



ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

FICHE VARIABLE
COBOTIQUE

COLLÈGE DE PROSPECTIVE
CHANTIER INDUSTRIE



SYSTÈME DE VARIABLES

Cette fiche s'inscrit dans un système global de variables.

Les variables faisant l'objet d'une fiche sont celles identifiées lors des premières tables rondes du chantier prospectif comme porteuses d'évolutions majeures ayant un impact direct ou indirect sur l'industrie.

Chaque fiche rassemble, sauf exception, la documentation permettant de comprendre l'évolution passée, présente et future d'une variable.

Elle expose les dynamiques d'évolution (tendances, ruptures...), et propose quelques évolutions possibles (micro-scénarios travaillés en atelier).

1. CONTEXTE ÉCONOMIQUE GLOBAL

Croissance économique mondiale
Monnaie
Europe, Brexit
Production française
Export
Coûts de production
Intervention de l'Etat
Internationalisation
Ressources (énergie, matières...)

2. ÉVOLUTIONS ÉCONOMIQUES DE L'INDUSTRIE

Servicialisation de l'industrie
Modèles d'affaires
Logistique et Supply Chain

3. ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES

Sécurité industrielle
Règlementations
Changements climatiques

4. ATTRACTIVITÉ RÉGIONALE

Capital humain
Attractivité régionale
Infrastructures
Environnement institutionnel,
économique, gouvernance
locale
Recherche et développement

5. ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

Big Data
Intelligence Artificielle
Réalité augmentée
Cobotique
Fabrication additive
Internet des objets
Gestion de cycle de vie du
produit

6. ÉVOLUTIONS SOCIÉTALES

Imaginaire de l'industrie

Tendances de consommation

TRAJECTOIRE DE LA VARIABLE

La tendance de la production manufacturière est à la personnalisation de masse et l'individualisation, exacerbées par la concurrence internationale. Aussi, tout système intégrant des technologies avancées doit pouvoir équilibrer les enjeux de réactivité dans la production, d'amélioration de la qualité des produits, et de faiblesse des coûts de production.

La cobotique est le domaine de la collaboration homme-robot, c'est-à-dire de l'interaction, directe ou téléopérée, entre homme(s) et robot(s) pour atteindre un objectif commun. Le terme provient de cobot qui a émergé au milieu des années 90 ; néologisme issu des termes robots et collaboration, avec, initialement, une fonction d'assistance des activités humaines en apportant un gain conséquent en santé au travail, en sécurité, en productivité et en matière de qualité.

Elle se décline de différentes façons :

- L'îlot robotisé flexible (robotique traditionnelle dotée de dispositifs de sécurité et en charge de tâches répétitives),
- L'îlot robotisé collaboratif (partage des tâches entre la machine et l'opérateur sur une ligne),
- Le robot mobile collaboratif (déplacement possible sur plusieurs lignes),
- Le cobot (équipement motorisé assistant l'opérateur dans ses gestes),
- L'exosquelette (équipement articulé et motorisé fixé sur le corps facilitant les mouvements par la force de mouvements électriques).

Quant à la collaboration, on distingue :

- La comanipulation parallèle (le robot copie le mouvement de l'opérateur en y ajoutant une force),
- La comanipulation orthétique (force supplémentaire apportée à l'opérateur),
- La comanipulation sérielle (les mouvements fins de l'outil résultent de la coopération entre l'opérateur et le robot).

Les robots intelligents seraient ainsi la partie cruciale de la numérisation de l'industrie manufacturière qui répondrait à de nombreux enjeux comme les difficultés de recrutement de postes hautement qualifiés, le vieillissement de la population ou le déclin de la population active.

La cobotique se situe entre le travail manuel (préférable dans de faibles volumes de production) et l'automatisation (répondant à des logiques de massification de la production et une division poussée du travail). Elle offre l'opportunité de placer l'Homme au cœur du progrès technologique.

Par ailleurs, elle offre une opportunité pour l'industrie française de monter son industrie en gamme et en qualité. Toutefois, la France comptait en 2013 deux fois moins de robots de production que l'Italie et quatre fois moins que l'Allemagne.



PASSÉ > PRÉSENT > FUTURS POSSIBLES

QUELLE A ÉTÉ L'ÉVOLUTION PASSÉE DE LA VARIABLE ?

Attention, les données portent uniquement sur les robots.

Selon l'**IFR** (International Federation of Robotics), l'automatisation de l'économie s'accélère, la nouvelle moyenne globale de densité robotique dans les industries manufacturières est de **74 unités de robots pour 10 000 employés en 2016** (66 unités en 2015). Cette densité est plus élevée en Europe (99 unités), avec l'Allemagne, l'Italie ou encore la Belgique au palmarès des pays les plus robotisés dans le monde.

En 2018, les installations mondiales de robots ont augmenté de 6 % pour atteindre 422 271 unités, **d'une valeur de 16,5 milliards USD** (hors logiciels et périphériques). Le stock « opérationnel » de robots a été évalué à plus de 2 400 000 unités (+ 15 %), malgré la crise qu'ont traversée les secteurs comme l'automobile ou l'électronique.

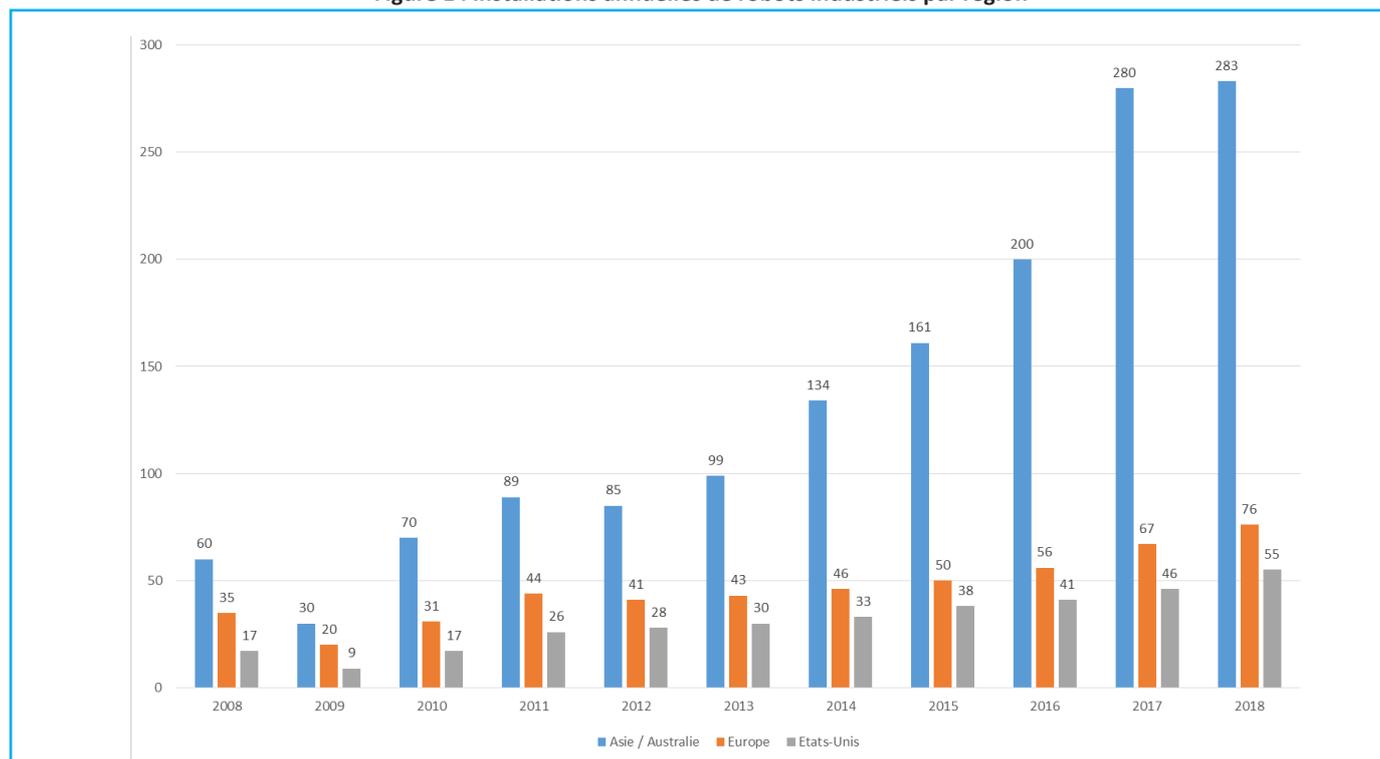
L'industrie automobile est le premier débouché avec 30 % du total des installations, devant l'électricité / électronique (25 %), le métal et les machines (10 %), les plastiques et produits chimiques (5 %) et les aliments et boissons (3 %).

En matière d'activité, l'introduction de la robotisation peut servir à transformer l'outillage du poste de l'opérateur, mais celui-ci garde son expertise, ou à l'automatisation du poste demandant un transfert de savoirs vers le système automatisé (notamment sur les postes répétitifs). On trouve aussi des cas de figure où la cobotique fait interagir l'opérateur et la machine, notamment dans des tâches complexes, en environnement dynamique et difficilement automatisable.

De nombreux fabricants de cobots investissent maintenant dans le développement de logiciels de programmation intuitifs, ainsi que de logiciels spécifiques aux applications. A titre d'illustration, Universal Robots (Danemark) propose l'environnement de programmation URCaps pour ses robots collaboratifs. Techman Robot (Taiwan) propose les logiciels TM Palletizing Operator et TM Manager pour ses cobots. Les fabricants de cobots à bas prix, tels que Franka Emika (Allemagne), proposent également divers progiciels via leur plateforme en ligne Franka World. Des éditeurs de logiciels tiers comme Energrid (États-Unis) et Vention (Canada) développent également divers progiciels et plug-ins spécifiques aux applications pour les robots collaboratifs.

Le déploiement de logiciels spécifiques à l'application devraient faciliter les installations de cobots.

Figure 1 : Installations annuelles de robots industriels par région



Source : International Federation of Robotics

PASSÉ > PRÉSENT > FUTURS POSSIBLES

QUELLES SONT LES DYNAMIQUES À L'ŒUVRE ?

La tendance est à la hausse, avec une prévision de 150 unités de robots pour 10 000 employés à prévoir en Chine cette année. La République de Corée a de loin la densité de robots la plus élevée dans l'industrie manufacturière - une position que le pays occupe depuis 2010. La densité robotique dépasse de huit fois la moyenne mondiale (631 unités). Elle est suivie par celle de Singapour (488 robots pour 10 000 employés en 2016) où environ 90 % des robots sont installés dans l'industrie électronique.

Le Japon est le principal fabricant de robots industriels au monde : la capacité de production des fournisseurs japonais a atteint 153 000 unités en 2016, soit le niveau le plus élevé enregistré. Aujourd'hui, les fabricants japonais fournissent 52 % de l'approvisionnement mondial.

Le pays le plus automatisé d'Europe est l'Allemagne – au 3^{ème} rang mondial avec 309 unités. L'offre annuelle et le stock opérationnel de robots industriels en 2016 ont eu une part respective de 36 % et 41 % du total des ventes de robots en Europe. Entre 2018 et 2020, l'approvisionnement

annuel

en Allemagne continuera de croître d'au moins 5 % en moyenne par an en raison de la demande croissante de robots dans l'industrie générale et dans l'industrie automobile.

La France a une densité de robot de 132 unités (se classant 18^{ème} dans le monde), ce qui est bien au-dessus de la moyenne mondiale de 74 robots - mais relativement faible par rapport aux autres pays de l'UE. Les membres de l'UE comme la Suède (223 unités), le Danemark (211 unités), l'Italie (185 unités) et l'Espagne (160 unités) sont beaucoup plus automatisés avec des robots industriels dans le secteur manufacturier.

La tendance est actuellement à la standardisation des moyens de communication, des logiciels, et des interfaces matérielles.

Quant aux données portant sur les cobots, selon MarketandMarkets, le marché mondial des robots collaboratifs devrait passer de 981 millions USD en 2020 à 7 972 milliards USD d'ici 2026. Contrairement aux robots industriels traditionnels, les robots collaboratifs offrent un retour sur investissement rapide (moins de 6 mois), ce qui profite aussi bien aux PME qu'aux grandes entreprises. C'est l'un des

PASSÉ > PRÉSENT > FUTURS POSSIBLES

QUELLES SONT LES INFLEXIONS ET RUPTURES QUI POURRAIENT MODIFIER LES DYNAMIQUES EN COURS ?

Notons que depuis le début de 2019, les difficultés commerciales entre les États-Unis et la Chine ont continué de s'aggraver et les investissements en capital ont diminué.

Prévisions 2019-2022 de ventes annuelles mondiales de robots industriels :

- 2019 : 420 870 unités, 0 % par rapport à 2018 ;
- 2022 : 583 520 unités, + 12 % par an en moyenne de 2020 à 2022.

L'un des grands enjeux est d'élaborer des systèmes cobotiques (Hommes-machines) adaptatifs et réactifs dans des environnements dit ouverts et complexes (gestion des imprévus). Le succès de ces systèmes de production adaptatifs et réactifs dépend fortement des informations en temps réel et synchrones du système de production, du processus de production et du produit individuel. Pour cela, les technologies de production d'information et les interfaces de communication doivent être matures comme la radiofréquence (RFID), les caméras, les scanners et laser, ou encore les informations sur l'état réel de automates programmables (PLC) et contrôleurs de robot (RC).

La connectivité « cloud » est un catalyseur pour un marché en croissance de la location de robots (Robots-as-a-Service, RaaS), devenant des dispositifs « cyber-physiques » et, de fait, propices aux cyber-attaques. Ce modèle présente des

avantages pour les petites et moyennes entreprises (PME) : pas de capital fixe, coûts fixes, mises à niveau automatiques et pas besoin d'opérateurs de robots. Étant donné le niveau relativement faible de connectivité numérique dans la production manufacturière, la robotique cloud et RaaS peuvent encore prendre un certain temps pour atteindre leur maturité.

Le RaaS consiste à associer le hardware – le robot – au software sous forme de service packagé. Une offre combinée via laquelle le robot au même titre qu'un service cloud traditionnel peut être loué. Dans ce nouveau modèle, on passe d'une robotique figée où un robot est programmé pour une tâche déterminée à une robotique dynamique. Le robot se connecte au cloud pour récupérer les ressources dont il a besoin pour mener à bien ses tâches et s'adapter au contexte. L'intelligence étant déportée dans le cloud, le robot embarque moins de CPU, de RAM et d'espace disque. Un autre des enjeux des prochaines années est la certification/validation d'algorithmes dont le fonctionnement est incompris des concepteurs.

Concernant les craintes de pertes d'emplois, les impacts d'ordres organisationnel et social, les questions liées à l'acceptabilité de la technologie : l'introduction des machines a toujours fait l'objet de conflits avec l'opérateur, de l'introduction de la machine à imprimer aux robots intelligents actuels. La peur de voir son emploi disparaître, ou une remise en question de ses qualités de travail font oublier la force de la machine à faire évoluer les postes et métiers vers davantage de valeur ajoutée, voire amener à une revalorisation des postes (en se concentrant sur l'expertise de l'opérateur). L'introduction de la cobotique passe notamment par le maintien des relations entre opérateurs eux-mêmes.

Le risque avec la robotisation est de voir le savoir professionnel, ou l'expérience métier, se vider chez les opérateurs au profit des machines. Dans les cas complexes, l'Homme continuera à être impliqué dans les opérations robotisées.



MICRO-SCÉNARIOS

Elaborés en atelier, ces scénarios proposent un contenu de l'évolution possible de la variable étudiée, articulés à partir de trois hypothèses :

- **une hypothèse basse** (quelle évolution de la variable défavoriserait l'industrie régionale),
- **une hypothèse haute** (quelle évolution de la variable favoriserait l'industrie régionale),
- ainsi qu'un scénario s'inscrivant davantage dans une forme de continuité (**hypothèse tendancielle**).

A noter : les micro-scénarios du bloc « évolutions technologiques » ont été développés en agrégeant l'ensemble des connaissances produites sur l'ensemble des variables étudiées (Big Data, cobotique, intelligence artificielle etc.). En conséquence, ils sont identiques sur l'ensemble des fiches produites, mais proposent un contenu séquencé selon une entrée économique, environnementale, et sociale.

UNE INTÉGRATION INSUFFISANTE DES ENJEUX DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES QUI MET LES INDUSTRIELS À LA TRAÎNE DE L'ÉCHIQUIER INTERNATIONAL

Peu informées, mal préparées, les industries régionales travaillent à leur transformation numérique au cas par cas, au gré des demandes de leurs clients. Il en résulte des pertes de parts de marchés pour celles qui anticipent le moins l'évolution des attentes.

Au niveau local, en dépit de l'implication des représentants économiques (branches professionnelles, institutionnels...), seules les entreprises de taille conséquente et les entreprises appartenant à un groupe parviennent à tirer leur épingle du jeu et à développer des stratégies numériques efficaces et globales.

En conséquence, l'outil de production est vieillissant pour les établissements les moins intégrateurs de technologies numériques, et la production en recul car de moins en moins adaptée aux besoins des clients (de plus en plus exigeants). L'industrie n'attire plus, peine à recruter, et ne renouvelle pas ses compétences.

Une partie des industries régionales est peu ou mal connectée. Le niveau de digitalisation des petites structures se limite à rendre visible l'activité de l'entreprise ou à l'usage de logiciels de gestion administrative ou de comptabilité. Elles sont vulnérables aux nouvelles formes de cyberattaques (rançons).

Par ailleurs, les outils financiers publics visant à digitaliser plus largement l'industrie ont davantage profité à des entreprises qui souhaitaient se relocaliser en France, mais qui n'ont pas nécessairement été créateurs d'emplois.

Sur un plan environnemental, les aides publiques se concentrent davantage sur les ruptures technologiques vers une industrie décarbonée (hydrogène...).

Dans une région présentant un profil industriel énergétique particulièrement consommateur (d'énergie, comme de matières), le caractère émergent des technologies développées et leurs coûts d'entrée (R&D) et d'acquisition (investissements) découragent massivement les PME/TPE et artisans de production.

D'un point de vue social, les salariés peu formés, peu préparés, voient dans la technologie un concurrent et pas un facilitateur accentuant ainsi la baisse de l'acceptabilité technologique nécessaire à une industrie connectée.

MICRO-SCÉNARIOS SUITE

LA DIFFICILE MISE EN RÉSEAU DU TISSU INDUSTRIEL

Le tissu industriel est mal identifié par les plans de soutien nationaux à la digitalisation de l'industrie. Les artisans de production, par exemple, ne sont pas intégrés dans les politiques d'investissement et d'accompagnement à la transformation numérique. Ces derniers se cantonnent à développer des marchés locaux avec l'appui de technologies abordables (objets connectés, système d'*edge computing*, fabrication additive...). Leur modèle économique est fragilisé par la faiblesse du nombre de leurs clients.

La propriété intellectuelle continue d'être dominante dans la régulation de l'innovation.

Les investissements publics en faveur d'une transition environnementale profitent assez peu à certains secteurs *a contrario*, par exemple, de l'agriculture, secteur précurseur dans les nouvelles technologies liées à la gestion de l'environnement.

L'innovation sociale est mal intégrée dans le soutien aux vecteurs de transition qui se cantonnent à des expérimentations locales.

Depuis la stratégie de Lisbonne, les taux d'emploi se sont améliorés en France même si les salariés accusent un retard dans la maîtrise des savoirs de base.

L'industrie connectée modifie le contenu de ces savoirs de base qui s'élargissent aux habilités numériques (capacité à supporter la charge cognitive d'une relation Hommes-Machines, capacité à protéger sa vie privée avec l'usage des réseaux sociaux...) mais sans réelle capacité à construire une offre d'accompagnement de ces mutations de compétences. De nouveaux risques liés à la santé au travail émergent, dans un contexte de fragilisation du modèle social suite à la destruction d'emplois liés au numérique. Ce recul du nombre d'emplois induit à terme une baisse de recette pour les collectivités.

LA MAÎTRISE DE LA CHAÎNE DE VALEUR NUMÉRIQUE POUR DE NOUVELLES CRÉATIONS DE VALEUR

Grâce à un cadre sécurisant (choix logiciels, aides publiques...), les industries investissent massivement dans les technologies numériques.

Les industries augmentent leur productivité grâce à ces solutions et sont plus innovantes (ex : fabrication additive qui permet des prototypes rapides), leurs capacités d'adaptation aux besoins des consommateurs s'améliorent.

À la recherche de toujours plus de gains de productivité, de plus en plus d'entreprises se tournent vers la digitalisation de leur appareil productif.

Parallèlement les plans de relance gouvernementaux se succèdent, les encourageant dans cette voie. Cela permet aux établissements à la fois de limiter leurs coûts (gestion des stocks), d'améliorer leur performance environnementale (optimisation de la consommation d'énergie et de matières) et d'améliorer les conditions de travail des opérateurs.

Des plans de formation et de sensibilisation sont également déployés, permettant aux jeunes générations de mieux connaître les nouveaux métiers que l'industrie connectée leur propose.

RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES

- IFR Statistical department, World Robotics 2020
- IFR, Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots
- IFR, Robotics Press release, La robotisation s'intensifie au niveau mondial, 07 février 2018
- David Bitonneau. Conception de systèmes cobotiques industriels : approche robotique avec prise en compte des facteurs humains : application à l'industrie manufacturière au sein de Safran et Ariane-Group. Automatique / Robotique. Université de Bordeaux, 2018
- Direction générale des entreprises. Technologies clefs 2020. Préparer l'industrie du futur, 2017
- Bannat A. & al., Artificial Cognition in Production Systems, IEEE, Transactions on automation science and engineering, vol. 8, n°1, 1, Janvier 2011
- Théo Moulières-Seban, David Bitonneau, Jean-François Thibault, Jean-Marc Salotti, Bernard Claverie (2016). La Cobotique : un domaine pluridisciplinaire émergent utile à l'ergonome, Actes du 51ème Congrès de la SELF, Marseille, 21-23/09/16
- Moulières-Seban, T., Bitonneau, D., Thibault, JF & coll. (2016). Les interactions Homme-Robot pour la cobotique industrielle
- Pascal Faure, Philippe Darmayan. Le plan français « industrie du futur », F.F.E. « Annales des Mines - Réalités industrielles » 2016/4 Novembre 2016, pages 57 à 60
- Global Collaborative Robot (Cobot) Market. Focus on Payload, Application and Industry- Analysis & Forecast: 2019-2024. Aout 2019



Date de publication : février 2021

Rédaction : Karen Maloingne - Ahlam Benlemselmi
Christophe Meulemans - Sylvie Delbart
Contact : collegedeprospective@hautsdefrance.fr

Retrouvez l'actualité et les publications du collège sur le site de l'Agence Hauts-de-France 2020-2040
<https://2040.hautsdefrance.fr>