



INDUSTRIE

Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand

Dorothee Kohler
Jean-Daniel Weisz

4.0

Sommaire

Avant-propos de Nicolas Dufourcq, Louis Gallois et Denis Ranque

Synthèse de l'ouvrage

Introduction : Industrie 4.0, le désir d'une révolution programmée

1 Industrie 4.0 : une utopie allemande ?

La peur de perdre le leadership industriel

Le passage à l'offensive industrielle du gouvernement allemand

Les enjeux d'une quatrième révolution industrielle pour les Allemands

Le cœur du réacteur de l'Industrie 4.0 : le système cyber-physique (SCP)

Les standards : cheval de Troie du leadership industriel

Quand la construction d'un nouvel imaginaire industriel chasse la peur

2 Quel impact de la révolution numérique sur la chaîne de valeur ?

La reconfiguration de la chaîne de valeur

Le redimensionnement de la *supply chain*

L'exploitation des données d'usage, un nouveau facteur de compétitivité

Faire plateforme : « *when industry goes start-up* »

Coopérations au sommet pour les *global players* de l'Industrie 4.0

3 Une approche pragmatique de l'avenir du travail

L'impact du numérique sur l'emploi : les risques de dérives idéologiques

L'avenir du travail avec le numérique : l'approche pragmatique de l'IG Metall

Vers de nouvelles configurations du poste de travail

L'usine sans hommes : aspiration ou épouvantail ?

Les enjeux du nouvel environnement de travail

Vers une hybridation des métiers

4 Les entreprises du *Mittelstand* face à la numérisation

Un désintérêt apparent du *Mittelstand* pour la numérisation

Le rôle des barrières culturelles et psychologiques

L'ADN du *Mittelstand* : un atout ou un frein ?

L'effet d'entraînement du *Mittelstand premium*

Cybersécurité : une peur justifiée

5 Industrie 4.0 : l'apprentissage de la coopération institutionnelle

Le ministère fédéral de la Recherche et de la Formation, un acteur de premier plan

La première plateforme Industrie 4.0 : les fédérations professionnelles à la manœuvre

Politique Industrie 4.0 : l'évolution du positionnement de l'État allemand

L'inscription d'Industrie 4.0 dans le territoire allemand

De nouveaux défis pour la politique industrielle

6 Les multiplicateurs de solutions Industrie 4.0

Le rôle des fédérations professionnelles et des chambres de commerce et d'industrie (CCI – IHK)

Les instituts Fraunhofer : un levier majeur dans la diffusion de l'Industrie 4.0

Expérimenter ensemble : des démonstrateurs pour évangéliser et mutualiser

La création des *Kompetenzzentren* : ancrer l'Industrie 4.0 dans le territoire

Des banques qui ne sont pas (encore !) au rendez-vous

Conclusion : vers une compétitivité relationnelle ?

7 Industrie 4.0 – Industrie du futur : construire des passerelles entre la France et l'Allemagne

Les 5 propositions de KOHLER C&C

Sortir d'une vision analytique et dualiste de l'avenir de l'industrie

Construire une histoire commune autour de l'Industrie du futur

Créer un réseau social qui interconnecte les chefs d'entreprise de PME et d'ETI

Accompagner les entreprises de taille intermédiaire (ETI) dans le reprofilage de leur modèle d'affaires

Concevoir l'Industrie du futur comme un projet de transformation d'envergure nationale et européenne

Remerciements

Liste des interlocuteurs

Bibliographie

Lexique des termes techniques

Lexique des acronymes

Table des illustrations

Avant-propos

L'introduction du numérique dans les entreprises représente une véritable révolution industrielle et sociale. Elle bouleverse leurs modèles d'affaires et toutes sont concernées, sans distinction de taille ou de secteur. La France connaît un moment d'effervescence sans précédent en matière d'innovation. Elle a des atouts pour relever le défi : au premier chef ses entreprises qui offrent des solutions, son système éducatif et de recherche, ses infrastructures. Cette énergie permet de connecter les écosystèmes des start-up, du monde académique, des PME, ETI et grands groupes dans une mobilisation collective qui est tout l'enjeu de l'industrie du futur.

Cette révolution industrielle repose d'abord sur l'intégration de l'ensemble du processus de production, grâce à une utilisation intensive des outils numériques. L'interconnexion entre les machines, la communication entre machines et produits ainsi qu'entre les différentes fonctions de l'entreprise, sont mises au service d'une production toujours plus flexible, dont le but est d'apporter une réponse personnalisée aux besoins des consommateurs, que ce soit en termes de produits, de services ou d'usage.

Des changements radicaux découlent de la révolution numérique : apparition de nouvelles opportunités de *business*, à travers notamment l'exploitation des données d'usage du consommateur final ; redéfinition de l'organisation du travail, interrogeant la pertinence à la fois du système de formation et des règles de management actuels ; migration d'une part croissante de la valeur ajoutée en dehors de l'entreprise, la mise en réseau étant aujourd'hui au cœur de la création de richesses.

L'Allemagne a été la première à mettre en œuvre une politique industrielle focalisée sur ce concept d'usine connectée, avec le lancement du programme « Industrie 4.0 » en 2011. De nombreux pays lui ont depuis emboîté le pas. L'industrie française ne doit pas rater ce rendez-vous de la numérisation : il en va de sa compétitivité et donc de son avenir. L'impulsion a été donnée, à travers par exemple le lancement du programme « Industrie du futur ». Il s'agit maintenant de transformer l'essai. L'enjeu n'est pas que national, il est au moins européen et bâtir une coopération autour d'un axe franco-allemand est un élément structurant indispensable. Les deux plateformes nationales s'y sont engagées.

Cet ouvrage s'inscrit dans cette démarche. En montrant comment les acteurs de l'industrie allemande, des fédérations professionnelles aux syndicats de salariés en passant par les entreprises du *Mittelstand*, ont su collaborer pour assurer la diffusion du concept d'industrie 4.0, il constitue une source d'inspiration utile pour les entreprises françaises et leurs partenaires, et pour les pouvoirs publics.

C'est la raison pour laquelle La Fabrique de l'industrie et Bpifrance ont choisi de s'associer à la publication de cet ouvrage, le premier du genre. Leurs ambitions sont complémentaires : faire prendre conscience du caractère incontournable de la numérisation de l'industrie française, déclencher un « élan numérique »

en son sein et fournir une information pertinente à un large public allant des écoliers et des apprentis aux étudiants en passant par les chefs d'entreprise, d'un côté ; financer et accompagner la digitalisation des entreprises françaises, en ayant développé une offre adaptée aux besoins et spécificités du numérique, enjeu majeur de la pénétration de cette transformation de l'économie, afin de contribuer à l'émergence des champions de demain, de l'autre côté.

Certes, nos deux pays ne sont pas confrontés aux mêmes exigences : pendant que l'Allemagne cherche à conserver son *leadership* industriel, notamment dans les biens d'équipement, la France s'attache à rattraper son retard dans la modernisation de son appareil productif. Le pari est de taille. Notre pays a tout ce qu'il faut pour devenir demain un leader industriel 4.0, encore faut-il que tous se saisissent de l'enjeu. En exposant clairement la manière dont l'industrie allemande fait face aux défis de la numérisation et organise sa transformation, cet ouvrage offre de nombreuses pistes de réflexion, tant aux industriels qu'aux institutions qui les accompagnent, et les invite à l'action !

Nicolas Dufourcq
Directeur général
Bpifrance

Louis Gallois et Denis Ranque
Co-présidents
La Fabrique de l'industrie

Synthèse de l'ouvrage

En Allemagne, la question du numérique dans l'industrie se pose moins en termes de protection et de défense d'un modèle industriel qu'en termes de stratégie de conquête et de transformation des modèles d'affaires.

Qu'est-ce que l'Industrie 4.0 ?

L'objectif premier de l'Industrie 4.0 ne correspond pas à davantage d'automatisation, mais à plus d'intelligence dans la mise en réseau des machines entre elles et des machines avec les hommes. Il répond au besoin de personnalisation croissante des produits et à la peur de voir des géants de l'internet comme Google capter l'exclusivité de la relation avec le client, monopoliser l'accès à ses données d'usage et drainer une part croissante de la marge au sein de la chaîne de création de valeur.

Au plan macroéconomique, l'Industrie 4.0 articule ainsi la perception de menaces sur le leadership industriel allemand avec l'anticipation d'opportunités de marché : les prévisions de croissance du chiffre d'affaires pour les entreprises allemandes sont comprises entre 20 et 30 Mrd € par an jusqu'en 2025.

L'Industrie 4.0 est une ambition technologique qui consiste à produire des séries de taille 1 à des coûts équivalant à ceux de la production de masse. Il s'agit de construire une offre allemande dans les technologies liées aux process de production et d'anticiper l'émergence de nouvelles chaînes de création de valeur, de nouveaux modèles d'affaires industriels avec leurs impacts en termes d'organisation du travail et de compétences métiers.

La création d'un nouvel imaginaire collectif industriel autour d'une alliance entre l'État et l'industrie

L'Industrie 4.0 est bien plus qu'un concept marketing, c'est un vecteur de transformation de la société industrielle allemande.

À lui seul, le choix du terme « Industrie 4.0 » exprime cette recherche de continuité et de convergence entre la production de biens et des innovations servicielles induites par le 4.0. L'élite dirigeante a bien compris que le numérique n'était pas seulement l'apanage des acteurs des technologies de l'information et de la communication (TIC) ou encore des start-up innovantes. Le numérique traverse et bouleverse l'industrie à l'image d'un système cyber-physique qui relie composants, machines, hommes, niveaux de l'entreprise, fournisseurs, clients...

Cette transformation est globale, d'où le positionnement de l'État qui l'aborde comme un changement de paradigme économique et social pour amener les industriels à participer très rapidement à ce mouvement. Nous retrouvons

cette alliance entre l'État et l'industrie qui a fait la force de l'industrialisation allemande au XIX^e siècle.

En désignant la révolution numérique comme la quatrième révolution industrielle, les Allemands l'ont replacée dans l'enchaînement logique d'un récit chronologique et en font une histoire commune appropriable par chacun. Cela ne signifie pas, comme nous le notons dans les parties 1 et 4, que cette construction se fasse sans heurts, difficultés ou résistances. Néanmoins, la peur de rater cette révolution numérique ramène au second plan les autres craintes. Il y a une volonté nationale de participer à ce mouvement irréversible.

La course aux standards et à l'interopérabilité

Les instances fédérales se sont attelées à partir de 2006 à un travail de défrichage, de priorisation, puis de maillage – d'abord institutionnel avec les créations successives des plateformes Industrie 4.0 en 2013, puis doublé d'une recherche de nouvelles synergies entre les fédérations professionnelles en 2015. Dans les premiers actes de cette révolution, la question des standards d'interopérabilité entre équipements de toutes marques et le choix des normes sont un cheval de Troie pour conquérir de nouveaux marchés. Il s'agit également d'assurer la pérennité du positionnement des *global players* et des champions cachés du *Mittelstand* sur les marchés de niche.

Déplacement de la création de valeur et nouvelles organisations des espaces industriels

L'industrie n'échappe pas à l'enjeu de la digitalisation qui se caractérise par un double mouvement : d'une part, une remontée du client dans la chaîne de valeur où les relations entre acteurs s'organisent pour répondre le plus vite possible à une demande de biens personnalisés ; d'autre part, l'apparition, avec la digitalisation des équipements et des objets connectés, de multiples opportunités de développement de nouveaux services liés à l'exploitation des données d'usage.

Que l'industriel soit en contact direct avec le client final, qu'il soit fournisseur intermédiaire ou fournisseur d'équipements, la réponse à cet enjeu de la digitalisation suppose pour le dirigeant d'entreprise industrielle :

- d'investir plus largement dans des évolutions technologiques ;
- de remettre en question son modèle d'affaires pour y intégrer l'utilisation et la valorisation des données d'usage ;
- d'étendre les capacités de coopération avec des partenaires de développement.

À ces trois transformations font face autant de barrières psychologiques. L'augmentation de l'investissement bute sur l'analyse coût/bénéfice et les perspectives réelles de gains. La capacité à remettre en question le modèle d'affaires suppose de sortir d'une vision de l'innovation incrémentale pour

anticiper les nouvelles sources de création de valeur aux interstices de la chaîne de valeur. Enfin, même dans le contexte local des régions allemandes, la coopération entre acteurs parfois concurrents sur tout ou partie de leur offre ne va pas forcément de soi.

Dans la deuxième partie de cet ouvrage, nous réalisons différents zooms pour saisir les points d'impact du numérique sur l'organisation des chaînes de valeur et des espaces de l'entreprise. Le client cantonné à la sortie de la chaîne de valeur peut désormais se prévaloir d'être à son point d'entrée. Les fournisseurs d'équipements ne sont pas épargnés par ce mouvement et la course est lancée entre les *big players* et les entreprises du *Mittelstand premium* pour construire les « plateformes ouvertes » qui permettront d'accueillir des applications numériques et de capter les nouvelles sources de création de valeur.

Nous montrons comment le numérique percute l'espace industriel à trois niveaux : 1) celui de la division du travail au sein de la chaîne de valeur de l'entreprise industrielle multi-sites ; 2) celui de la hiérarchie fonctionnelle dans l'enceinte du site de production (études et méthodes, planification de production, maintenance, gestion des commandes, des stocks et des approvisionnements, production, logistique externe...); et 3) celui de la division du travail au niveau des lignes de production où les machines, les produits et les hommes communiquent et interagissent en temps réel.

De nouvelles *roadmaps* technologiques en cours de développement vont entraîner l'émergence de nouveaux métiers et des changements de pratiques dans un horizon de temps très court. Mais comment identifier ces nouveaux métiers pour faire évoluer les compétences existantes et former à temps les générations futures ? C'est la question centrale traitée dans la troisième partie de ce livre.

L'avenir du travail : un enjeu de compétitivité

Une sorte de course contre la montre est engagée dans cette révolution numérique où se télescopent de manière assez unique un changement de paradigme industriel et un changement sociétal, et où la nature même des modes d'apprentissage des savoirs est en train de se redéfinir. À l'affût de l'impact de l'Industrie 4.0 sur l'organisation du travail dans l'industrie, sur les modes de régulation entre employeurs et employés et sur le dessin de nouvelles filières professionnelles, les Allemands ont lancé depuis trois ans une réflexion sur l'avenir du travail (*Zukunft der Arbeit*). Le ministère de la Formation et de la Recherche (Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF), les grandes entreprises, le *Mittelstand*, les instituts de recherche, les syndicats, les universités, les écoles techniques et les fondations des différents partis politiques y sont impliqués. L'IG Metall souhaite dans un premier temps donner la priorité à des expérimentations concrètes pour mieux identifier les risques et les bénéfices de ces nouveaux environnements de travail, ainsi que les modes de régulation possibles entre partenaires sociaux.

Dimension collective de l'Industrie 4.0 : une nouvelle économie des complémentarités

Créer des points de repère, cela vaut également pour les entreprises du *Mittelstand*, étendards du *Made in Germany*, comme nous l'analysons dans la partie 4. Leur ADN souvent centenaire – articulé autour du contrôle familial garant de l'autonomie stratégique, de la sécurisation du financement des investissements, de la culture de l'innovation incrémentale – est-il de nature à faciliter l'adoption de la culture numérique ou constitue-t-il un frein dans un contexte où pimentent l'*open innovation* et le décroïsonnement ? Si la conversion du *Mittelstand premium* au numérique semble acquise dans ce mouvement Industrie 4.0, la mobilisation des entreprises plus petites se révèle plus difficile.

Néanmoins, il est surprenant de constater comment la stratégie consistant à « *faire de son ennemi un ami* » (*sein Feind zum Freund machen*) se propage. Les projets financés par le ministère de la Recherche et de la Formation et le ministère de l'Économie et de l'Énergie mobilisent à chaque fois en moyenne entre 5 et 10 partenaires. De nouvelles coopérations émergent, le tissu industriel se structure autour de nouvelles complémentarités entre entreprises appuyées par les instituts Fraunhofer, les chambres de commerce et d'industrie (CCI), les fédérations professionnelles... Un écosystème se construit, les entreprises font l'apprentissage de ces nouveaux contextes concurrentiels et réfléchissent à la reconfiguration de leurs modèles d'affaires.

Ce principe d'« expérimenter ensemble » et la capacité à coopérer s'appliquent également aux organisations institutionnelles au niveau de l'État fédéral et des Länder. Nous expliquons dans la partie 5 comment l'État construit progressivement son positionnement et s'affirme comme maître d'ouvrage de cette politique Industrie 4.0. Il développe d'abord les conditions d'un dialogue politique entre les différents partis en inscrivant l'Industrie 4.0 dans le contrat de coalition et trouve les termes d'un consensus entre les représentants du monde de la recherche, de l'économie et des syndicats. Rien n'est figé ; ce sont d'abord les conditions d'expérimentation et d'apprentissage qui sont créées dans cette économie en mouvement.

Dans les parties 5 et 6, la cartographie des acteurs montre que l'Allemagne a pris le parti de miser sur la dimension collective de l'Industrie 4.0. Elle a opté pour une dynamique d'essaimage et de mutualisation à travers les démonstrateurs et la création des centres de compétences. Ils doivent encore faire leurs preuves.

Cette dynamique de coopération est imposée par la hauteur des investissements nécessaires et le besoin pour les industries mécaniques de développer des métiers dans l'IT. À ce stade, l'État fédéral et les Länder se sont engagés financièrement dans la recherche fondamentale et appliquée. En revanche, le système bancaire, qu'il soit public ou privé, n'est pas encore mobilisé pour accompagner les entreprises du *Mittelstand* dans leur transformation numérique. À la différence de la France, il n'existe pas encore de programmes de financement dédiés à ce défi industriel.

À l'évidence, même si cette bataille de l'Industrie 4.0 est loin d'être gagnée, la caractéristique des dispositifs mis en œuvre dans les différents Länder est de parier sur l'efficacité, la diversification, la multiplication des relations et une nouvelle forme de compétitivité : la compétitivité relationnelle. Elle s'exprime à travers la construction d'une nouvelle économie des complémentarités. Les industriels allemands font le choix de s'allier pour croître plus vite, trouver de nouvelles sources de création de valeur, mutualiser les compétences et les moyens d'innovation, multiplier les gains d'opportunités et conquérir de nouveaux marchés.

Construire des passerelles entre la France et l'Allemagne

Ce livre a une vocation opérationnelle :

- donner des clés de lecture pour décrypter les ressorts de l'Industrie 4.0 ;
- permettre d'identifier les facteurs de réussite et les freins au déploiement de l'Industrie 4.0 dans le *Mittelstand* ;
- révéler les dynamiques d'acteurs et les stratégies industrielles à l'œuvre. Elles dessinent de nouvelles géographies.

Défenseurs d'une approche pragmatique, les auteurs proposent dans la dernière partie de cet ouvrage cinq axes pour faciliter la diffusion du numérique dans les entreprises en France et en Europe : la création d'un nouvel imaginaire industriel qui dépasse les frontières nationales, l'inscription dans une dynamique de projet avec, à sa tête, un pool d'entrepreneurs d'ETI et PME, la multiplication de terrains d'expérimentation partagés par les chefs d'entreprise et les organisations syndicales et documentés par les sciences sociales, l'élaboration de stratégies communes entre la France et l'Allemagne pour déployer le numérique dans les tissus industriels régionaux. Enfin, un changement de paradigme industriel implique également l'évolution des modes d'intervention de l'État : impulser la diffusion du numérique dans les entreprises suppose un projet de transformation qui intègre lui-même les composantes de cette révolution culturelle. Il s'agit d'un projet entrepreneurial, collectif, transfrontalière et *bottom-up*.

Chacune des propositions a pour dénominateur commun de partir du terrain et de renforcer une compétitivité relationnelle qui est au cœur du succès de l'Industrie 4.0.

L'Industrie 4.0 répond-elle à la peur de certains acteurs politiques et économiques de voir le leadership industriel allemand grignoté par les géants de l'internet ou à une opportunité unique de construire un nouvel imaginaire industriel dans une société prête à opérer sa mue numérique ?

Quelles sont les transformations induites par le numérique dans le *Mittelstand* ? Comment ces changements se manifestent-ils ? Quelles stratégies suscitent-ils ?

Nourri du regard des chefs d'entreprise et des parties prenantes de l'écosystème allemand, ce livre nous donne de précieuses clés pour comprendre comment l'État allemand et les acteurs du terrain appréhendent le concept d'Industrie 4.0.

Au-delà de la dimension technologique de cette quatrième révolution industrielle, cet ouvrage, exemples à l'appui, illustre les nouvelles formes de coopération liées à la numérisation de l'industrie et identifie l'émergence d'une nouvelle économie des complémentarités entre entreprises. Celle-ci révèle la dimension désormais stratégique de la compétitivité relationnelle entre acteurs de l'économie.

Le cabinet KOHLER C&C a, depuis 2013, conduit une soixantaine d'interviews avec l'ensemble des parties prenantes de l'Industrie 4.0 et a eu l'occasion d'interagir avec les différents acteurs de la plateforme Industrie du futur. Il s'agit du premier livre sur l'Industrie 4.0 publié en France.

Dorothee Kohler, docteur en géographie, diplômée de Sciences Po Urba, est spécialiste des questions industrielles et urbaines en Allemagne et en France. Elle a exercé des fonctions dirigeantes dans l'industrie avant de fonder en 2009 KOHLER Consulting & Coaching, cabinet de conseil en stratégie et en organisation. Elle intervient auprès des chefs d'entreprise dans la conduite de leurs projets de transformation et dans la reconfiguration de leurs modèles d'affaires confrontés aux enjeux du numérique.

Jean-Daniel Weisz, docteur en économie, diplômé de l'EM Lyon, est expert de l'Allemagne. Il est associé fondateur du cabinet KOHLER C&C et intervient dans la conception et la mise en œuvre de projets de transformation stratégique et opérationnelle, notamment dans le domaine de la transformation numérique.

Les deux auteurs ont également publié :

Pour un nouveau regard sur le Mittelstand, rapport au Fonds stratégique d'investissement, La Documentation française, 2012.

ETI 2020, trajectoires de croissance, étude réalisée pour Bpifrance, 2014.



Diffusion
**Direction de l'information
légale et administrative**
La **documentation** Française
Tél. : 01 40 15 70 10
www.ladocumentationfrancaise.fr

Prix : 22,00 €

ISBN : 978-2-11-010210-2

DF : 5HC41260

Imprimé en France

