d'interaction entre eux. Cela correspond à ce que les typologies robotiques qualifient de *coexistence*. Nous avons néanmoins choisi le terme de **collaboration amont** car il ressort de nos entretiens que les opérateurs jouent un rôle de concepteur lors de la mise au point de l'application cobotique. Leur connaissance du processus de production peut être mobilisée à ce moment. Dans l'entreprise Automobile, la petite taille des cobots a permis de les utiliser sur une chaîne de montage pour visser une pièce. Un gabarit sur lesquels sont montés les cobots (2 par station) est acheminé puis verrouillé sur le véhicule. Une fois en place les deux cobots démarrent leurs cycles de vissage et les deux opérateurs réalisent leurs opérations de leur côté en toute sécurité : les cobots sont préréglés pour effectuer toujours le même cycle sur de grandes séries. Ils opèrent dans des zones contraignantes (sous le véhicule) et délestent les opérateurs d'une tâche génératrice de TMS.

La **collaboration alternée** correspond à une situation inverse où le cobot n'interagit pas avec l'opérateur lors de l'exécution de la tâche et peut même travailler dans un espace différent, voire sécurisé. Dans ce cas, c'est sa facilité d'utilisation notamment en termes de programmation qui est utilisée. Dans l'entreprise Echangeur, les cobots sont utilisés pour faire des soudures sur des échangeur thermiques de grande taille. Le cobot est géré par des soudeurs « car il faut quand même avoir l'œil ». L'objectif serait d'avoir un soudeur pour deux cobots. Le soudeur apprend le geste au cobot et ensuite le laisse travailler de façon autonome tout en surveillant la qualité de la soudure. Il peut effectuer des soudures à un autre endroit sur le même dispositif. C'est également le cas, mais avec une logique assez différente de l'application de soudage développée plus haut (Cf.3.2.4).

La troisième configuration, **collaboration simultanée**, correspond à une utilisation du cobot pour un travail avec l'opérateur pour un travail sur la même pièce. Dans l'entreprise Equipementier, le cobot porte et positionne la colonne de direction dans un carter avec précision et à vitesse lente. Cela soulage l'opérateur en évitant le port de charges et des chocs qui pourraient endommager le matériel lors de l'assemblage. L'opérateur apporte de la valeur ajoutée avec d'autres opérations de montage en simultané sur la même pièce.

La dernière configuration, **collaboration organisationnelle**, cherche à tirer le meilleur parti de la flexibilité des cobots. Elle est très ouverte car l'usage des cobots n'est pas prédéfini. Ceux-ci peuvent être utilisés dans une grande variété d'activités et de tâches, pour des durées et des objectifs variables en fonction des besoins rencontrés dans l'entreprise. Cette configuration suppose une capacité des opérateurs à opérer des choix et à inventer des modes d'emploi innovants des cobots. Nous n'avons pas encore réalisé d'entretiens dans des entreprises qui seraient dans cette configuration. Elle est probablement aujourd'hui encore assez théorique. Cependant, la variété des usages qui ont illustré nos entretiens et l'utilisation sur trois activités très différentes du même cobot dans l'entreprise Equipementier lors de la phase de test atteste de sa faisabilité.

4.2 Des défis variés pour la gestion des compétences et les acteurs de la fonction RH

Il est encore tôt pour tirer des conclusions sur l'évolution des compétences liée à l'usage des cobots et sur les implications en termes de gestion des ressources humaines. Néanmoins, plusieurs constats peuvent d'ores et déjà et susciter de premières réflexions.

En premier lieu, c'est sous l'angle de la sécurité et des conditions de travail que la dimension humaine est prioritairement, voire exclusivement, abordée. L'interpellation de la fonction RH prend alors deux formes différentes. Dans un premier cas, les cobots sont imaginés comme étant des solutions possibles aux problèmes de troubles musculosquelettiques liés aux situations de travail répétitives ou au port récurrent d'objets présentant une masse significative (sans être pour autant très lourdes compte-tenu des limites techniques des cobots

sur ce point). Dans un second cas, il s'agit de prévenir les conséquences de l'utilisation des cobots sur la santé et la sécurité des opérateurs, y compris d'ailleurs pour ce qui concerne la charge cognitive ou les impacts en termes de motivation.

Deuxième enseignement : force est de constater que la cobotique est pour l'heure une affaire de commerciaux et de techniciens, et que les acteurs de la fonction RH ne sont pour le moment pas considérés comme des parties prenantes naturelles de ces projets. Aucun de nos interlocuteurs ne les a cités spontanément comme susceptibles de jouer un rôle dans l'implantation des projets cobotiques.

Les points clés de notre grille de lecture peuvent néanmoins faire ressortir plusieurs faits saillants, dont l'importance est étroitement articulée aux différentes formes de collaboration qui ont été repérées dans le tableau 2. Tout d'abord, plus le niveau de collaboration est significatif, et plus se posera la question d'inclure les opérateurs de production dans une nouvelle répartition des compétences.

Deux illustrations en témoignent ainsi de manière claire. La programmation des cobots est conçue afin d'être accessible pour des non spécialistes du langage informatique, cette logique étant poussée jusqu'aux possibilités de programmation par imitation des gestes humains (y compris techniques comme les gestes de soudure). Par ailleurs, l'usage des cobots semble impliquer des séquences régulières d'auto-organisation du travail, permettant de coordonner au sein d'une équipe de production les différentes itérations entre réalisation d'une tâche, programmation de séquences utilisant le cobot, le service et surveillance du cobot, et l'ordonnancement des productions. Ces deux types d'évolution confirment que la technologie des cobots peut, selon les logiques d'usage retenues, entraîner des évolutions du rapport de prescription, et inclure davantage les opérateurs de production dans la prise en charge de la conception et de la régulation des situations de travail.

Du point de vue des instruments de gestion en lien avec le développement et le suivi des compétences, c'est pour l'instant le levier de la formation qui est le plus souvent cité. Plusieurs fabricants de cobots proposent de nombreux modules de formation en ligne, ou des « académies » dispensant des programmes de formation complets. Il est cependant difficile de différencier ce qui relève de la politique commerciale des fabricants de cobots (la formation étant en conçue en quelque sorte comme un moyen de faciliter les ventes de cobots), ce qui relève spécifiquement de la formation aux cobots relativement à la formation plus générale sur les robots, et enfin, et surtout, ce qui relève de la manière dont les entreprises utilisatrices envisagent réellement d'utiliser ces modules de formation et de les intégrer dans leur propres plans de développement des compétences.

Du point de vue de la dimension multiniveau des compétences, il est d'ores et déjà possible de pointer que le développement de la cobotique, et en particulier l'exploration et la découverte de ses usages réellement efficaces dans des contextes particuliers, relèvera d'une dynamique d'apprentissage se situant à l'interface du développement de compétences individuelles (compétence de programmation, compétence d'auto-organisation), de compétences collectives (déploiement et redéploiement d'activités au sein des ateliers) et de compétences organisationnelles avec l'implication des services des méthodes, de production et de maintenance. C'est donc probablement autour du développement d'un *système* de compétences qu'il est nécessaire de s'interroger, plutôt que sur le seul développement des compétences individuelles des opérateurs de production.

Enfin, une question reste en suspens : dans quelle mesure le développement des cobots entraînera-t-il des effets de recomposition ? Faut-il s'attendre à des processus de substitutions hommes-machine, et si oui, de quelle ampleur relativement aux robots plus traditionnels ?

Faut-il s'attendre à une modification de la structure des compétences, avec un niveau moyen que les nouvelles exigences (programmation, auto-organisation, adaptation, capacité de travailler avec des interfaces etc.) contribueraient à rendre plus élevé ?

L'ensemble de ces constats et questionnements conduit à mettre en évidence les enjeux que représentent la technologie des cobots en termes de formes et de recomposition du travail. L'ampleur de ces enjeux dépend des formes de collaboration effectivement recherchées, de leur richesse, de leur évolutivité, et de leur influence sur la prescription et l'autonomie. Mais sur cette base, le fonction RH se trouve face à un double défi : être reconnue comme un acteur devant contribuer à l'exploration de formes soutenables et efficaces du développement des cobots d'une part, et renouveler sa vision de la gestion des compétences, dans une perspective dynamique et multiniveau.

Conclusion

Simple gadget, outil efficace pour pousser plus loin l'automatisation des tâches sans changer l'organisation du travail ou nouveau paradigme de la robotique central dans l'usine du futur, l'impact de la robotique collaborative sur l'organisation du travail dans l'industrie est encore en devenir. Le rôle des gestionnaires RH dans leur capacité à proposer des systèmes de gestion des compétences appuyant une évolution du rapport de prescription pourrait être décisif. Encore faut-il que la fonction RH se saisisse de cette question et que la « fonction production » comprenne et accepte la légitimité de son intervention. Cela suppose également une conception de la performance qui prenne en compte la flexibilité comme un élément tout aussi central que la productivité.

Bibliographie

Akella, P., Peshkin, M., Colgate, E., Wannasuphoprasit, W., Nagesh, N., Wells, J., . . . Peacock, B. (1999). *Cobots for the automobile assembly line.* Paper presented at the Proceedings 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation.

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.

Blaise, J.-C., Brun, L., Savescu, A., Sghaier, A., Tihay, D., & Wioland, L. (2020). *10 questions sur les robots collaboratifs* (INRS Ed.).

Bounouar, M., Bearee, R., Benchekroun, T., & Siadat, A. (2019). *Etat des lieux de la cobotique industrielle et de la conduite de projet associée.* Paper presented at the 16th S-mart colloque.

Brabet, J. (Ed.) (1993). Repenser la gestion des ressources humaines ? : Economica

Brochier, D., & Oiry, E. (2002). Dix ans de rémunération par les compétences à l'usine des Plastiques. Plaidoyer pour un pilotage des outils de gestion. *Revue de Gestion des Ressources Humaines*(45), 20-40.

Caverot, G. (2012). Vers de nouveaux usages des robots mobiles. *Annales des Mines - Réalités industrielles, Février 2012*(1), 42-48.

Cavestro, W., Durieux, C., & Monchatre, S. (2007). *Travail et reconnaissance des compétences*: Economica.

Chen, H. M., & Chang, W. Y. (2010). The essence of the competence concept: Adopting an organization's sustained competitive advantage viewpoint. *Journal of Management & Organization, 16*(5), 677-699.

Cheng, C.-Y., & Chang, P.-Y. (2012). Implementation of the Lean Six Sigma framework in non-profit organisations: A case study. *Total Quality Management & Business Excellence, 23*(3-4), 431-447.

Claverie, B., Blanc, B. L., & Fouillat, P. (2013). La cobotique. La robotique soumise. *Communication et organisation*(44), 203-214.

Colgate, E., J, Wannasuphoprasit, W., & Peshkin, M. A. (1996). *Cobots: Robots for collaboration with human operators.* Paper presented at the International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Atlanta.

Colin, T., & Grasser, B. (2014). Les instruments de gestion médiateurs de la compétence collective ? Le cas du Lean dans une entreprise de l'automobile. *@GRH, 3*(12), 75-102.

Colin, T., & Meier, F. (2020). From the Transmission of Skills to the Concept of Competence: Lessons from a Case Study in the Aerospace Industry *Benoit Grasser, Sabrina Loufrani-Fedida, Ewan Oiry (by) Managing Competences Research, Practice, and Contemporary Issues, Taylor & Francis,272 p.*

Courpasson, D. (2005). Les cadres et la domination douce. In P. Cabin & B. Choc (Eds.), *Les organisations, état des savoirs* (pp. 181‑ 185): Editions Sciences Humaines.

Coutarel, F., Caroly, S., Vézina, N., & Daniellou, F. (2015). Marge de manœuvre situationnelle et pouvoir d'agir: des concepts à l'intervention ergonomique. *Le travail humain, 78*(1), 9-29.

Coutrot, T. (2012). La division du travail : Un processus technique et politique. In J. Allouche (Ed.), *Encyclopédie des Ressources Humaines* (pp. 405‑ 407): Vuibert.

De Terssac, G. (2012). Autonomie et travail: PUF.

Defélix, C., Mazzilli, I., & Gosselin, A. (2015). Articuler les politiques de GRH et les stratégies d'innovation : des modèles à l'épreuve des faits. *Revue de Gestion des Ressources Humaines, 96*(2), 60-72.

Delamare-Le Deist, F., & Winterton, J. (2005). What is competence? *Human resource development international, 8*(1), 27-46.

Dietrich, A., Gilbert, P., & Pigeyre, F. (2010). *Management des compétences Enjeux, modèles et perspecives*: Dunod.

Everaere, C. (2007). Proposition d'un outil d'évaluation de l'autonomie dans le travail. *revue Française de Gestion, 180*(11), 45-59.

Fernagu-Oudet, S., & Batal, C. (2016). (R) évolution du management des ressources humaines: des compétences aux capabilités.

Folio, D. (2016). Les innovations en microrobotique pour le biomédical. *Prospective et stratégie, Numéro 7*(1), 69-78.

Grasser, B., Loufrani-Fedida, S., & Oiry, E. (2021). *Managing Competences: Research, Practice, and Contemporary Issues*: Taylor & Francis.

Hatchuel, A. (2015). Apprentissages collectifs et activités de conception. *revue Française de Gestion, 41*(253), 121-137.

Hatchuel, A., & Molet, H. (1986). Rational modelling in understanding and aiding human decision-making: About two case studies. *European journal of operational research, 24*(1), 178-186.

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.

IFR. (2020). Demystifying Collaborative Industrial Robots (I. f. o. robotics Ed.).

Ivaldi, S. (2018). Intelligent Human-Robot Collaboration with Prediction and Anticipation. *ERCIM News*.

Kleinpeter, É. (2015). Le Cobot, la coopération entre l'utilisateur et la machine. *Multitudes, 58*(1), 70-75.

Ministère du travail. (2017). Guide de prévention à destination des fabricants et des utilisateurs Pour la mise en œuvre des applications collaboratives robotisées.

Ologeanu-Taddei, R., Fallery, B., Oiry, E., & Tchobanian, R. (2014). Usages des outils collaboratifs : le rôle des formes organisationnelles et des politiques de ressources humaines. *Management & Avenir, 67*(1), 177-191.

Orlikowski, W. J. (1993). Learning from notes: Organizational issues in groupware implementation. *The Information Society, 9*(3), 237-250. doi:10.1080/01972243.1993.9960143

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. doi:10.1109/70.954751

Pichault, F., & Nizet, J. (2013). Pratiques de gestion des ressources humaines. Conventions, contextes et jeux d'acteurs (Les): Conventions, contextes et jeux d'acteurs: Média Diffusion.

Reynaud, J.-D. (1989). Les règles du jeu. *L'action collective et la régulation sociale, 2*, 270.

Reynaud, J.-D. (1999). Le conflit, la négociation et la règle: Octares Ed.

Salotti, J.-M., Ferreri, E., Ly, O., & Daney, D. (2018). Classification des Systèmes Cobotiques. *Ingénierie cognitique, 1*(1).

Scholtz, J. (2003). *Theory and evaluation of human robot interactions.* Paper presented at the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2003. Proceedings of the.

Vidal, C. (2014). La robotique d'assistance à la chirurgie : pourquoi, et comment ? *Annales des Mines - Réalités industrielles, novvembre* (4), 89-93.

Annexes

Annexe 1 : principaux items du guide d'entretien avec les fournisseurs ou intégrateurs

Définition et genèse de la cobotique ?

-Comment se définit un cobot ?
-Quels étaient les présupposés quant à la différence entre cobot et robot ?
-Comment le fournisseur s'est-il développé autour de la cobotique ? cœur de métier ou évolution vers la cobotique (ex : robotique vers la cobotique).
-Quelles compétences, connaissances (scientifiques, R&D, conception etc.) sont nécessaires pour se développer en tant que fournisseurs ?

Le marché de la cobotique ?

-Comment se diffuse actuellement cette technologie ?
-Où se trouve la cellule R&D et où se localise(nt) le ou les sites de fabrication ?
-Quels sont vos principaux secteurs utilisateurs ?
-Quels sont les différents types d'utilisation des cobots ?
-Quels sont les principaux intervenants sur le marché ?

Le processus d'implémentation ?

-Quelle est la nature de la relation fournisseur/client autour de solutions cobotiques ?
-Quels sont les étapes clés/procédure(s) à respecter ?
-L'implémentation est-elle toujours réalisable ?
-Quels sont les facteurs faisant que la cobotique n'est pas adaptée ?
-Quels sont les facteurs de blocage/résistance/rejet dans l'implémentation ?
-Les motivations des entreprises à opter pour la cobotique sont-elles toujours légitimes ?
-Quelle est votre expérience en tant que fournisseur de l'utilisation des cobots que font les entreprises ?
-Peut-on dire que l'ensemble de vos clients sont satisfaits ?
-Quels sont les indicateurs utilisés pour juger de la réussite des projets cobotiques ?

Perspectives de Développement et de la technologie dans votre entreprise

-L'évolution des besoins repose-t-elle sur une démarche d'amélioration technologique des fournisseurs et/ou sur la base des retours d'expériences des entreprises utilisatrices ?
-Comment s'organise le développement technologique (R&D) autour des cobots ?
-Recherchez-vous de nouvelles compétences pour vous développer ?

Prospective autour du développement de la cobotique

-Pour terminer, d'un pdv prospectif, comment voyez-vous le dvpt de la cobotique dans l'industrie en France ?
-S'agit d'un changement de modèle de production ?
-De nouveaux métiers, de nouvelles compétences doivent-elles accompagner le futur de la cobotique et par extension de l'industrie 4.0 ?

Annexe 2 : principaux items du guide d'entretien avec les entreprises utilisatrices

Initiative du projet

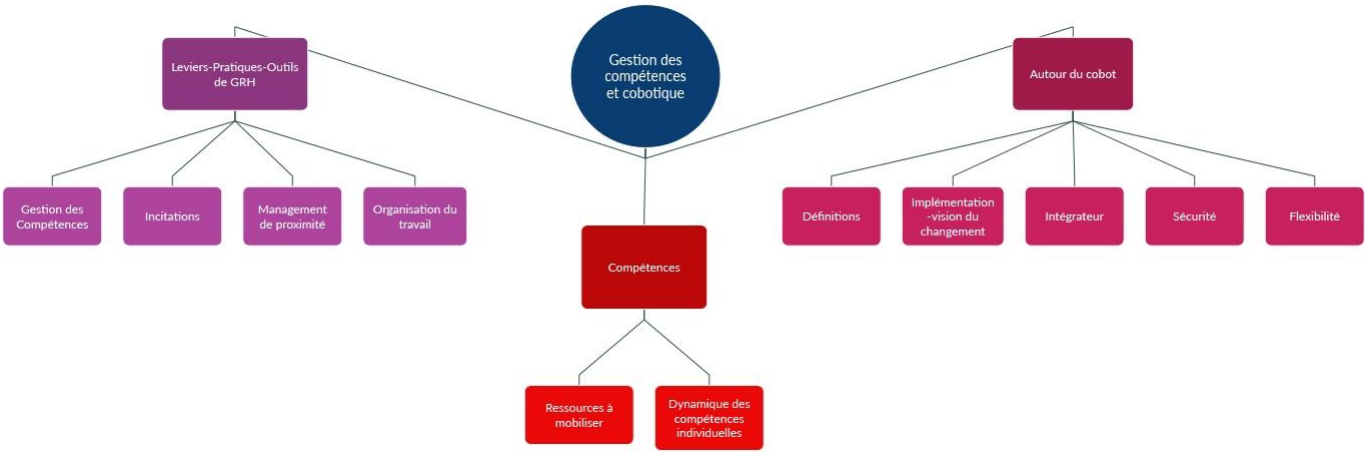
Quelles sont les justifications initiales de l'intérêt pour un cobot ?
Qui a initialement pensé à un cobot ?
Dans l'entreprise, qui soutenait cette technologie ? Qui était plus réticent ?
Quelle est l'intervention des constructeurs de cobot ?
Quel rôle pour l'intégrateur ?
Quels étaient les présupposés quant à la différence entre cobot et robot ?

Déroulement du projet

Quelles sont les différentes phases du projet ?
Quels sont les acteurs de l'entreprise intégrés au projet ?

- Rôle de la direction
- Rôle de la production
- Rôle des managers de proximité
- Rôle de la maintenance
- Rôle des opérateurs
- Rôle des RH

Bilan du projet

Quel bilan peut-on tirer de ce projet ?
Les différentes parties partagent-elles ce diagnostic ?
Futur de la cobotique dans l'entreprise

Annexe 3 : grille de codage