

31 mars 2016

## **Atelier prospectif « Quelle place pour l'Homme dans un monde robotisé ? » Synthèse des principaux éléments évoqués lors de la réunion du 19 janvier 2016**

**Participant-e-s à l'atelier :** Stéphane Binet, INRS - Elodie Dequaire, Cetim – Frédéric Dumalin, Anact - Céline Fabre, DomusVi – Charles Fattal, Centre de rééducation fonctionnelle Divio - Paul Frimat, CCPP Lille - Michel Héry, INRS – Lionel Janin, France stratégie – François de Jouvenel, Futuribles - Louis Laurent, Anses - Catherine Levert, INRS – Laurent Quivogne, CJD - Martin Richer, consultant - Paul Santelmann, Afpa – Adel Sghaier , INRS - François Thabuis, agriculteur - Delphine Vaudoux, INRS.

L'exercice de prospective « Modes et méthodes de production en 2040 : quelles conséquences en santé et sécurité au travail » se déroule en cinq phases, décrites en Annexe où on trouvera aussi la délimitation géographique et temporelle de l'exercice.

Sur la base des discussions, on a fait le choix de structurer ce document autour d'un certain nombre d'éléments qui, à défaut de recueillir l'assentiment unanime des participants, sont apparus comme structurants :

1. Si c'est la notion de robotique qui apparaît dans le titre, la problématique considérée dans l'atelier est beaucoup plus large : elle concerne plus généralement toutes les formes d'automatisation de la production dans tous les secteurs : agricole, industriel et des services.
2. L'automatisation ne sera réalisée que si elle est rentable économiquement : il semble que la conjoncture y soit favorable. Mais des réticences pourraient apparaître, voire freiner le mouvement, liées à un souhait de retour à des valeurs plus humanistes et davantage ancrées dans les territoires.
3. L'automatisation n'est pas forcément synonyme de qualité de la production. Elle pourrait entraîner une standardisation par le bas des biens fournis. Elle peut également (en conjonction avec la standardisation des procédures) constituer un frein au développement de la créativité. Dans le même temps certaines formes de robotisation permettent d'augmenter la qualité et la fiabilité de la performance humaine.
4. La question de la répartition de la plus-value dégagée par la robotisation est centrale, ceci d'autant plus que l'emploi pourrait être grandement affecté : elle conditionne en particulier les ressources allouées aux politiques sociales.
5. Les performances de la robotisation de demain dépendent fortement des progrès à venir dans le domaine de l'intelligence artificielle

6. La robotisation peut être un outil de première importance dans une logique d'économie circulaire et de développement durable : elle peut permettre de concevoir et de fabriquer des biens d'équipement et de consommation plus durables, s'inscrivant dans une logique d'économie de la fonctionnalité, réellement recyclables...

La vocation du travail entrepris dans le cadre de cet exercice de prospective étant de donner naissance à des scénarios et à l'identification de points de vigilance particulièrement sensibles en matière de santé et de sécurité au travail, on a, pour la synthèse de ce cinquième atelier, adopté partiellement la forme d'amorces de scénarios. Elles intègrent des éléments émanant des premiers ateliers. Ces amorces ont vocation à être complétées ou remises en cause par les travaux réalisés au cours du dernier atelier. De la même façon, la réflexion initiée ici constituera une des bases de travail pour la réflexion à venir.

## **Contexte**

En termes de robotisation, la France apparaît en retard sur ses voisins européens, comme l'Italie et l'Allemagne. Plutôt qu'à une carence dans la capacité de nos industriels à adopter les nouvelles technologies, il semble que cet équipement dans des proportions inférieures soit essentiellement dû au positionnement de la production sur des biens d'équipement et de consommation de gamme inférieure aux créneaux occupés notamment par l'Allemagne. Il n'y a donc pas de réticence culturelle française a priori à l'automatisation, mais plutôt un dynamisme insuffisant dans les secteurs qui sont aujourd'hui les plus porteurs pour ces équipements.

Les perspectives offertes par le développement de l'automatisation dans les années qui viennent sont tellement larges que le prospectiviste peut encore moins que jamais se contenter d'extrapoler les tendances actuelles dans la description des futurs possibles. De nouveaux secteurs seront concernés (en particulier dans les services), de nouveaux types d'équipements verront le jour, la logique de conception pourra être complètement différente. À titre d'illustration, on peut citer l'exemple du BTP : si on pouvait envisager à juste titre il y a quelques années une homogénéisation des méthodes de construction (à travers notamment l'assemblage sur site d'éléments préfabriqués ailleurs), l'utilisation de robots sur les chantiers paraissait incongrue. C'est pourtant désormais le cas avec l'adaptation de robots d'assistance physique pour diminuer la pénibilité et/ou accélérer la production. Cette robotisation est intervenue selon des modalités qu'on n'aurait pas imaginées il y a quelques années, par l'importation et l'adaptation de techniques issues d'autres branches d'activité (le secteur de la défense en l'occurrence).

Le robot de demain a potentiellement des capacités que nous n'imaginons pas encore : par exemple, celles liées au défi de l'intelligence artificielle. Cela peut entraîner une diffusion de la robotique (ou plus généralement de traitements automatisés) dans des secteurs aujourd'hui peu concernés (accueil du public, droit, journalisme, recrutement, enseignement, banques, aide à la personne, services...). Mais ce développement est aussi susceptible de changer radicalement le contexte et la nature de la production en créant des activités et des produits radicalement différents de ceux que nous connaissons aujourd'hui : il ne s'agirait plus d'une évolution, mais d'une révolution dans notre environnement sociétal et professionnel.

La robotisation constituera-t-elle un changement radical pour le travailleur ? Aujourd'hui, noyé sous le poids de la norme et des procédures, ses marges de manœuvre se réduisent de plus en plus dans le secteur industriel comme dans celui des services. L'encadrement dit de proximité est plus occupé à se livrer à des tâches de reporting qu'il n'est présent sur le terrain, comme l'intitulé de sa fonction pourrait le laisser croire. La robotisation est peut-être l'occasion de décharger l'Homme de tâches aujourd'hui très impactées par la procédurisation du travail. C'est aussi l'occasion de l'affranchir de certaines contraintes dont il considère aujourd'hui qu'elles ne sont pas toutes utiles. Il est d'ailleurs probable que le prescripteur sera amené, lors du transfert à la machine, à prendre conscience que ce qu'un être humain effectuait bon gré mal gré doit être repensé intelligemment en termes de

procédures pour qu'une machine soit en mesure de l'effectuer avec une fiabilité suffisante et un coût acceptable... D'un autre côté on peut craindre que des activités associant opérateurs robotisés et opérateurs humains, se traduisent pour ces derniers par des tâches tout aussi (voire plus) ingrates que dans les activités actuelles, dans la mesure où l'interaction avec le robot peut elle-même être très contrainte.

### **Une automatisation de la production sans limites techniques ou économiques ?**

Pour construire un robot, il faut d'abord avoir à disposition des matières premières dont l'approvisionnement pour certaines est soumis à des contraintes de relative rareté ou liées à la géopolitique : métaux précieux ou semi-précieux, terres rares, lithium pour la construction de batteries, etc. Si, aujourd'hui, les contraintes d'approvisionnement ne semblent pas majeures, il convient de se poser la question de ce qu'elles pourraient être demain avec le développement de nouvelles technologies (dans le domaine de l'électronique et de l'informatique par exemple) qui pourraient faire apparaître des tensions pour certaines matières premières, surtout si l'usage des robots se généralise, par exemple avec des ratios de l'ordre de un robot par habitant<sup>1</sup>.

D'autres limites techniques jouent un rôle déterminant. Parmi elles, les capacités de perception et de cognition des machines, qui détermineront les tâches qu'on peut leur confier notamment dans des milieux où le contexte varie. Les changements annoncés sont aussi subordonnés à des (r)évolutions technologiques majeures : on pense bien sûr à l'intelligence artificielle pour laquelle un certain nombre de grandes entreprises notamment (mais pas exclusivement) parmi les Gafam<sup>2</sup> viennent de consentir des investissements majeurs dans un fond chargé lui-même de promouvoir des actions en recherche et développement. L'utilisation des réseaux de neurones et de la logique floue figure parmi les thèmes de recherche dans ce domaine.

Une autre limite est la capacité de stockage des batteries, qui déterminera la possibilité d'utiliser des robots sans être limité par leur raccordement à une source d'énergie.

Pour le plus long terme, on pense aussi à l'utilisation de matériaux bio-inspirés ou à l'utilisation de tissus vivants pour la fabrication des robots eux-mêmes<sup>3</sup>.

### **Pour quoi faire ?**

En parallèle d'évolutions (ou de révolutions ?) techniques, se profile celles des usages. Si jusqu'à présent le développement de la robotique a surtout touché l'industrie, on voit bien à travers le développement de l'automatisation (en particulier dans les services, notamment dans la vente) que les perspectives s'élargissent.

Premier exemple, on parlera ici de robotique médicale, d'aide à la personne, etc. La robotique médicale a déjà permis d'améliorer la précision du geste opératoire, elle peut permettre dans les années qui viennent d'envisager des interventions aujourd'hui impossibles. En matière de rééducation, l'utilisation de la robotique permet d'intensifier les actions tout en augmentant également la précision des gestes. La question de l'acceptabilité sera posée plus loin.

Second exemple, il est aussi question de développement de productions nouvelles que seule la robotique (ou plus largement l'automatisation avec ou non présence humaine) peut permettre d'envisager (développement de nouvelles technologies en milieu hostile et/ou mettant en œuvre des produits très toxiques). Comme on l'a indiqué précédemment, il faut aussi être capable de penser la robotique en termes de ruptures par apport aux pratiques actuelles, comme l'irruption des

---

<sup>1</sup> Cependant, les quantités nécessaires sont bien moindres que celles qui sont aujourd'hui mises en œuvre pour la construction de certains biens de consommation, comme les voitures électriques par exemple.

<sup>2</sup> Gafa : Google, Apple, Facebook, Amazon, surnommées les "Big Four". La forme alternative de Gafam apparaît de plus en plus souvent, avec un m pour Microsoft.

<sup>3</sup> Pour aller plus loin : INRS et partenaires –RAP 2030 : Utilisation des robots d'assistance physique en France 2030. VEP 1 sur [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

voitures sans chauffeur ou la mise en service de drones à usage civil nous y invitent, que ces tentatives actuelles fleurissent ou se révèlent finalement sans lendemain.

Le développement de l'automatisation sera aussi lié à des considérations économiques, comme le coût de la main d'œuvre. Plusieurs rapports<sup>4</sup> annoncent un très fort développement de la robotique au cours des dix prochaines années, avec par exemple une augmentation du volume global de la production manufacturière effectuée par des robots passant de 10 à 25 % d'ici à 2025 (jusqu'à 50 % dans certains secteurs industriels). On peut ainsi augurer d'une cascade d'événements :

- cette progression aura pour effet d'augmenter la productivité de l'ordre de 30 % dans les secteurs équipés, avec pour corollaire une baisse du coût du travail pour les biens produits, variable selon les pays mais toujours à deux chiffres en pourcentage (jusqu'à 33 % pour la Corée) ;
- ce fort développement va avoir pour effet de baisser les coûts de la robotisation et donc d'en démocratiser l'usage y compris par les plus petites entreprises ;
- les développements réalisés en milieu industriel diffuseront dans d'autres secteurs. On pense en particulier à l'aide à la personne, secteur dans lequel les besoins sont potentiellement énormes avec le vieillissement de la population et dans lequel les sérieuses questions de sinistralité des aidants pourraient être résolues au moins en partie par l'utilisation de robots d'assistance physique. Mais dans ce secteur, à l'heure de la stagnation, voire de la réduction des crédits dévolus à l'aide sociale, la question de la solvabilité de la demande risque de se poser de façon aigüe.

Reste encore à estimer l'ampleur de cette appropriation du robot par les PME-TPE. Compte tenu de la massification de la production, de l'influence grandissante des firmes multinationales (qui au-delà des 25 % de la production mondiale qu'elles génèrent, en orientent une partie bien supérieure à travers les chaînes de valeurs qu'elles structurent), ces plus petites entreprises pourraient se voir de plus en plus cantonnées à des activités de niche qu'il n'est pas rentable d'automatiser. Mais comme on peut aussi estimer que les progrès de la robotique s'accompagneront d'une plus grande versatilité des équipements, ils peuvent aussi améliorer les capacités d'adaptabilité des entreprises pour la réalisation de séries petites à moyennes. Il ne faut pas concevoir le développement de l'automatisation selon un seul schéma associé à une production de masse : la dynamique de l'offre devrait être en mesure de s'adapter à des modèles et à des besoins différents.

On peut par exemple imaginer que les grosses entreprises des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) mettraient en accès libre des logiciels utilisés en robotique (soit des logiciels téléchargeables dans des robots soit l'accès à des gros logiciels tournant sur des serveurs distants que le robot utiliserait<sup>5</sup>), favorisant ainsi le développement sur des secteurs particuliers par une appropriation par de petits développeurs, ce qui est à l'origine d'une dynamique de développement générant à terme des perspectives de développement supplémentaire pour les Gafam, voire la création de clients captifs pour de futures évolutions logicielles. De même, pourquoi pas, le développement d'un mouvement de robotique « open source » concernant aussi bien le matériel que le logiciel.

Globalement la phase d'appropriation par les petites entreprises pourrait se révéler relativement longue, avec des succès variables selon les secteurs et des avancées spectaculaires qui peuvent être suivies par des phases de repli relatif : on ne se situe pas a priori dans un processus de

---

<sup>4</sup> Dont celui du Boston Consulting Group - The Robotics Revolution: The Next Great Leap in Manufacturing, 23 septembre 2015. <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/lean-manufacturing-innovation-robotics-revolution-next-great-leap-manufacturing/>

<sup>5</sup> Dans ce cas, les logiciels sont à distance et la machine n'en est que le terminal. On paie non pas le logiciel mais le service qu'il rend.

développement linéaire. Les contraintes économiques pèseront probablement aussi lourd que certains blocages technologiques conjoncturels ou difficilement dépassables.

### **Le robot, fossoyeur du travail de l'homme et de la créativité ?**

La parution des chiffres sur la pénétration des robots dans la production a fait surgir pour certains le spectre d'un chômage renforcé, le robot se substituant peu à peu à l'Homme dans la plupart de ses activités. Diverses études suggèrent, qu'en effet, un nombre important d'emplois, voire des métiers entiers pourraient disparaître sans qu'aujourd'hui on soit capable d'imaginer quelles nouvelles activités s'y substitueraient<sup>6</sup>.

S'agit-il là d'une situation nouvelle de rupture ou au contraire d'une évolution en continuité avec celle du travail et de l'emploi tout au long du XX<sup>ème</sup> siècle, voire depuis le début de l'ère industrielle, évolution marquée par une diminution très spectaculaire de la population employée dans l'agriculture au profit de l'industrie puis, depuis les Trente Glorieuses, par une diminution de la population employée par le secteur secondaire au profit des services ?

Pour tenter de trouver une réponse, on peut faire le parallèle avec l'impact du numérique sur l'emploi. Les études sur ce sujet, n'ont pas montré d'accélération de la destruction des métiers : leur destruction/adaptation s'est poursuivie au même rythme que précédemment. On rencontre aujourd'hui des difficultés à imaginer ce que seront les métiers de demain de la même façon que les métiers de webmasters ne pouvaient pas être imaginés avant l'apparition d'internet.

On peut aussi étudier comment les pays européens les plus « robotisés » sont affectés. On observe que les pays les plus en pointe en matière de pénétration de la robotique dans le tissu productif, par exemple l'Allemagne, ne sont pas a priori ceux qui connaissent le plus de problème d'emploi. On peut toutefois imaginer que ce maintien de l'emploi dans ces pays a pu se faire dans certains cas au détriment des pays voisins moins avancés.

L'essor de la robotisation pourrait aussi connaître des freins. Le travail de l'Homme est une réalité complexe, ce que montre bien l'incapacité des différents systèmes qualité à enregistrer (et à figer) les savoir-faire et en particulier toutes les compétences invisibles utilisées au quotidien pour améliorer le système de production. Le plus souvent, les systèmes qualité ont d'ailleurs renoncé à explorer ces inconnues à plusieurs équations, parfois stabilisées dans la pratique, mais difficilement descriptibles et peu intégrables dans des procédures, ou qui, au contraire, font de la capacité d'adaptation de l'opérateur en continu une valeur ajoutée significative au niveau de la production. Sera-t-on capable d'explicitier ces richesses humaines liées à l'expérience et à la pratique pour les rendre intégrables à un procédé automatisé et, à supposer que cela soit possible, le robot ou la chaîne automatisée auront-ils les souplesses nécessaires pour assurer une production aussi performante ?

Cette question n'est pas spécifique de l'industrie. On a évoqué l'utilisation croissante des automates (physiques ou virtuels) dans le domaine des services. Quelle que soit la qualité de l'équipement, parviendra-t-elle à assurer la qualité d'écoute, l'empathie d'un opérateur humain ? Ou l'opérateur humain interviendra-t-il en deuxième intention de façon à pallier les limites de la machine, quitte à subir les conséquences de ses dysfonctionnements, de son inadaptation à la situation ou à son interlocuteur, ou de son manque d'humanité ?

Au-delà de ces potentiels dysfonctionnements, la robotique ne risque-t-elle pas d'engendrer à terme un appauvrissement de la créativité ? Si l'habileté manuelle n'est plus entretenue, n'y a-t-il pas là potentiellement une perte de capacité de conception, d'appréhension concrète des possibilités de transformation et d'évolution ? Les conceptions assistées par ordinateur seront-elles suffisamment performantes (y compris avec adjonction d'une dose d'intelligence artificielle) pour pallier le manque de rapport concret de l'homme à la machine et à la matière ? Les évolutions des processus de conception et de fabrication pourront-elles être entièrement modélisées ? Cette perte de savoir-faire

---

<sup>6</sup> <http://www.latribune.fr/economie/international/la-4e-revolution-industrielle-menace-plus-de-5-millions-d-emplois-543777.html>

humain (en terme de conception mais aussi de connaissance du geste, comme en chirurgie), qui rendrait l'homme très dépendant de la machine ne risque-t-elle pas d'avoir des conséquences ? Par exemple une augmentation de la productivité au détriment de la qualité de la prestation ou de la richesse des contenus à cause d'une trop forte standardisation. La question de la suppléance de la machine en cas de panne se pose aussi : comment faire si le savoir-faire s'est perdu ?

Pour ce qui concerne l'influence de la robotisation sur la nature du travail, diverses hypothèses sont envisageables. Parmi celles-ci :

1. L'automatisation impacte très fortement la production de masse et concourt à intensifier le travail : cela se traduit par plus de tâches prescrites et des cadences plus élevées pour les métiers faiblement qualifiés. En revanche pour les métiers plus conceptuels, l'automatisation reste cantonnée à un rôle de support d'une créativité humaine qui dispose ainsi d'un outil performant et peut se concentrer sur l'innovation.
2. L'automatisation peut, au contraire, avoir un rôle « niveleur » : la nouvelle organisation du travail qui résultera d'une automatisation croissante de la production peut avoir pour résultat de confier des tâches répétitives et peu gratifiantes à des personnes de haut niveau de qualification (puisqu'elles seront assistées pour les effectuer par des équipements spécialisés en parallèle avec le travail qui leur est confié dans le processus de production), alors que la performance de personnes plus faiblement qualifiées peut être tirée vers le haut grâce à l'automatisation, qui permettra de renforcer par exemple une certaine dextérité manuelle.

Il convient cependant de ne pas négliger les réticences et les freins à cette automatisation. On peut à ce titre évoquer le secteur agricole. Peut-être est-il abusif d'établir un parallèle entre les Luddites, les Canuts et les Voraces d'un côté et les faucheurs d'OGM de l'autre, et personne ne peut prédire aujourd'hui le devenir de l'agriculture demain. Mais dans une période qui est marquée, au moins pour certains acteurs, par le refus d'un certain productivisme, la question de l'authenticité de certaines productions se poserait si la robotisation s'implantait fortement : l'image de certaines AOC ne pâtirait-elle pas d'une robotisation aujourd'hui incompatible avec leurs cahiers des charges ? Peut-on mettre en avant la spécificité, l'authenticité en tolérant une uniformisation des pratiques de production<sup>7</sup> ? Un marché existe pour ces produits. C'est également le cas pour d'autres biens de consommation pour lesquels l'image de marque de l'artisan ou de la petite entreprise, de la production locale, peut être forte.

Sur la base de tous ces éléments, on peut envisager trois ébauches de scénarios :

### **1. Une robotisation à outrance qui impose ses standards de production et de consommation**

C'est un modèle de production de masse organisée en fonction de la modicité des coûts de revient qui prévaut et l'automatisation y trouve toute sa place. Ce modèle est hégémonique, il est marqué par une uniformisation des produits à l'échelle mondiale qui ne laisse pratiquement aucune place à une offre alternative, fût-elle locale. Les produits n'atteignent pas le niveau de performance que le niveau de technologie disponible permettrait : ils ont été conçus en fonction de l'optimisation des capacités d'une chaîne de production robotisée, fonctionnant au coût le plus réduit. La logique est celle du meilleur retour sur investissement possible.

Les investissements ne vont pas vers des produits dont la production n'est pas automatisable, sauf dans des secteurs de niche de très grand luxe à diffusion confidentielle.

---

<sup>7</sup> A fortiori quand des produits industriels totalement standardisés affichent trompeusement une « authenticité » fallacieuse dans leur marketing (« camembert moulé à la louche »... à l'aide de têtes de moulages articulées !)

## **2. La robotisation au service du travail de l'Homme**

Dans un contexte où le travail de l'Homme est reconnu comme une valeur primordiale en matière de sociabilisation et d'acquisition d'autonomie, la robotisation est considérée comme un outil qui permet de diminuer la pénibilité, d'améliorer la qualité de la prestation, d'aider à la créativité. Cette automatisation a touché à la fois la production de masse et les activités plus confidentielles (petites séries, voire artisanat), ces dernières bénéficiant de la grande versatilité des équipements produits en matière de robotisation.

## **3. Retour au local**

La gravité de la crise environnementale a conduit la société à adopter un mode de fonctionnement plus économe, en particulier pour la production et la consommation d'énergie. Les entreprises sont contraintes à produire localement et dans une logique devant s'inscrire à terme dans les schémas de l'économie circulaire : une production de biens de consommation multifonctions durables, économes en énergie, se prêtant à un usage mutualisé (économie de la fonctionnalité), qui peuvent être réparés et qui ont été conçus dans la perspective d'une déconstruction permettant à terme un recyclage presque à 100 % des différents composants ou des matériaux. La production en série n'a pas été abandonnée, mais la taille de ces séries a fortement diminué et les biens fabriqués ont des fonctions plus larges, parfois même plus sophistiquées.

La robotisation trouve toute sa place dans ce schéma : contrairement au scénario 1, il s'agit de concevoir les meilleurs produits dans une logique de durabilité accrue. Le recours au robot et l'augmentation de la productivité permis par cet usage permettent de dégager les ressources nécessaires pour absorber le surcoût unitaire de la production. La conception et la construction de ces produits durables est en effet beaucoup plus compliquée et beaucoup plus coûteuse.

### **Un homme asservi par la robotisation ? Quel contrôle social de l'automatisation ?**

L'utilisation des NTIC dans tous les secteurs de la production s'est plutôt traduite par une montée en compétences des travailleurs à tous les niveaux de l'appareil productif : ils sont souvent plus polyvalents, leurs tâches ont souvent été enrichies, même si l'amélioration des conditions de travail n'a pas toujours été au rendez-vous. En revanche, certains font le constat que cette compétence technique améliorée ne correspond pas toujours à une capacité accrue des travailleurs à prendre des initiatives, voire qu'elle en a souffert. Faut-il incriminer les NTIC ? Une prescription accrue du travail qui se traduit notamment par un encadrement de plus en plus poussé par des procédures ? À défaut de donner une réponse à cette question, on peut s'interroger sur les conséquences possibles en termes de perte d'autonomie de l'Homme au travail en cas de robotisation.

Si on observe la situation actuelle, on peut constater que le niveau de prescription des tâches n'est pas directement corrélé avec la pénétration de la robotisation dans les processus de travail, puisqu'il est maximal dans l'industrie automobile (fortement robotisée) et l'agro-alimentaire (très faiblement impacté). Il existe en revanche des activités dans lesquelles déjà le travail humain au quotidien est directement organisé et piloté à l'action près par un logiciel : c'est le cas dans la logistique. Le parcours et les actions de l'opérateur sont « optimisés » informatiquement en fonction du contenu des commandes qu'il doit préparer : la prescription du travail est effectuée par une « intelligence » artificielle. Dans certaines variantes (Pick-N-Go® par exemple), un dispositif de commande vocale permet à l'opérateur de piloter le chariot qui se placera au bon endroit avec les fourches à bonne hauteur : pour autant, si cela potentiellement diminue la charge physique, cela ne contribue pas à augmenter la capacité d'autonomie de l'opérateur dans son travail. À terme, l'agilité de la machine augmentant, certaines plateformes logistiques parient sur une automatisation presque complète, ne laissant qu'un rôle marginal à l'intervention humaine.

L'automatisation des tâches a un rôle ambigu en matière de prévention des risques professionnels. Si elle peut permettre un aménagement a priori favorable par la suppression d'une tâche usante ou douloureuse (substitution par la machine) ou permettre l'accompagnement d'un geste répétitif et exigeant quant à la précision (par l'utilisation d'un exosquelette), ce gain est parfois partiellement compensé, voire complètement annihilé par une intensification de la tâche correspondante. Si le port d'un exosquelette par un travailleur de 25 ans se traduit pour des raisons économiques par une augmentation de la cadence, celui-ci se retrouvera victime à 50 ans, voire plus tôt, des mêmes TMS que son prédécesseur qui n'a pas bénéficié du même équipement. Et ce travailleur vieillissant équipé du même exosquelette ne sentira pas une atténuation de la douleur si dans le même temps la cadence de travail augmente.

Se pose également la question de l'espace de travail entre l'Homme et le robot quand ils sont appelés à coopérer. Jusqu'à une époque récente, les règles voulaient que le robot soit encagé de façon à éviter tout contact avec l'opérateur. Grâce aux progrès de la technique (en termes de mobilité notamment), mais aussi surtout en raison de la progression de l'automatisation et de l'intensification de la production et du travail, les robots sont de plus en plus intimement intégrés à l'espace de travail : c'est de façon évidente le cas pour les robots d'assistance physique, mais le partage du poste de travail est de plus en plus souvent la règle. Cela peut entraîner des contacts intempestifs entre l'opérateur et le robot. Face aux développements prévisibles de ce type d'organisation de la production et dans une logique de prévention des risques professionnels, certains ont imaginé de « normaliser » ces contacts. Ainsi, ils proposent de quantifier le contact homme-robot, notamment en termes de douleur ressentie : jusqu'à quelle pression, sur quelle surface le contact est-il acceptable, notamment en termes de douleurs ? Il est permis de s'interroger sur une telle subordination de l'Homme à la machine. Indépendamment de la douleur physique (dont l'évaluation imposerait de façon parallèle de définir un homme moyen en termes de résistance), est-il acceptable que ce contact soit banalisé ? Comment peut-on intégrer l'acceptabilité psychologique d'une telle sujétion ? Est-ce tout ce que le monde de la production a à proposer au travailleur en matière de prévention des risques professionnels ?

De nombreuses études ont montré que l'acceptabilité d'une nouvelle technique en milieu de travail est liée à la possibilité pour les travailleurs d'en détourner au moins une partie des usages, ce qui leur permet de se l'approprier plus facilement et peut se traduire dans le meilleur des cas par un enrichissement de la tâche et aussi une plus grande efficacité de la technique qui peut bénéficier de l'apport de connaissances issues de l'expérience du travail réel. La robotisation généralisée permettra-t-elle un tel apprentissage commun si elle considère l'Homme comme une variable ? C'est que les NTIC ont réussi en organisant une remontée d'informations qui se sont traduites par un apport de fonctions nouvelles mises au service de l'utilisateur (même si les logiques de captivité de la clientèle n'étaient évidemment pas absentes et que le partage de la valeur des données ainsi recueillies s'effectue globalement en faveur du concepteur).

Cette place laissée à l'Homme revêt une importance particulière dans un autre secteur potentiellement concerné par un fort développement de la robotique, déjà évoqué précédemment : celui de l'aide à la personne. La place et le travail de l'aidant devront être reconsidérés s'il bénéficie d'une assistance mécanique plus ou moins « intelligente » pour les manutentions des aidés, mais c'est surtout la façon dont l'aidé va ressentir cette coopération qui est susceptible d'influer la façon dont il vit son travail. À travers le bien-être (physique et psychologique) de l'aidé qui doit évidemment être préservé voire amélioré, c'est aussi toute la conception que l'aidant se fait de son travail qui est en jeu. Une quelconque sujétion de l'aidant à l'équipement de travail paraît a priori inconcevable dans ce type de tâches mettant en jeu des relations humaines.

### **Quelle redistribution de la valeur ajoutée dans un monde robotisé ?**

La question de l'automatisation de la production trouve son fondement principal dans une logique d'augmentation du profit, même si des aspects comme les pénuries de main d'œuvre ou l'amélioration des conditions de travail contribuent pour partie à ces choix de mode de production.



La question de la redistribution de la valeur ajoutée dégagée est de grande importance. Quelques hypothèses peuvent être formulées, qui trouvent leur place dans les développements des trois ébauches de scénarios qui ont été proposées précédemment :

- cette valeur ajoutée revient pour l'essentiel aux investisseurs pour, au besoin, être réinvestie dans de nouveaux équipements. Si l'automatisation s'accompagne d'une destruction d'emplois (mais on a vu précédemment que ce n'est pas une fatalité, son développement pouvant se traduire par des besoins nouveaux en termes de métiers), les équilibres économiques « fordistes » sur lesquels reposent notre sociétés pourraient être perturbés. Faute de salaires, plus de consommation, donc plus de production. De même le financement de la protection sociale à travers des prélèvements sur les salaires ne serait plus assuré ;
- l'automatisation s'accompagne d'une réduction de l'emploi, mais la plus-value dégagée est au moins partiellement affectée à des mesures d'intérêt public :
  - o une offre accrue en matière de formation de façon à ce que les travailleurs puissent bénéficier de réorientations tout au long de leurs carrières,
  - o l'automatisation permet de diminuer la charge physique du travail, c'est aussi un outil qui permet le prolongement dans de bonnes conditions des carrières des travailleurs vieillissants ; elle permet en outre (de façon faussement paradoxale) de réintroduire des rapports humains de meilleure qualité dans l'environnement de travail, l'encadrement de proximité pouvant à nouveau remplir son rôle d'accompagnement des travailleurs,
  - o une partie des emplois perdus dans la production est réaffectée à des emplois de type social, notamment dans l'aide aux personnes âgées et/ou dépendantes, dont les aidants bénéficient d'équipements robotisés financés par cette plus-value ; ces équipements facilitent la tâche des aidants et permettent d'augmenter leur disponibilité dans leurs rapports aux aidés ;
- l'automatisation libère du temps et une partie de la plus-value financière dégagée est affectée à un revenu social d'activité universel qui permet à chacun de s'investir dans des activités de son choix. Les activités sociales bénévoles de proximité sont ainsi valorisées au même niveau que les activités productives du secteur marchand.

### **L'hypothèse d'une robotisation de haut niveau : les révolutions de demain**

Même si des progrès importants peuvent être réalisés dans les années à venir dans les domaines de la mécatronique, de la perception et de la locomotion pour parvenir à des équipements robotisés plus agiles et mieux insérés dans le monde du travail, si un véritable changement de paradigme intervient dans la robotisation du monde du travail, c'est probablement à des évolutions majeures dans le domaine de l'intelligence artificielle qu'on devra une éventuelle révolution robotique. En l'état actuel, on imagine que celle-ci serait due à l'utilisation de technologies comme les réseaux de neurones et la logique floue.

La création d'OpenAI dans la Silicon Valley<sup>8</sup>, portée par des investisseurs de la Silicon Valley et créditée d'un milliard de dollars, l'investissement d'un autre milliard par Toyota sur les cinq

---

<sup>8</sup> International New York Times - Artificial-Intelligence Research Center Is Founded by Silicon Valley Investors, 11 décembre 2015. [http://www.nytimes.com/2015/12/12/science/artificial-intelligence-research-center-is-founded-by-silicon-valley-investors.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2015/12/12/science/artificial-intelligence-research-center-is-founded-by-silicon-valley-investors.html?_r=0)

prochaines années<sup>9</sup> montrent que des sommes énormes vont être consacrées dans les années qui viennent à la recherche sur ces sujets. On peut donc imaginer que la période envisagée dans l'exercice de prospective verra des évolutions importantes dans ce domaine.

On a déjà évoqué précédemment l'utilisation d'une robotique très avancée techniquement pour concevoir des biens d'équipement et de consommation très sophistiqués compatibles avec une logique d'économie circulaire. On peut aussi faire l'hypothèse d'une robotique d'un niveau tout aussi élevé qui permettrait de développer des technologies qui ne se sont pas développées jusqu'à présent parce que trop dangereuses à mettre en œuvre. Si elles pouvaient l'être sans intervention et même sans présence humaine dans des installations de très haute sûreté, d'autres générations de biens de consommation pourraient apparaître sur le marché. De façon moins ambitieuse, des produits à moyenne valeur ajoutée dont la fabrication est susceptible d'exposer les travailleurs à des composés nocifs pourraient à nouveau être synthétisés en France dans les mêmes conditions.

Si la production est prise en charge par des robots intelligents, quel type d'organisation du travail subsistera-t-il dans l'entreprise ? Sera-ce la fin d'un système hiérarchique basé a priori sur une compétence humaine devenue moins cruciale pour la prise de décision ?

Reste aussi à imaginer le traitement des dysfonctionnements des robots intelligents, la question des responsabilités des conséquences de ces dysfonctionnements. Qui incriminer ? Le concepteur, l'utilisateur, le robot lui-même ? La question de la sûreté de ces équipements est aussi un sujet de réflexion : de premiers exemples de robots hackés existent déjà<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> International New York Times - Toyota Invests \$1 Billion in Artificial Intelligence in U.S., 6 novembre 2015. <http://www.nytimes.com/2015/11/06/technology/toyota-silicon-valley-artificial-intelligence-research-center.html>

<sup>10</sup> International New York Times - The Web-Connected Car Is Cool, Until Hackers Cut Your Brakes, 23 juillet 2015. <http://www.nytimes.com/2015/07/24/business/the-web-connected-car-is-cool-until-hackers-cut-your-brakes.html>

## **Annexe A - L'exercice de prospective – Remise en perspective de l'atelier dans le déroulement de l'exercice**

L'exercice de prospective « Modes et méthodes de production en 2040 : quelles conséquences en santé et sécurité au travail ? » se déroule en cinq phases :

1. Une phase rétrospective des évolutions enregistrées entre 1990 et 2015 visant à déterminer les principaux facteurs susceptibles d'influencer ces évolutions. Elle a été menée à partir des travaux déjà réalisés sur ce sujet par les partenaires de l'INRS (Anact, Anses, Aravis, Dares, DRP de la CnamTS, France stratégie) inclus dans le groupe projet et d'interviews d'experts INRS, de la DRP et de grosses entreprises ayant déjà eu une réflexion en la matière.

2. La deuxième phase est constituée de six ateliers (dont celui qui fait l'objet de cette synthèse). Les thèmes de ces ateliers ont été déterminés à partir des éléments identifiés lors de la première phase (rétrospective). L'objectif est de déterminer les grandes tendances susceptibles de se développer en mettant plus particulièrement l'accent sur un certain nombre d'éléments de contexte sensibles dont les évolutions possibles (ruptures, inflexions, renouvellement total de la problématique) contribueront à construire les futurs possibles. La période considérée va de 2015 à 2040.

3. Une fois la synthèse des ateliers effectuée, compte tenu de la spécificité « Santé et sécurité au travail » de l'exercice, une réflexion sera engagée sur les conséquences en matière d'évolution des risques professionnels dans les configurations imaginées pour la période visée par l'exercice. Cette réflexion comprend aussi les évolutions de la prévention (organisation et méthodes). Ce travail sera mené par l'INRS en liaison avec ses partenaires du groupe projet.

4. L'ensemble (phases 2 et 3) sera ensuite présenté aux organisations patronales et syndicales représentées au Conseil d'administration de l'INRS.

5. Une restitution publique sera présentée en novembre 2016. Ce sera l'occasion de recueillir les commentaires des différentes personnes associées à la production de cet exercice, mais aussi d'engager le dialogue avec d'autres acteurs directs ou indirects de la prévention des risques professionnels qui n'auront pas été associés directement à l'exercice.

### **Délimitation spatio-temporelle du sujet de l'exercice**

En plus de la délimitation temporelle (2015 – 2040), il a fallu procéder au choix de l'espace géographique considéré dans l'exercice. Il s'est porté principalement sur la France, élément d'une construction européenne plus ou moins aboutie (cet aboutissement pouvant faire l'objet d'hypothèses dans les différents scénarios considérés). L'Europe, à travers son influence sur la définition des politiques nationales, est donc aussi considérée plus ou moins directement dans l'exercice. Les hypothèses d'un éclatement complet de l'Union européenne, d'un retour à un contexte de définition de politiques économiques et sociales sur un plan purement national n'ont pas été considérées.

Contrairement à ce qu'un titre volontairement accrocheur pourrait laisser supposer, il ne s'agit pas, dans cet atelier, d'opposer forcément une mondialisation de la production avec le développement d'activités plus locales et plus spécifiques à un espace géographique, mais aussi de réfléchir à leurs possibilités de développement en parallèle, complémentaires et/ou antagoniques. Pour des raisons de simplicité d'exposé, on a donc traité d'abord des aspects concernant la mondialisation, puis ceux ayant trait à l'échelon local, pour envisager ensuite les interactions entre les différents niveaux.