

# **Collaborer avec un robot dans l'usine du futur : approfondissement de l'automatisation ou évolution du rapport de prescription ?**

**Thierry COLIN, Benoît GRASSER**

**Cerefige, IAE Nancy, Université de Lorraine**

**thierry.colin@univ-lorraine.fr, benoit.grasser@univ-lorraine.fr**

## **Résumé :**

---

Le néologisme « cobot », pour robot collaboratif, date de la fin des années 90, mais ce n'est que récemment que cette technologie fait l'objet de développements substantiels. Les cobots partagent les mêmes espaces physiques que les opérateurs humains. Ils peuvent être redéployés facilement, sont aisément programmables et peuvent utiliser une grande variété d'outils. Cette communication, basée sur une recherche qualitative, cherche à comprendre dans quelle mesure la robotique collaborative remet en cause l'organisation du travail dans l'usine du futur.

Après avoir défini ce qu'est un robot collaboratif et proposé une synthèse de la littérature sur la collaboration homme-cobot, on montre ensuite l'intérêt du concept de rapport de prescription pour comprendre les évolutions en cours. Les résultats empiriques permettent de proposer une typologie originale des formes émergentes de collaborations homme-cobot. Enfin, on explore trois défis pour l'industrie du futur.

**Mots-clés :** Industrie du futur, Industrie 4.0, Robot collaboratif, Cobot, Organisation du travail, PME, rapport de prescription

---

# **Collaborer avec un robot dans l'usine du futur : approfondissement de l'automatisation ou évolution du rapport de prescription ?**

## **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 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. Entre fantasmes et réalité, il est bien difficile de dire aujourd'hui quelles seront leurs influences réelles sur l'organisation du travail dans l'industrie du futur. 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 90, mais ce n'est que récemment que cette technologie fait l'objet d'investissements et de développements substantiels à la fois de la part des fournisseurs traditionnels de robots (ABB, Denso, Fronius, Kuka, Rexroth, Stäubli, ...), et de nouveaux entrants (Universal Robot, E-Cobot...) 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. Programmables et reprogrammables, accessorisés avec toutes sortes d'outils (pince, visseuse, perceuse, équipement de soudure ...), ils doivent permettre de soulager l'homme des tâches les plus ingrates et les plus répétitives pour lui permettre de se concentrer sur les activités où son expertise et sa dextérité 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 la dotent en théorie de véritables arguments pour équiper aussi bien les grandes

entreprises industrielles que les PME. Pour comprendre cette diffusion encore limitée il faut s'intéresser non plus aux cobots pour eux-mêmes et pour leur potentiel mais à leur usage dans les usines. Il faut chercher à comprendre dans quelle mesure les cobots modifient l'organisation du travail et pour cela nous mobiliserons le concept de rapport de prescription (Hatchuel, 2015) qui permet de tenir des interactions des apprentissages des prescripteurs et des opérateurs.

Dans cette communication, nous chercherons à comprendre dans quelle mesure la robotique collaborative remet en cause l'organisation du travail dans l'usine du futur. Pour cela, nous commencerons par définir ce qu'est un robot collaboratif et proposer une synthèse de ce que dit la littérature scientifique sur la collaboration homme-robot (1.). Nous montrerons ensuite l'intérêt du concept de rapport de prescription emprunté à Hatchuel pour comprendre les évolutions en cours (2.). Nous détaillerons ensuite les résultats de notre recherche qualitative sur l'usage des cobots dans l'industrie et nous proposerons une typologie des formes de collaborations homme-robot adaptée à notre démarche (3.). Dans une dernière partie, nous discuterons nos résultats empiriques en termes d'évolution du rapport de prescription et nous en explorerons trois défis portés par la cobotique pour l'industrie du futur (4.).

## **1. LES ROBOTS COLLABORATIFS : ELEMENTS DE DEFINITION ET TYPOLOGIES**

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 ELEMENTS DE DEFINITION.**

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, Wannasuphprasit, & 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 cognitivistes 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 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<sup>1</sup>. Même si leurs constructeurs (E-cobot ou BA systèmes<sup>2</sup> 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.

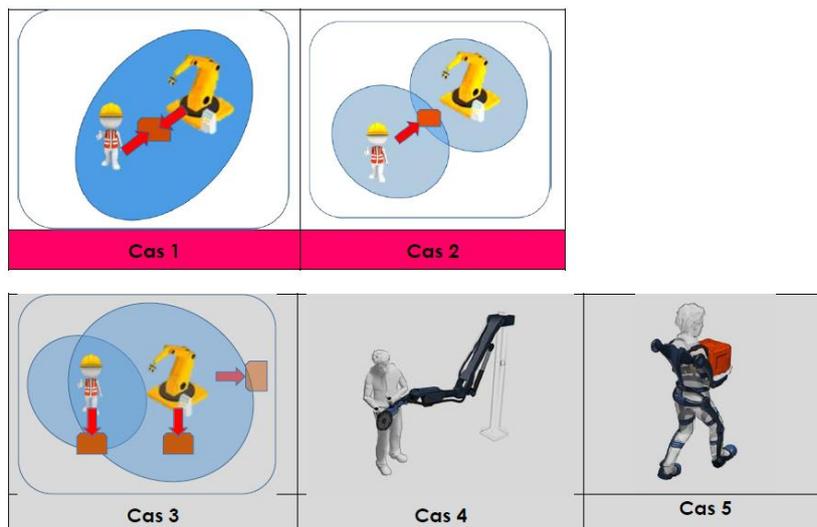
Si l'on exclue les VGA, on aboutit à la typologie présente dans le Guide de prévention nationale relatif à la mise en œuvre des applications collaboratives robotisées, fruit d'un groupe de travail placé sous l'égide du ministère du Travail.

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

---

<sup>1</sup> 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).

<sup>2</sup> (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<sup>3</sup>.

Dans le cadre de cette recherche, nous définirons donc les cobots comme des robots<sup>4</sup> 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

<sup>3</sup> Notons que le point de vue inverse est parfois défendu (Kleinpeter, 2015)

<sup>4</sup> 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 »

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 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 complètement 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 et référence	Critère de classification	Modalités de classification
<b>Recherche académique en robotique (Salotti et al., 2018)</b>	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
<b>Recherche académique en robotique ((Hentout, Aouache, Maoudj, &amp; Akli, 2019)</b>	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)
<b>Recherche académique en</b>	Définition des différents	Supervision : contrôle de l'ensemble de la situation

<b>informatique (Scholtz, 2003)</b>	rôles à partir des interactions homme/cobot	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)
<b>Présentation des robot collaboratifs par l'institut national de recherche et de sécurité (INRS) (Blaise et al., 2020)</b>	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 tâche commune Collaboration directe, lorsque l'homme et le robot travaillent simultanément à la réalisation d'une tâche commune.
<b>Guide de prévention du ministère du travail (Ministère du travail, 2017)</b>	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
<b>Ouvrage collectif sur l'expérience des premières entreprises utilisatrices (Bauer, Bender, Braun, Rally, &amp; Scholtz, 2016)</b>	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.
<b>Positioning Paper International Federation of Robotics (IFR, 2020)</b>	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



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 (Hentout et al., 2019) 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 sur la cobotique :

- 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 est 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 pour mieux analyser la portée de la cobotique dans l'industrie du futur. C'est ce que nous allons proposer de faire dans la partie suivante, en mobilisant le concept de rapport de prescription.



## **2. COBOTS ET EVOLUTION DE L'ORGANISATION DU TRAVAIL DANS L'USINE DU FUTUR : UNE ANALYSE EN TERMES DE RAPPORT DE PRESCRIPTION.**

Pour des recherches en science de gestion, le niveau ou le type de collaboration doit s'apprécier selon d'autres critères que ceux utilisés par les spécialistes de la cobotique. Il faut dépasser l'analyse de la tâche affectée à un instant « t » à l'opérateur et au cobot. Nous voudrions montrer que la notion de rapport de prescription emprunté à Hatchuel permet une analyse plus fine de la collaboration homme-cobot et de son impact sur l'organisation du travail dans l'usine du futur.

Le rapport de prescription (Hatchuel, 2015) 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 considère 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. La question centrale lors de la mise en œuvre d'une nouvelle technologie est donc celle de la façon dont les apprentissages des concepteurs et des opérateurs interagissent « par le biais du rapport de prescription » (Hatchuel, 2015). Nous monterons tout d'abord que la plupart des théories de l'apprentissage organisationnel négligent les apprentissages en situation de travail alors que d'un point de vue théorique elles sont une source d'apprentissage et de recul réflexif (2.1). Nous monterons ensuite pourquoi, dans le cas spécifique de la cobotique, l'articulation entre les apprentissages des opérateurs et des concepteurs mérite une attention particulière (2.2). Enfin, nous monterons comment les principes du rapport de prescription amènent à mieux analyser l'émergence de collaboration homme-cobot (2.3)

### **2.1 LES SITUATIONS DE TRAVAIL COMME SOURCES D'APPRENTISSAGE ET DE RECU REFLEXIF**

Par rapport à d'autres approches de l'apprentissage organisationnel, la proposition de Hatchuel est particulièrement éclairante dans notre cas dans la mesure où elle identifie bien deux niveaux distincts d'apprentissages celui du concepteur et celui de l'opérateur. La question des transmissions de connaissances réciproques entre individus et organisations soulève la question



des différents niveaux intermédiaires. D'une manière générale, les différents textes sur l'apprentissage organisationnel n'explicitent pas clairement les mécanismes d'articulation des différents niveaux d'apprentissage (Crossan, Lane, & White, 1999; Crossan, Maurer, & White, 2011). Certains n'en font pas mention explicite (Daft & Weick, 1984), d'autres omettent certains niveaux comme le niveau collectif (March, 1991; March & Olsen, 1975) ou le niveau organisationnel (Senge, 1990) et la plupart (à l'exception de Nonaka & Takeuchi (1995)) n'examinent pas réellement la manière dont un niveau peut en affecter un autre.

L'identification de l'opérateur comme niveau pertinent dans l'analyse est un point particulièrement important quand on cherche à comprendre l'impact d'une nouvelle technologie de production. La prise en compte des opérateurs de production se justifie théoriquement par le fait que les situations de travail sont également des situations d'apprentissage. Selon Kim (1993), l'apprentissage individuel peut s'analyser comme le résultat de deux apprentissages complémentaires, l'une qui correspond au *know how* et génère des habiletés physiques qui se traduisent par des actions, et l'autre qui correspond au *know why*, qui renvoie à une compréhension conceptuelle d'une situation (Kim, 1993, p. 38). Cette double approche de l'expérience, opérationnelle et conceptuelle, explique pourquoi l'action crée potentiellement les conditions d'un retour réflexif de l'individu sur sa pratique, sa situation de travail et son environnement. La bonne compréhension de la dimension conceptuelle de l'expérience peut être enrichie par les travaux qui ont été menés sur l'apprentissage individuel en situation de travail. L'apprentissage en situation de travail peut se définir comme « expanding possibilities for flexible and creative action in contexts of work » (T. Fenwick, 2008). Il renvoie à des apprentissages informels, issus des interactions entre les membres de l'organisation, avec les règles, les outils, les documents, et les environnements culturels et matériels. De plus, l'expérience en tant que telle peut être complétée par une réflexion formalisée sur l'action considérée (Lundgren et al., 2017, p. 306). Il est alors intéressant de relever la richesse des processus cognitifs qui se jouent lors de ces réflexions, comme l'ont mis en évidence Fenwick (2000) ou Lundgren et al. (2017), qui distinguent cinq modalités différentes de retours réflexifs liés à l'expérience de travail. Les situations de travail sont ainsi à l'origine d'une riche variété de formes d'apprentissages, qui légitiment la prise en compte de l'apprentissage des opérateurs de production dans l'analyse des interactions entre les différents apprentissages.



## **2.2 DES APPRENTISSAGES EN SITUATION DE TRAVAIL PARTICULIEREMENT IMPORTANTS POUR LA COBOTIQUE.**

Les technologies de robotique collaborative incitent tout particulièrement à s'intéresser à l'évolution du rapport de prescription et donc aux interactions entre les apprentissages des utilisateurs des cobots et les concepteurs des situations de travail. Deux éléments peuvent être mises en avant :

D'une part, le degré de nouveauté de ces technologies fait que leurs usages n'en sont qu'à une phase d'exploration. Cette exploration est d'autant plus vaste que les possibilités et les facilités de programmation, la capacité à porter de multiples outils, ou encore la variété des modalités d'insertion dans les processus de production, offrent un potentiel d'utilisations pluriel et évolutif.

D'autre part, la nature collaborative de la technologie ouvre la perspective d'initiatives et d'autonomie sur le poste de travail. Partageant avec le cobot le même espace physique et intervenant, d'une manière qu'il faut préciser, sur le même objet de travail, l'opérateur humain est potentiellement en situation d'interagir avec la technologie. Cette interaction peut avoir lieu pour des raisons de sécurité (s'assurer de l'évitement des risques de blessure), des raisons d'efficacité productive (adapter programmation et réglages en fonction des ordres de production et des aléas) ou pour améliorer les usages de la technologie, voire en suggérer de nouveaux.

Ces deux arguments conduisent à penser que dans la phase d'introduction mais potentiellement aussi dans la phase de production courante, les cobots renouvellent la manière dont les savoirs des opérateurs et des concepteurs interagissent pour former un apprentissage collectif, voire organisationnel. Il s'agit là tout autant d'un problème de nature managériale (quels sont les dispositifs gestionnaires permettant de tirer parti des robots collaboratifs ?) que de nature théorique (analyser les interactions des différents apprentissages dans le cas d'une technologie au fort potentiel collaboratif).

## **2.3 LE RAPPORT DE PRESCRIPTION POUR ANALYSER LES APPRENTISSAGES CROISES.**

Pour analyser ces situations d'apprentissages croisés, nous nous référons à la notion de rapport de prescription proposée par Hatchuel (1996). Le rapport de prescription est défini comme le schéma générique de l'action collective dans une organisation. Il implique que différents apprentissages interagissent mais ne les considèrent néanmoins pas comme symétrique. Ainsi, le rapport de prescription répond aux deux préalables suivants :



- « Que l'activité de B, appelé opérateur, doit être au moins partiellement prescrite par A que l'on appellera prescripteur,
- Que la conformité de B à cette prescription, est acceptée par B comme principe de sa relation à A ou à d'autres acteurs de l'organisation (par exemple un dirigeant C) »  
(Hatchuel, 1996, p. 107)

Dans les situations que nous étudions, les « opérateurs » correspondent aux ouvriers de production amenés à utiliser le cobot dans leurs situations de travail quotidiennes. Les opérateurs de production utilisateurs de cobots vont devoir inventer un ensemble de prescriptions supplémentaires qui « (...) rendent compatibles la prescription initiale du concepteur, les aptitudes physiques et mentales de l'opérateur, le milieu de machines d'objets ou de processus qui forment le poste de travail » (Hatchuel, 2015, p.124). Le terme « prescripteurs » renvoient aux acteurs (fournisseurs, intégrateurs, ingénieurs du bureau des méthodes, ingénieurs ou techniciens de maintenance ...) qui proposent une organisation du travail et des procédures opératoires sur la base des connaissances qu'ils détiennent et de leurs objectifs. Il peut s'agir d'objectifs qui leurs sont fixés par un tiers (le dirigeant par exemple) ou d'objectifs qu'ils se sont fixés eux-mêmes en fonction de logiques purement professionnelles (la motivation intrinsèque liée au développement d'une technologie innovante et valorisante) ou de logiques de reconnaissance (motivation extrinsèque).

L'analyse des prémisses qui sous-tendent ce rapport de prescription est particulièrement instructive. Elles indiquent que les acteurs s'inscrivent dans un cadre organisé définissant notamment des liens de subordination ; que, dans ce cadre, ils mettent en œuvre des savoirs hétérogènes, incluant aussi bien des savoirs « académiques » que des savoirs de métier ; que la notion d'apprentissage est inhérente à l'action et que toute action reconstruit donc les savoirs qui lui sont nécessaires ; que les apprentissages de chaque acteurs sont stimulés, perturbés ou nourris par les apprentissages des autres acteurs impliqués plus ou moins directement dans l'action ; et, enfin, que ces apprentissages croisés n'interagissent pas uniquement selon des logiques cognitives mais aussi selon des logiques de solidarité et d'identité collective et que cette double dimension (cognitive et relationnelle) constitue une tension fondamentale de l'action collective à l'origine d'une large variété de situations (Hatchuel, 1996,p.105).

Dans le cadre ainsi défini, le rapport de prescription renvoie donc à la tension cognitive et relationnelle entre les apprentissages des opérateurs et les apprentissages des prescripteurs. Le



rapport de prescription est dit fort lorsqu'il est possible de définir précisément à la fois les éléments (connaissances, savoir-faire ...) nécessaires à l'action et les relations de cause à effet utiles dans la situation de travail. Lorsque ce n'est pas le cas, le rapport de prescription est dit faible. Nous ajoutons ici que, dans les situations que nous étudions, ce sont les *déplacements* du rapport de prescription qui nous intéressent plus particulièrement : en quoi, l'usage de technologies à fort potentiel collaboratif rend-il le rapport de prescription plus faible ou plus fort ?

L'analyse des apprentissages croisés opérée à partir de la notion de rapport de prescription nous conduit à ne pas chercher à déterminer *a priori* l'impact potentiel des cobots sur l'évolution du rôle des opérateurs de production, mais à identifier, à partir des données existantes, les différentes classes de situations possibles. Pour ce faire, il s'agit d'interroger les matériaux empiriques à partir de différentes dimensions inhérentes à la notion de rapport de prescription :

- Quelles sont les implications de l'introduction d'un cobot sur l'apprentissage du prescripteur ? sur l'apprentissage de l'opérateur ?
- Le rapport de prescription sort-il renforcé ou affaibli lors de l'introduction d'un cobot ?

### **3. 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 d'organisation du travail 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) et de proposer une typologie des différentes formes de collaboration homme-cobot (3.3)

#### **3.1 METHODOLOGIE**

Notre recherche s'appuie sur une méthodologie qualitative par entretien (Romelaer, 2005). Pour comprendre l'impact de l'utilisation des cobots dans l'industrie, nous avons mené des entretiens semi-directifs auprès des principaux fournisseurs de cobots, de plusieurs intégrateurs<sup>5</sup> 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

---

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



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 utilisatrices 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.

<b>Tableau 2 : nombre et répartition des entretiens</b>				
<b>Type d'interlocuteur</b>	Fabricants de cobots	Intégrateurs	Entreprises utilisatrices	Total
<b>Nombre d'entretiens</b>	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 utilisatrice de cobots 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.

### **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 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.



### 3.2.2 Des limites objectives en termes de performance.

Il n'y a pas de consensus sur l'étendue des possibilités d'usage des cobots. Elle apparaît 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 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 travail 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 classiques 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 utilisés 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 cobots UR sont totalement standardisés et la gamme ne comporte que quatre modèles qui ne diffèrent 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 rachetée 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 aisé 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 connaît 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 adaptée 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 le point qui suit, synthétiser ce que nous avons appris sur les formes possibles de collaboration.

### **3.3 IDENTIFICATION DE DIFFÉRENTES FORMES DE COLLABORATION COBOTS-OPÉRATEURS**



Nos résultats nous permettent enfin de revenir sur la notion de collaboration entre opérateurs et cobot en proposant une typologie qui 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)

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

<i>Manifestation de la collaboration</i>	<b>Logique correspondante</b>	<b>Cas-types</b>
<i>Collaboration amont</i>	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.	Automobile
<i>Collaboration Simultanée</i>	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.	Equipementier
<i>Collaboration alternée</i>	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.	Échangeur / soudure
<i>Collaboration organisationnelle</i>	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.	Equipementier dans la phase de test

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 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 **collaboration alternée** correspond à une situation 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 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. DISCUSSION : LES COBOTS OBLIGENT-ILS A REINVENTER LE PARADIGME INDUSTRIEL ?**

Nous discuterons nos résultats de recherche en deux temps. Partant des types de collaboration homme-cobot mis en évidence, nous en discuterons tout d'abord les implications en termes d'évolution du rapport de prescription et de conséquences en termes de besoin en nouvelles compétences (4.1). Dans un deuxième temps, nous discuterons de trois défis posés à l'industrie du futur par l'introduction de la cobotique (4.2)

##### **4.1 QUELLES EVOLUTIONS DU RAPPORT DE PRESCRIPTION ?**

Les quatre types de collaboration mis en avant par notre recherche dessinent des évolutions différentes du rapport de prescription et besoins en compétences nouvelles.

Dans le cas de la **collaboration amont**, l'évolution du rapport de prescription est limitée et temporaire. Il s'agit avant tout de pousser plus loin l'automatisation mais la logique reste celle d'équipements statiques qui fonctionnent dans le cadre d'une production en grande série. Les cobots interviennent là où une robotisation classique n'est pas possible, mais ils ne remettent pas en question l'organisation du travail. Lors de la phase de mise en œuvre, l'expertise des opérateurs est sollicitée parce qu'ils vont travailler dans le même espace que les cobots et vont même les manipuler. Une fois l'organisation du travail rodée, le rapport de prescription reste fort. En termes de compétences, il faut que les équipes techniques apprennent la technologie cobotique mais pour ce qui concerne les opérateurs la question n'est abordée que sous l'angle de la sécurité et de l'acceptation des cobots.

**La collaboration simultanée** est la configuration qui pose le plus de difficultés techniques et de sécurités aux ingénieurs, comme aux équipes d'intégrateurs. Opérateurs et cobots travaillant de concert à une même tâche, les interactions physiques et les risques à prendre en compte sont nombreux et complexes. C'est sur cette configuration que porte l'essentiel des recherches en cobotique. Mais, outre le fait que cette configuration est pour l'instant assez rare dans l'industrie, elle **n'implique pas une évolution forte du rapport de prescription**. La



complexité des interactions entre gestes humains et déplacement du cobot suppose une étude préalable par le service des méthodes. Les opérateurs doivent apprendre à travailler avec un cobot mais, une fois la cinématique mise au point, elle est difficilement modifiable sans une étude technique et de sécurité.

Paradoxalement, la **collaboration alternée**, si elle n'utilise pas pleinement une des caractéristiques centrales de la cobotique à savoir le partage d'un même espace de travail, **suppose une forte évolution du rapport de prescription**. Pour tirer partie du potentiel du cobot dans ces situations, les opérateurs doivent être à même d'une part de programmer les cobots ou d'adapter des programmes existants et, d'autre part, ils doivent choisir les moments d'utilisation du cobot et réorganiser leur mode de travail pour optimiser ces moments d'usage. Ainsi, dans l'utilisation de l'application de soudure (Cf. 3.2.4), c'est le soudeur qui apprend le geste au cobot et c'est également lui qui va choisir quelles pièces ou parties de pièces seront faites avec le cobot. Cela l'oblige notamment à réfléchir différemment pour chaque montage à l'ordre des opérations de soudure la plus efficace en arbitrant entre soudure manuel et soudure par le cobot. La prescription, dans ce cas, est forcément limitée et l'opérateur ne peut se contenter de suivre des gammes préétablies. L'utilisation du cobot dans cette configuration suppose à la fois un appui sur les compétences traditionnelles de l'opérateur et l'acquisition ou le renforcement de compétences spécifiques (base de programmation, capacité à réorganiser le travail...).

La **collaboration organisationnelle est la configuration dans laquelle le rapport de prescription évolue le plus fortement**. Le fondement de ce type de collaboration est de tirer partie de la facilité d'utilisation des cobots (accessibilité de la programmation, changements d'outil rapide et grande diversité des outils possibles, déplacement et installation simplifiés...) pour en faire des machines non dédiées dont les usages changent et s'adaptent aux besoins de la production. Cette flexibilité, tant spatiale que temporelle, n'a d'intérêt que dans sa capacité adaptative et ne peut faire l'objet que de prescription très générale. La place des opérateurs et de leurs apprentissages dans cette flexibilité est nécessairement importante puisqu'ils doivent réinventer en permanence le mode d'emploi des cobots. Cependant, cette configuration n'a pas pour seule conséquence un accroissement des compétences des opérateurs. Pour être efficace, cette réinvention doit se faire en collaboration avec les autres services (maintenance, méthode, planification...) et aboutir à des procédures qui, sans prescrire étroitement, permettront de



capitaliser les apprentissages de l'usage de la cobotique. Dans cette dernière configuration, l'apprentissage collectif devient central et la performance reposera sans doute sur la capacité à faire émerger des routines organisationnelles (Feldman, 2015; Feldman & Pentland, 2003).

Tableau 4 : Types de collaboration homme-cobot et évolution du rapport de prescription

<b>TYPE DE COLLABORATION</b>	<b>EVOLUTION DU RAPPORT DE PRESCRIPTION</b>	<b>ÉVOLUTION EN TERMES DE COMPETENCES</b>
<b>Amont</b>	Faible	Compétences des équipes techniques
<b>Simultanée</b>	Modérée (mise au point, sécurité, aléas)	Compétences des conducteurs de ligne et de la maintenance
<b>Alternée</b>	Forte (apprentissage de l'opérateur)	Très forte au niveau des opérateurs
<b>Organisationnelle</b>	Très forte (apprentissage collectif)	Compétences multiniveaux. Techniques, de gestion de projet, de travail en équipe

#### **4.2 LES COBOTS, QUELS DEFIS POUR L'INDUSTRIE DU FUTUR ?**

On le voit, les effets de transformation du rapport de prescription portés par la cobotique ne sont pas univoques et la portée des changements en cours n'est pas encore déterminée. Technologie émergente, ce ne sont pas seulement les progrès de la cobotique en tant que telle qui sont déterminants mais la façon dont les entreprises vont en faire usage. De ce point de vue, trois défis nous semblent importants pour envisager la place des cobots dans l'usine du futur. Nous envisagerons donc successivement le lien avec les autres technologies, la place spécifiques des PME et enfin le nécessairement changement du paradigme classique de la robotique.

L'évolution du rapport de prescription doit tout d'abord être replacée dans le cadre plus vaste des technologies qui composent l'industrie 4.0. Si ce terme d'industrie 4.0 a un sens, c'est bien parce qu'il concentre un ensemble de changements technologiques et organisationnels, plus ou moins cohérent, qui dessinent une révolution dans le mode de fonctionnement des entreprises industrielles. Notre recherche s'est intéressée à la cobotique et nous avons montré dans la première partie que sa délimitation ne va pas de soi. Appréhender son usage dans l'industrie suppose de comprendre son lien avec d'autres technologies et notamment le



numérique, « dénominateur commun de cette transformation » (Tézenas du Montcel & Durand, 2020, p. 370). La numérisation croissante des usines peut avoir un effet ambivalent sur le type de collaboration homme-cobot. D'un côté, le recours à l'intelligence artificielle et la simplicité croissante des interfaces, voire la capacité à programmer par apprentissage de gestes laisse entrevoir des possibilités croissantes et multiples d'usages des cobots et peuvent aider au développement de collaboration de type « organisationnelle ». D'un autre côté, la capacité des cobots à intégrer des « systèmes cyber-physiques » c'est-à-dire des systèmes très intégrés dans lesquels l'informatique contrôle directement les outils de productions, n'est pas évidente à ce stade. Si cette intégration est possible on peut penser que c'est la capacité à travailler « hors de la cage » et non les éléments de flexibilité qui soient alors fondamentaux, orientant vers une collaboration amont qui modifie peu le rapport de prescription. Autre technologie phare de l'industrie du futur, la fabrication additive qui doit permettre le développement d'une « personnalisation de masse » (Tézenas du Montcel & Durand, 2020) semble *a priori* très congruente avec la cobotique. En effet, pour cette technologie « les échelles de production efficaces sont inférieures à celles des productions soustractives ou par formage » (Frigant, 2020) et les cobots semblent des compléments pertinents pour les imprimantes 3D. Cela pourrait être particulièrement le cas concernant la fabrication directe et la fabrication à domicile qui semblent être les utilisations les plus disruptives de cette technologie (Rayna & Striukova, 2016). Le pont entre ces deux technologies reste en grande partie à construire et dans cette optique c'est la configuration « organisationnelle » de la collaboration qui semble la plus prometteuse.

Deuxième défi, les technologies typiques de l'industrie du futur et notamment la robotique sont essentiellement utilisées par les grandes sociétés (Boudrot, 2021) et les PME qui ont tenté d'implémenter des technologies de l'usine du futur l'on fait dans une optique de baisse des coûts et sans réelle transformation de leur mode de fonctionnement (Moeuf, Pellerin, Lamouri, Tamayo-Giraldo, & Barbaray, 2018). La cobotique plus adaptée aux petites séries pourrait bien être une clé de l'industrie du futur dans les PME. En effet, les relatives facilités de programmation (apprentissage par le cobot du geste du soudeur par exemple), leur capacité à être redéployé vers différents usages successifs, ou encore le coût d'acquisition et de maintenance plus faible que pour la robotique classique, ouvrent assez largement le champ des PME industrielles comme domaine d'application potentiel des cobots. Il s'agit là en réalité



d'une question essentielle concernant leur avenir et, surtout, l'importance de leur impact en termes de choix stratégiques et de modèles d'organisation du travail.

Enfin, technologie disruptive, les cobots ne peuvent *a priori* développer leur potentiel maximal que si le paradigme classique de la robotique change, et si la conception de la performance prend davantage en compte la flexibilité, comme un élément tout aussi central que la productivité. Dès lors, c'est probablement le processus même de conception des systèmes de production qu'il faudrait réexaminer, en intégrant à la fois plus de capacité à évoluer de manière continue et de manière plus inclusive du point de vue des acteurs potentiellement contributifs.

## 5. 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 rapport de prescription permet une approche nuancée de l'impact de l'introduction des cobots dans l'industrie. Si cette technologie peut être la source d'évolutions importantes du rapport de prescription, et donc d'un changement de paradigme concernant la place relative des savoirs dans les ateliers, elle peut aussi n'être qu'une prolongation d'un mode d'organisation néo-taylorien qui est loin d'avoir disparu (Amossé & Coutrot, 2008). Il est probable que les quatre configurations de collaboration mise à jour dans cette recherche exploratoire et les évolutions du rapport de prescription qu'elles impliquent seront présentes à des degrés variables dans les usines françaises. La question de l'importance relative de ces configurations ne pourra être traitée par des recherches quantitatives que quand cette technologie sera arrivée à maturité. Nos premiers résultats pourraient être prolongés par des études de cas approfondies dans des entreprises qui utilisent des cobots permettant de mieux cerner les facteurs favorisant la mise en œuvre de chacune des configurations de collaboration homme-cobot.

## 6. RÉFÉRENCES

Akella, P., Peshkin, M., Colgate, E., Wannasuphprasit, 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.



- Amossé, T., & Coutrot, T. (2008). En guise de conclusion. L'évolution des modèles socioproductifs en France depuis 15 ans : le néotaylorisme n'est pas mort Les relations sociales en entreprise (pp. 423-451). Paris: La Découverte.
- 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.
- Boudrot, N. (2021). Internet des objets, impression 3D, robotique: des technologies davantage utilisées par les grandes sociétés.
- 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.
- Caverot, G. (2012). Vers de nouveaux usages des robots mobiles. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, Février 2012(1), 42-48.
- Claverie, B., Blanc, B. L., & Fouillat, P. (2013). La cobotique. *La robotique soumise. Communication et organisation*(44), 203-214.
- Colgate, E., J, Wannasuphprasit, W., & Peshkin, M. A. (1996). Cobots: Robots for collaboration with human operators. Paper presented at the International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Atlanta.
- Crossan, Lane, H., & White, R. (1999). An Organizational Learning Framework : From Intuition to Institution. . *The Academy of Management AReview*, 24 (3), 522-537.
- Crossan, Maurer, C., & White, R. (2011). Reflections on the 2009 AMR decade award: do we have a theory of organizational learning? *Academy of Management Review*, 36(3), 446-460.
- Daft, R. L., & Weick, K. E. (1984). Toward a model of organizations as interpretation systems. *Academy of Management Review*, 9(2), 284-295.
- Feldman, M. (2015). Theory of routine dynamics and connections to strategy as practice. In D. Golsorkhi, L. Rouleau, D. Seidl, & E. Vaara (Eds.), *Cambridge Handbook of Strategy as Practice*: (pp. 317-330). Cambridge: Cambridge University Press.
- Feldman, M., & Pentland, B. (2003). Reconceptualizing Organizational Routines as a Source of Flexibility and Change. *Administrative Science Quarterly*, 48(1), 94 - 118.
- Fenwick. (2000). Expanding conceptions of experiential learning: A review of the five contemporary perspectives on cognition. *Adult education quarterly*, 50(4), 243-272.
- Fenwick, T. (2008). Workplace learning: Emerging trends and new perspectives. *New directions for adult and continuing education*, 2008(119), 17-26.
- Folio, D. (2016). Les innovations en microrobotique pour le biomédical. *Prospective et stratégie*, Numéro 7(1), 69-78.
- Frigant, V. (2020). L'industrie 4.0, vers une dé-globalisation des chaînes de valeur ? Effets attendus de la robotique industrielle avancée et de la fabrication additive sur le système de coordination. *Revue d'Economie Industrielle*, 169(1), 127-160.
- 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.



- Hatchuel, A. (2015). Apprentissages collectifs et activités de conception. *revue Française de Gestion*, 41(253), 121-137.
- 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*.
- Kim, D. (1993). The link between organizational and individual learning. *Sloan Management Review*, 35(1), 37-50.
- Kleinpeter, É. (2015). Le Cobot, la coopération entre l'utilisateur et la machine. *Multitudes*, 58(1), 70-75.
- Lundgren, H., Bang, A., Justice, S. B., Marsick, V. J., Poell, R. F., Yorks, L., . . . Sung, S. (2017). Conceptualizing reflection in experience-based workplace learning. *Human resource development international*, 20(4), 305-326.
- March, J. G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- March, J. G., & Olsen, J. P. (1975). The uncertainty of the past: Organizational learning under ambiguity. *European journal of political research*, 3(2), 147-171.
- Ministère du travail. (2017). Guide de prévention à destination des fabricants et des utilisateurs Pour la mise en œuvre des applications collaboratives robotisées.
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*: Oxford University Press.
- 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.
- Peshkin, M. A., Colgate, J. E., Wannasuphprasit, W., Moore, C. A., Gillespie, R. B., & Akella, P. (2001). Cobot architecture. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 17(4), 377-390.
- Rayna, T., & Striukova, L. (2016). From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 102, 214-224.
- Romelaer, P. (2005). L'entretien de recherche In P. Roussel & F. wacheux (Eds.), *Management des ressources humaines : méthodes de recherche en sciences humaines et sociales* (pp. 100-137): De Boeck
- Salotti, J.-M., Ferreri, E., Ly, O., & Daney, D. (2018). Classification des Systèmes Cobotiques. *Ingénierie cognitive*, 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.



Senge, P. (1990). *The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization: Broadway Business.*

Tézenas du Montcel, B., & Durand, T. (2020). 13. *Manager à l'ère de l'industrie 4.0 Management d'entreprise 360°* (pp. 368-400). Paris: Dunod.

Vidal, C. (2014). *La robotique d'assistance à la chirurgie : pourquoi, et comment ? Annales des Mines - Réalités industrielles*, novembre (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 p.d.v. 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