

INDUSTRIE 4.0 : COMMENT CARACTÉRISER CETTE QUATRIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE ET SES ENJEUX ?

[Dorothee Kohler](#), [Jean-Daniel Weisz](#)

F.F.E. | « [Annales des Mines - Réalités industrielles](#) »

2016/4 Novembre 2016 | pages 51 à 56

ISSN 1148-7941

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://www.cairn.info/revue-realites-industrielles-2016-4-page-51.htm>

Distribution électronique Cairn.info pour F.F.E..

© F.F.E.. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

Industrie 4.0 : comment caractériser cette quatrième révolution industrielle et ses enjeux ?

Par Dorothee KOHLER
et Jean-Daniel WEISZ
KOHLER Consulting & Coaching

« Industrie 4.0 » est la réponse allemande à la menace que fait peser l'irruption du numérique sur les chaînes de valeur industrielles. Il s'agit d'une ambition technologique consistant à produire des séries de taille 1 à des coûts équivalents à ceux de la production de masse en introduisant des systèmes de production cyber-physiques dans l'usine.

Mais cette révolution reste dans une large mesure invisible car elle passe par des codes et des algorithmes.

Elle vise avant tout l'apprentissage de nouveaux processus de conception et de fabrication collectifs. C'est la compétitivité relationnelle qui est au cœur de l'Industrie 4.0, matérialisée par de nouveaux modes d'interaction entre les acteurs économiques et leurs clients, et ce, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la chaîne de valeur.

Cette capacité à expérimenter ensemble ne touche pas seulement la dimension technologique. Elle concerne également la définition de nouveaux modèles d'affaires en lien avec l'émergence de plateformes de services industriels. C'est bien un changement de type 2 (au sens où l'entend Gregory Bateson) qui s'opère sous nos yeux – un changement dans lequel la transversalité entre filières et entre disciplines devient un enjeu central pour les acteurs de cette révolution numérique.

Les Allemands désignent l'Industrie 4.0 comme la « quatrième révolution industrielle ». Elle est ainsi remplacée d'emblée dans l'enchaînement logique d'un récit chronologique.

Au départ, l'Industrie 4.0 peut être comprise comme une ambition purement technologique : produire des séries de taille 1 ⁽¹⁾ à des coûts comparables à ceux de la production de masse en introduisant des systèmes de production cyber-physiques dans l'usine.

Dans les faits, il s'agit d'une stratégie de défense du leadership industriel allemand, doublée d'une stratégie de conquête de nouveaux marchés.

Sa dimension stratégique peut être lue rétrospectivement. L'édition 2011 de la Foire de Hanovre signe le coup d'envoi de l'Industrie 4.0 autour de la construction d'une offre allemande d'équipements industriels et de services s'appuyant sur l'intégration des systèmes cyber-physiques (SCP) ⁽²⁾ dans la production. L'édition 2015 de cette foire a réorienté cette révolution numérique vers le développement de nouveaux modèles d'affaires autour de l'inter-

net des services exploitant les données générées par les équipements et par les clients.

Dans un ouvrage que nous avons consacré à l'Industrie 4.0 ⁽³⁾, nous soulignons que celle-ci peut être interprétée comme un changement de paradigme industriel avec, à la clé, la nécessité pour l'ensemble des acteurs de conduire des apprentissages d'un type nouveau.

(1) L'enjeu pour l'industrie est de répondre en temps réel à une demande de biens personnalisés et donc de produire des lots de petite taille, voire des biens individualisés, ce qui implique une très grande flexibilité et une forte modularité des équipements industriels.

(2) Un système cyber-physique de production est formé par un ou plusieurs systèmes embarqués dans des équipements industriels, systèmes qui communiquent les uns avec les autres. La commande et la régulation du système de production ne passe plus par une entité centrale, mais se trouve décentralisée au niveau des interactions entre l'ensemble des systèmes cyber-physiques.

(3) KOHLER (Dorothee) et WEISZ (Jean-Daniel), Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand, Paris, La Documentation Française, 2016, 176 p.

Une menace sur la maîtrise des chaînes de valeur

L'intérêt de la désintermédiation introduite par l'Industrie 4.0 est d'intervenir dans des interstices de la chaîne de valeur, où sont logées des rentes de situation à faible valeur ajoutée. Elle y substitue des algorithmes qui vont directement mettre en contact une offre et une demande potentielle – *via* l'exploitation des données d'usage. Il se produit ainsi un fantastique transfert de création de valeur de l'amont vers l'aval de la chaîne de valeur. Au-delà du seul exemple de la maintenance prédictive ⁽⁴⁾, le spectre des services potentiels est immense, avec des opérateurs de services basés dans le *Cloud*, qui proposent, grâce aux outils du *big data*, la résolution en temps réel de problèmes (plus ou moins complexes) de gestion et d'optimisation industrielles ⁽⁵⁾.

Les industriels allemands craignent qu'à l'aune d'autres secteurs (comme l'édition ou l'hôtellerie), les géants de l'Internet n'imposent une relation exclusive avec les clients finaux au détriment des industriels B2C (*business to customer*) et B2B (*business to business*). Contrôlant l'accès aux données d'usage et aux interfaces guidant le choix des consommateurs, les géants de l'Internet seraient dès lors en position de force pour capter une part importante des marges opérationnelles « partout où l'on peut dématérialiser ou ré-intermédiaire » ⁽⁶⁾. Ce mouvement est déjà en cours dans le secteur de la maintenance industrielle, où des opérateurs de plateformes numériques cherchent à capter la relation entre les fabricants d'équipements et leurs clients.

Qui dit intermédiation suppose l'utilisation de données directement issues de la production. Il ne s'agit plus seulement de vendre une machine ou un produit, mais aussi de vendre un service calibré à partir de données fournies par l'utilisateur lui-même. L'utilisateur passe ainsi du statut de consommateur passif à celui de client-entrepreneur en prise directe avec le fabricant durant aussi bien la phase de conception du produit que celle de suivi de la fabrication, de la livraison puis de la maintenance. A travers le flux de données dans les deux sens entre fabricant et client-utilisateur, le lien est désormais continu.

En Allemagne où l'industrie mécanique constitue la colonne vertébrale du système productif, ces évolutions conduisent à des innovations de rupture, à des risques de disruption dans la chaîne de valeur ou à un basculement de création de valeur de la fabrication vers les services. Elles sont de nature à faire vaciller un colosse aux pieds d'acier. La prise de conscience aigüe de ce danger par L'État fédéral allemand a provoqué dès 2006 une remise en cause de la stratégie de développement des hautes technologies. Créer les conditions d'une hybridation entre industries mécaniques et technologies de l'information et de la communication est devenu un enjeu de préservation du leadership industriel allemand.

Une révolution invisible ?

Dès 2009, la diffusion du numérique dans l'industrie est abordée comme un changement de paradigme économique et social. La rationalisation des flux de production

et l'automatisation demeurent un impératif, néanmoins la compétition sur les coûts au cœur de la révolution 3.0 touche à ses limites. Le défi à relever implique plusieurs changements majeurs : la capacité à fabriquer des biens personnalisés qui suppose de passer d'une commande numérique centralisée à un pilotage décentralisé de la production, et la conception de services permettant de se différencier. Ces enjeux demandent de maîtriser tous les niveaux d'interaction en temps réel : opérateur, machine, produit et client.

Le mouvement de transformation impulsé à l'échelle nationale paraît aujourd'hui d'une ampleur saisissante. Pourtant, les transformations induites par le « 4.0 » ne sont pas forcément visibles. En effet, elles sont faites de codes et d'algorithmes qui permettent de mettre en place des systèmes de production cyber-physiques.

Si nous nous plaçons devant le démonstrateur allemand de l'émblématique Smart Factory de Kaiserslautern, exposé à la Foire de Hanovre, qu'observons-nous ? Il s'agit d'installations modulaires fonctionnant en mode *plug and work* ⁽⁷⁾. Un produit est fabriqué par passages successifs sur des modules conçus par des fabricants différents, voire concurrents (Bosch Rexroth, IBM, Cisco, Festo, Pilz, Phoenix Contact, Harting, Lappkabel...).

Tous ces modules sont dotés de composantes capables de décrypter en temps réel les informations transmises par le produit à partir d'une puce RFID contenant les spécificités de sa fabrication et adaptant le réglage des machines en conséquence.

Le démonstrateur n'a en soi rien de spectaculaire, ni de secret. Chacun peut prendre des photos.

Le spectaculaire réside dans l'interopérabilité de ces machines construites par différents fabricants. C'est l'expérimentation collective en amont de la fabrication du produit qui a permis d'agréger ces expertises souvent concurrentes.

Ce n'est donc pas ce qui est produit qui est spectaculaire, mais la manière dont il est produit grâce à l'apprentissage de processus collectifs de conception et de fabrication.

Nous sommes frappés par le nombre des acteurs impliqués dans ce projet de démonstrateur. « Expérimenter ensemble » est un mot d'ordre qui a su trouver des traductions très concrètes parmi les industriels, les chercheurs, les universitaires et les organisations syndicales.

Le démonstrateur apporte la preuve d'un partage de ressources et d'une nouvelle conception du processus d'innovation qui fait tomber les murs entre les différentes en-

(4) Acatech, "Smart Service Welt. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt", Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft, mars 2015, p. 58.

(5) PwC, "Industrie 4.0. Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution", octobre 2014, p. 25.

(6) Bpifrance, « Le Lab », Le numérique déroutant, 2015, pp. 23-26.

(7) Cette expression signifie qu'à l'image d'une clé USB reconnue automatiquement par l'ordinateur, un nouveau module de fabrication est automatiquement reconnu lorsqu'il est connecté à une chaîne de production, et que celle-ci s'adapte en conséquence.



Le démonstrateur Smart Factory KL à la Foire de Hanovre en 2015.

treprises, décloisonne les savoir-faire et amène à révisiter les conditions de propriété industrielle. Le démonstrateur illustre la capacité à créer un leadership collectif en s'appuyant sur les métiers des différentes parties prenantes.

Le développement de ces collectifs réunissant donneurs d'ordres, fournisseurs et éditeurs de logiciels et la mutualisation des tests mécaniques bénéficiant notamment de l'appui des Instituts Fraunhofer sont parmi les réalisations qui nous ont le plus frappés au cours de notre travail de terrain en Allemagne.

L'émergence de nouveaux collectifs d'expérimentation industrielle

La quatrième révolution industrielle vient aujourd'hui rebattre les cartes des déterminants de la compétitivité. Au-delà de la compétitivité coût et de la compétitivité hors-prix, elle permet l'émergence d'une troisième forme de compétitivité : la compétitivité relationnelle.

Cette compétitivité relationnelle est fondée sur des modes d'interaction spécifiques entre acteurs économiques, et ce, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la chaîne de valeur : relations avec les concurrents, avec les fournisseurs, avec les communautés de clients, relations avec des partenaires de développement (des entreprises autres, des instituts de recherche, des universités, des start-up...). L'écosystème ne fait plus partie des aménités : il est dorénavant considéré comme une des composantes clés de la chaîne de création de valeur.

Ainsi, face aux coûts et aux délais nécessaires pour internaliser des compétences dans les TIC, de nombreux chefs d'entreprise optent pour une nouvelle stratégie de

partenariat – qui les amène parfois à faire d'un concurrent, un allié !

Pour numériser son offre, une PME spécialisée dans les équipements de logistique interne va s'allier à une ETI spécialisée dans la connectique. D'autres décident de construire leur propre start-up, à l'image de l'entreprise Trumpf, connue pour ses machines de découpe laser. Lancée fin 2015, la plateforme d'applications industrielles Axoom est une émanation de Trumpf. Elle a vocation à offrir un bouquet d'applications industrielles provenant d'opérateurs concurrents. Elle propose une solution servicielle complète à des clients industriels. L'injonction « expérimenter ensemble » ne se limite donc pas aux seuls démonstrateurs technologiques, elle investit également le champ des nouveaux modèles d'affaires.

Au cours des 60 interviews que nous avons menées en Allemagne en 2015, l'ensemble de nos interlocuteurs ont ainsi insisté sur les enjeux suivants :

- normer le champ des nouveaux métiers hybrides entre le monde de l'intelligence humaine et celui de l'intelligence artificielle et définir une nouvelle organisation du travail,
- attirer les meilleurs talents dans les TIC,
- définir rapidement de nouvelles normes et de nouveaux standards en prenant en compte les enjeux de cybersécurité,
- accepter la vulnérabilité de modèles d'affaires centennaires,
- enfin, nouer des alliances stratégiques entre pays, entre branches et entre entreprises de différentes tailles.

Ce dernier enjeu est crucial : les entreprises du *Mittelstand* anticipent déjà la montée en puissance de cette compé-

titivité relationnelle : selon une étude de 2015, elles estiment que l'Industrie 4.0 les amènera à coopérer d'ici 5 à 10 ans avec plus de 70 nouveaux partenaires ⁽⁸⁾ !

Ce n'est donc pas le moindre des paradoxes de cette révolution numérique que d'imposer un renforcement des coopérations, des relations et des interactions humaines – alors même que les outils numériques cherchent précisément à supprimer les intermédiaires !

L'usine LEGO : nouvelles réalités industrielles

Dans les démonstrateurs 4.0, le produit et ses paramètres contenus dans une puce RFID définissent le scénario industriel à jouer. Le produit se fabrique à la fois dans l'espace physique et dans l'espace électronique.

Un prérequis pour la mise en place de SCP dans la production est la compatibilité et l'interopérabilité des systèmes qui imposent la définition de standards de communication communs entre machines.

Une fois interconnectés, les systèmes communiquent les uns avec les autres et sont en mesure de s'autoréguler en l'absence de toute commande centrale.

L'usine devient une entité flexible dont les lignes de production sont agencées en fonction des spécificités des

commandes grâce à des fonctions de *plug and work* ou de *plug and produce* (ajouts ou retrait de modules).

Enfin, un modèle virtuel de l'usine sert non seulement à tester les différentes configurations des modules de la chaîne de production, mais aussi à simuler l'ensemble du processus de production et à piloter le cycle de vie du produit. Cela permet, avant même d'avoir enclenché la production, d'optimiser les différentes variables jugées critiques (consommation d'énergie, ergonomie, résistance des matériaux,...).

L'entreprise allemande Trumpf, un fabricant de machines-outils qui participe depuis le début aux travaux de la Plateforme Industrie 4.0 ⁽⁹⁾, a schématisé les étapes du passage de l'Industrie 1.0 à l'Industrie 4.0, lesquelles sont illustrées dans le tableau 1.

(8) BMWi, "Industrie 4.0. Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm", AUTONOMIK für Industrie 4.0, 2015, 56 p.

(9) Créée en 2013 suite aux recommandations du groupe de travail sur l'Industrie 4.0, la première plateforme Industrie 4.0 était pilotée par les trois fédérations professionnelles VDMA (industrie mécanique), ZVEI (industries électriques et électrotechniques) et Bitkom (TIC) et composée de 6 groupes de travail (normes et standards, modèles d'affaires, cybersécurité, avenir du travail, cadre juridique et innovation).

L'industrie 4.0 vue par l'entreprise Trumpf

	Hier Industrie 1.0 et 2.0	Aujourd'hui Industrie 3.0	Demain Industrie 4.0
Supersystème	Communication analogique - Marchés nationaux - Gros calculateurs	Internet et Intranet - Marchés à l'export - PC	Internet des objets - Marchés localisés - Mobile & Cloud Computing
Système	Néo-taylorisme - Production avec stocks - Tâche d'exécution - Organisation avec contremaître	Lean Production - Production <i>just in time</i> - Orientation <i>process</i> - Team-Organisation	Smart Factory - Production individualisée - Production résiliente - Réalité augmentée pour l'opérateur
Sous-système	Mécanisation - Machines conventionnelles - Plans de travail - Planches à dessin - Volants de commande	Automatisation - Machine-outil à commande numérique - ERP/MES - 3D-CAD/CAD-CAM - Pupitre de commande	Virtualisation - Social Machines - Virtual Production - Smart Products - Systèmes mobiles de communication

Tableau 1 : L'industrie 4.0 vue par l'entreprise Trumpf.

Source : ©Société Trumpf dans le rapport final sur Industrie 4.0, octobre 2012, p. 12. Traduction de KOHLER C&C.

Contrairement à certaines croyances, l'industrie 4.0 ne correspond pas à une extension du champ d'application du *lean manufacturing*. Elle propose une autre manière d'organiser le temps et l'espace de la production et du travail. Il s'agit moins d'une rationalisation plus poussée des tâches d'exécution que d'une adaptabilité des chaînes de production à la série de taille 1 et d'une synchronisation en temps réel des *process* de production et de la *supply chain* sans compter la capacité à capturer et exploiter dans le même temps les flux de données d'usage. Elle implique la conception de nouvelles interactions qui architecturent dorénavant toute la chaîne de valeur en partant du client.

La transmission instantanée d'informations devenant la clef de voûte de tout le système, on peut imaginer que là où l'emportait la capacité analytique à segmenter, à hiérarchiser et à réduire la complexité, ce seront dorénavant les compétences de résolution de problèmes en temps réel à une échelle très fine, l'aptitude à faire converger les savoir-faire de différents métiers et à coupler les dimensions réelles et virtuelles qui primeront.

La rationalisation des flux cède ainsi la place à une interconnexion entre les flux et aux interactions entre les machines, les produits et les hommes.

L'utilisation de *smartphones* pour gérer à distance la production, le suivi de chaque pièce *via* des systèmes de géolocalisation et la diffusion des techniques de réalité augmentée dans les opérations de production ou de *supply chain* démultiplient l'espace industriel au-delà des emprises physiques de l'entreprise. Cela pose la question clé de la réorganisation du travail dans l'entreprise physique et virtuelle et de l'évolution du contrat de travail, des compétences métier, de l'apprentissage, des processus de décision et de contrôle et des modes de régulation entre les différentes parties prenantes. En Allemagne, l'État, les syndicats et les industriels en ont fait un thème à part entière au sein de la Plateforme Industrie 4.0, sous l'intitulé : « Avenir du travail » (*Zukunft der Arbeit*) ⁽¹⁰⁾.

En matière de recherche, il serait pertinent de développer une approche qui combine l'analyse de l'impact du numérique sur l'espace urbain et celle de son impact sur l'espace industriel. Les thèses développées par Antoine Picon sur la ville numérique (*smart city*) donnent de précieuses clés de lecture, qui peuvent être transposées à l'espace industriel : « On passe progressivement d'une ville de flux et de réseaux à une ville d'occurrences, de situations et de scénarios [...]. Dans la ville numérique, on peut enregistrer de plus en plus de traces de ce qui arrive. À partir de cela, on peut se représenter des situations plus globales, construire des modèles et extrapoler des scénarios [...]. Les *big data* sont d'ailleurs généralement constitués de quantités massives d'enregistrements de traces ou de choses qui se sont passées [...]. On a donc la possibilité de construire des modèles : c'est là le grand vertige des *big data*... » ⁽¹¹⁾.

Nous pouvons faire l'hypothèse qu'une entreprise centenaire dont la vie est rythmée et absorbée par des exercices budgétaires, le lancement de campagnes de réduction de coûts, des vagues répétées d'*outsourcing* de fonctions

considérées comme ne faisant pas partie du cœur de métier (« *non-core* »), avec une innovation réduite, une faible intensité de design, une veille concurrentielle ponctuelle et une relation client distendue sera fortement menacée dans ce nouvel environnement. La performance de l'entreprise va de plus en plus dépendre de la qualité des interactions avec les différentes communautés de clients, de la capacité à anticiper les disruptions et à redéfinir le positionnement de son modèle d'affaires.

Industrie 4.0 : un changement de paradigme industriel

De nouveaux régimes de pouvoir s'inscrivent dans les espaces industriels et politiques : celui des GAFA (Google, Apple, Facebook et Amazon), celui des *global players*, celui de plateformes disruptives et, enfin, celui de nouvelles communautés qui bénéficient pleinement et instantanément des effets de réseau.

L'exemple allemand a l'intérêt de montrer que la transformation numérique ne consiste pas en des opérations d'innovation incrémentale sur l'outil de production. Il ne s'agit pas de changer une propriété de l'installation concernée ou de se focaliser encore plus sur des outils de type ERP (*Enterprise Resource Planning*) ou MES (*Manufacturing Execution System*) dont on attend qu'ils apportent la clé à tous les problèmes de gestion synchronisée des flux dans l'entreprise.

C'est la structure du système, à savoir l'architecture de sa chaîne de valeur et son *business model* qui sont questionnés.

La distinction faite par les théoriciens de l'École de Palo Alto entre changement de type 1 et changement de type 2 nous semble très éclairante pour caractériser l'approche allemande ⁽¹²⁾.

Les changements de type 1 se traduisent par des adaptations et des efforts déployés dans le but de maintenir l'équilibre du système existant en respectant les normes en vigueur. L'excellence opérationnelle, le *lean management* et le *lean manufacturing* entrent dans ce cadre.

Un changement de type 2 modifie, quant à lui, le système lui-même. Il implique une transformation des règles du jeu, des processus, des modes de régulation et des organisations, et il provoque de ce fait des interactions de nature différente. Il aboutit à un changement de normes au niveau du système, il implique de nouvelles mentalités et de nouveaux comportements. Cela signe l'émergence d'un nouveau paradigme.

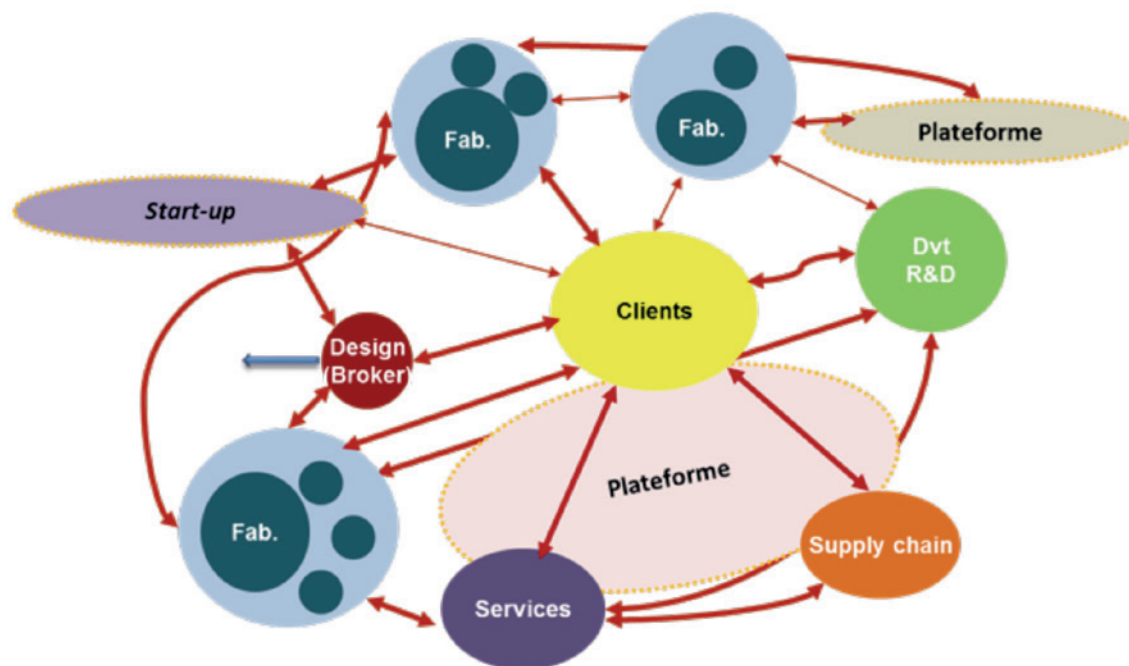
(10) KOHLER (Dorothee) et WEISZ (Jean-Daniel), Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand, Paris, La Documentation Française, 2016, pp. 65-84.

(11) PICON (Antoine), conférence « Le numérique changera-t-il la ville ? », 2015 :

http://www.club-ville-amenagement.org/_upload/ressources/productions/5a7/2015/cr_cva_5a7_numerique_a.picon_241115.pdf

(12) WATZLAWICK (Paul), WEAHLAND (John) & FISCH (Richard), Changements. Paradoxes et psychothérapie, Paris, Éditions du Seuil, 1975, p. 28.

Quelle sera, demain, la constellation organisationnelle de mon *business model* ?



Conception : © Dorothée Kohler et Jean-Daniel Weisz 2016 - KOHLER Consulting & Coaching, d'après : © Kagermann (H.), *Impuls – Zukunftsbild Industrie 4.0*, BITKOM Kick-Off « Industrie 4.0 », Berlin, 9 janvier 2013.

Contrairement aux révolutions industrielles précédentes, le caractère proprement révolutionnaire de l'industrie 4.0 ne provient pas d'une rupture technologique, mais davantage de l'ajout d'une brique technologique transversale qui interconnecte et synchronise les différents systèmes de production les uns avec les autres, quelle que soit leur localisation géographique. C'est la raison pour laquelle cette révolution est, par essence, systémique, voire interactionnelle. C'est un nouveau langage qui s'invente entre les machines, entre les hommes et les machines, entre les produits, entre les services et les machines.

Dès lors, c'est le ciment même de l'organisation qui est remis en question. Certaines fonctions qui concernent le *design* et les tâches de conception ou de production peuvent être confiées à des partenaires. A titre d'exemple, dans la construction automobile, les portières des Audi A6 fabriquées à Neckarsulm sont démontées des caisses de ces véhicules et sont envoyées à quelques kilomètres de là pour être équipées par un opérateur logistique (DHL, en l'occurrence) avant de revenir pour être refixées sur la voiture en bout de chaîne. Le constructeur Audi profite des compétences logistiques de DHL pour l'approvisionnement des multiples pièces à installer sur les portières, mais il bénéficie également du différentiel favorable que lui procure sur le plan salarial l'application de la convention collective de la logistique.

L'usine intégrée peut ainsi être éclatée en de multiples sites de plus petite taille, qui sont reliés en temps réel avec l'usine-mère. D'autres activités sont confiées à des acteurs de plateformes. Une activité de maintenance, par

exemple, restera-t-elle internalisée dans l'entreprise ou bien sera-t-elle confiée à une plateforme permettant de gérer ses machines en réseau grâce à des applications dédiées et de faire appel à des techniciens de maintenance *freelance* ?

Au-delà du seul périmètre de l'entreprise, les chaînes de valeur de chaque entité tendent à s'interconnecter les unes avec les autres. Le client peut ainsi suivre en temps réel, chez son fournisseur, l'état d'avancement de la production des pièces qui lui sont destinées.

Ce monde de l'industrie 4.0 apparaît encore à certains comme un rêve, une vision proche de la science-fiction qui tranche avec celle française de l'Industrie du futur, qui est, quant à elle, davantage centrée sur des projets nationaux impulsés et pilotés par de grands groupes et sur le monde foisonnant des objets connectés bénéficiant du dynamisme des start-up françaises.

Les Allemands assument une vision davantage industria-lo-futuriste qui est en cohérence avec les caractéristiques de leur système productif et avec les défis de sa transformation numérique.

Dès lors, organiser la transversalité entre filières en s'affranchissant tant des limites physiques des machines que des limites conceptuelles entre disciplines devient un enjeu central pour les acteurs de cette quatrième révolution industrielle.

Les changements de l'Industrie 4.0, qui sont de type 2, nous imposent de changer notre vision du monde et d'impulser une transformation à la fois sociétale et culturelle.