



La collection Les Cahiers du Digital
a pour but d'enrichir les enseignements prodigués au
sein de HEC Liège, grâce à la contribution d'experts qui
détiennent une connaissance de terrain reconnue sur
des sujets phares liés à la transformation numérique.
Les cahiers sont rédigés dans un style clair et abordable,
afin de permettre à nos étudiants de saisir correctement
les enjeux majeurs de la transformation digitale et
d'attiser leur curiosité, afin qu'ils souhaitent explorer
davantage la thématique, par le biais, notamment, du
travail de fin d'études.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	5
Chapitre 1 - Au-delà des usines : les enjeux politiques de l'Industrie 4.0	9
La cybersécurité, condition dirimante de l'Industrie 4.0	9
Le numérique industriel et la redistribution du pouvoir au sein des filières	10
L'enjeu de souveraineté numérique	11
Chapitre 2 - Quels impacts de l'Industrie 4.0 sur le travail et sur l'emploi?	15
Vers la fin des tâches routinières dans les bureaux et les ateliers ?	15
Industrie 4.0 : l'opportunité d'un nouveau champ de compétences	18
Protection physique et protection des données au cœur des interactions avec les robots	21
Chapitre 3 - Vers de nouveaux lieux de travail, de nouvelles organisations et un	
reset du management	25
L'émergence de nouveaux lieux de production : les usines-container	25
La miniaturisation des machines et la tentation d'un retour au putting-out system?	26
Vers quels types d'organisation du travail ?	29
Un changement de finalité de l'organisation de l'entreprise 4.0	30
Un changement d'architecture des organisations	32
De la pyramide au rhizome	33
Chapitre 4 - Au-delà du techno-déterminisme	37
Comment créer les effets d'apprentissage de l'Industrie 4.0 ?	37
Un positionnement pragmatique de l'IG Metall : une « bienveillance vigilante »	38
De l'incertitude radicale à la transformation dans la complexité	39
Conclusion	41

Introduction

Faisant suite au premier *Cahier du Digital* dédié aux enjeux technologiques et économiques de l'Industrie 4.0¹, ce deuxième tome portant sur ses enjeux humains et organisationnels analysera la dimension géopolitique de la transparence et de la continuité numériques au sein des filières de production.

Nous y observerons également les impacts, aussi prometteurs que redoutés, de l'Industrie 4.0 sur l'emploi, le travail et son organisation et les nouveaux champs de compétences.

Ce second cahier se clôturera par une mise en garde face au techno-déterminisme qui étaie trop souvent les travaux sur l'Industrie 4.0, et une emphase sur l'importance de piloter une transformation qui se construit en temps réel, dans le temps même où nous la vivons.

¹ Disponible sur www.digitallab.be/publications



CHAPITRE 1



Chapitre 1 - Au-delà des usines : les enjeux politiques de l'Industrie 4.0

Lorsque les briques technologiques de l'internet des objets industriels et de l'intelligence artificielle font système, apparaît une continuité numérique avec à la clé des enjeux économiques et politiques forts. Ces enjeux sont de 3 niveaux :

- la cybersécurité relatives aux systèmes numériques,
- la redistribution du pouvoir le long des chaînes de valeur dans un contexte de transparence croissante sur les activités de production,
- le maintien d'une souveraineté comprise comme la capacité à préserver l'autonomie de la décision économique et politique face à la dépendance que créent les solutions proposées par les acteurs du numérique.

La cybersécurité, condition dirimante de l'Industrie 4.0

La multiplication des éléments communicants, des flux, des interfaces et le contrôle croissant exercé sur la production via des données transitant en dehors de l'entreprise posent la question de la sécurisation des communications et des systèmes informatiques.

Les dangers multiples ne viennent pas seulement de hackers isolés ou de malfaiteurs, mais aussi d'équipes agissant sous la coupe d'États qui cherchent à déstabiliser certaines entreprises, certaines industries ou à voler des secrets industriels.

Les besoins de sécurité concernent aussi bien la confidentialité (vol de données) que la disponibilité (prise de contrôle malveillante de tout ou partie des systèmes de pilotage de l'entreprise, arrêt des équipements, perte de données) ou l'intégrité des équipements (dégradation des équipements).

Or, la protection d'équipements interconnectés pose des problèmes nouveaux. D'abord, la convergence croissante entre l'informatique industrielle et l'informatique classique multiplie les portes d'entrées et les sources de menaces. Les systèmes de contrôle et d'acquisition de données (SCADA) sont rarement suffisamment mis à jour, quand bien même ces mises à jour seraient possibles étant donné l'ancienneté de certains équipements. Et les protocoles industriels ont souvent été définis sans considérer la sécurité.

Ensuite, la culture des risques liés à la cybersécurité reste très rudimentaire et beaucoup d'industriels ne prennent pas consience des menaces. Ils se sentent protégés jusqu'au jour où survient la première attaque.

Enfin, les organisations industrielles où les « bureaux » et l'« atelier » restent séparés connaissent une dilution de responsabilité préjudiciable au traitement de l'enjeu de la cybersécurité : est-il de la responsabilité de la production ou du service informatique ?

D'où l'importance d'inciter à la prise de conscience et d'accompagner les entreprises industrielles dans une démarche leur permettant d'appréhender le risque informatique et de réaliser de nouveaux apprentissages².

Sur ces sujets, voir les sites de l'Agence Nationale pour la Sécurité des Systèmes Informatiques (ANSSI) et du Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI).

Une réponse à cet enjeu de cybersécurité consiste aussi à développer des langages d'interopérabilité sécurisés pour l'industrie. C'est un des objectifs de la fondation OPC qui développe l'OPC-UA (Open Platform Communications Unified Automation), un langage interopérable sécurisé dédié aux objets connectés industriels. L'OPC-UA est indépendant par rapport aux infrastructures de gestion de données qu'il utilise et bénéficie d'une architecture orientée services³.

Le numérique industriel et la redistribution du pouvoir au sein des filières

Pour se déployer, le numérique requiert le logiciel, de la puissance de calcul et de la puissance de stockage.

La généralisation du numérique conduit à une concentration des systèmes d'information dans l'entreprise avec une imbrication de plus en plus forte entre la conception des produits et la conception des chaînes de production favorisée par l'utilisation de suites logicielles intégrées. Cette tendance renforce considérablement le pouvoir des éditeurs de logiciels. Les industriels grognent déjà face aux coûts induits par les licences et les montées de version de leurs outils logiciels. Mais qu'en sera-t-il demain lorsqu'ils auront face à eux un interlocuteur unique dont les produits seront, pour une large part, garants de leur efficacité opérationnelle en temps réel ?

Concernant la puissance de calcul et de stockage, cette question du numérique industriel prend une dimension géostratégique avec l'irruption des entreprises américaines, puis chinoises de l'internet dans le jeu industriel. Ces géants disposent de moyens considérables avec des capitalisations boursières de firmes comme Apple ou Google sept à dix fois supérieures à celles des plus grands groupes industriels allemands : 774 M\$ pour Alphabet (Google), 920 M\$ pour Apple contre près de 78 M\$ pour Volkswagen⁴.



À la grande foire industrielle de Hanovre les stands de Microsoft Azure et d'Amazon Web Services étendent année après année leurs mètres carrés et viennent rivaliser en taille avec le stand de Siemens.

Un géant comme Amazon, acteur majeur de la logistique, est aussi avec Microsoft l'un des principaux acteurs du cloud. La migration de toutes les applications informatiques industrielles sur des plateformes externalisées offrant à la fois une énorme puissance de stockage, mais également la puissance de calcul nécessaire aux opérations industrielles est amorcée. À la grande foire industrielle de Hanovre les stands de Microsoft Azure et d'Amazon Web Services étendent année après année leurs mètres carrés et viennent rivaliser en taille avec le stand de Siemens.

Cette évolution vers le cloud permet des gains significatifs pour les entreprises libérées de la gestion coûteuse des équipes et des infrastructures informatiques. Mais elle les rend dans le même temps

Données au 9 juillet 2019.

Une « architecture orientée services » (SOA) renvoie ici à la notion de service dans son sens informatique, c'est-à-dire d'ensemble autonome offrant des fonctionnalités logicielles. Ce type d'architecture permet l'interopérabilité de l'OPC-UA une fois qu'il est déployé sur différents systèmes.

dépendantes de prestataires gigantesques vis-à-vis desquels leur pouvoir de négociation sera très réduit. Les États ont obtenu des opérateurs de téléphonie nationaux des processus de changement facilités pour les clients particuliers. Mais sauront-ils imposer face à des géants numériques multinationaux des facilités de migration d'un prestataire à l'autre pour les entreprises industrielles ?

En résumé, quelles seront les marges de manœuvre des PME ou des entreprises de taille intermédiaire, et peut-être demain de grands groupes, face à des acteurs qui détiendront les clés de la relation client via la captation des données d'usage, des flux de produits et de biens, via leur infrastructure logistique, et des données de production, via leurs plateformes cloud⁵?

L'enjeu de souveraineté numérique

Dans l'industrie des biens d'équipements, les fabricants de machines réalisent en général des marges de 25 % sur les services et les pièces détachées, alors que leurs machines sont vendues avec des marges inférieures à 15 %. Pour le dire autrement, la seule vente de machines ne suffit plus à financer leur développement et leurs investissements.

Or, la menace est bien réelle si leurs pièces détachées se trouvent mises en vente sur des sites d'e-commerce captant une part de la marge, si leurs contrats de maintenance sont « ubérisés » par d'ingénieuses start-ups et si les services informatiques liés à leurs machines sont captés par des opérateurs de plateformes de services industriels.

Dans ce domaine, les américains savourent leur victoire. Sur le stand de Siemens-Mindsphere à la Foire d'Hanovre en avril 2018, SAP a disparu des partenaires centraux, cédant la place à Amazon Web Services. Amazon, connu pour ses colis et ses entrepôts, réalise plus de 20 milliards d'euros de chiffre d'affaires dans une toute autre activité : l'infrastructure informatique. Amazon vend du stockage de données et de la puissance de calcul. La bataille de l'infrastructure des plateformes a été remportée par les Américains. Les acteurs allemands (SAP, Telekom) voire européens n'ont pas encore la capacité pour offrir des services de même qualité en termes de scalabilité. Peut-être verrons-nous un jour émerger un concurrent chinois à Amazon et Microsoft. On aimerait croire dans la capacité de l'Europe à engendrer un géant du cloud.

L'Europe est confrontée à une redoutable problématique de souveraineté numérique. Même si ces acteurs assurent que les données des clients européens restent stockées dans des centres situés en Europe, rien ne garantit que les autorités de leur pays d'origine respectent la confidentialité. Les USA sont devenus maîtres en termes de droit extraterritorial et la polémique sur l'interdiction des composants du chinois Huawei dans les terminaux de télécommunication de 5G souligne toute l'ampleur de la menace.

Passage repris de l'article écrit par Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, « Le numérique industriel, enjeu géopolitique : le cas de l'Allemagne », *Hérodote* 2019/4 (N° 175), pp. 215-224.



CHAPITRE 2



Chapitre 2 - Quels impacts de l'Industrie 4.0 sur le travail et sur l'emploi?



The technology in itself is neither good nor bad. It is the use which human beings make of any technology which determines both the nature and extent of the benefits.

Christopher Freeman

L'autre enjeu politique majeur posé par l'Industrie 4.0 est l'accompagnement des mutations du travail et des emplois. Chaque révolution industrielle s'est traduite par une transformation des organisations, des modes de production, de gestion et de vastes mouvements de transferts d'emplois entre métiers et entre secteurs.

Que peut-on anticiper aujourd'hui avec l'Industrie 4.0 ?

On retrouve dans le débat sur les impacts attendus de l'Industrie 4.0 la même crainte que pour l'automatisation : celle d'une perte massive d'emplois liée au remplacement des humains par les machines. Avec l'intelligence artificielle⁶, le périmètre de ces tâches s'étend à des fonctions jusqu'alors préservées. L'Industrie 4.0 suscite la crainte d'une polarisation croissante. D'un côté, les salariés qui maîtrisent l'informatique industrielle et ont une approche critique des algorithmes et des solutions proposées. D'un autre côté, ceux qui, faute d'apprentissages appropriés et de prise en compte des incidences de l'IA sur le modèle d'affaire de l'entreprise, les compétences et l'organisation du travail risquent d'être exclus de cette révolution industrielle.

Vers la fin des tâches routinières dans les bureaux et les ateliers?

L'étude de Frey et Osborne publiée en 2013 sur les conséquences de la digitalisation sur le marché de l'emploi américain a eu un impact retentissant en Europe et a rapidement focalisé l'attention sur le risque social de la numérisation⁷. Elle a d'abord conclu que 47% des emplois américains étaient susceptibles de connaître un fort impact du fait de la numérisation. Elle a également montré que les activités les plus touchées se trouvaient moins dans la sphère de la production que dans celles des services administratifs, des fonctions de vente.

Dans son article intitulée « Répercussions juridiques de la robotique et de l'intelligence artificielle sur le lieu de travail », Isabelle Wildhaber rappelle que l'IA est un domaine de l'informatique consacré à la création d'ordinateurs et de systèmes qui exécutent des opérations analogues à l'apprentissage et à la prise de décision humains. L'Association for the Advancement of Artificial Intelligence décrit l'IA comme "The scientific understanding of the mechanims underlying thought and intelligent behavior and their embodiment in machines." John MCCarthy, Basis questions, What is Artificial Intelligence?, Stanford University, 12.11.2007.

Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, Industrie 4.0 - Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand, Paris, la Documentation française, 2016, p. 55.

Ne nous trompons pas : l'éviction du travail routinier concerne autant les cols bleus que les cols blancs. Comme le souligne Jerry Kapplan dans son ouvrage *Humans Need Not Apply* : « L'automatisation est dorénavant aveugle à la couleur des cols⁸. »

Une analyse réalisée par Georgios Petropoulos⁹ estime que les emplois qui requièrent des routines manuelles et des compétences cognitives sont les emplois les plus à risques notamment dans des industries comme l'automobile où l'automatisation et l'introduction de l'IA modifient la cartographie des profils de compétences¹⁰.

D'autres travaux ont calculé un effet net de la numérisation sur l'emploi¹¹ avec des résultats très variables. Ces premières études ont eu la vertu de provoquer une importante mobilisation des acteurs des sphères politique, économique, sociale, syndicale et des sciences sociales en particulier en Allemagne avec des questions clés : Quels sont les métiers qui vont émerger d'ici 10 ans ? Quelles sont les compétences à développer ? Quelle organisation du travail sera la plus appropriée pour ces nouveaux modes de production ? Quels sont les risques de pénurie de main-d'œuvre ?

Pour rassurer les inquiets ou provoquer des prises de conscience l'Institut de recherche allemand sur le marché du travail et les métiers ¹² a développé un site, « Job Futuromat » (figure 1), permettant de savoir si votre job existera encore demain et qui vous accueille avec la question : « Les technologies digitales vont-elles transformer mon job ? ». Après avoir rentré l'intitulé de votre métier, vous obtenez en temps réel une réponse sur les tâches routinières qui demain pourraient être automatisées et les avantages que vous pourriez en tirer. Le site indique, par ailleurs, le nombre d'actifs dans votre métier, le nombre de postes ouverts depuis 2012 ainsi que l'évolution du taux de chômage, en spécifiant la tendance sur ces 3 indicateurs. Le site est accompagné de vidéos destinées à forger un regard critique sur l'automatisation.

Ce type de communication va à l'encontre des travaux qui amalgament emploi, travail métier. Un emploi n'est automatisable en soi ; seule une tâche est automatisable. Les travaux du ZEW¹³ distinguent pour chaque type de travail un contenu analytique et un contenu interactif, ce dernier étant difficilement automatisable. Ce type d'approche revient à aborder de manière beaucoup plus précise dans une entreprise l'impact de la numérisation sur l'évolution des métiers et la gestion prévisionnelle des emplois.



Un emploi n'est pas automatisable en soi; seule une tâche est automatisable.

99

Luc Soete, "Destructive creation: explaining the productivity paradox in the digital age", dans Max Neufeind, Jacqueline O'Reilly, Florian Ranft (dir.), Work in the digital age, Challenges of the fourth industrial revolution, Policy Network, 2018, p. 26.

Georgios Petropoulos: "The impact of artificial intelligence on employment", dans Max Neufeind, Jacqueline O'Reilly, Florian Ranft, *Ibid*.

Erik Brynjolfsson, Andrew Mcafee, *The Second Machine Age – Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, New York, W. W. Norton & Company, 2014.

¹¹ IAB, "Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft", *IAB Forschungsbericht*, août 2015,

¹² Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB).

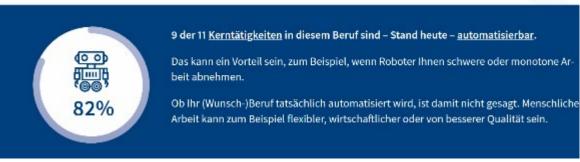
¹³ ZEW, "Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland", *Bericht an das Bundesministerium für Arbeit und Soziales*, 2015, 50 p.

Fig. 1 - Job futuromat



START FAQ BARRIEREFREIHE

Automatisierbarkeit im Beruf Metallbearbeitungstechniker/in



Source: www.job-futuromat.iab.de.

L'approche par la dimension « routinière » peut être également piégeuse. Les travaux de Sabine Pfeiffer, professeur de sociologie à l'université d'Erlangen-Nuremberg, montrent que les tâches qualifiées de routines peuvent requérir beaucoup d'expérience et de savoir-faire, et que leur valeur reste mal connue. Ce constat l'amène, comme nous le soulignons dans notre livre sur l'Industrie 4.0, à proposer une évaluation alternative à l'aide d'un index de capacité au travail 14 (*Arbeitsvermögen-Index*) qui tient compte de l'aptitude à gérer les situations complexes et l'incertitude, et à mobiliser son expérience.

L'analyse de ces travaux montre qu'il convient de se prémunir d'une approche « technno-optimiste » qui aurait vite fait de conclure à la réalité d'une utopie du « tout automatisé ».

Les innovations technologiques réalisées au cours des vingt dernières années ont-elles permis d'atteindre les hausses de productivité attendues? Confirmer chiffres à l'appui une hausse significative de la productivité grâce à l'Industrie 4.0 peut se révéler une tâche ardue. Robert Gordon souligne que notre modèle est en limite de capacité par rapport aux sauts de productivité espérés. Il appelle à se méfier des « techno-optimistes » et de leur approche source d'«effet tunnel » où ne sont pas prises en compte la situation critique des secteurs de la santé, de l'éducation, la très faible mobilité sociale et l'inflation du coût des retraites 15.

Pfeiffer Sabine, Suphan Anne, *Der Mensch kann Industrie 4.0 – Kurzfassung. Der AV-Inde. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0*, Working Paper n°1 (draft v.1.0 vom 13.04.2015), Universität Hohenhein, Fg. Soziologie.

Robert J. Gordon, *The Demise of U.S. Economic Growth: Restatement, Rebuttal, and Reflections*, NBER Working Paper n°19895, 2014.

Industrie 4.0 : l'opportunité d'un nouveau champ de compétences

L'Industrie 4.0 peut être appréhendée comme une « automatisation étendue » de l'espace de travail qui entraîne une suppression des postes de travail. Elle est également appréhendée par le syndicat allemand IG Metall comme une opportunité de développement de nouvelles compétences.

Mettre en relation l'ensemble des éléments concourant à la production doit en effet s'appuyer sur la capacité à comprendre, concevoir, mettre en place, accompagner et piloter ce nouveau système et la multitude des interactions. Avoir une vision globale du processus de production est généralement le privilège du directeur de production. Avec la continuité numérique, cette aptitude redescend plus bas, dans l'atelier.

La réalisation du programme de production, son optimisation, tout comme la résolution de problèmes, font également appel à des compétences nouvelles qui supposent une maîtrise à la fois des relations au sein du monde physique, mais également une solide compréhension du monde numérique, qui ne peut plus être du seul ressort du département des systèmes d'information. Par exemple, la formation de technologue de production introduite en 2008 a vocation à donner à des techniciens mécaniciens d'industrie une solide compétence sur le process de production 16.

Ce cursus interdisciplinaire de trois ans vise à former des collaborateurs à la frontière entre les sciences de l'ingénieur, les techniques de l'information et de l'organisation, pour mettre en place les processus de production dans l'entreprise. Le spectre de ce nouveau métier apparu en 2008-2009 va au-delà des seules compétences d'un mécanicien, d'un mécatronicien ou d'un électronicien (cf. figure 2).

Le technologue de production n'est pas un informaticien, mais un spécialiste qui fait le lien entre le développement des produits et des procédés, et leur mise en œuvre dans l'usine. C'est avant tout une personne de process dont le périmètre est beaucoup plus large que celui d'un mécatronicien 17.

Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, « Industrie 4.0, une révolution industrielle et sociétale », *Futuribles* n° 424, mai-juin 2018, pp.62-63.

Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, *Industrie 4.0 – Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand*, op.cit., p. 79.

Fig. 2 - Cursus de formations initiale et continue dans le cadre de l'Indutrie 4.0

Métiers	Détails			
Manager de processus technologie de production	 Périmètre : du développement jusqu'à la production Management de processus pour la production Management de projets complexes 			
	↑ Accès par la formation continue			
Expert d'application	 Périmètre : entre le développement et le client Focus sur des applications dédiées aux clients et sur l'optimisation des process 			
Expert process	 Périmètre : entre le développement et la production Focus sur des missions liées aux processus techniques 			
	↑ Accès par la formation continue			
Technologue de production	Périmètre: workflow entre la production et le développement Mission de réduction du délai de time to market Participation au développement des processus Expérimentation des processus de production Soutien au démarrage de la production Garantie des standards de qualité et de la robustesse des processus Optimisation et amélioration des processus Sécurisation des données liées aux produits, processus et projets			
Ouvrier qualifié	Tâches de production, de pilotage, de surveillance et de maintenance			
↑ Accès par la formation initiale				

Source: Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, *Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand*, *op.cit.*, p. 81. Schéma réalisé d'après Karlheinz Müller, *Aus-und Weiterbildungskonzepte für Industrie 4.0, VDMA Veranstaltung*, 25 juillet 2013.

Cette polycompétence monde physique – monde digital se double d'un nécessaire développement des capacités relationnelles. Le travailleur 4.0 doit être en mesure d'interagir avec tous les métiers de l'entreprise, de comprendre leurs enjeux et leurs contraintes et de savoir travailler collectivement à l'amélioration continue et à la résolution de problèmes. Les programmes de formation au cursus du technologue de production prennent en compte cette dimension relationnelle. La dimension collaborative avec les parties prenantes (techniciens, ingénieurs, fournisseurs, prestataires, clients...) est particulièrement mise en avant. Ce cursus permet, dans un cadre de formation continue, d'accéder à des métiers de spécialistes, puis de manager de « processus de technologies de production » (*Prozessmanager/in Produktionstechnologie*).

Enfin. les qualités de créativité, d'ouverture d'esprit et de curiosité sont également mises en avant. Dans ce monde 4.0, il est moins question de la couleur de la ceinture de l'expert que de sa capacité à sortir du cadre, à s'ouvrir à d'autres contextes industriels. Il lui est moins demandé de décliner des recettes éprouvées dans des secteurs modèles comme l'automobile l'aéronautique que de saisir des opportunités en allant glâner des idées nouvelles dans des secteurs parfois éloignés.



Dans ce monde 4.0, il est moins question de la couleur de la ceinture de l'expert que de sa capacité à sortir du cadre, à s'ouvrir à d'autres contextes industriels.

L'introduction des technologies 4.0

dans l'atelier est, par exemple, l'opportunité de faire monter en compétences des opérateurs ou des compagnons qui peuvent valoriser leur compétence de fabricants de pièce (makers). A l'usine Bosch de Mondeville en Normandie, un salarié de l'entreprise a ainsi développé une activité d'impression 3D. D'abord tournée sur l'appui à la production en fabriquant des pièces de rechange pour certaines machines, elle est devenue une activité à part entière, le site proposant à d'autres entreprises un service d'initiation à la fabrication additive comprenant la formation et la mise à disposition d'une machine.

L'évolution des compétences recherchées apparait également dans le classement du top 10 des compétences attendues publié par le World Economic Forum. La pensée critique et surtout la créativité arrivent désormais dans les 3 premières places en 2020 (cf. figure 3).

Fig. 3 - Le top 10 des compétences

en 2015

- 1. Résolution de problèmes complexes 1. Résolution de problèmes complexes
- 2. Coordination avec les autres
- 3. Management des personnes
- 4. Pensée critique
- 5. Négociation
- 6. Contrôle de la qualité
- 7. Orientation service
- 8. Jugement et prise de décision
- 9. Écoute active
- 10. Créativité



en 2020

- 2. Pensée critique
- 3. Créativité
- 4. Management des personnes
- 5. Coordination avec les autres
- 6. Intelligence émotionnelle
- 7. Jugement et prise de décision
- 8. Orientation service
- 9. Négociation
- 10. Flexibilité cognitive



Source: World Economic Forum, Future of Jobs Report 2016.

Comme le clament certains slogans, l'Industrie 4.0 peut, dans cette vision, apparaître comme l'opportunité de remettre « l'humain au centre » en mobilisant des compétences à plus forte valeur. Mais quelle est l'autre face de la médaille ?

Protection physique et protection des données au cœur des interactions avec les robots

Dans un certain nombre de démarches Industrie 4.0 subventionnées par les pouvoirs publics, le premier acte encouragé est l'achat d'un robot d'une nouvelle génération : équipé de capteur, léger d'un poids de 7 à 14 kg, sensible avec un système d'IA qui ne nécessite pas de programmation et d'un coût inférieur à 22 k€. Guidé avec la main, le robot fait l'apprentissage de la tâche à réaliser en reproduisant les gestes manuels de l'opérateur. La nouvelle génération de robots collaboratifs, appellés également « cobots », promeut une nouvelle conception du travail dans l'usine et au poste de travail.

Les robots sont sortis de leur cage pour assister l'opérateur. Au-delà de la prouesse technologique, cette évolution robotique pose de nouvelles exigences de prévention de la sécurité au travail comme le souligne Isabelle Wildhaber¹⁸, docteure en droit, avocate et professeure à l'Université de St-Gall.

Les robots peuvent contribuer à sécuriser un environnement de travail s'il s'agit d'intervenir dans des zones dangereuses en détectant en amont les risques. L'utilisation d'exosquelettes peut faciliter le transport de charges lourdes et éviter la mutliplication des troubles musculo-squelettiques. Isabelle Wildhaber cite l'exemple de l'exosquelette industriel d'Esko Bionics ou de l'entreprise suisse Colas, conçu pour être utilisé sur des chantiers. La réduction des risques santé est une facette du sujet la plus fréquemment mise en avant.

L'autre facette, qui concerne les risques liés à la multiplication de ces interactions entre travailleurs et robots, est généralement peu abordée même si ce nouveau contexte nécessite d'élaborer de nouvelles normes de sécurité. Isabelle Wildhaber nous alerte sur certaines dérives : « les exosquelettes peuvent occasionner des blessures lorsqu'ils sont mal adaptés au corps, lorsque la mise en œuvre est mauvaise ou lorsque le travailleur surestime ses aptitudes physiques ». Ces nouveaux environnements de travail impliquent de faire l'apprentissage d'une nouvelle évaluation des risques juridiques en matière de sécurité au travail pour le fabricant de robots et les employeurs qui les utilisent.

A la question de la protection physique des travailleurs s'ajoute celle de la protection des données. Des lunettes de réalité augmentée vissées sur la tête, l'opératrice reçoit un signal, elle clique dans le vide sur un écran virtuel et enclenche l'étape suivante de production. Elle supervise et exécute. Les différents capteurs renseignent l'ordre des tâches à exécuter, lui indiquent dans quel bac piocher telle pièce et lui permettent de suivre les indicateurs de productivité.

Ce type d'outil qui combine IA, vidéo et enregistrement peut être perçu comme une assistance numérique qui permet d'exécuter son travail avec la garantie d'une fiabilité totale et d'une productivité suivie en temps réel. Par la mise en réseau de toutes les machines sur une ligne de production Industrie 4.0, la hiérarchie de l'entreprise peut ainsi connaître à tout moment le statut des pièces en cours de fabrication, et dispose de données très détaillées sur la performance individuelle des salariés.

Wildhaber Isabelle, « Répercussions juridiques de la robotique et de l'intelligence artificielle sur le lieu de travail », dans Jean-Philippe Dunand, Pascal Mahon, Aurélien Witzig (dir.), *La Révolution 4.0 au travail*, CERT, Schulthess Editions Romandes, 2019, p.223 et suivantes.

Du point de vue du salarié. « cette exécution assistée » soulève question d'une surveillance constante de l'opérateur qui devient aussi « transparent qu'un verre » (gläserner Mitarbeiter), pour reprendre l'expression adoptée par les syndicats allemands. Ces derniers s'inquiètent des nouvelles formes de contrôle du comportement et de pression accrue sur les performances permises par les nouvelles technologies. Chez **GPS** Amazon, des ordinateurs portatifs sonnent l'alarme lorsqu'un travailleur fait une pause en dehors des horaires de pauses prévus 19.



Cette « exécution assisté e » soulève la question d'une surveillance constante de l'opérateur qui devient « aussi transparent qu'un verre ».

À la foire d'Hanovre en 2015, le Professeur Sabine Pfeiffer, sociologue à l'Université de Hogenheim, montrait un film réalisé par l'Institut pour les machines-outils et les sciences de gestion (Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften - IWB) de l'Université technique de Munich sur l'usine du futur. Dans cette usine, le pouls des salariés âgés est mesuré et enregistré. S'il dépasse un seuil critique, un opérateur remplaçant est appelé automatiquement pour assister le salarié, ou bien le système signale au salarié de s'orienter vers des tâches moins stressantes. Alors que Henning Kagermann, un des pères de l'Industrie 4.0 en Allemagne, considère cette innovation comme utile (« Nous voulons nous assurer que les salariés travaillent à la place qui est pour eux la plus appropriée ! »), Constanze Kurz, membre du Vorstand de l'IG Metall conteste cette forme intrusive de surveillance.

Dans un rapport sur l'IoT et les technologies RFID de 2009 publié par la fondation Hans-Böckler, il est recommandé que les conseils d'établissement (Betriebsrat) se mobilisent au sein des entreprises d'une même branche et tout au long de la chaîne de valeur pour une protection des opérateurs et de leurs données de production.

Enfin, un dernier risque concerne la possible délégitimation du management intermédiaire. Les opérateurs promus en « pilotes de ligne » de production dans certains entreprises modifient les logiques de pouvoir. Les échelons intermédiaires dotés de compétences techniques moindres peuvent se trouver marginalisés. Ce processus de transformation est parfois difficile à mettre en œuvre quand il implique une bascule du pouvoir vers le terrain. Cette bascule est d'autant plus délicate à opérer quand par le passé, ce niveau intermédiaire s'est essentiellement construit sur des tâches de supervision focalisée sur l'écriture et le respect des processus et des procédures dédiées aux certifications. La légitimité technique du management intermédiaire peut se trouver dépassée par l'appétence numérique des échelons inférieurs et des nouvelles générations.

19

Vers de nouveaux lieux de travail, de nouvelles organisations et un *reset* du management

CHAPITRE 3



Chapitre 3 - Vers de nouveaux lieux de travail, de nouvelles organisations et un *reset* du management

Dans son ouvrage *La fin du travail*, Jeremy Rifkin nous alertait en 1995 en annonçant la destruction du travail par la technologie et il préconisait d'investir massivement dans l'économie sociale. La crise de la Covid-19 a catapulté nos peurs sur un autre terrain et modifié leur ressort. L'impact de l'Industrie 4.0 sur le travail s'est mué de spectre en espoir : comment automatiser l'outil de production plus vite pour ne pas dépendre d'humains faillibles ou de chaînes déportées en Asie ou en Inde ? La taille de nos usines et les effectifs afférents apparaissent de plus en plus décalés dans un monde où, pour échapper à des risques sanitaires, les États peuvent décider de geler du jour au lendemain l'économie. Il est probable qu'un nouveau paysage industriel vienne à émerger, moins consommateur d'espace, plus sobre et mobile. L'émergence de mini-usines, la miniaturisation des machines, la domination des plates-formes, les possibilités accrues de travail en *home office* avec la crise de la Covid, questionnent les nouvelles formes de lieux et de travail et, par extension, le management.

L'émergence de nouveaux lieux de production : les usinescontainer

L'irruption de l'Internet des objets dans le monde industriel modifie considérablement l'organisation des schémas de production dans l'usine et hors de ses murs. Les nouvelles technologies numériques associées à celles d'impression en trois dimensions (3D) permettent de configurer différemment les circuits de fabrication, les interactions entre demande des clients, conception, design et fabrication. La fabrication en temps réel devient une des composantes de l'expérience client. Cette dernière est à la fois un maillon de la chaîne de valeur et un élément de compétitivité. Elle est un paramètre structurant des nouveaux modèles d'affaires.

L'intégration des fonctions de conception et de fabrication au sein d'un container permettrait de relocaliser certains types de fabrication au plus près de la demande. La décennie 2010-2020 a ainsi vu fleurir des prototypes et projets d'usines de la taille d'un container, depuis la *Speedfactory* d'Adidas qui produit des chaussures de sport personnalisées, jusqu'à la *Factory in a box* de Nokia qui permet l'assemblage de téléphones mobiles

Le projet *Speedfactory* d'Adidas²⁰, lancé en Allemagne à Ansbach, près de Nuremberg (Bavière), avec le soutien du programme *Autonomik 4.0* du Ministère fédéral de l'économie et de l'énergie, a regroupé une équipe-projet d'Adidas, la société Johnson Controls, sous-traitant automobile, la société KSL Keilmann, experte dans la fabrication de chaînes robotisées, et deux instituts de recherche, l'un spécialisé dans les techniques textiles et l'autre dans le transfert technologique. Cette usine miniature et expérimentale a la capacité de fabriquer les plus petites séries jusqu'à des pièces uniques d'articles de sport. Elle combine différentes innovations technologiques : numérique, robotique, impression 3D, techniques de soudure..., pour produire en temps réel des chaussures de sport personnalisées et satisfaire le plus rapidement possible les demandes de la *fast-fashion*.

²⁰



Fig. 4 – La Speedfactory d'Adidas

Source: Adidas.

La miniaturisation des machines et la tentation d'un retour au putting-out system?

L'exemple de la *Speedfactory* d'Adidas évoqué plus haut illustre comment la miniaturisation d'un site de production possiblement intégré à des sites de vente, va rebattre les cartes des facteurs de localisation des emplois industriels et possiblement la figure emblématique de l'usine, lieu de centralisation des moyens et des ressouces. Au-delà de la capacité de l'usine à s'adapter (à devenir « scalable »), c'est le changement de dimensionnement des outils de production qui amène à repenser la géographie des emplois et la forme capitalistique de l'entreprise.

Des projets sont également menés pour réduire la taille des équipements de production à l'image de la machine d'usinage 5-axes Micro5 développée par la Haute Ecole Arc Ingénierie de Neuchâtel. Dédiée à l'industrie horlogère et destinée à usiner des boîtiers de montres, elle ressemble à une grosse machine Nespresso, occupe 5 fois moins de place et consomme 10 fois moins d'énergie que les machines classiques (25-30 kWh contre 400 kWh).

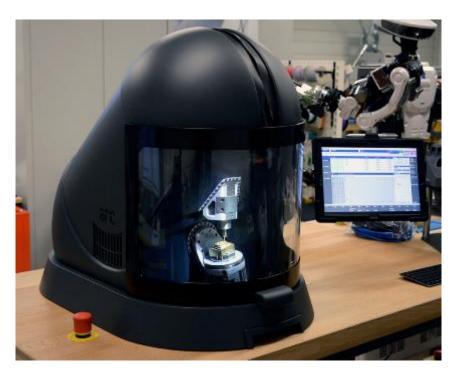


Fig. 5 - La machine Micro5

Source : Haute Ecole Arc Ingénierie de Neuchâtel.

Au-delà de la prouesse technologique, cette innovation questionne l'avenir de l'organisation classique du travail. Pour des pièces de petite ou moyenne taille, la justification d'une centralisation de la force de travail autour des machines dans la manufacture se trouve relativisée. La mise en place d'ateliers décentralisés, maillés par une infrastructure logistique ne peut-elle pas être une réponse aux problématiques de mobilité et d'adaptation du temps de travail ?



Fig. 6 - Le putting-out system

Source: https://webs.bcp.org/sites/vcleary/modernworldhistorytextbook/industrialrevolution/preindus.html.

L'émergence de tiers lieux de production où la machine du fabricant est entreposée dans un atelier déporté ou dans une partie du logement, laisse imaginer un retour à l'organisation proto-industrielle du *putting-out system*²¹ où les travailleurs produisaient à domicile en étant payés à la pièce (figure 6). Principalement développé dans le textile, le contremaître se chargeait, dans ce système, de distribuer les matériaux, avant de venir rechercher les produits finis ou semi-finis chez l'artisan/ouvrier. Au XIXème siècle, ces travailleurs sont indépendants et ne font pas partie du personnel de l'entreprise. Comme le souligne Isabelle Daugareilh²², c'est « à ce moment-là que se joue également la question du mode de rémunération. C'est à cette époque que l'on décide que la rémunération à la pièce sera le symbole du travail indépendant. Ainsi, dans l'usine qui emploie d'autres travailleurs du textile, c'est la rémunération au temps qui prévaut parce que ce sont des salariés qui se soumettent à l'horloge de l'usine²³. »

Aujourd'hui, cette décentralisation du lieu de travail grâce à la miniaturisation des machines couplée avec l'extension des plates-formes ne crée-t-elle pas les conditions de résurgence du *putting out system*? Dès lors quel sera le contrat de travail pour cette population active croissante composée d'indépendants, d'autoentrepreneurs, de « *makers* » (prototypage, design, développeurs, data scientists, logisticiens...) ? Les modèles d'affaires des plateformes reposent sur le travail indépendant. Cette nouvelle organisation du travail intermédié grâce au numérique rouvre le débat « sur les critères de qualification de la relation de travail, sur la notion de subordination juridique, de dépendance économique, [(...) le numérique] repose la question du champ d'application du droit du

travail » alerte Isabelle Daugareilh. Dans ce contexte, quel avenir est-il donné à la négociation d'accords collectifs de travail garant d'un équilibre des pouvoirs? Faire perdurer l'opposition entre autonomie et salariat risque de brider durablement la réflexion sur un nouveau droit du travail.

Ces artisans du numérique sont un défi immense lancé aux États, aux entreprises, aux syndicats et aux juristes pour adapter le droit du travail et la protection sociale de ces communautés qui rappellent, comme mentionné plus haut, le travail des journaliers au XIXème siècle.

Cette ubérisation du travail peut avoir des aspects vertueux si elle favorise l'entrepreneuriat de certains métiers (informaticiens, designers, data analysts,...) sous réserve que le statut de travail d'indépendant soit moins exposés aux risques de précarisation²⁴.

66

Cette ubérisation du travail peut avoir des aspects vertueux si elle favorise l'entrepreneuriat [...] sous réserve que le statut de travail d'indépendant soit moins exposés aux risques de précarisation.

99

Le putting-out system était une forme de proto-industrie présente surtout dans le secteur textile où des paysans-ouvriers, travaillant à demeure ou au sein d'ateliers, recevaient du négociant la matière première, lui revendant ensuite un produit fini ou semi-fini.

Isabelle Daugareilh est Directeur de recherche CNRS-HDR, directrice du Centre de droit comparé du travail et de la sécurité sociale.

²³ Isabelle Daugareilh, « Révolution 4.0 et droits collectifs du travail », dans Jean-Philippe Dunand, Pascal Mahon, Aurélien Witzig, *La Révolution 4.0 au travail*, CERT, Schulthess Editions Romandes, 2019, pp.182-183.

Jon-Arild Johannessen, *The Workplace of the future. The fourth industrial revolution. The precariat and the death of hierarchies.* London and New York, Routledge, 2018.

Nous n'approfondirons pas dans ce Cahier du Digital les liens entre ubérisation et émergence d'un nouveau précariat, qui mériteraient à eux seuls un cahier. Mais il convient de souligner, en reprenant les termes de Robert Boyer, à quel point « la 'congélation' de l'économie a accéléré le déversement de valeur entre des industries en déclin et une économie de plates-formes en pleine croissance pour faire image, le passage de l'ingénieur de l'aéronautique au livreur d'Amazon. Or, cette économie offre une très faible valeur ajoutée, un médiocre niveau de qualification à la majorité de ceux qui y travaillent, et génère de très faibles gains de productivité²⁵. »

Ce constat renforce l'importance de mesurer la portée sociale et sociétale de la révolution numérique et de ne pas se limiter à une approche technocentrée source d'effet tunnel.

Vers quels types d'organisation du travail?

Demandez à un dirigeant de PME industrielle de vous décrire son organisation dans son format le plus simple et il distinguera entre les bureaux et l'atelier, puis il détaillera les lignes et les sites dédiés aux différents types de production, qu'il s'agisse de grandes ou de petites séries. L'organisation est structurée depuis plusieurs décennies en fonction des tâches qui y sont exécutées mais pas en fonction du client. Généralement les plaintes des équipes concernent assez invariablement une communication déficiente entre les différents services.



Fig. 7 - Travailler hier, travailler aujourd'hui

Source: Chess Media Group.

²⁵ Robert Boyer, «Le capitalisme sort considérablement renforcé par cette pandémie », interview d'Antoine Reverchon, Le Monde, 2 octobre 2020.

Paradoxalement le flou sur les responsabilités de chacun s'est également épaissi au fil des années alourdissant les circuits de décision. Tout remonte à la tête qui gère souvent en mode pompier les dossiers, peinant à satisfaire la réactivité demandée par le client. Chacun remplit un rôle et il lui est souvent difficile d'expliciter les résultats qui sont attendus de lui en fonction du contexte. Il connaît rarement les raisons pour lesquelles une affaire est un succès ou un échec. Ce modèle hiérarchique où on rapporte au chef part du présupposé que le chef est omniscient quel que soit le contexte. Le schéma de la figure 7 illustre les mutations qui sont en train de s'opérer dans la manière de travailler : la production d'un résultat et non plus d'une tâche, la focalisation sur l'apprentissage en continu et non plus le diplôme, ressortent clairement du graphique comme des tendances d'évolution dans le travail aujourd'hui et demain.

Un changement de finalité de l'organisation de l'entreprise 4.0

La représentation de l'organisation d'une entreprise au XXème siècle est matricielle : à chaque composante une fonction, à chaque fonction son service, à chaque service ses objectifs pilotés séparément du reste. Le présupposé, comme le souligne Steve Denning, est qu'au XXème siècle, la firme est pilotée indifférement du contexte comme une machine (the firm as a machine²6). L'objectif est de faire du profit pour les actionnaires. L'entreprise vend ses produits et répond à des appels d'offres. C'est un mode de pilotage lisible, normé par des normes ISO, des processus et des procédures. Pour surmonter les changements, les opérations de contrôle ont généralement été renforcées, les organigrammes ont été changés, les processus ont été réécrits, les effectifs réduits, des entités rachetées, d'autres fermées. Pour ces entreprises, la conversion au 4.0 a généralement été envisagée sous un angle technique, une montée de version du « lean management ».

Face à l'accélération des innovations, l'évolution des demandes des clients, l'apparition de nouveaux concurrents, la transformation s'est avérée particulièrement ardue lorsqu'il s'est agi de passer d'une approche technicienne à une approche stratégique de décryptage des besoins client. Peu d'équipes savent décrire les besoins de leurs clients ou les problèmes que ceux-ci cherchent à résoudre. Ils décrivent le produit qu'ils vendent au client.

La crise de la Covid-19 a représenté pour ces entreprises un état de sidération profond, une perte de boussole. Dès lors comment réaliser une montée de version de ces organisations ? Pour Steve Denning, le management du 21^{ème} siècle s'incarne dans le passage de « faire de l'argent pour l'entreprise » à « créer de la valeur pour le client ». Et de rappeler la devise de Peter Drucker en 1954, « il n'y a qu'un objectif pour une entreprise : créer le client! ». A titre d'exemple sont mentionnées Amazon, Apple, Netflix mais aussi le conglomérat chinois Haier. En modifiant la finalité de l'organisation, les principes de management et les pratiques changent radicalement comme l'illustre le tableau ci-dessous.

Steve Denning, « What 21st Century Management Looks Like », Forbes, 20/09/2020.

Fig. 8 – Principes, processus et pratiques du management au 20ème et au 21ème siècle

	Management du 20 ^{ème} siècle	Management du 21 ^{ème} siècle
nci	pes qui conduisent les processus et les pra	tiques de l'organisation
1.	IDEOLOGIE, BUT	
	Gagner de l'argent au proft de l'entreprise et de ses actionnaires	Obsession de création de plus de valeur pour les clients/utilisateurs : les profits sont le résultat, non l but
2.	ARCHITECTURE DU TRAVAIL	
	Les individus rapportent à un chef, remplissent des rôles	Tirer parti de tous les talents des collaborateurs, souvent grâce à des équipes auto-organisées travaillant en cycles courts
3.	DYNAMIQUE	
	Hiérarchie verticale de l'autorité	Réseau horizontal de compétences avec un équilibre entre le top-down, le bottom-up et l'horizontal ; Les idées peuvent venir de n'importe
	INDICATEUR CLE	
	Capacité à offrir des profits à court terme	Capacité à générer l'intimité client et à créer une valeur pour le client immédiate, sans frictions, incrémentale
осе	essus qui appuient les principes	
4.	LEADERSHIP	
	Leadership venant d'en haut, transactionnel,	Leadership à tous les niveaux basé sur les relation d'homme à homme
	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire	•
4.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire	d'homme à homme Dynamique, interactive, créatrice de valeur,
4 . 5 .	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive,	d'homme à homme
4 . 5 .	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles	d'homme à homme Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes
4.5.6.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles INNOVATION	d'homme à homme Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes Améliorer le business eistant et créer de nouveau
4.5.6.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles INNOVATION Protéger le business existant	d'homme à homme Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes Améliorer le business eistant et créer de nouveau business
4.5.6.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles INNOVATION Protéger le business existant COMMERCE ET MARKETING Amener le client à acheter les produits pour atteindre les objectifs de l'entreprise	d'homme à homme Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes Améliorer le business eistant et créer de nouveau business Chercher à faire une vrai différence dans la vie de
4.5.6.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles INNOVATION Protéger le business existant COMMERCE ET MARKETING Amener le client à acheter les produits pour atteindre les objectifs de l'entreprise MANAGEMENT DES HOMMES Les ressources contrôlent les ouvriers considérés	d'homme à homme Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes Améliorer le business eistant et créer de nouveau business Chercher à faire une vrai différence dans la vie de consommateurs et des utilisateurs L'objectif est d'attirer et de développer les talents
4.5.6.7.8.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles INNOVATION Protéger le business existant COMMERCE ET MARKETING Amener le client à acheter les produits pour atteindre les objectifs de l'entreprise MANAGEMENT DES HOMMES	d'homme à homme Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes Améliorer le business eistant et créer de nouveau business Chercher à faire une vrai différence dans la vie de consommateurs et des utilisateurs
4.5.6.7.8.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles INNOVATION Protéger le business existant COMMERCE ET MARKETING Amener le client à acheter les produits pour atteindre les objectifs de l'entreprise MANAGEMENT DES HOMMES Les ressources contrôlent les ouvriers considérés comme des ressources de l'entreprise BUDGET Le budget est généralement une source majeure de	Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes Améliorer le business eistant et créer de nouveau business Chercher à faire une vrai différence dans la vie de consommateurs et des utilisateurs L'objectif est d'attirer et de développer les talents pour créer de la valeur pour les clients Le budget reflète principalement les décisions
4.5.6.7.8.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles INNOVATION Protéger le business existant COMMERCE ET MARKETING Amener le client à acheter les produits pour atteindre les objectifs de l'entreprise MANAGEMENT DES HOMMES Les ressources contrôlent les ouvriers considérés comme des ressources de l'entreprise BUDGET Le budget est généralement une source majeure de conflit entre les silos pour les ressources	Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes Améliorer le business eistant et créer de nouveau business Chercher à faire une vrai différence dans la vie de consommateurs et des utilisateurs L'objectif est d'attirer et de développer les talents pour créer de la valeur pour les clients
4.5.6.7.8.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles INNOVATION Protéger le business existant COMMERCE ET MARKETING Amener le client à acheter les produits pour atteindre les objectifs de l'entreprise MANAGEMENT DES HOMMES Les ressources contrôlent les ouvriers considérés comme des ressources de l'entreprise BUDGET Le budget est généralement une source majeure de conflit entre les silos pour les ressources	Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes Améliorer le business eistant et créer de nouveaux business Chercher à faire une vrai différence dans la vie de consommateurs et des utilisateurs L'objectif est d'attirer et de développer les talents pour créer de la valeur pour les clients Le budget reflète principalement les décisions
4.5.6.7.8.	Leadership venant d'en haut, transactionnel, manipulatoire STRATEGIE Statique, regardant dans le rétroviseur, défensive, créant des murailles INNOVATION Protéger le business existant COMMERCE ET MARKETING Amener le client à acheter les produits pour atteindre les objectifs de l'entreprise MANAGEMENT DES HOMMES Les ressources contrôlent les ouvriers considérés comme des ressources de l'entreprise BUDGET Le budget est généralement une source majeure de conflit entre les silos pour les ressources MESURE Les mesures sont décidées ex post	Dynamique, interactive, créatrice de valeur, mobilisant les écosystèmes Améliorer le business eistant et créer de nouveaux business Chercher à faire une vrai différence dans la vie de consommateurs et des utilisateurs L'objectif est d'attirer et de développer les talents pour créer de la valeur pour les clients Le budget reflète principalement les décisions stratégiques prises

Source : Steve Denning, "What 21st Century Management Looks Like", 20/09/2020, *Forbes.* Traduit par KOHLER C&C.

Comme cela a été souligné dans le chapitre 4 du *Cahier du Digital #1*, l'organisation passe du monolithe à une constellation d'archipels avec des équipes autogérées, réactives dont les compétences sont facettés par la capacité à interagir, à créer de la valeur chez le client, à coopérer avec d'autres entreprises, à créer de nouveaux écosystèmes. Peu d'entreprises qui s'engageront dans une course en solitaire parviendront à construire ces nouvelles architectures. Ces nouveaux écosystèmes se tissent à partir de coopérations entre plusieurs acteurs où chacun est capable de concevoir sa contribution comme un lego qui s'emboite dans une architecture plus vaste.

Un changement d'architecture des organisations

Nous avons montré dans le premier *Cahier du Digital* comment s'opérait une décentralisation des fonctions de commandement avec le passage de la structure pyramidale à l'organisation en réseau. Nous avons illustré les différentes déclinaisons de l'usine 4.0 en fonction de leur stade d'hybridation entre production de masse et customisation de masse et création de valeur pour le client. L'éclatement de la chaîne de valeur en constellation d'archipels gravitant autour du client oriente les forces vives vers l'expérience client. Pour illustrer de manière opérationnelle, les principes qui soustendent le changement d'architecture de l'organisation interne de l'entreprise, nous nous appuyons sur les travaux de McKinsey (figure 9).

Trois lignes de force architecturent le graphique ci-dessous : 1/ qui sommes-nous ?, 2/ comment opérons-nous et 3/ comment contibuons-nous à notre croissance ? L'identité et la vocation de l'entreprise vont déterminer le sentiment d'appartenance, le sentiment de faire groupe et la confiance dans la culture de l'entreprise. La croissance est alimentée par les équipes dédiées à la création de valeur chez les clients. L'excellence opérationnelle concerne les équipes dans le day-to-day business où priment l'éxécution du business et le suivi de la qualité, des délais et des coûts.

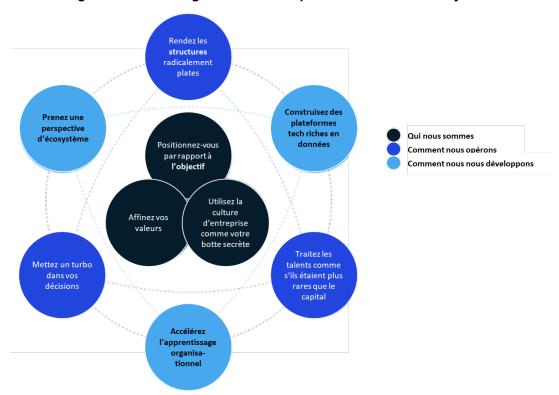


Fig. 9 - Neuf clés organisationnelles pour devenir future-ready

Source: McKinsey, *Organizing for the future: Nine keys to becoming a future-ready company*, 11/01/2021. Traduit par KOHLER C&C.

De la pyramide au rhizome

Dans le passage de la chaine à la constellation et de la pyramide au réseau, les équipes de direction questionnent leur exercice du pouvoir, leurs champs de décision et leur propre valeur ajoutée. Elles réfléchissent à comment reconstruire leur légitimité et refonder leur autorité. Il ne s'agit plus d'organiser l'entreprise en découpant chaque métier en processus mais de parvenir à penser l'entreprise comme un réseau horizontal que nous illustrons par le dessin du rhizome. Si nous prenons la définition du rhizome, il s'agit d'une structure évoluant en permanence, dans toutes les directions horizontales, et dénuée de niveaux. Elle vise notamment à s'opposer à la hiérarchie en pyramide. « N'importe quel point d'un rhizome peut être connecté avec n'importe quel autre, et doit l'être ». Si nous référons à Deleuze et Guattari, un rhizome est un « espace » ou plus exactement un « milieu » communiquant, résonant, « multiplicité réelle d'éléments hétérogènes (lignes et signes), dotée d'une capacité de connexion absolue²⁷ ».

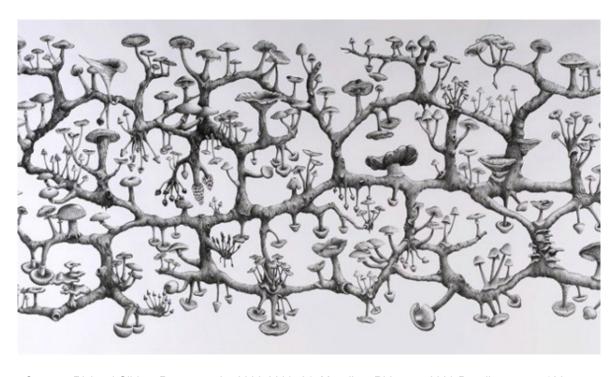


Fig. 10 - L'organisation en rhizome

Source : Richard Giblett, Recent work : 2006-2009, 21. Mycelium Rhizome, 2009 Pencil on paper 120 x 240 cm Collection of the artist Represented by Galerie Düsseldorf.

²⁷ « Livre de philosophie » de Gilles Deleuze et Félix Guattari, *Capitalisme et schizophrénie 2 : Mille Plateaux*, pp. 20-32.

La métaphore du rhizome pour qualifier l'architecture de l'entreprise souligne le caractère organique, évolutif et adaptatif de ces nouvelles structures entrepreneuriales. C'est la création d'interconnexions et leur diversité générées par des modes nouveaux de coopération interne et externe qui peuvent répondre à un travail avec des exigences complexes. Les entreprises seront

de plus en plus confrontées à des situations d'incertitude radicale comme celle que nous vivons aujourd'hui où il sera nécessaire d'expérimenter des solutions nouvelles qui n'auront pas encore été testées. Or, seule la mobilisation de l'intelligence des réseaux et la coopération permettent de créer un terrain fertile pour des pratiques émergentes.

Ce travail en coopération est souvent perturbant pour les équipes de direction habituées à disposer d'une solution prédéfinie avant d'avoir véritablement circonscrit le problème à résoudre et le champ d'interactions concerné.



Seule la mobilisation de l'intelligence des réseaux et la coopération permettent de créer un terrain fertile pour des pratiques émergentes.

99

En revanche, dans les organisations adaptatives où l'implication humaine est forte, la capacité à coopérer devient un avantage compétitif comme le soulignent Leon C. Prieto et Simone T.A. Phipps: « Nous définissons l'avantage coopératif comme les avantages qu'une organisation possède et accumule en raison de son approche centrée sur les personnes pour engendrer un esprit de soin et de communauté, un dialogue significatif et la création de consensus, au profit des employés, des clients et de la communauté²⁸. » La crise de la Covid-19 a mis en évidence combien les entreprises devaient faire la démonstration de cet esprit de soin et de communauté si elles souhaitaient préserver leur notoriété et leur marque employeur.

La résolution de situations complexes dépendra de la capacité à générer ces nouveaux collectifs hors de l'organisation. C'est toute la force des démonstrateurs 4.0 en Allemagne et des projets initiés par les Ministères fédéraux de l'Economie et de la Formation et de la Recherche qui associent à chaque fois une dizaine d'acteurs privés et publics. Par contraste, les vitrines Industrie du futur en France labellisent une entreprise et non un collectif.

Dans des environnements guidés par la production de grandes séries où la répétabilité fait office de règle pour obtenir des taux de productivité élevés, l'automatisation et les algorithmes ont toute leur pertinence et facilitent les opérations de conception, de simulation, de contrôle, de maintenance et d'alimentation en entrée et sortie des chaînes de production.

Cette analyse montre combien il est essentiel de qualifier en amont le contexte et l'environnement dans lequel on intervient, afin d'opter pour l'approche Industrie 4.0 la plus appropriée.

²⁸ Leon C. Prieto et Simone T.A. Phipps, "Cooperative Advantage: Rething the company's purpose." MIT Sloan Management Review, 15/09/2020. Ce passage se réfère également à la note de travail produite par Daniel Atlan sur « Collaborer et coopérer au travail ».



CHAPITRE 4



Chapitre 4 - Au-delà du techno-déterminisme

La vision de l'Industrie 4.0 comme révolution industrielle pourrait laisser penser que l'humain reste soumis de manière relativement passive à l'introduction de systèmes cyber-physiques. Or, les précédentes révolutions industrielles tout comme le processus plus récent d'automatisation ont enseigné que la technologie ne se suffit pas à elle-même et que les systèmes les plus complexes et sophistiqués nécessitent quand même une supervision humaine. Le film « Sully » de Clint Eastwood montre bien que s'il avait fait confiance aux algorithmes, aux procédures d'Airbus et aux injonctions de la tour de contrôle, le commandant de bord Chesley Sullenberger aurait clairement engendré une situation sous-optimale. Il n'aurait jamais réussi à poser son Airbus A320 sur l'Hudson et à sauver tous ses passagers, mais se serait très certainement crashé sur New York.

Comment créer les effets d'apprentissage de l'Industrie 4.0?

Le rêve d'une automatisation qui suppléerait les défauts humains a souvent buté sur la dure réalité. Les machines ont besoin des humains pour suppléer leurs défaillances. Il ne s'agit pas seulement ici de maintenance et de résolution de pannes, mais surtout de fonctionnement quotidien.

La seconde révolution industrielle n'aurait pas été possible sans le travail à la chaîne et le « 5\$ a day » de Henry Ford. Le mythe qui fait de Henry Ford un keynésien en herbe parce qu'il décide de doubler le salaire de ses ouvriers est quelque peu écorné par la dure réalité historique. A l'époque, cette augmentation était la seule solution pour lutter contre le vagabondage ouvrier qui voyait les opérateurs sur les lignes changer d'employeur pour quelques cents de plus. Henry Ford avait bien compris que sa chaîne de production ne permettrait pas d'obtenir les gains de productivité escomptés si les ouvriers travaillant à la chaîne ne réalisaient pas les apprentissages durables nécessaires à son fonctionnement.

L'automatisation connaît des limites et elle a besoin de l'homme. Plus récemment, au début des années 1980, Volkswagen a pu en faire l'expérience avec son projet d'automatisation totale du montage final de la Golf dans la Halle 54 à Wolfsbourg²⁹.

Si ce projet a échoué, c'est parce qu'ont été ignorées ces multiples actions de régulation et d'ajustement de la chaîne qui sont réalisées par les opérateurs et passent souvent sous les radars.

Bien sûr, on pourrait arguer que l'intelligence artificielle réduit voire annule l'importance de ces effets d'apprentissage. Les machines ne peuvent-elles pas apprendre par elles-mêmes ?

Mais ce serait oublier que l'intelligence artificielle n'est bien souvent qu'un gigantesque moyen de capitaliser sur des apprentissages réalisés par les hommes. Et l'actualisation de ces apprentissages, les nouveaux apprentissages nécessaires à tout processus d'amélioration continue requiert une dose d'intelligence du contexte et de la situation où l'humain a encore une bonne longueur d'avance sur les machines.

Pour créer les apprentissages nécessaires au déploiement et au fonctionnement de l'Industrie 4.0, les acteurs ont bien vite compris que le moyen le plus efficace était d'expérimenter collectivement. A cet égard, la stratégie du syndicat allemand de la métallurgie IG Metall est fort instructive.

Martina Heßler: "Die Halle 54 bei Volkswagen und die Grenzen der Automatisierung. Überlegungen zum Mensch-Maschine-Verhältnis in der industriellen Produktion der 1980er-Jahre", Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History 11, 2014, pp. 56-76.

Un positionnement pragmatique de l'IG Metall : une « bienveillance vigilante »

« La stratégie de l'IG Metall par rapport à l'Industrie 4.0 marque un tournant. L'ancienne stratégie était très défensive par rapport aux nouvelles technologies, par exemple contre le CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Cette fois, il n'y a plus de place pour une stratégie de blocage. Ce qui nous a plu, c'est que la production est de nouveau regardée comme un champ pertinent. Nous sommes associés à la construction des connaissances nouvelles et nous nous engageons franchement dans la discussion sur les chances et les risques » souligne Constanze Kurz, membre du Vorstand de l'IG Metall lors d'un entretien en mars 2015 avec Kohler C&C³⁰.

Dans le cadre des conseils d'établissement (*Betriebsrat*), le syndicat est mobilisé pour suivre les différents projets liés à l'Industrie 4.0 et les accompagner dans le cadre de la co-détermination (*Mitbestimmung*). L'IG Metall est par exemple associée *via* ses conseils d'établissement aux projets de Bosch Rexroth à Homburg ou de Siemens à Amberg. Dans une entreprise du *Mittelstand* Premium comme Wittenstein où l'IG Metall n'est pas représentée, des contacts personnels existent avec le dirigeant de l'entreprise. La zone grise concerne les petites entreprises du *Mittelstand*, celles qui ont entre 50 et 60 salariés où les organisations n'ont pas ou peu de représentants.

Le syndicat accompagne les changements avec vigilance, en restant attentif aux limites à ne pas franchir. Il évalue les innovations sur le lieu de travail et accompagne les projets qui lui apparaissent porteurs de vraies améliorations des conditions de travail. L'IG Metall s'est distingué en proposant une approche duale recensant les opportunités et les menaces liées à l'Industrie 4.0³¹.

Fig. 11 : L'impact de la numérisation sur le travail d'après l'IG Metall

Vision négative

- Le travail devient passif et soumis à la technique
- Une absence de compétences transverses (système centré sur le spécialiste)
- Un potentiel de stress élevé
- Une flexibilisation renforcée du travail
- Une discrimination entre les « formés » et les « peu formés »
- Des possibilités moindres de progression pour ceux avec des qualifications faibles
- Une réduction des effectifs
- Une augmentation de l'intérim/stratégies de dumping social
- Un contournement de la co-détermination
- Une atténuation de frontière entre vies professionnelle et privée

Entretien de KOHLER C&C avec Dr. Constance Kurz cité dans Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, op. cit., p. 69.

Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, *op cit.*, p. 70.

Vision positive

- Un travail doté de nouvelles marges de manœuvre avec la fin du pilotage central, hiérarchique
- Un contenu de travail plus riche, plus intéressant, faisant appel à plus de responsabilité et à la capacité de résolution de problèmes
- Un travail mieux adapté aux seniors
- Une participation plus étendue dans l'entreprise
- Une communication et un management plus ouverts
- Un développement plus robuste des compétences et des carrières
- Un maintien de l'emploi sur le long terme grâce au développement des nouvelles technologies

Source: Dr. Constanze Kurz, "Industrie 4.0 – Veränderungen der Arbeitswelt: Mensch, Maschine und die neue Rolle der Beschäftigten", présentation au séminaire de la chambre des métiers du Land de Sarre, 2014. Traduction KOHLER C&C. Tableau extrait du livre Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, *Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand*, La Documentation française, 2016 p. 69.

66

Le syndicat considère qu'il dispose de plus de pouvoir en accompagnant les expérimentations et en les infléchissant si nécessaire qu'en s'y opposant frontalement.

L'IG Metall a adopté une stratégie ouverte d'accompagnement des cas d'application comme la mise en place de cobots ou d'outils digitaux pour organiser les équipes de production. Le syndicat considère en effet qu'il dispose de plus de pouvoir en accompagnant les expérimentations et en les infléchissant si nécessaire qu'en s'y opposant frontalement³². D'autres acteurs, comme le DGB, différentes fondations politiques ou des instituts de sciences sociales ont également travaillé sur des cas concrets de mise en œuvre de solutions Industrie

4.0 avec des chantiers portant sur l'évolution des compétences et la création d'une offre de formations initiale et continue. Les travaux menés sous l'égide du ministère fédéral de l'Economie et de l'Energie ont abouti en août 2018 à la modernisation de tout un ensemble de formations (mécanicien industriel, électronicien pour équipements et systèmes, mécanicien d'installations...) en intégrant de nouveaux contenus comme la cybersécurité, le cloud, la gestion de process³³...

De l'incertitude radicale à la transformation dans la complexité

C'est probablement l'un des enseignements les plus structurants de notre observation du phénomène 4.0 en Allemagne : la transformation culturelle matérialise le passage d'une approche analytique et disjonctive à une vision du monde systémique et à des démarches constructivistes³⁴.

Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, op cit., p.68.

BMWi, "Ausbildung und Industrie 4.0: Zupacken statt zu warten in der Metall- und Elektroindustrie", disponible à l'adresse https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Presse-mitteilungen/2018/20180608-ausbildung-industrie-4-0-zupacken-statt-zuwarten-in-der-metall-und-elektroindustrie.html.

Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz : « Industrie 4.0, une révolution industrielle et sociale », Futuribles, Mai-Juin 2018 – Numéro 424, p. 67.

Fig. 12: Un changement de vision du monde

Dans l'univers 3.0 Dans l'univers 4.0 lılı. Incertitude radicale Le monde est probabilisable Pensée analytique, Pensée systémique séquentielle, disjonctive Calcul de ROI Test and learn Approche constructiviste Budget et plan stratégique Augmentation du CA Réduction des coûts par la qualité et le service Ouverture et partenariats, Une stratégie dans une seule **6** entreprise co-leadership

Source : Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, « Industrie 4.0, une révolution industrielle et sociétale », *Futuribles* n° 424, mai-juin 2018, p.67.

« L'Industrie 4.0, je ne sais pas vraiment ce que c'est ni où cela nous mène, mais je sais qu'il faut y aller... et vite...! » : cette injonction, nous l'avons souvent entendue lors de notre périple en Allemagne sur les traces de l'industrie 4.0. Etrange quatrième révolution industrielle qui assume ce contexte d'incertitude radicale et de complexité où « le but est dans le chemin ».

Ce monde accepte l'incertitude radicale. Les stratégies d'acteurs observées sur le terrain font apparaître des démarches itératives, d'expérimentation, de *test and learn* (apprentissage basé sur une logique d'essais-erreurs). La stratégie se construit chemin faisant en saisissant les opportunités, en capitalisant sur les succès et en apprenant des échecs³⁵.

Il n'existe pas de voie royale vers le 4.0. Chaque transformation est unique et elle ne devient pérenne que si elle se co-construit sur mesure au sein de chaque organisation, en y mobilisant l'intelligence collective. De nouvelles méthodologies font leur apparition dans les entreprises, comme le *design thinking*, pour repenser les offres de produits et de services, identifier les usages et les besoins des clients, mobiliser des approches pluridisciplinaires pour y apporter des solutions innovantes³⁶.

Au sein d'entreprises familiales industrielles qui font face au défi du renouvellement d'une génération de dirigeants-fondateurs, cette mutation culturelle est un défi de taille. C'est un défi d'envergure également pour les sciences sociales qui doivent désormais saisir ce vaste mouvement de transformation et l'accompagner en temps réel en pensant dans la complexité³⁷.

Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, « Industrie 4.0, une révolution sociétale ? », *Allemagne d'aujourd'hui*, n° 222, octobre-décembre 2017.

Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, « Industrie 4.0, une révolution industrielle et sociale », *Futuribles*, Mai-Juin 2018 – Numéro 424, p. 68.

Robert Delorme, *Deep Complexity and the Social Sciences: Experience, Modelling and Operationality*, Cheltenham/Northampton, Edward Elgar, 2010, pp. 180-191.

Conclusion

L'industrie 3.0 était un monde où l'on faisait toujours un peu plus de la même chose : plus d'automatisation, plus de robotisation, plus de réduction des coûts, plus de planification... Dans l'Industrie 4.0, il s'agit de consommer différemment et de produire et de travailler différemment. Questionner le modèle d'affaires et l'offre produits et services par rapport à l'évolution des besoins des différents profils de clients est une première étape incontournable. Ce questionnement nécessite également d'identifier les apprentissages à réaliser pour faire évoluer l'organisation de l'entreprise et faire émerger les coopérations hors de l'entreprise. L'adaptation du schéma industriel et de l'organisation du travail en lien avec l'évolution des métiers et des compétences constituent les autres pivots de cette transformation numérique. Il s'agit d'une transformation multidimensionnelle qui peut s'avérer angoissante pour les équipes des entreprises industrielles car elle suppose de travailler sur toutes les dimensions en même temps, abandonnant une approche séquentielle et structurée par processus figés.

Mais notre expérience de terrain en Europe et à l'international nous enseigne chaque jour que les nouveaux espaces de liberté et de créativité engendrés par cette révolution 4.0 sont aussi une formidable opportunité à saisir pour construire une démarche collective d'expérimentation, créer du lien et faire société. Loin des fatalités, ce nouveau monde industriel reste à construire et il ne sera rien d'autre que ce que nous en ferons.

Industrie 4.0: la quatrième révolution industrielle
Tome 2 - Enjeux organisationnels et sociétaux
Les Cahiers du Digital - N°2
HEC Digital Lab - HEC Liège Management School - Liège
Université

Auteurs : Dorothée Kohler & Jean-Daniel Weisz Date de publication en ligne : Octobre 2021

Coordination : Nicolas Neysen

Communication & Design: Roxanne Thonnard

Illustration page de garde: mrsemilyhopper sur pixabay.com

Le HEC Digital Lab tient à remercier tout particulièrement la Société Régionale d'Investissement de Wallonie (SRIW), principal partenaire de ses initiatives en matière d'Industrie 4.0.

Publication gratuite - Ne peut être vendue ou utilisée à des fins commerciales. Ce *Cahier du Digital* est une publication du HEC Digital Lab. Vous êtes libre de reproduire, de distribuer et de communiquer cette création au public dans le respect des droits moraux des auteurs, à condition de citer vos sources et de ne pas en faire un usage commercial.

Avec le soutien de



























► QUI SOMMES-NOUS

W.IN.G by Digital Wallonia, c'est un fonds d'investissement dédié au financement en capital des start up Tech et Digitale en Wallonie.

NOS MOYENS

Capitalisé à hauteur de 60 millions d'euros, W.IN.G by Digital Wallonia investit dans les start-up aux différents stades de leur évolution: de la phase de « pré-amorçage » (finançable dès 50 000 euros) à la « Série A » (finançable jusqu'à 2,5 millions d'euros).

NOTRE APPROCHE

W.IN.G, est un investisseur professionnel et bienveillant. Nous challengeons dès le départ les start-up, entrepreneurs et porteurs de projets et poursuivons ce rôle de « sparring-partner », à la fois critique et engageant, au sein comme en dehors du Conseil d'administration.

Disponible, réactif et « supportive », notre comité d'experts vous garantit un processus d'investissement efficace et diligent.







NOTRE ÉQUIPE

L'équipe derrière W.IN.G, ce sont 4 Investment Managers aux profils complémentaires et aux compétences variées; mais aussi une Operating Team qui offre aux start-up une première intervention gratuite dans les domaines les plus pertinents (growth marketing, RH, vente, stratégie, finance).

NOTRE RÉSEAU

Par le biais de la Société Régionale d'Investissement de Wallonie (SRIW), W.IN.G bénéficie d'un accès à un réseau étendu de partenaires, d'entreprises et de fonds spécialisés.

NOS RÉFÉRENCES

En quatre ans à peine, le fonds d'investissement W.IN.G by Digital Wallonia a déjà contribué à l'émergence de nombreuses startups reconnues au niveau national comme à l'international: E-Peas, OnComfort, Mozzeno, ListMinut, WooClap, Neveo, Verbolia, etc.

