

# POUR UNE INDUSTRIE FORTE

by **GI**

31 MARS - 03 AVRIL 2020 - PARIS NORD VILLEPINTE

## 5 GRANDES RUBRIQUES

### # L'ÉTAT DES LIEUX

L'INDUSTRIE DU FUTUR EST DEVENUE UNE RÉALITÉ POUR PRÈS D'UN TIERS DES ENTREPRISES.

### # LA PERCEPTION DES ACTEURS

LA MAJORITÉ DES DIRIGEANTS TÉMOIGNE UN VIF INTÉRÊT POUR L'INDUSTRIE DU FUTUR.

### # INDUSTRIE 4.0 : MODE D'EMPLOI

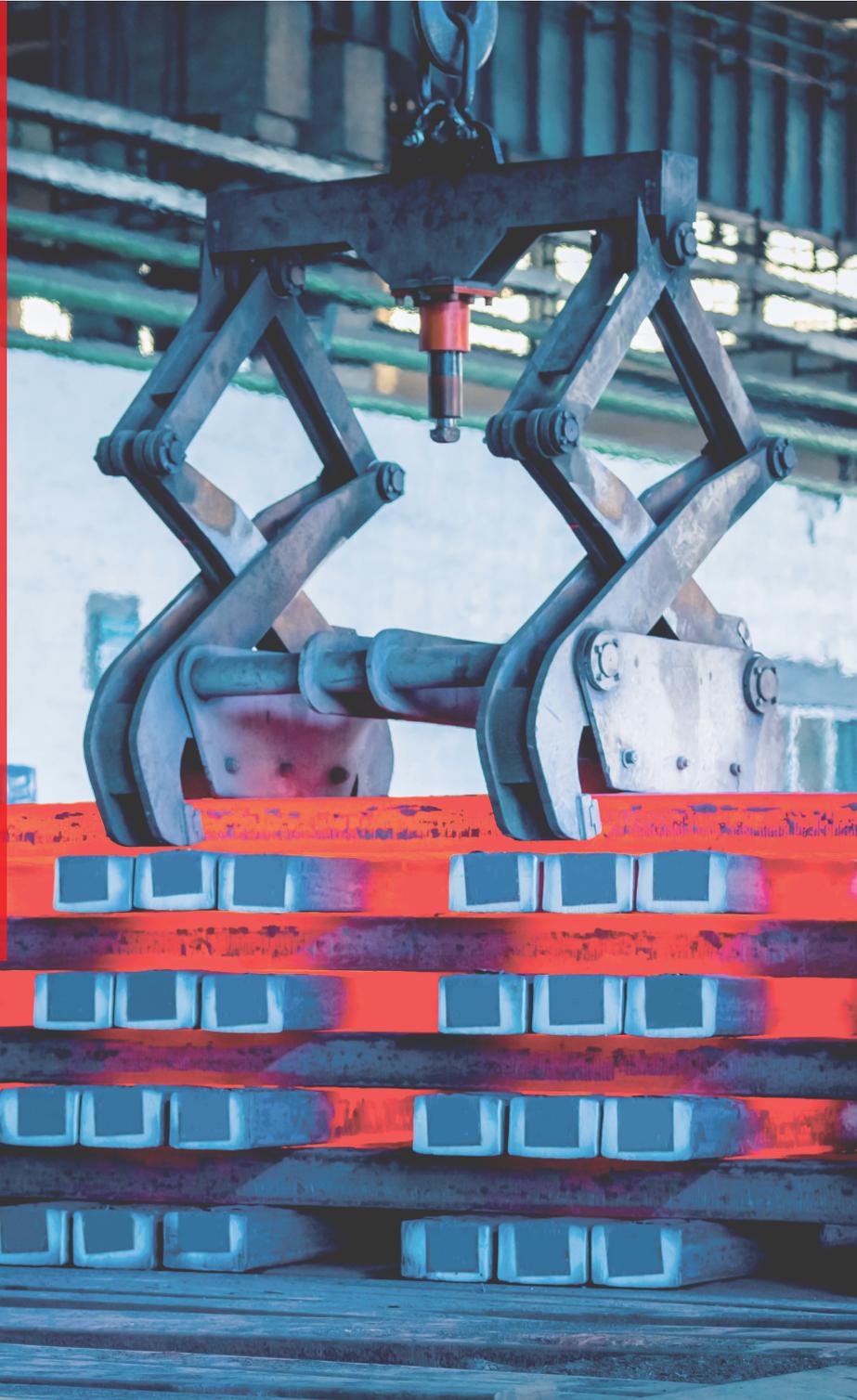
PRENDRE LE CHEMIN VERS L'INDUSTRIE DU FUTUR EST UN DÉFI AUTANT HUMAIN QUE TECHNIQUE.

### # LES SOLUTIONS DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

DE L'IA À LA CYBERSÉCURITÉ, LA LISTE DES BRIQUES 4.0 POUR AIDER LES INDUSTRIELS EST LONGUE.

### # L'HUMAIN AU CŒUR DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

LA PLACE DE L'HOMME N'EST PAS RÉDUITE DANS L'USINE DU FUTUR, MAIS SON RÔLE CHANGE.



Made by



**C**omprendre les implications de la révolution digitale, de cette quatrième révolution qui impacte toutes les entreprises de la petite à la multinationale, reste fondamental.

Global Industrie, en tant qu'événement de référence pour l'Industrie, n'a aucune légitimité pour proposer sa propre analyse du marché. A l'inverse, son rôle est d'agrèger les acteurs, que ce soit au travers d'espaces de présentations lors de ses salons, ou dans ses programmes de conférences. Dans le cas présent, ce sont les dizaines d'études produites, par autant de cabinets reconnus mondialement, que nous avons souhaité synthétiser.

**Une agrégation de travaux scindés en cinq grandes parties :**

- Un état des lieux qui, même avec des investissements qui stagnent, montre que l'Industrie du futur est devenue une réalité pour près d'un tiers des entreprises.

- La perception des acteurs qui sont encore nombreux à considérer cette révolution comme abstraite. Les cabinets de conseils estiment que le périmètre concurrentiel a changé et que les industriels doivent désormais regarder vers l'international.

- Industrie 4.0 : mode d'emploi. Prendre le chemin vers l'Industrie du futur est un défi autant humain que technique. Comment construire sa feuille de route vers l'usine du futur ? Comment réorganiser son entreprise ? Eléments de réponse.

- Les solutions de l'Industrie du futur, de la Blockchain à l'IA, qui ont fait une percée remarquable, montrent qu'une longue liste de briques 4.0 sont là pour aider les industriels.

- L'humain au cœur de l'industrie du futur. D'après les cabinets de conseil, la place de l'homme n'est pas réduite dans l'usine du futur, mais son rôle change.



## INTRODUCTION

# UNE INDUSTRIE FORTE

« L'hémorragie d'emplois industriels que la France connaissait depuis dix ans a enfin été stoppée », s'est félicité Bruno Le Maire, lors de l'inauguration du salon Global Industrie en mars dernier. « Pour la première fois depuis dix ans, la France recrée des emplois industriels. Et notre pays ouvre désormais plus de sites industriels qu'il n'en ferme. La reconquête industrielle est en marche », a poursuivi le ministre de l'Économie et des Finances.

Selon Bercy, **l'industrie** reste un « pilier de l'économie française », car **elle emploie plus de 3,1 millions de salariés (2018), représente 12,5 % du PIB (2017) et 67,9 % des exportations (2017)**. Quant aux **261 000 entreprises industrielles que compte l'Hexagone, elles**

**gènèrent plus de 1 062 milliards de chiffre d'affaires (2016)**, a mis en avant le ministre.

Comment cette « reconquête » se traduit-elle sur le terrain ? À l'occasion de la 9<sup>e</sup> édition de la semaine de l'industrie (18 au 24 mars 2019), l'entourage de Bruno Le Maire a évoqué plusieurs « indicateurs dans le vert ». Parmi eux, **la production industrielle a augmenté de 0,7 % en France en 2018** par rapport à 2017. **Les investissements des entreprises industrielles, stables en 2018, devraient croître de 10 % en 2019**, selon les dernières prévisions de l'Insee. Et l'industrie recrute. **L'année 2018** a ainsi été marquée par un **solde net positif de 14 746 postes créés**. « Dans l'industrie manufacturière, 20 secteurs sur 27 sont en progression en 2018 par rapport à 2017. Le progrès global de l'industrie est d'autant plus

L'industrie  
emploie plus de

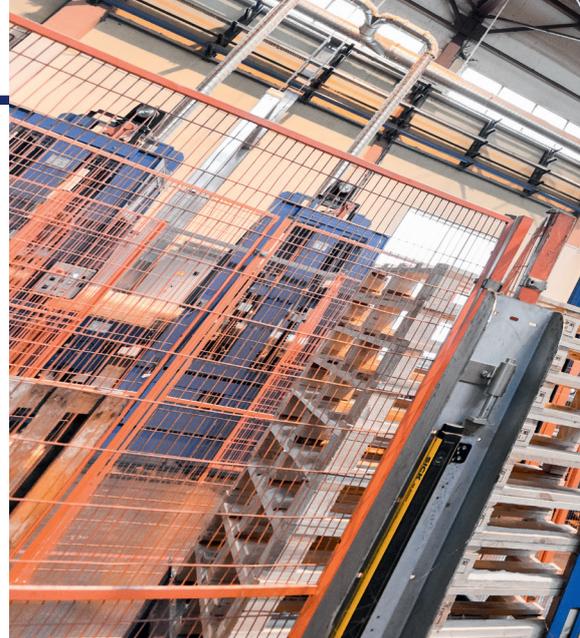
**3,1  
millions**  
de salariés (2018)

L'industrie,  
représente

**12,5 %**  
du PIB (2017)

L'industrie, c'est

**67,9 %**  
des exportations  
(2017).



Les  
**261.000**  
entreprises  
industrielles  
de l'Hexagone  
génèrent plus de  
1 062 milliards de  
chiffre d'affaires  
(2016)

En 2018, la production  
industrielle a  
augmenté de

**0,7 %**

Les investissements  
dans l'industrie,  
stables en 2018,  
devraient croître de

**10 %**  
en 2019.

*impressionnant qu'il est obtenu alors que les deux secteurs principaux, l'automobile et les industries alimentaires, sont en repli par rapport à 2017», a pour sa part précisé la société de veille et de recherche d'informations **Trendeo**.*

Seule ombre au tableau, **près de 50 000 emplois demeurent vacants**, a temporisé Bercy. « En 2018, sur 203 000 projets de recrutement annoncés, la moitié étaient considérés comme difficiles, en raison d'un manque de disponibilité des compétences recherchées, mais aussi du fait d'un déficit d'appétence pour les métiers de l'industrie », a précisé le ministère. Ce point est loin d'être anecdotique. Selon les entreprises représentées par l'**UIMM** (La Fabrique de l'Avenir), le recrutement annuel de 110 000 personnes serait nécessaire à leur bon développement.

Pour rendre l'industrie plus attractive, le secteur doit donc plus que jamais véhiculer une image de modernité, incarnée par l'industrie du futur. Il faut « faire rayonner l'industrie » en permettant « à nos concitoyens et notamment aux jeunes générations de la [re] découvrir de l'intérieur, loin des clichés et des idées reçues », a souligné le ministère. Des technologies ayant le vent en poupe auprès des jeunes générations, comme l'IA, l'IoT, ou même la blockchain, se développent aujourd'hui dans l'industrie. Il faut les mettre en avant. Et au-delà de la technologie, « l'industrie offre des perspectives de carrières intéressantes et durables avec des salaires en moyenne plus attractifs que dans d'autres secteurs », a insisté Bercy. Ainsi, **dans l'industrie, le salaire brut mensuel est de 3 361 euros contre 2 998 euros dans l'ensemble de l'économie**. Enfin, l'industrie répond à





des enjeux de transition énergétique, par exemple autour de projets d'optimisation de la consommation en énergie et en matières premières des usines. La filière industrielle des énergies renouvelables offre également un important potentiel d'attractivité. Près de 39 % des lycéens aimeraient y travailler, conclut une étude d'Arts et Métiers ParisTech, [« Les lycéens et l'industrie – vague 6 », parue en mars 2018].

Au vu de ces conditions prometteuses, « nous sommes sur la bonne

voie », a estimé Bruno Le Maire. Cette appréciation positive de la situation est-elle partagée par les grands cabinets de conseil internationaux ?

**Pour répondre à cette question, Global Industrie a agrégé et synthétisé plus d'une vingtaine d'études récentes portant sur l'industrie 4.0. Réalisées par des experts de PwC, Roland Berger, BCG, Deloitte, EY ou AT Kearney, elles confirment la place de la France au niveau international en tant que « nation industrielle ».** Mais elles pointent également des faiblesses structurelles, comme la faible adoption du digital par les PME. L'urgence de la digitalisation ne serait pas toujours perçue par les patrons de ces petites et moyennes entreprises, la majorité ne la considérant pas comme une priorité stratégique.

Pour appréhender le contexte de cette « reconquête » industrielle française, voici un tour d'horizon des principales conclusions de ces études. Elles sont regroupées en cinq volets :

- Etat des lieux
- Vision des dirigeants / employés
- Mode d'emploi
- Récapitulatif des solutions
- La place de l'humain dans l'industrie 4.0.

Nous vous en souhaitons une bonne lecture.

En 2018, solde net positif de

**14.746**  
postes créés

Près de

**50 000**  
emplois  
demeurent  
vacants.

Dans l'industrie,  
salaire brut  
mensuel de

**3.361€**  
contre 2.998 €  
dans l'ensemble  
de l'économie.



# INDUSTRIE 4.0 : L'ÉTAT DES LIEUX

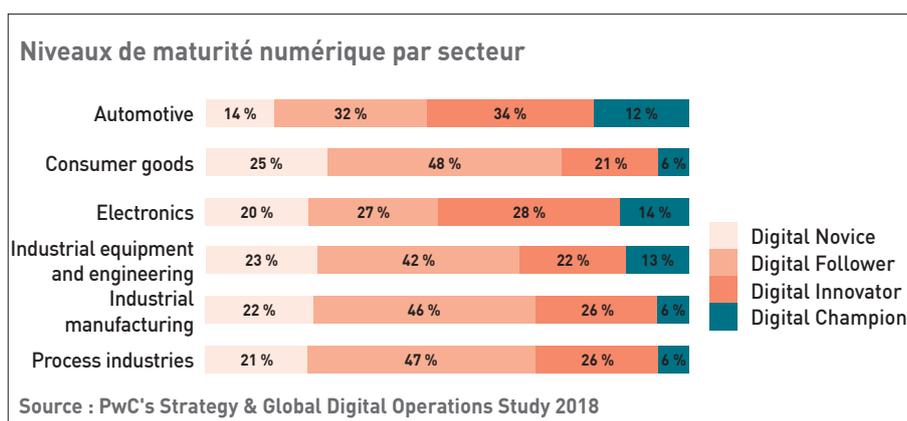
Développement de l'IA, accroissement de la robotisation, démocratisation de la maintenance prédictive... La digitalisation de l'industrie s'est accélérée en 2018, dans le monde comme en France. Même avec des investissements qui stagnent, l'Industrie du futur est devenue une réalité pour près d'un tiers des entreprises du secteur. L'écart se creuse cependant entre l'Asie, l'Amérique du Nord et l'Europe dans l'adoption des solutions 4.0. De son côté, la France continue de rattraper son retard, notamment avec l'Allemagne. Et l'attractivité de l'industrie française est au beau fixe. En 2018, l'industrie hexagonale s'est imposée comme la première destination européenne des investisseurs étrangers.

## 1<sup>E</sup> PARTIE : LA DIGITALISATION DE L'INDUSTRIE DANS LE MONDE ET EN FRANCE

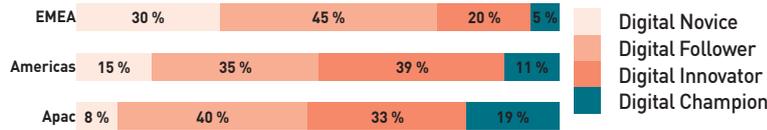
**40%**  
des entreprises  
mondiales ont  
pris le virage de  
la transformation  
digitale

La transformation numérique de la filière industrielle s'est poursuivie en 2018. Mais à un rythme toujours relativement lent, confirmant qu'il s'agit plus d'une « révolution tranquille » que d'une course-poursuite effrénée vers l'Usine du futur. Au niveau mondial, environ **40 % des entreprises** industrielles ont réellement **pris le virage de la transformation digitale**. Telle est la principale conclusion du dernier rapport de PwC (Global Industry 4.0. How to be

a Digital Champion - 2018), basé sur les témoignages de 1 155 cadres dirigeants recueillis dans 26 pays. A titre de comparaison, elles étaient environ 33 % en 2016. S'il y a certes une progression, deux tiers des entreprises industrielles ont « à peine ou pas encore » évolué vers l'Usine du futur. « Alors que l'industrie 4.0 transforme rapidement le secteur industriel, seul un petit groupe d'entreprises est en mesure de tirer de réels avantages concurrentiels de cette révolution.



Niveaux de maturité numérique par zones géographiques



Source : PwC's Strategy & Global Digital Operations Study 2018

En effet, seules 30 % des entreprises au niveau mondial ont déjà adopté les nouvelles technologies. Et **seules 10 % sont à la pointe de l'industrie 4.0**», peut-on lire dans l'étude.

Selon PwC, l'écart se creuse entre les entreprises qui ont entamé leur transformation numérique, et les autres. En 2018, le cabinet d'audit et de conseil note ainsi l'émergence de « Champions industriels du digital » qui représentent donc 10 % des acteurs de la filière. Qui sont ces entreprises à la pointe de l'Industrie 4.0 ? Elles proviennent principalement de deux secteurs, l'automobile et l'électronique. « Dans l'automobile, les opérations sont automatisées et connectées depuis des dizaines d'années, tandis que les fabricants

d'électronique figurent parmi les pionniers de la production externalisée, ce qui nécessite de connecter et de gérer des systèmes et des partenaires variés à travers une chaîne de valeur étendue ».

Géographiquement, ces champions du numérique sont principalement basés en Asie Pacifique. Cette région compte en effet 19 % d'entreprises en pointe sur la digitalisation. Elle est suivie par le continent américain (11 %), puis loin

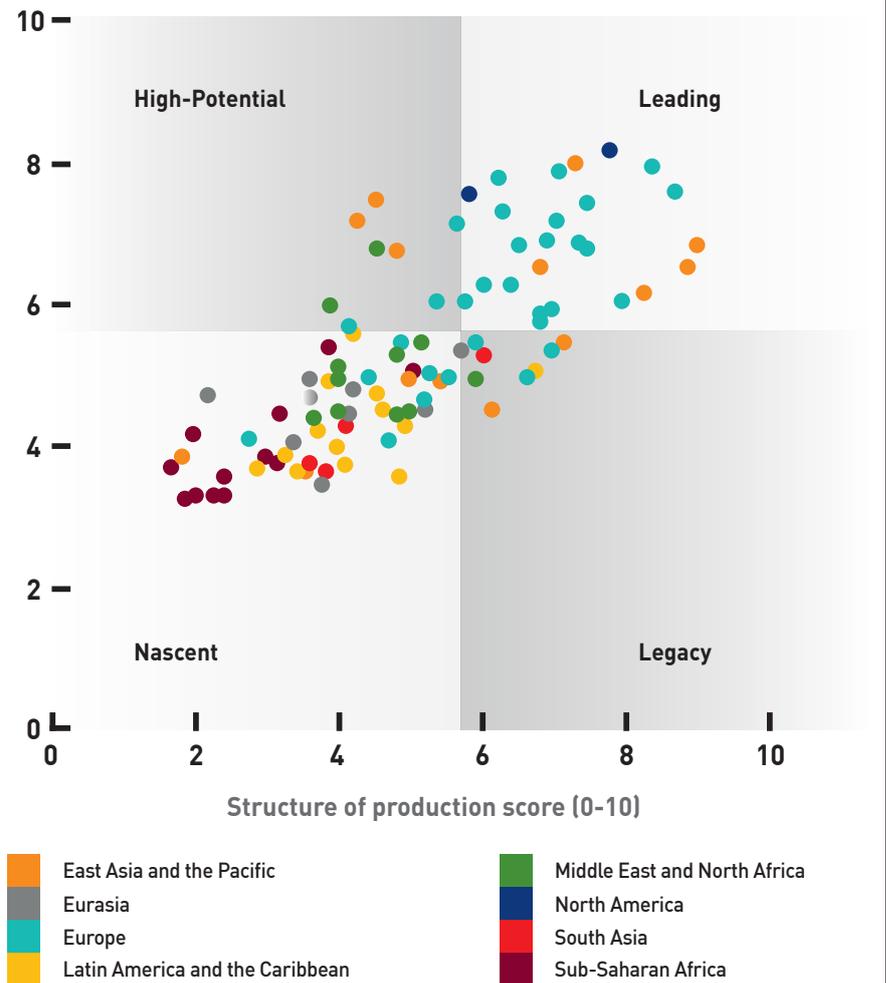
derrière, par l'Europe (5 %). Pour les experts PwC, l'écart devrait continuer de se creuser entre ces trois régions puisque **32 % des entreprises asiatiques prévoient de se doter de nouvelles technologies** stratégiques au cours des cinq prochaines années, contre 24 % aux États-Unis et 15 % en Europe.

« Les entreprises asiatiques dépassent de loin leurs homologues occidentaux en termes de mise en place de modèles opérationnels numériques. Elles semblent plus disposées à essayer de nouveaux modèles économiques et à développer des produits et services innovants. Les jeunes dirigeants d'entreprise férus de numérique ont largement incité les entreprises à digitaliser leurs principaux processus opérationnels, à un rythme

Seules  
**10 %**  
des entreprises  
mondiales sont  
à la pointe de  
l'industrie 4.0

**32 %**  
des entreprises  
asiatiques  
prévoient de se  
doter de nouvelles  
technologies

Drivers of production score (0-10)



Note : Average performance of the Top 75 countries at the intersection of the four quadrants.

Source : AT Kearney



Readiness Assessment Weighting Scheme

**DRIVERS OF PRODUCTION**    **WEIGHTS**

Technology & Innovation	20 %
Human Capital	20 %
Global Trade & Investment	20 %
Institutional Framework	20 %
Demand Environment	15 %
Sustainable Resources	5 %

**STRUCTURE OF PRODUCTION**    **WEIGHTS**

Complexity	60 %
Scale	40 %

Source : AT Kearney

beaucoup plus rapide qu'ailleurs dans le monde », commente Benoît Romac, Associé responsable de la plateforme Industrie 4.0 chez PwC.

La vision de PwC est cohérente avec celle d'AT Kearney qui a évalué en 2018 la capacité d'une centaine de pays à s'engager vers « la production du futur » (« Readiness for the future of production 2018 », publié par le World Economic Forum). Ce classement est basé sur deux critères. Le premier est « la structure de la production », qui mesure l'ampleur et la complexité de la production d'un pays. Le second critère correspond aux « drivers de la production ». Il s'agit des leviers permettant à un pays de tirer profit de l'Industrie 4.0 pour transformer les systèmes de production, notamment le niveau d'accompagnement des pouvoirs publics.

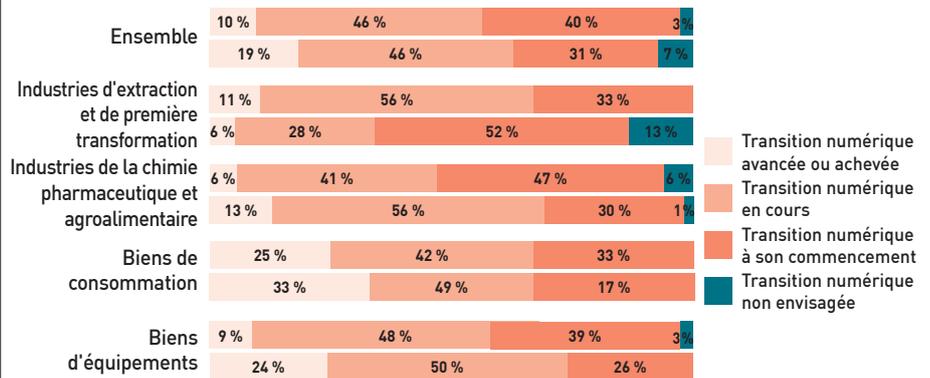
Selon ces critères, AT Kearney a identifié 25 pays « leaders » pour l'adoption des nouvelles technologies de production. Comme chez PwC, l'Asie est largement représentée dans

cette sélection, notamment le Japon et la Corée qui culminent en haut de classement selon le critère de structure de production. Les États-Unis sont, quant à eux, numéro un du classement des « drivers de production », juste devant Singapour. En Europe, c'est l'Allemagne qui affiche les meilleurs scores, en occupant le troisième rang de la structure de production et le sixième rang des drivers de production. Quant à la France, elle figure bien parmi les 25 pays leaders du classement d'AT Kearney, au 18<sup>e</sup> rang pour sa structure de production et au 14<sup>e</sup> pour ses leviers vers l'Industrie 4.0.

« Le secteur manufacturier français est le 8<sup>ème</sup> plus grand au monde. Il

représentait 280 milliards de dollars US en 2016. À l'instar d'autres pays développés, la contribution relative du secteur manufacturier français au PIB a diminué pour atteindre environ 10 % aujourd'hui, soit la moitié de sa contribution en 1970. La France obtient de bons résultats pour tous les drivers de production, en particulier au niveau des investissements. Le principal défi pour la France est de convertir cette situation favorable en un réel développement de sa structure de production. Avec le lancement d'initiatives comme « La Nouvelle France Industrielle », la France a suivi ses homologues européens en proposant une stratégie d'accélération de sa renaissance industrielle », résume AT Kearney.

**Niveaux de maturité numérique des industriels selon eux et selon les entreprises de la branche.**



Source : enquête KYU Lab industriels et branche - Cabinet KYU Lab

**PREMIER AVANTAGE DU NUMÉRIQUE : AUGMENTER LES REVENUS**

Selon les champions industriels du numérique, identifiés par PwC, le principal bénéfice de la digitalisation est tout simplement de dégager plus de revenus. Les perspectives financières des entreprises matures en matière de digital sont ainsi quasiment le double de celles dites « novices ». Les champions du digital anticipent une croissance de leur chiffre d'affaires de 17,2 % sur les cinq prochaines années, alors que les « novices » tablent plutôt sur 9,5 %. En France, les entreprises adoptant le digital prévoient des économies significatives de 15,4 %, grâce aux investissements dans le numérique, et une augmentation de leurs revenus de 10,3 %. Ceci « grâce à un changement dans la gamme de produits et la numérisation de leurs plates-formes de modèle d'affaires sur les 5 prochaines années », indique PwC.

Et ce n'est qu'un début ! Si 80 % des revenus actuels des entreprises industrielles proviennent encore de produits et de services traditionnels, d'ici 5 ans, 30 % de leur chiffre d'affaires proviendra totalement, ou pour partie, du digital. Pour les 10 % de champions du digital, la moitié de leurs revenus est déjà liée au numérique.

**LA FRANCE, « TOUJOURS »  
DANS LA MOYENNE MONDIALE**

Contrairement à certaines idées reçues, les entreprises industrielles françaises ne sont pas en retard en ce qui concerne la transition numérique. Elles sont « *proches de la moyenne mondiale dans la mise en œuvre des nouvelles technologies du digital* », estime PwC. Une situation qui évolue peu. Il y a deux ans, le Boston Consulting Group - BCG parvenait à la même conclusion dans son étude : « *Winning the Industry 4.0 race* » (décembre 2016). Réalisée auprès d'un échantillon de 1 500 entreprises aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Allemagne, en Chine et en France, cette enquête concluait déjà que les entreprises de l'Hexagone apparaissent « *globalement au même niveau que celles des autres pays* ».

Comme au niveau mondial, seul un industriel sur dix en France s'est réellement engagé vers l'Usine du futur. C'est ce qui ressort de l'enquête menée au premier trimestre 2018 par KYU Lab, pour le compte de l'OPIIEC, auprès de 300 industriels français. « **Seuls 10 % affirment que leur transformation numérique est avancée ou achevée** », peut-on lire dans l'étude. Ils sont 46 % à estimer que leur digitalisation est en cours, 40 % qu'elle est « *à son commencement* » et 3 % ne l'ont tout simplement pas envisagée.

Le niveau de maturité dans cette transition digitale est très variable selon les filières industrielles. Les entreprises françaises, considérant être dans une transition numérique avancée ou achevée, sont ainsi 5 fois plus nombreuses dans les secteurs des biens de consommation (automobile, électroménager, produits high-tech, etc.) que dans la chimie, la pharmacie ou l'agroalimentaire. « *Cette maturité plus importante dans la filière des biens de consommation s'explique notamment par le fait que leurs produits sont soumis à une forte concurrence internationale, avec une production globale. Ils ne peuvent donc prendre de retard face à leurs concurrents* », indique KYU Lab.

**DE MOINS EN MOINS D'ÉCART  
AVEC L'ALLEMAGNE**

Si la France reste globalement dans la moyenne mondiale, l'adoption de l'Industrie du futur a tout de même progressé depuis deux ans. Selon l'édition 2018 du « *baromètre de l'Industrie du futur* », établi par EY, le nombre d'entreprises françaises ayant une feuille de route « *Industrie du futur* » a bondi de 50 % par rapport à 2016. Plus précisément, un industriel sur deux a aujourd'hui formalisé, ou est en cours de formalisation, de sa feuille de route, contre un sur trois il y a deux ans.

Autre point notable, 40 % des industriels français ont déjà modifié leur organisation pour entamer leur digitalisation, soit deux fois plus qu'en 2016. Il s'agit de réorganisation comme casser les silos, réduire la verticalité pour favoriser l'horizontalité, développer la collaboration entre les équipes, mettre en œuvre un fonctionnement en mode projet, etc. La transformation digitale pré-suppose en effet une organisation de

**10 %**  
affirment que leur transformation numérique est avancée ou achevée

**LES DIRIGEANTS CONCRÉTISENT LEUR APPROCHE DE L'INDUSTRIE DU FUTUR**

<p><b>Quel niveau d'engagement ?</b></p>	<p><b>Quelle implication des comités de direction ?</b></p>
<p><b>80%</b> des entreprises industrielles interrogées se disent engagées dans la transformation de leur modèle d'entreprise.</p>	<p><b>1/2</b> 1 industriel sur 2 a formalisé ou est en cours de formalisation de sa feuille de route en 2017, contre 1 sur 3 en 2016.</p>
<p><b>Quel degré de mise en oeuvre ?</b></p>	<p><b>Quel impact sur les gains de productivité annuels ?</b></p>
<p><b>9/10</b> 9 industriels sur 10 ont un membre du comité de direction en charge du sujet, le directeur général dans 1 cas sur 10</p>	<p><b>x2</b> Les industriels prévoient de multiplier par deux leurs gains annuels de productivité. C'est en nette hausse par rapport à 2016, mais toujours en retrait par rapport aux projets pilotes démontrant des gains de productivité annuels pouvant aller jusqu'à tripler.</p>

LES ORGANISATIONS SE TRANSFORMENT. QUID DES COMPÉTENCES MANAGÉRIALES ?

Quel niveau de transformation de l'organisation ?

40%

des industriels interrogés ont déjà modifié leur organisation. C'est deux fois plus qu'en 2016. Dans 1 cas sur 2, cette transformation est accompagnée d'un plan de formation.

Quelles réflexions sur les futurs profils managériaux nécessaires ?

Moins de 1/4

Moins d'une entreprise industrielle sur 4 a déjà identifié les nouveaux profils du management de proximité / top management nécessaires à cette transformation.

Quel niveau d'intérêt pour l'amélioration de l'expérience client via de nouveaux services ?

1/3

1 industriel sur 3 a déjà identifié de nouveaux services digitaux susceptibles de créer de la valeur ajoutée et également d'améliorer son expérience client.

Quel niveau de mesure de la valeur ajoutée de ces nouveaux services ?

Entre 1 et 20%

Parmi ce tiers d'industriels ayant déjà identifié de nouveaux services susceptibles de créer de la valeur ajoutée, 37% l'ont quantifiée entre 1% et 20%.

D'ICI 2021, PLUS DE 15 000 PME FRANÇAISES VONT PRENDRE LE VIRAGE DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

Si les grands groupes français se sont globalement engagés vers l'Industrie du futur, les PME et les ETI sont beaucoup moins avancées. « Les grands groupes industriels français ont, pour nombre d'entre eux, pris conscience des enjeux liés à cette révolution. La plupart ont lancé de nombreuses initiatives sur un ou plusieurs sites, s'appuyant sur les possibilités d'expérimentation offertes par les technologies de l'Industrie du futur et l'usage intensif des données et de la modélisation », estime ainsi l'Institut Montaigne, dans un rapport publié en septembre 2018 (« Industrie du futur, prêts, partez ! »). A contrario, « le déploiement de l'Industrie du futur est ainsi globalement plus lent pour les PME et ETI. Ces entreprises n'ont pas les mêmes moyens d'investissement ni le même capital humain que les grands groupes industriels pour développer l'utilisation des nouvelles technologies », poursuit l'Institut. Et de rappeler une enquête de septembre 2017, menée par Bpifrance auprès de 1 800 dirigeants de PME et ETI. Elle conclut que **87 %** d'entre eux **estiment que la transformation numérique n'est pas une priorité stratégique**. Et ils sont même 47 % à considérer que l'impact du digital sur leur activité ne sera pas majeur

l'entreprise facilitant les échanges d'informations entre les équipes. Ceci afin d'exploiter tout le potentiel des outils numériques, qui requièrent d'être utilisés et aussi alimentés en données par un maximum de départements de l'entreprise (lire notre partie « L'humain au cœur de l'Industrie 4.0 »).

fait partie de leurs préoccupations actuelles. « Cette proportion est comparable à celle de l'Allemagne où 79 % des dirigeants allemands considèrent l'Industrie du futur comme un concept stratégiquement important pour leur business », indique EY.

Cette évolution dans l'adoption de l'Industrie 4.0 permet à la France de rattraper son retard par rapport à l'Allemagne. « Si le développement se poursuit, **80 % des entreprises françaises devraient s'être dotées d'une « feuille de route Industrie du futur » d'ici 2 ans**, soit le même niveau constaté outre-Rhin », souligne EY.

Selon une autre étude réalisée entre 2016 et 2017 par OpinionWay pour EY (« Croire en l'Industrie du futur et au futur de l'industrie »), 78 % des dirigeants industriels français confirment que l'Industrie du futur

UN DIFFICILE PASSAGE À L'ACTION

Même pour les dirigeants qui ont une vision de leur transformation

45 %

des dirigeants n'ont pas de vision de la transformation digitale de leur entreprise.

Parmi les dirigeants qui en ont une, 63 %

n'ont pas de feuille de route claire de leur transformation

73 %

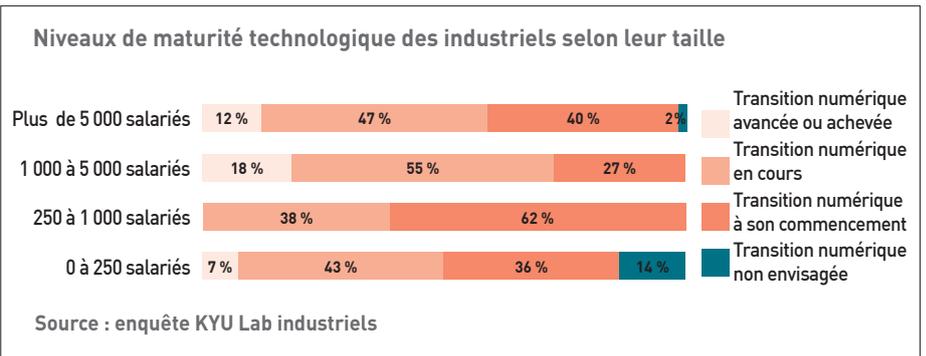
des dirigeants sont très peu avancés dans leur digitalisation.

Source : Bpifrance Le Lab, Enquête " Histoire d'imcompréhension", février-avril 2017.

à cinq ans. « *Tout l'enjeu en France se situe aujourd'hui au niveau des PME et ETI* », indique ainsi **Bpifrance** (Enquête : « *Histoire d'une incompréhension - Les dirigeants de PME et ETI face au digital* », septembre 2017 - **Bpifrance**).

Une observation partagée par l'étude de KYU Lab pour l'OPPIEC. Sur les 300 industriels français interrogés en 2018, plus de 60 % des entreprises de plus de 1 000 salariés affirment que leur transformation numérique est en cours ou avancée, contre moins de 40 % pour celles de moins de 1 000 salariés. Et, sans surprise, les entreprises de moins de 250 salariés sont les plus nombreuses (14 %) à déclarer ne pas envisager de transition numérique à court terme.

La situation pourrait cependant évoluer, notamment grâce aux différentes opérations de soutien menées par les régions, l'Etat et l'**AIF (Alliance Industrie du Futur)**. Selon l'**Insee**, la France compte ainsi 235 100 entreprises ayant pour activité principale l'industrie manufacturière (2016). Sur ce total, environ 30 000 PME



devraient progressivement passer à l'Industrie du futur. Les différentes actions lancées en France dans le cadre de la dynamique « *Industrie du futur* » ont déjà permis d'accompagner un peu plus de 5 300 entreprises. D'ici 2022, 10 000 PME supplémentaires devraient bénéficier d'un accompagnement intégrant un soutien financier des régions et l'Etat, à hauteur de 160 millions d'euros. L'**AIF** sera toujours l'acteur opérant du dispositif. « *Près de la moitié des PME devrait ainsi pouvoir prendre le chemin de la transformation vers l'Industrie du futur* », estime ainsi Pierre-Marie Gaillet (Cetim), pilote du groupe de travail « *Déploiement dans les territoires* » à l'**AIF**.

En septembre 2018, le gouvernement a également annoncé un coup de pouce fiscal pour les PME industrielles allant vers le digital. Ce dispositif de « *suramortissement* » permet de déduire du résultat imposable jusqu'à 40 % du prix de revient d'un bien d'équipement nouvellement acquis. Ainsi, pour un investissement de 100 000 euros, l'économie d'impôt sera d'environ 11 200 € (pour un taux normal d'impôt sur les sociétés sur les cinq prochaines années à 28 %). Ce dispositif couvre les investissements en robotique, fabrication additive, outils numériques de conception et de gestion de la production, capteurs connectés, réalité virtuelle ou augmentée, ainsi que les machines de production à commande programmable ou numérique.

## 2<sup>E</sup> PARTIE : LES INVESTISSEMENTS INDUSTRIELS PROFITENT À L'INDUSTRIE 4.0

S'engager vers l'Industrie du futur nécessite des investissements relativement conséquents. Il s'agit même souvent du premier frein à l'action, notamment chez les PME. Même en Allemagne, les industriels pointent des problématiques budgétaires. Selon une étude d'**EY** (« *Industrie 4.0 : Statu Quo et Perspectives en Allemagne* », 2016), **66 % des entreprises industrielles allemandes déplorent** ainsi **des investissements trop élevés pour aller vers l'Industrie 4.0**.

Finalement, c'est bien le niveau d'investissements des entreprises industrielles qui reflète le mieux leur capacité à prendre le virage de l'Industrie 4.0. Où en est ce niveau dans le monde en 2018 ? Selon le « *Baromètre mondial de l'investissement industriel* »,

réalisé par **Trendeo, Fives, EDF et l'Institut de la réindustrialisation**, 3 123 projets ont été annoncés ou réalisés l'année dernière pour un total de 840 milliards de dollars. Il s'agit ici de données provisoires, qui nous ont été communiquées à la fin janvier 2019. Sachant que d'autres projets 2018 sont en cours d'annonce, ces chiffres devraient être prochainement revus à la hausse.

À titre de comparaison, 3 412 projets ont été recensés en 2017 pour un total de 1 026 milliards de dollars d'investissements. En 2016, le même baromètre identifiait 3 623 projets pour 1 257 milliards d'investissements. Les chiffres font donc état d'un léger recul depuis deux ans. « *Ces projets se réalisent sur plusieurs années, la variation annuelle*

**66 %**  
des entreprises  
industrielles  
allemandes  
déplorent des  
investissements  
trop élevés  
pour aller vers  
l'Industrie 4.0.

Dans le monde  
en 2017,  
**41,6 %**  
des projets  
incluaient une  
dimension « *Usine  
du futur* »

est à relativiser et ne permet pas d'établir des tendances fortes sur un aussi court laps de temps », précise cependant **Trendeo**, qui établit ce baromètre sur la base d'articles de presse internationaux annonçant des projets industriels. Il est donc plus prudent d'évoquer un « *maintien* » de l'investissement industriel dans le monde sur les trois dernières années, estime **Trendeo**.

### PLUS DE 40 % DES PROJETS INTÈGRENT UNE DIMENSION « USINE DU FUTUR »

En 2017, 41,6 % des projets incluaient une dimension « *Usine du futur* », note **Trendeo**. Une proportion proche de 2016 (40,1 %) et qui devrait également se confirmer en 2018. **Trendeo** utilise six critères pour évaluer qu'un projet entre dans la mouvance de l'Usine du futur : la numérisation, la flexibilité de l'outil, les efforts environnementaux, l'efficacité énergétique, les efforts territoriaux et les efforts sociaux. La numérisation reste, sans surprise, le critère le plus récurrent avec 17,1 % des investissements dédiés au numérique. La flexibilité de l'outil de production se retrouve dans près de 15 % des projets, contre 13,7 % pour les efforts environnementaux et moins de 10 % pour chacun des autres critères. Notons que les efforts sociaux sont les moins souvent pris en compte, avec une représentation dans seulement 6 % des projets.

Part des projets ayant reçu une note de 1 ou 2 pour chacun des critères usine du futur.

	2016	2017
Numérisation	17,5 %	17,1 %
Flexibilité de l'outil	16,6 %	14,9 %
Efforts territoriaux	12 %	13,7 %
Efficacité énergétique	8,3 %	9,6 %
Efforts territoriaux	10 %	8,3 %
Efforts sociaux	5 %	6,2 %
<b>Part des projets avec au moins une note</b>	<b>40,1 %</b>	<b>41,6 %</b>

Source : Trendo

D'un point de vue géographique, 921 projets ont été recensés en Amérique du Nord, 816 en Asie du Sud, 311 en Asie de l'Est, 159 en Europe de l'Est et 62 dans le reste du Vieux Continent.

Côté activités, la fabrication de biens et d'équipements arrive en tête avec 53,1 % des investissements mondiaux, suivie par la « *production et/ou la distribution d'énergie* » (25,6 %), les activités extractives (13,2 %), la logistique (4,9 %) ou la R&D (1,3 %).

Enfin, les secteurs industriels qui investissent le plus sont l'énergie (24,6 % des investissements), l'électronique (15,4 %), la chimie (15,3 %), l'automobile (4,8 %) et la métallurgie de base (4,7 %).

### CINQ PROJETS EMBLÉMATIQUES DE L'ANNÉE 2018

Parmi les principaux projets 4.0 de l'année 2018, **Trendeo** nous a communiqué son « *Top 5* ». Il ne s'agit pas

Origine et destination des investissements industriels, en millions de dollars US

		DESTINATION					Total	Solde
		Afrique	Amériques	Asie	Europe	Océanie		
ORIGINE	Afrique	39 214	11 265			36	50 515	-45 297
	Amériques	2 558	149 639	18 585	6 844	2 241	179 867	-65 125
	Asie	16 582	51 686	510 207	7 456	4 165	590 096	39 541
	Europe	37 458	32 402	21 610	102 994	2 668	197 132	79 785
	Océanie			153	53	8 771	8 977	-8 904
	Total		95 812	244 992	550 555	117 347	17 881	1 026 587

Lecture : 21 610 millions de dollars d'investissements en Asie proviennent d'Europe. Il y a 8 904 millions de dollars de plus investis en Océanie que d'investissements par l'Océanie (8 977-17 881).

Source : Trendo

Origine des investissements industriels, répartition en %

		DESTINATION					Total
		Afrique	Amériques	Asie	Europe	Océanie	
ORIGINE	Afrique	41 %	4,6 %	0 %	0 %	0,2 %	4,9 %
	Amériques	2,7 %	61 %	3,4 %	5,6 %	12,6 %	17,5 %
	Asie	17,3 %	21,1 %	93 %	6,4 %	23,3 %	57,5 %
	Europe	39,2 %	13,3 %	3,9 %	88 %	14,9 %	19,2 %
	Océanie	0 %	0 %	0 %	0 %	49 %	0,9 %
	Total		100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Lecture : 57,5 % des investissements industriels dans le monde viennent d'Asie ; 3,4 % des investissements en Asie viennent des Amériques.

Source : Trendo

Investissements industriels en 2017 répartis par type d'activité du site, par nombre de projets, par montant investi et par nombre d'emplois. Pour le premier continent, le pourcentage porte sur les montants investis globalement pour l'activité concernée.

ACTIVITÉ	PROJET	%	MILLIONS DE DOLLARS	%	EMPLOIS	%	PREMIER CONTINENT	
Activité de fabrication	2 102	61,6 %	544 824	53,1 %	439 899	73,4 %	Asie	66 %
Production et/ou distribution d'énergie	499	14,6 %	263 266	25,6 %	3 623	0,6 %	Asie	42 %
Activités extractives	122	3,6 %	135 171	13,2 %	19 021	3,2 %	Afrique	36 %
Logistique	302	8,9 %	50 056	4,9 %	80 212	13,4 %	Asie	61 %
R&D	1506	4,6 %	13 023	1,3 %	48 957	8,2 %	Asie	47 %
Data center	75	2,2 %	12 790	1,2 %	5 008	0,8 %	Amériques	82 %
Station de traitement de l'eau	85	2,5 %	4 366	0,4 %	3	0 %	Amériques	48 %
Unité de traitement des déchets	54	1,6 %	1 916	0,2 %	807	0,1 %	Asie	46 %
Agriculture, sylviculture et pêche	17	0,5 %	1 175	0,1 %	1 393	0,2 %	Océanie	57 %
<b>Total</b>	<b>3 412</b>	<b>100 %</b>	<b>1 026 587</b>	<b>100 %</b>	<b>598 923</b>	<b>100 %</b>		

Source : Trendo

d'un palmarès, mais d'une sélection de projets notables. Le score « *Usine du futur* » établi par Trendeo est basé sur six critères définis par « *l'Observatoire Fives des usines du futur* » et EDF : Flexibilité, Numérisation, Efficacité énergétique, Efforts sociaux, Efforts territoriaux et Efforts environnementaux. Chaque critère est noté sur deux, ce qui donne un score « *Usine du futur* » global allant de 0 à 12.

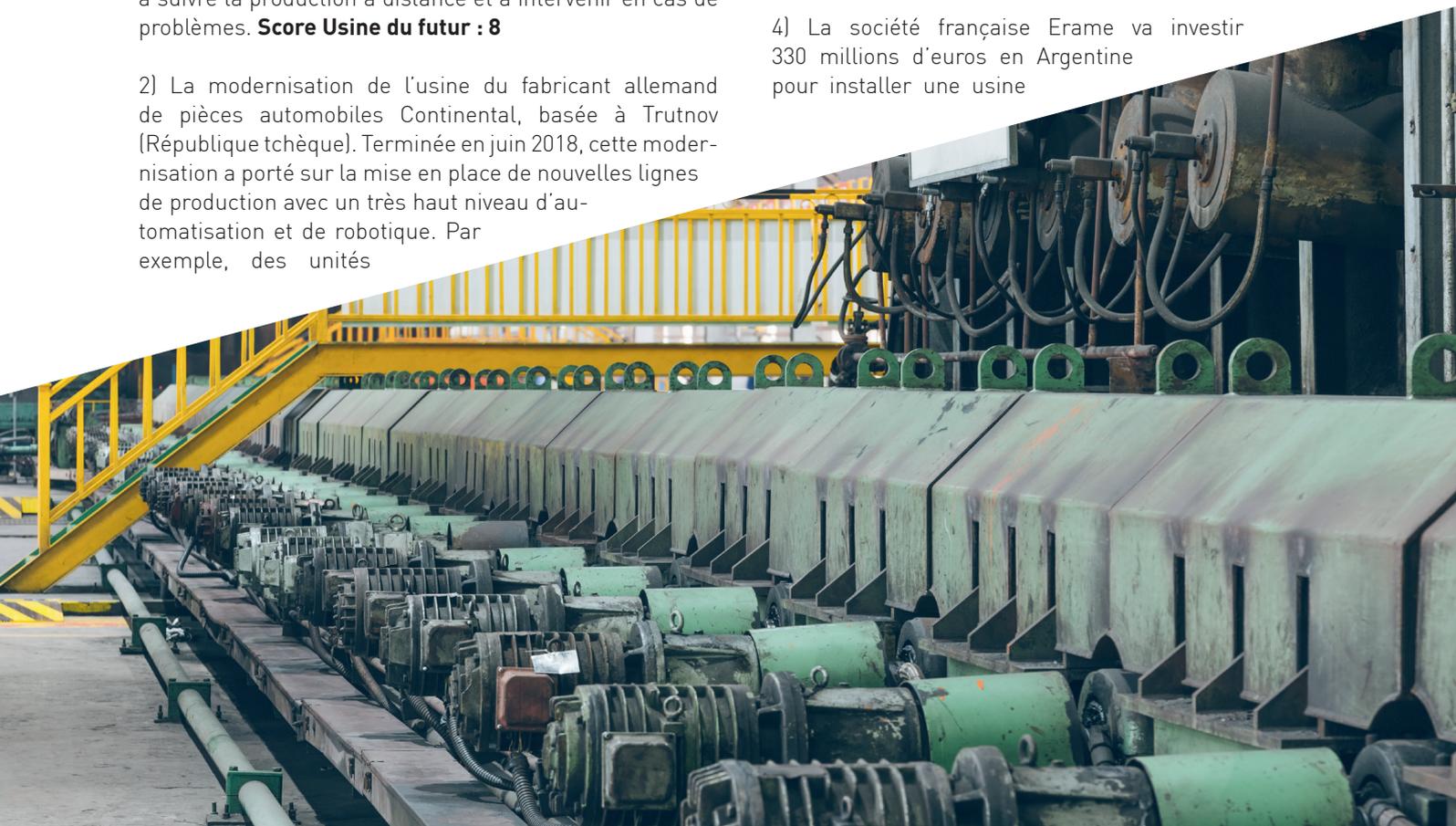
1) Le pneumatique nippon-turc Brisa a investi 248 millions de dollars dans une nouvelle usine de production près d'Aksaray (Turquie), créant ainsi 700 emplois. Inaugurée en décembre 2018, cette « *usine intelligente* » intègre notamment des systèmes de suivi de la production grâce à un jumeau numérique de l'usine. Avec ce double digital du site, l'entreprise a créé une cyber plate-forme qui l'aide à suivre la production à distance et à intervenir en cas de problèmes. **Score Usine du futur : 8**

2) La modernisation de l'usine du fabricant allemand de pièces automobiles Continental, basée à Trutnov (République tchèque). Terminée en juin 2018, cette modernisation a porté sur la mise en place de nouvelles lignes de production avec un très haut niveau d'automatisation et de robotique. Par exemple, des unités

intelligentes de flux de matériaux surveillent et contrôlent le mouvement des véhicules logistiques. Continental a également mis en place une solution de maintenance prédictive. Ce projet a créé 200 emplois. Son budget n'a pas été communiqué. **Score Usine du futur : 10**

3) L'américain Columbia Pulp a déployé au printemps 2018 une nouvelle unité de récupération de pâte à papier à partir de pailles. Concrètement, l'unité extrait la cellulose de la paille de blé et de luzerne pour la fabrication du papier. Selon l'entreprise, les propriétés de cette pâte sont similaires à celle fabriquée traditionnellement à partir de feuillets. Ce nouveau procédé de fabrication utilise largement le numérique, pour suivre en temps réel la production de la pâte et contrôler la qualité du produit. Cette installation a coûté 184 millions de dollars. **Score Usine du futur : 8**

4) La société française Erame va investir 330 millions d'euros en Argentine pour installer une usine



Pour 2019,  
les industriels  
prévoient une  
nette hausse de

**10 %**  
des  
investissements

de carbonate de lithium. Rappelons que le premier usage du lithium est le stockage de l'énergie. En partenariat avec l'Institut Français du Pétrole et des Energies Nouvelles (IFP Energies Nouvelles), Eramet a développé un procédé d'extraction directe du lithium « *innovant, compétitif et plus respectueux de l'environnement que le procédé utilisé habituellement* », indique l'entreprise.

Cette usine, qui doit être opérationnelle en 2020, sera aux derniers standards de l'Industrie 4.0, précise-t-on chez Eramet. Parmi les solutions évoquées : le jumeau numérique de l'usine, la maintenance prédictive, la téléassistance pour les techniciens, l'analyse de la donnée en temps réel grâce aux outils Big Data et à l'IA, la traçabilité et le contrôle qualité du produit grâce à des solutions digitales ainsi que la continuité numérique de la chaîne d'approvisionnement. Le site devrait être piloté localement via un centre d'opérations totalement numérisé, gérant l'extraction mais aussi la supply chain. Un pilotage à distance

est également envisagé, depuis Paris ou Buenos Aires, car le site est relativement isolé et situé à plus de 4 000 mètres d'altitude. **Score Usine du futur : 8**

5) La société américaine International Flavors & Fragrances va investir 77 millions de dollars dans une nouvelle usine de fabrication d'arômes et de parfums à Sri City (Inde). En 2019, ce site sera la plus grande usine de fabrication d'arômes et de parfums en Inde. Piloté en temps réel par diverses solutions numériques, il doit être une référence en matière d'économie d'énergie. Il s'agit notamment d'optimiser l'utilisation de l'eau. Par ailleurs, l'usine exploitera au maximum la lumière naturelle du jour grâce à un système intelligent d'éclairage LED. Ce dernier s'adapte automatiquement à l'intensité lumineuse en provenance de l'extérieur. **Score Usine du futur : 8**

### INVESTISSEMENTS FRANÇAIS : +10 % EN 2019

Après deux années d'augmentation des investissements industriels, 2018 devrait être marquée par un léger tassement. C'est ce qui ressort des dernières enquêtes trimestrielles de l'Insee (« *Enquête sur les investissements dans l'industrie – Janvier 2019* »). En 2016 comme en 2017, ces investissements avaient

connu une hausse de 5 %. Mais en 2018, les chefs d'entreprise de l'industrie manufacturière anticipent une stagnation, en valeur, par rapport à 2017.

**Pour 2019, les industriels prévoient cependant une nette hausse de 10 % des investissements.** « *En 2019, l'investissement accélérerait vivement dans les secteurs des biens d'équipement et des autres industries, et rebondirait vigoureusement dans l'industrie alimentaire et la fabrication de matériels de transport* », précise l'Insee.

Petit bémol, la prévision d'investissement des industriels pour 2019 pourrait être révisée au cours des prochains trimestres. En moyenne depuis 2003, la prévision que les entreprises émettent en janvier est supérieure de 3 points à la réalisation constatée in fine, en juillet de l'année suivante.

Les conditions sont en effet réunies pour une reprise des investissements en 2019. Tout d'abord, la France a retrouvé un solde positif dans la création d'usines. Selon **Trendeo**, en 2017, il y a eu ainsi, 26 usines créées de plus que d'usines fermées. Et pour 2018, le solde était toujours positif à la mi-décembre, avec 15 usines nouvelles (119 ouvertures pour 104 fermetures).

#### Evolution annuelle de l'investissement en valeur dans l'industrie manufacturière par grand secteur

	2018		2019	
	Prévu oct.18	Estimé jan.19	Prévu oct. 18	Estimé jan.19
<b>Industrie manufacturière</b>	-1	0	4	17,1 %
<b>(C1) Industrie agro-alimentaire</b>	-6	-3	3	6
<b>(C3) Fabrication de biens d'équipement</b>	6	5	3	11
<b>(C4) Fabrication de matériels de transport</b>	-8	-5	3	11
<b>[CL1] dont automobiles</b>	-10	-1	8	18
<b>(C5) Autres industries</b>	2	2	4	10
<b>Sous-total secteurs C3, C4 et C5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>11</b>

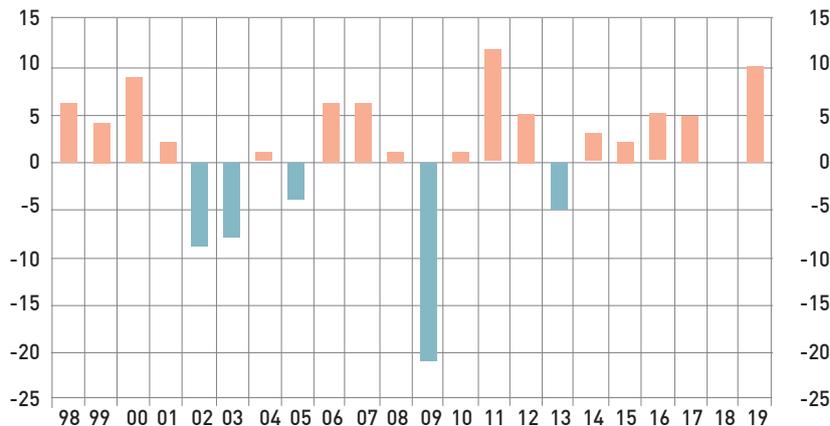
Lecture du tableau : interrogés lors de l'enquête de janvier 2019, les chefs d'entreprise de l'industrie manufacturière annoncent une stabilité de leur investissement en 2018 par rapport à 2017 et prévoient une hausse de 10 % en 2019 par rapport à 2018.

\*NA : nomenclature agrégée, fondée sur le NAF rév.2.

Source : Insee, enquête sur les investissements dans l'industrie.

## Evolution annuelle de l'investissement en valeur dans l'industrie manufacturière

EN %



Note : pour 1998 à 2017, l'évolution résulte de la dernière réalisation constatée ; pour 2018 et 2019, l'évolution intègre une prévision.

Source : Insee, enquête sur les investissements dans l'industrie.

Autre indicateur dans le vert, l'industrie française crée aujourd'hui plus d'emplois qu'elle n'en supprime, pour la première fois depuis le début des années 2000. Le virage s'est effectué en 2017 et se renforce en 2018, avec un solde net positif de 14 746 postes créés l'année dernière. « Dans l'industrie manufacturière, 20 secteurs sur 27 sont en progression en 2018 par rapport à 2017. Le progrès global de l'industrie est d'autant plus impressionnant qu'il est obtenu alors que les deux secteurs principaux, l'automobile et les industries alimentaires, sont en repli par rapport à 2017 », note Trendeo. Dans le détail, l'industrie automobile a créé 2 297 postes de moins en 2018 qu'en 2017, et les industries alimentaires affichent un repli de 1 209 offres. En revanche, le secteur des équipements électriques se démarque avec +1 508 postes entre 2017 et 2018. Dans les secteurs qui perdent encore des emplois, on trouve notamment l'aéronautique, marquée par les suppressions de postes annoncées en mars chez Airbus.

Autre point positif : le taux de marge dans l'industrie française est désormais revenu au niveau d'avant la crise. En 2017, le taux de marge du secteur industriel manufacturier était ainsi d'environ 38 % contre moins de 30 % à la fin 2008, et environ 35 % en 2007 (« Tableau de bord de l'Industrie », France Industrie, janvier 2019). Les chiffres de 2018 ne sont pas encore connus, mais ils devraient confirmer cette tendance.

Enfin, les coûts salariaux en France sont désormais en phase avec le reste de la zone euro, et positionnent même l'Hexagone devant l'Allemagne. Ceci notamment grâce au Crédit d'impôt pour la compétitivité et l'emploi (CICE), supprimé au 1er janvier 2019 et remplacé par un allègement des cotisations sociales pour les employeurs. **Au troisième trimestre 2018, le niveau de coût de l'heure de travail de l'industrie manufacturière était ainsi de 39,6 euros en France, contre 41,3 en Allemagne.**

Au troisième trimestre 2018, le niveau de coût de l'heure de travail de l'industrie manufacturière était ainsi de

**39,6€**

en France,

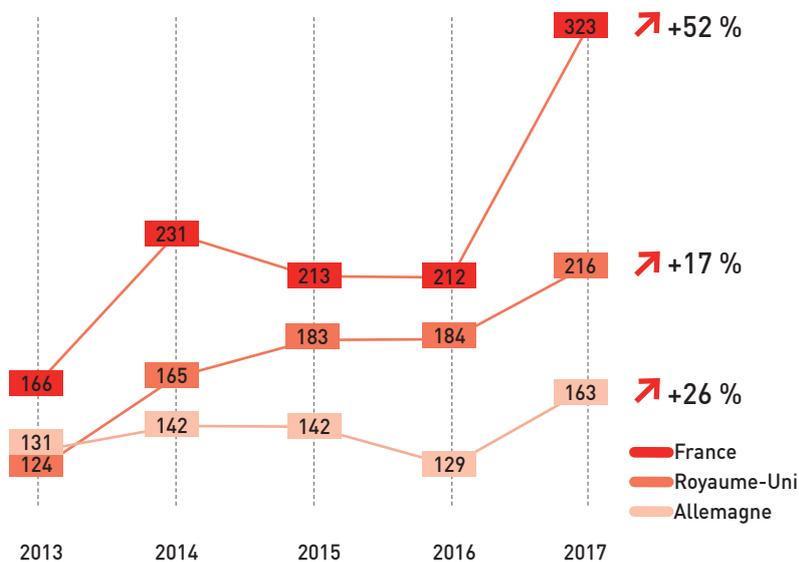
contre

**41,3€**

en Allemagne.



Evolution 2013-2017 des investissements industriels en France, en Allemagne et au Royaume-Uni (nombre de projets)



Source : baromètre EY de l'attractivité de la France 2018 (données IBM 2017)

### L'INDUSTRIE FRANÇAISE, 1<sup>È</sup> DESTINATION EUROPÉENNE DES INVESTISSEURS ÉTRANGERS

Ces conditions favorables sont perçues par les investisseurs étrangers qui accordent plus que jamais leur confiance à l'industrie française. Selon le dernier baromètre de l'attractivité industrielle de la France, réalisé par EY en novembre 2018, l'Hexagone est même la première destination européenne des investisseurs étrangers. Plus précisément, 323 projets industriels français intègrent des investissements étrangers, contre 216 au Royaume-Uni et 163 en Allemagne.

Par rapport aux autres secteurs, l'industrie capte le tiers des projets d'investissements étrangers en France.

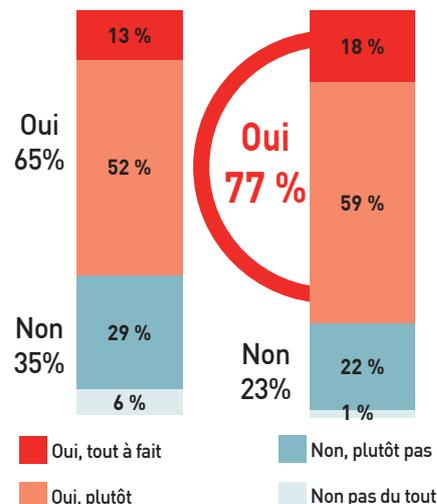
À titre de comparaison, ce ratio ne

s'élève qu'à 20 % au Royaume-Uni comme en Allemagne. Enfin, 77 % des décideurs internationaux estiment avoir « confiance en l'avenir de l'industrie en France », indique EY.

Ces investissements sont cependant surtout concentrés vers les grands groupes. « La France a su développer de grands champions, mais nos PME et nos ETI industrielles doivent développer leur rayonnement mondial », note EY. Et ces investissements servent surtout à financer des activités de R & D et d'innovation, plus des déploiements de solutions 4.0 dans les usines. C'est ainsi « la capacité d'innovation et de recherche » de la France qui est citée comme l'atout majeur de l'attractivité pour 38 % des dirigeants étrangers. Et la nature des projets en témoigne, avec 78 nouveaux centres de R & D en 2017 (+53 % contre +31 % au Royaume-Uni

et +23 % en Allemagne). « La France s'affirme comme un pays compétitif en matière d'innovation. Elle attire notamment l'attention en affichant ses ambitions de leader européen sur des sujets d'avenir comme l'intelligence artificielle (IA). Le début de l'année 2017 a en effet été marqué par les annonces de plusieurs grands groupes. Tour à tour, Facebook, Microsoft, Google, Fujitsu ou encore Samsung ont décidé d'ouvrir en France des laboratoires de recherche spécialisés dans ce domaine », précise EY. Tout l'enjeu sera donc de transformer ces travaux de R&D réalisés dans l'Hexagone en technologies intégrant, de manière opérationnelle, les usines françaises. « Bien sûr, il faut inciter à l'innovation, pour qu'elle devienne une priorité pour les entreprises », mais il faut aussi « soutenir la robotisation et miser sur l'Industrie du futur », insiste EY.

Avez-vous confiance en l'avenir de l'industrie en France ?



Source : baromètre EY de l'attractivité de la France (2018), enquête janvier 2018, 144 répondants, entreprises implantées en France uniquement.

Malgré ces quelques bémols, l'amélioration de l'attractivité de la France en 2018 est extrêmement positive pour son industrie, estime le cabinet d'audit et de conseil. « Certes, la France n'a plus la position dominante qu'elle eut naguère sur l'industrie. (...) Mais la flamme n'est pas éteinte, loin de là. Comme en témoigne, avec force, le pouvoir d'attraction de notre industrie auprès des dirigeants étrangers.



## L'INDUSTRIE DU FUTUR SE JOUE DANS LES TERRITOIRES

Si le cap est donné par des programmes nationaux, le développement français de l'Industrie du futur est essentiellement local. Selon EY, « *la France est riche de ses territoires. Loin des drames industriels dans des zones en souffrance qui rythment parfois l'actualité, le baromètre attractivité EY 2018 indique que 65 % des investissements se réalisent dans des villes moyennes, territoires ruraux ou péri-urbains* ».

La digitalisation des usines se joue donc dans les territoires, avec comme principales actrices les régions. Elles possèdent en effet toutes un plan pour accompagner l'Industrie du futur. Une approche locale accentuée depuis 2015 par la loi NOTRe, qui a confié aux régions le premier rôle en matière de développement économique.

« *Pour un territoire qui ne s'engage pas sur cette voie, il y a un réel risque de décrochage économique d'ici cinq ans, avec des retombées négatives en matière d'emploi et d'attractivité* », nous confiait récemment Fanny Letier, directrice exécutive fonds propres PME et accompagnement chez Bpifrance (lire Smart Industrie N°16). Un avis partagé par Olivier Lluansi, ancien associé chez EY Consulting et désormais délégué aux Territoires d'industrie pour le gouvernement. « *Les territoires qui ne mettront pas leur économie à l'heure du 4.0 seront déclassés, mais aussi, ceux qui ne feront que des gains de productivité se retrouveront sans contrepartie aucune en termes d'emplois !* » (lire Smart Industrie N°19). La solution défendue par Olivier Lluansi : « *il faudrait faire émerger 150 à 200 structures, publiques ou cofinancées en partenariats public-privé, avec d'un côté des collectivités territoriales qui auraient compris cet enjeu pour leurs territoires, et de l'autre des grands groupes qui investiraient pour développer leurs écosystèmes. Ce ne serait pas une politique "industrielle" pilotée par le haut qui développerait de grands programmes, mais une multitude d'initiatives locales* ». Une vision qu'il défend, en 2019, au sein du gouvernement. Olivier Lluansi coordonne en effet le déploiement de l'initiative « *Territoires d'industrie* ». Elle est basée sur une sélection de 124 territoires qui vont bénéficier d'une aide de 1,36 milliard d'euros pour leur développement industriel.

*A leurs yeux, la France reste encore, finalement, un pays extraordinaire. Si eux y croient, pourquoi pas nous ?* », commente Jean-Pierre Letartre, Président d'EV France.

Et cette attractivité retrouvée devrait se maintenir en 2019. « *Cette*

*tendance devrait se prolonger, puisque 80 % des investisseurs étrangers trouvent désormais le « site France » attractif ou très attractif. La proportion de dirigeants envisageant son amélioration à trois ans a même doublé entre 2017 et 2018* », conclut EY.▲

### LES PLUS

- La France est leader en Europe, avec 323 projets industriels menés par des investisseurs étrangers, contre 216 au Royaume-Uni et 163 en Allemagne.
- L'industrie capte le tiers des projets d'investissements étrangers en France. A titre de comparaison, ce ratio ne s'élève qu'à 20 % au Royaume-Uni et en Allemagne.
- 77% des décideurs internationaux ont confiance en l'avenir de l'industrie en France.
- 73 % des consommateurs sont prêts à payer plus pour des produits garantis Made in France.

### LES MOINS

- 30 % des répondants du baromètre EY de l'attractivité 2018 souhaitent plus de simplification administrative.
  - 41 % souhaitent plus de simplification administrative.
  - Seuls 32 emplois sont créés par IDE\* industriels, contre 50 au Royaume-Uni et 60 en Allemagne.
  - Entre 2014 et 2016, seules 51 % des entreprises de 10 salariés ou plus ont innové.
- \* Investissements directs à l'étranger

**80%**  
des  
investisseurs  
étrangers  
trouvent  
désormais le  
« *site France* »  
attractif ou très  
attractif.

Source : baromètre EY de l'attractivité de la France (2018), INSEE.  
Enquête : LSA (février 2018).

# INDUSTRIE DU FUTUR : CE QU'ILS EN PENSENT

La majorité des dirigeants d'entreprises industrielles témoignent un vif intérêt pour l'industrie du futur. Mais ils sont encore nombreux à la considérer comme une notion abstraite. Flexibilité et productivité sont leurs deux principales attentes. Cybersécurité et pénurie de compétences, leurs deux principales craintes. En France, les dirigeants ne s'estiment pas en retard sur le sujet, du moins par rapport à leurs concurrents nationaux. Une vision que relativisent les cabinets de conseil, estimant que leur périmètre concurrentiel a changé et qu'ils doivent désormais regarder vers l'international. Et là, la situation est différente.

**54%**  
des dirigeants  
français estiment  
que l'industrie  
du futur est une  
opportunité

Les offreurs de solutions communiquent largement sur l'industrie du futur, ses bénéfices, ses cas d'usages, ses avancées technologiques... Face à eux, les responsables d'entreprises industrielles partagent-ils la même vision ? Plusieurs études ont recueilli l'opinion de dirigeants au sujet de l'industrie 4.0, présentant leurs convictions, leurs attentes mais aussi leurs doutes. Ces sondages et enquêtes donnent une

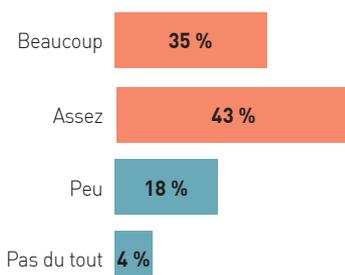
autre image de l'Usine du futur, forcément plus nuancée que celle des vendeurs.

Mais la première observation commune à toutes ces études est le haut niveau d'intérêt d'une majorité de dirigeants pour l'industrie du futur. Selon l'enquête réalisée en 2016 par **OpinionWay** pour **EY** France, 78 % des industriels français disent s'intéresser à l'industrie du futur, « beaucoup » ou « assez ».

**22 %**  
des dirigeants  
interrogés  
indiquent en  
avoir une « bonne  
compréhension »

## La majorité des entreprises industrielles françaises reconnaît l'intérêt de l'industrie du futur

Diriez-vous que votre entreprise s'intéresse beaucoup, assez, peu ou pas du tout au sujet « industrie de futur » ?

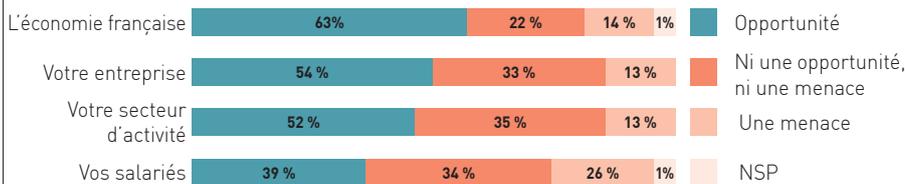


**78 %** DES ENTREPRISES S'INTÉRESSENT À L'INDUSTRIE DU FUTUR

Enquête EY - OpinionWay (Octobre 2016 - 127 répondants)  
Enquête EY - Bitkom Research (2015) - 554 répondants

**79 %** des dirigeants allemands considèrent que l'industrie du futur est un concept **stratégiquement important** pour leur business

**L'industrie 4.0 : menace ou opportunité ?**



Source : Mazars

Un chiffre qui met les dirigeants français au même niveau que leurs homologues allemands. Outre-Rhin, 79 % des dirigeants allemands considèrent que l'industrie du futur est un concept stratégiquement important pour leur business (lire également la rubrique « *Industrie du futur : Etat des lieux* »).

Une conclusion cohérente avec l'enquête menée en 2018, toujours par **OpinionWay**, pour le groupe Mazars<sup>(1)</sup>. Elle précise que **54 % des dirigeants français estiment que l'industrie du futur est une opportunité** pour leur entreprise. Et ils sont 63 % à penser que « *la transformation de l'industrie 4.0 constitue une opportunité pour l'économie française* ». Seuls 14 % la voient comme une « *menace* ». Les salariés de ces mêmes sociétés sont cependant plus circonspects avec tout de même 26 % la considérant comme une menace (lire encadré).

**UN CONCEPT ENCORE TROP VAGUE ?**

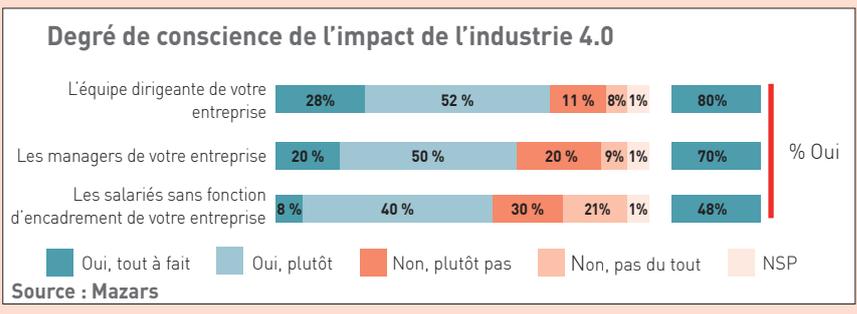
Si l'intérêt des entreprises pour l'industrie du futur est incontestable, une récente étude mondiale du cabinet **Deloitte**<sup>(3)</sup> révèle cependant leurs relatives difficultés à cerner précisément le concept. Ainsi, seuls **22 % des dirigeants interrogés indiquent avoir une « bonne compréhension »** de l'industrie 4.0. Plus précisément, 72 % se disent « *prêts à adopter et utiliser efficacement* » les briques 4.0. Mais leur vision s'obscurcit quand il s'agit de définir précisément quelles technologies mettre en place, l'impact qu'auront ces solutions sur leur business, les bénéfices qu'ils en attendent, etc.

Un sentiment mis également en avant par l'étude de Mazars. « *Un dirigeant interrogé sur deux ne sait pas donner spontanément une définition de l'industrie 4.0* », indique



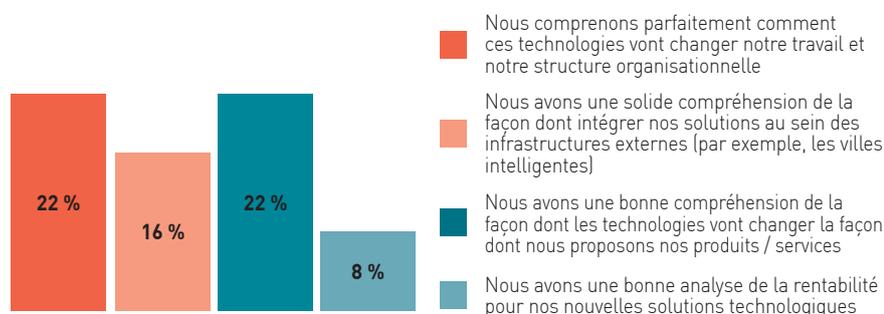
**UN DÉCALAGE IMPORTANT ENTRE LES SALARIÉS ET LEUR DIRECTION<sup>(2)</sup>**

L'étude Mazars met en exergue une nette différence d'appréciation entre les employés et la direction concernant le potentiel de l'industrie du futur. Globalement, les employés sont moins optimistes. Ils sont ainsi 39 % à estimer que l'usine du futur est une opportunité pour leur entreprise contre 54 % pour les dirigeants. Pour 34 %, elle n'est « *ni une opportunité, ni une menace* » et 26 % la perçoivent même comme une réelle menace. Par ailleurs, les impacts du déploiement de briques 4.0 restent pour eux très nébuleux. « *Les dirigeants d'entreprises industrielles perçoivent un décalage important entre eux et leurs salariés en matière de compréhension des impacts de l'industrie 4.0 sur leur activité* », note l'étude. Ainsi, 52 % des salariés sans fonction d'encadrement n'estiment pas avoir pleinement pris conscience des impacts de l'industrie 4.0 sur l'activité de l'entreprise. Renforcer la communication entre la direction et ses collaborateurs paraît donc plus que jamais nécessaire.



Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec les déclarations suivantes concernant la capacité de votre organisation à bénéficier des nouvelles technologies intelligentes ?

Les répondants qui ont répondu «très confiants» n'ont sélectionné que les réponses suivantes



Source : Deloitte

le MES. Dans leur esprit, le concept est lié à des notions techniques très générales, sans réelle hiérarchisation, telles que le digital, internet, l'informatique, l'usine connectée... Et elles ont toutes à peu près le même niveau d'association avec l'industrie du futur.

Le manque d'information peut expliquer cette vision peu éclairée. Les dirigeants connaissent finalement surtout les solutions les plus « révolutionnaires », qui ont une large couverture médiatique. Une majorité de dirigeants s'estiment ainsi plutôt bien informés sur des sujets pointus comme l'Internet des objets (58 %), l'optimisation de la production grâce à l'IA (51 %) ou encore la réalité augmentée. Mais des briques 4.0 plus « classiques », comme les usines intelligentes ou les robots collaboratifs, n'obtiennent pas une majorité de réponses.

Ce relatif manque d'information ne provient pas uniquement des médias. Le livre blanc d'EY pointe un manque de communication entre les entreprises, dont certaines préfèrent ne pas ébruiter leurs projets de digitalisation. Il n'est donc pas

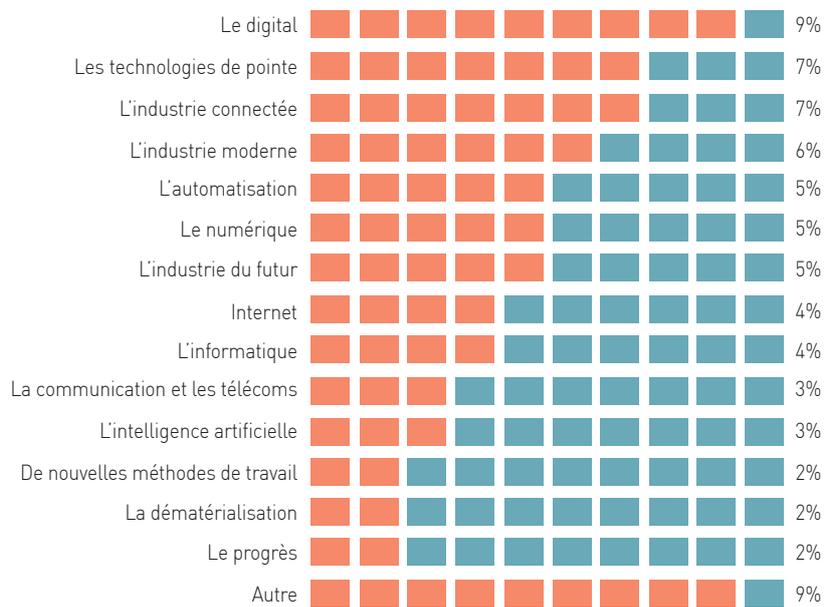
Outre-Rhin :  
**62 %**  
des dirigeants  
donnent la  
flexibilité de la  
production comme  
la première  
attente

ainsi le cabinet de conseil. Les dirigeants sont pourtant fortement familiarisés avec les enjeux du digital, des technologies de pointe, de l'automatisation ou de la robotisation. Mais le terme « Industrie 4.0 » « est devenu un peu fourre-tout, ce qui explique que bon nombre de dirigeants n'en donnent pas de définition spontanée », résume Gaël Lamant, Associé Mazars Responsable du Secteur Industrie. La preuve de ce manque de clarté : les dirigeants n'associent pas forcément l'industrie 4.0 à ses solutions phares, comme la maintenance prédictive, le jumeau numérique ou

En moyenne,  
les entreprises  
s'attendent à  
réduire les coûts  
opérationnels de

**3,6 %**  
par an

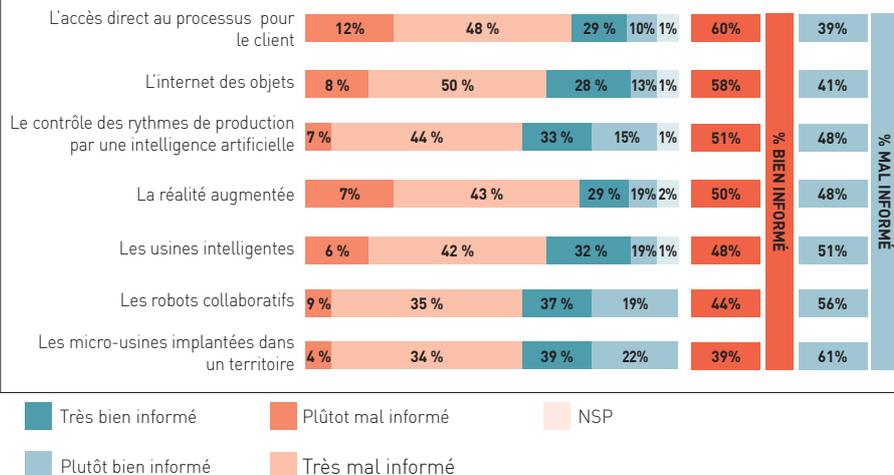
Les évocations liées au terme « Industrie 4.0 »



NSP/55%

Source : Mazars

Sentiment d'information sur les innovations industrielles



Source : Mazars

Si ces deux notions ont à peu près le même niveau d'attente en France comme en Allemagne, **Outre-Rhin, 62 % des dirigeants donnent la flexibilité de la production comme la première attente** et 57 % la réactivité de l'entreprise comme la seconde.

Juste derrière la flexibilité et la réactivité, 79 % des dirigeants français estiment que l'industrie 4.0 doit leur permettre un déploiement de nouvelles technologies de production. Ces dernières ont bien entendu comme objectif d'apporter un gain de productivité. Produire plus vite et pour moins cher reste le but ultime de la plupart des projets d'industrie du futur. « Grâce aux briques Industrie 4.0, notre objectif est de gagner 30 % de productivité d'ici 2020 », nous confiait ainsi récemment Pascal Laurin, Directeur Industrie du futur de Bosch France. (lire Smart Industrie N°16). Ces gains sont principalement basés sur une réduction des coûts et du temps de cycle.

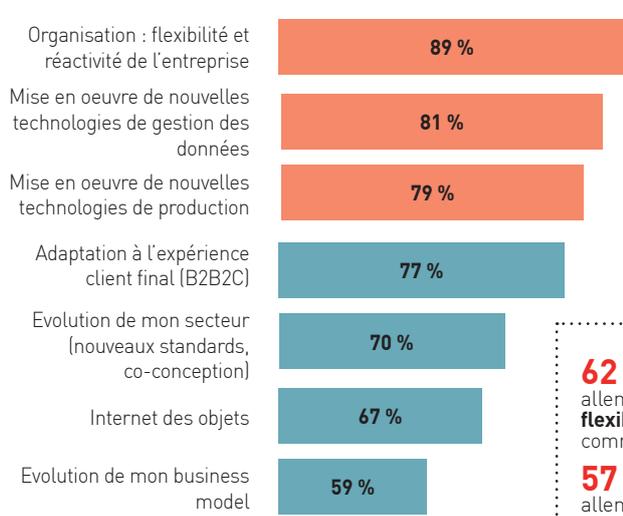
toujours évident, pour un novice dans le domaine, de s'informer auprès de sociétés référentes ayant pris le chemin de l'industrie du futur. Les « cas clients » publics seraient ainsi beaucoup trop rares. « Nous déployons notre propre stratégie de digitalisation des usines de manière confidentielle car nous estimons que cela relève de la compétitivité concurrentielle », confie un responsable stratégie du secteur automobile, cité dans l'étude d'EY.

**FLEXIBILITÉ ET PRODUCTIVITÉ AU CŒUR DES ATTENTES**

Qu'attendent les entreprises de l'industrie du futur ? Selon l'étude EY-OpinionWay, la flexibilité et la réactivité représentent les deux attentes les plus fortes. Ainsi, 89 % des dirigeants français pensent que l'industrie 4.0 leur apportera une « organisation plus efficace de l'entreprise » afin de développer à la fois leur flexibilité et leur réactivité.

La première attente exprimée par les dirigeants est une organisation plus efficace

Quels sont selon vous les axes importants de développement de votre entreprise dans les 5 années à venir ?



**62 %** des dirigeants allemands définissent la **flexibilité de production** comme la première attente.  
**57 %** des dirigeants allemands définissent la **réactivité de l'entreprise** comme la seconde attente.

Enquête EY - OpinionWay (Octobre 2016 - 121 répondants)  
 Enquête EY - Bitkom Research (2015) - 554 répondants



Selon **EY**, la productivité et la flexibilité sont donc au coude à coude dans les attentes des dirigeants. Une récente analyse du **BCG** et de **Goldman Sachs** positionne aussi au même niveau les gains de productivité et de flexibilité comme principaux bénéficiaires de l'industrie du futur.

« L'expérience **BCG** acquise auprès de ses clients industriels montre des gains de l'ordre de 10 à 20 % sur les coûts de fabrication hors matières premières, grâce à la mise en oeuvre des nouvelles technologies », commente l'**Institut Montaigne** dans son rapport de 2018 qui reprend les conclusions de **BCG** et **Goldman Sachs**. « Concernant les activités de production, les gains sont de deux natures. Il s'agit d'une part de productivité accrue et, d'autre part, de gains de flexibilité grâce à l'optimisation de l'utilisation des machines. D'autres gains sont également obtenus sur la gestion des stocks, qui peuvent être mieux suivis et optimisés, ainsi que sur les investissements. Cela permet également l'amélioration de la traçabilité des produits sur l'ensemble de la chaîne de production. »

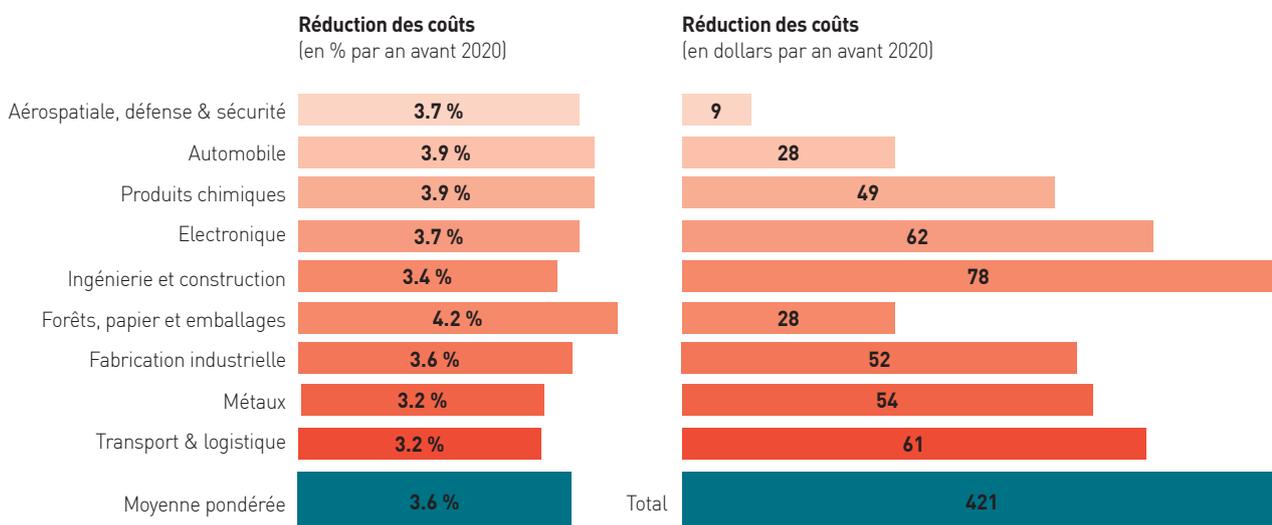
Une perception partagée par **PwC**, qui parvient à la même conclusion dans son étude réalisée en 2016 dans plus de 26 pays (4). « En moyenne, les entreprises s'attendent à **réduire**



**les coûts opérationnels de 3,6 % par an**, tout en augmentant la productivité de 4,1 % annuellement », résume le cabinet d'audit et de conseil. Selon les filières, ces perspectives de réductions de coûts vont de 3,2 % pour l'industrie métallurgique jusqu'à 4,2 % dans le domaine du papier et du packaging. Parmi les 2 000 dirigeants interviewés par **PwC**, le cabinet de conseil a identifié

71 entreprises, soit environ 4 % du panel, ayant pris une nette longueur d'avance dans le déploiement des technologies 4.0. Ces entreprises industrielles, leaders de la digitalisation, prévoient des gains de revenus encore plus élevés, de l'ordre de 30 % d'ici 2020, avec également des réductions de coûts d'environ 30 %.

**Les entreprises de tous les secteurs industriels s'attendent à des réductions de coûts significatives**



Source : PwC

## EVOLUTION DU BUSINESS MODEL ET DIGITALISATION DE LA RELATION CLIENT

Parmi les autres grandes attentes des dirigeants vis-à-vis de l'industrie du futur, figure la modernisation de la relation client. Selon l'enquête d'EY, 77 % des répondants évoquent ainsi une « *meilleure adaptation à l'expérience client final* ». Cette approche « *customer centric* » peut prendre plusieurs formes comme la mise en place de services digitaux accompagnant la vente de produits physiques. L'industrie du futur doit ainsi permettre de produire des séries personnalisées, à des coûts abordables, afin de répondre à la demande grandissante des consommateurs pour du « *sur-mesure* ». Enfin, l'exploitation de la donnée, via des outils Big-Data, doit permettre de mieux connaître les attentes précises des clients. Selon PwC, 72 % des entreprises interrogées espèrent que l'exploitation de la donnée leur permettra ainsi d'améliorer leur relation client. Outre la collecte de données externes, cela passe aussi par l'ouverture de certaines informations de production vers des partenaires. « *Plus du tiers (38 %) des entreprises de notre enquête disent qu'elles envisagent d'offrir une partie de leurs données à des entreprises externes* », souligne PwC.

Dernière grande attente : l'évolution du business model. Selon EY, cet objectif est partagé par 59 % des entreprises industrielles françaises. Même observation chez PwC qui donne quelques détails sur les évolutions possibles des modèles d'affaire. La plus évoquée reste le modèle

« *Pay-per-use* », dont le principe est de vendre des produits sous la forme de services, incluant la location du matériel. Les fabricants de machines sont en première ligne autour de cette formule par abonnement. Ils proposent déjà des services de maintenance associés à la vente de matériel. Grâce à la connexion à distance des machines, les fabricants peuvent recevoir des alertes d'une dérive d'un réglage, d'un changement de pièces d'usure ou de consommables à venir. Du côté de la maintenance, les services associés à la vente de matériel devraient vraisemblablement évoluer vers l'optimisation de la production. Et surtout, leur paiement pourrait se faire sans ticket d'entrée, prédisent les cabinets de conseil. L'utilisation des machines serait juste facturée à l'usage, le critère étant le nombre de produits fabriqués. Un modèle finalement très proche de celui des imprimantes professionnelles, où les clients achètent un service d'impression, payé au volume de pages imprimées, et non plus un équipement.

Rappelons que pour le client, le bénéfice est d'avoir des garanties de performances et de disposer de l'ensemble des mises à jour de la machine intégrées au contrat. Il peut ainsi se prémunir des problèmes d'obsolescence. Pour le fabricant de machines, ce modèle intégrant des services crée davantage de liens avec ses clients. Il reçoit également des données de diagnostics et d'usages qui peuvent l'aider à améliorer ses produits. Enfin, d'un point de vue financier, il développe des revenus récurrents, puisque les services sont facturés sous la forme d'abonnements (lire Smart Industrie N°16).

# 40 %

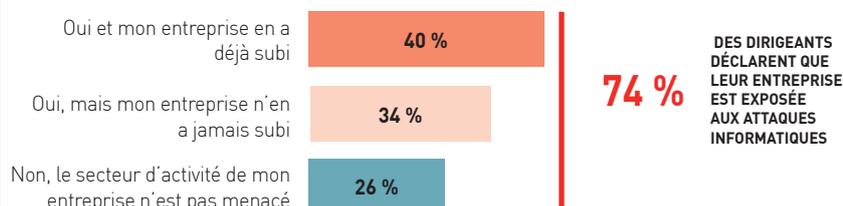
ont déjà été la cible d'attaque Cyber

## LA CYBERSÉCURITÉ : PREMIÈRE CRAINTE DE L'INDUSTRIE 4.0

Dans l'esprit des dirigeants, l'industrie du futur n'offre pas que des perspectives positives. Elle suscite également des craintes. La principale est sans conteste la cybersécurité. Selon l'enquête de Mazars, 78 % redoutent que la transformation de leur organisation en entreprise 4.0 aboutisse à une « *exposition accrue aux attaques informatiques* ». Ils se considèrent déjà à 74 % comme exposés à ces attaques et **40 % en ont déjà été la cible**. Pour se prémunir face aux risques de cyberattaque, 56 % des dirigeants considèrent qu'investir dans la sécurité de leur système informatique est la priorité. Seuls 9 % estiment qu'il s'agit d'un investissement secondaire.

Rappelons que la plupart des systèmes industriels n'ont pas été construits pour se protéger des cyberattaques. Tant qu'ils n'étaient pas connectés, ils restaient relativement à l'écart des menaces. Mais l'interconnexion des systèmes industriels, et surtout leur ouverture vers internet, les expose aux cyberattaques, comme tout autre système d'information (SI). Même les systèmes non connectés ne sont pas

### Votre entreprise est-elle exposée aux attaques informatiques





de leur environnement informatique et industriel peuvent être soumises à des bombes logiques qui pourraient remettre en doute la fiabilité de l'entreprise et générer, au-delà même des arrêts de production potentiels, ou décalages de livraison, des situations de crise à grande échelle dommageables pour l'image même des entités », commente David Luponis, Associé Expert Cybersécurité et Sécurité IT chez Mazars. Malgré le développement de solutions industrielles de cybersécurité (pare-feu, VPN, surveillance « intelligente » des réseaux...) ainsi que d'outils certifiés par l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI), cette crainte pourrait perdurer. Le développement de services industriels dans le Cloud et ceux autour de l'Internet industriel des objets (IIoT), qui complexifient encore la question de la cybersécurité, pourrait continuer d'alimenter les peurs des dirigeants. « Enjeu prioritaire pesant sur les actifs sensibles des entreprises, celles-ci doivent impérativement s'armer de dispositifs pour se sécuriser, prévenir et être en capacité de réagir face aux attaques », conclut David Luponis.

### LA PÉNURIE DE COMPÉTENCES : DEUXIÈME PRÉOCCUPATION

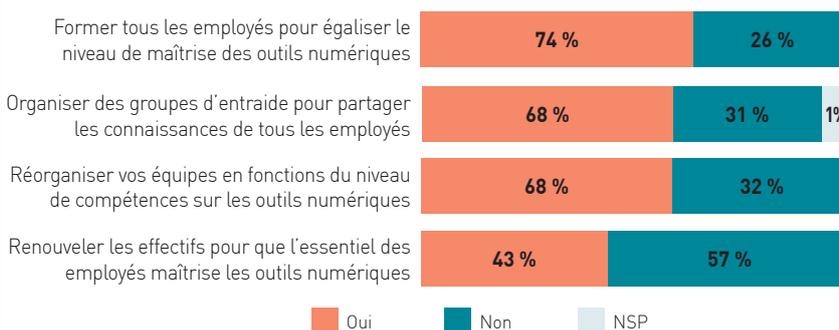
Trouver les bonnes compétences, en interne comme en externe, pour mener à bien un projet d'industrie du futur, est une préoccupation majeure des dirigeants. Ils sont ainsi 70 % à craindre un manque de compétences

à l'abri. Une simple clé USB branchée sur un ordinateur de supervision peut inoculer un virus. Ainsi, le support amovible a été le principal mode de propagation du tristement célèbre ver Stuxnet, qui a notamment saboté le programme nucléaire iranien en 2010. « Les risques liés à la cybersécurité font régulièrement, et depuis 2010 avec l'épisode Stuxnet, la Une des médias, générant des impacts difficilement quantifiables pour les industriels », souligne le cabinet Mazars dans son étude. « Ce phénomène est amplifié par les médias, qui font caisse de résonance aux régulières et massives attaques, plus ou moins réussies, sur les systèmes d'information des entreprises. Pratiquement 10 ans après, ces dernières positionnent le risque de cybersécurité parmi leurs priorités, en France et à l'International ».

Si les attaques peuvent prendre diverses formes, de l'espionnage industriel à la demande de rançon, ce que craignent le plus les industriels est le sabotage de l'outil de

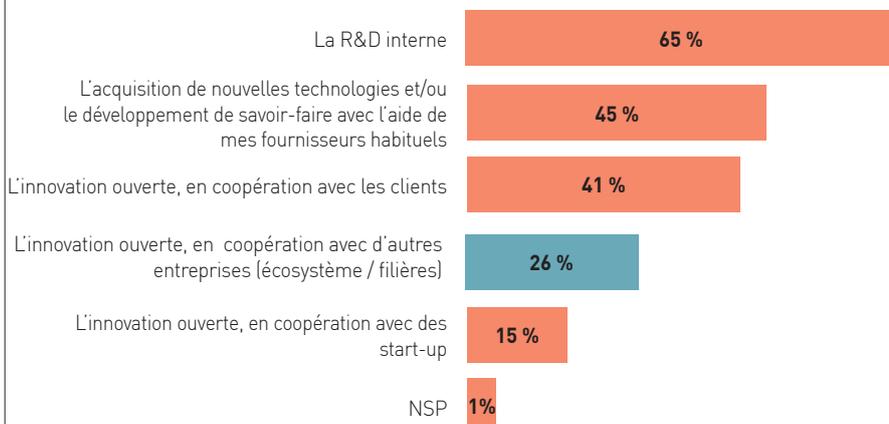
production. Il s'agit ici d'altérer des données, par exemple en modifiant les commandes reçues par les machines. L'attaquant peut aussi modifier les données envoyées par les équipements terrain pour faire croire à un dysfonctionnement, comme par exemple une surchauffe. Un opérateur dupé pourrait alors mettre l'équipement en mode sécurité. « Les acteurs de l'industrie prennent conscience que les failles de sécurité

#### Afin d'assurer la transition entre les générations d'employés maîtrisant diversement les outils numériques, envisagez-vous de ... ?



### La perception de la transition technologique reste, pour 2/3 des dirigeants, centrée sur l'entreprise

La transition technologique de votre entreprise vers l'industrie du futur sera selon vous essentiellement tirée par :



Enquête EY - OpinionWay (Octobre 2016 - 121 répondants)

en interne pour être en phase avec les technologies de pointe, indique l'étude de Mazars. Et 68 % redoutent des difficultés à recruter des collaborateurs qualifiés. Une observation partagée par l'enquête d'EY, dont **78 %** des répondants **placent le développement des compétences des collaborateurs comme un enjeu prioritaire.**

Comment faire face à cette pénurie de compétences ? Selon Mazars, 74 % des dirigeants souhaitent former eux-mêmes leurs employés pour homogénéiser le niveau de maîtrise des outils numériques et 68 % prévoient d'organiser des groupes d'entraide pour partager les connaissances en interne. Seuls 43 % prévoient de renouveler les effectifs pour disposer d'employés maîtrisant

les outils numériques. Sur ce point, l'approche des dirigeants français est comparable à celle des responsables d'autres pays. Selon l'enquête du cabinet **Deloitte**, réalisée en 2017 dans 19 pays (3), 61 % des dirigeants estiment que « la majorité de nos effectifs peuvent être formés pour avoir les compétences dont nous avons besoin ». Seuls 39 % pensent au contraire qu'ils doivent « embaucher de nouvelles personnes pour bénéficier des compétences requises ».

Cet enjeu autour des compétences n'a pas que des aspects négatifs. « L'industrie 4.0 est aussi l'opportunité de développer des gains de compétences pour 77 % des dirigeants interrogés », souligne Mazars. « Le sujet central pour les grands groupes mais aussi et surtout pour les ETI, c'est le capital humain : comment

**78 %**  
placent le développement des compétences des collaborateurs comme un enjeu prioritaire.

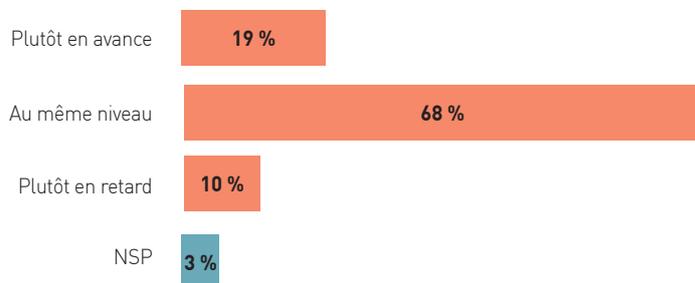
**15 %**  
se disent prêts à travailler avec des start-up.

attirer et recruter, comment fidéliser, comment former aux nouveaux métiers et nouvelles technologies. Les RH, l'innovation, l'internationalisation sont autant de chantiers prioritaires pour dynamiser la compétitivité du tissu industriel français et de nos ETI et pour lesquels le capital humain est la clé du succès », commente Marc Biasibetti, Associé responsable Middle Market Mazars France (lire également notre volet « L'humain au cœur de l'industrie 4.0 »).

Au final, la protection contre des cyberattaques et la formation des talents sont donc les deux principales craintes des dirigeants en matière d'industrie du futur. Selon Mazars,

### 7 industriels français sur 10 ne perçoivent pas de pression concurrentielle sur leur marché

Considérez-vous que votre entreprise est plutôt en avance, au même niveau ou plutôt en retard par rapport à vos concurrents du secteur sur ce sujet ?



Enquête EY - OpinionWay (Octobre 2016 - 121 répondants)

leurs intentions d'investissements correspondent donc à ces deux problématiques. « Les dirigeants estiment prioritaire d'orienter les investissements dans la protection des cyberattaques et la formation des talents. Qu'ils soient interrogés sous l'angle des craintes, des opportunités ou des orientations d'investissements, ces deux thèmes liés à la cybersécurité et aux compétences reviennent systématiquement en haut de la liste. Au-delà des outils et de la technologie, on voit ici bien une volonté de protéger en priorité les

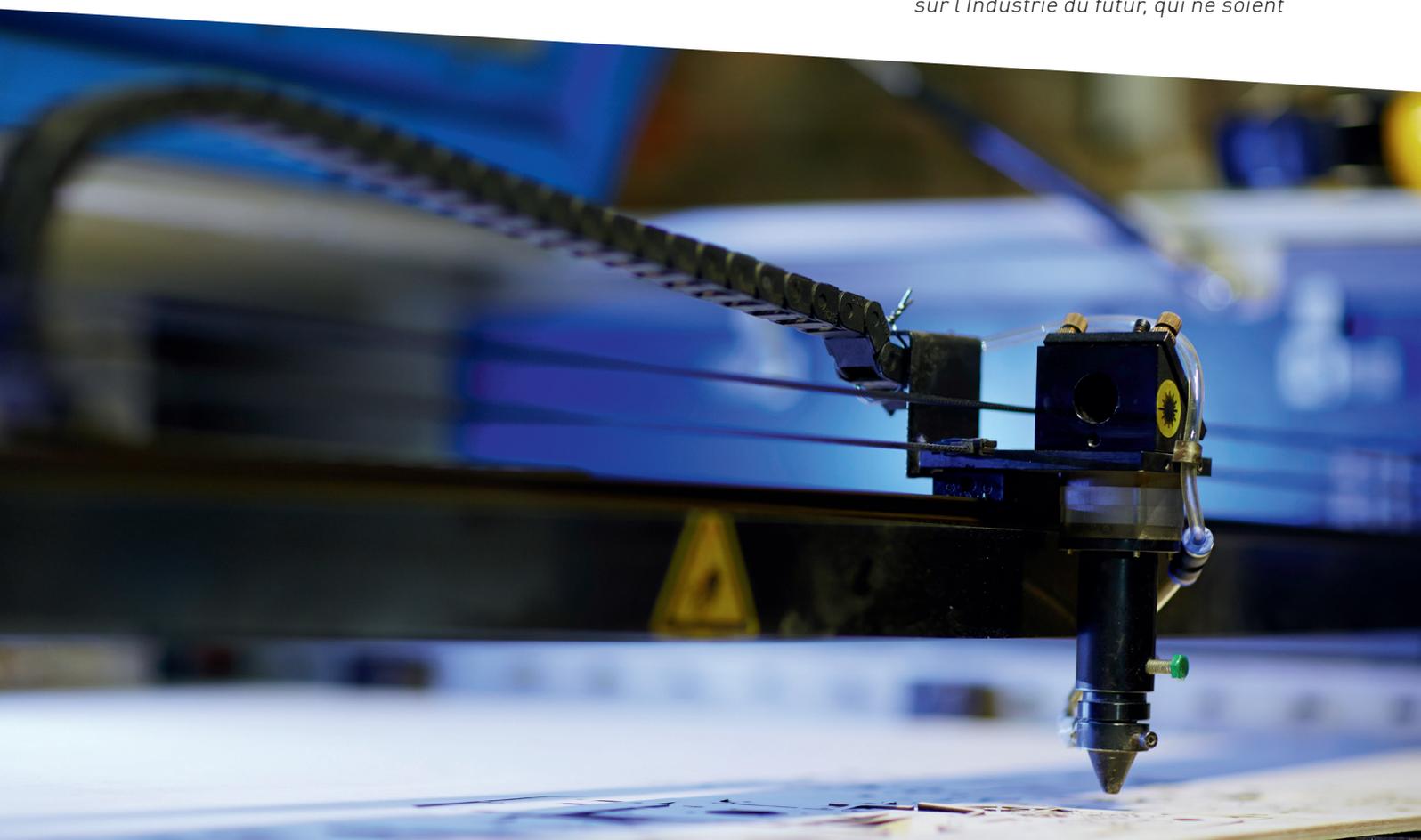
actifs stratégiques de l'entreprise », déclare Gaël Lamant, Associé responsable Industrie Mazars France.

### PEU D'OUVERTURE VERS L'OPEN-INNOVATION

Pour la grande majorité des dirigeants, les projets d'industrie du futur sont à mener de manière fermée, sans ou avec peu de concertation avec d'autres entreprises. Les enjeux concurrentiels sont bien à l'origine de cette vision centrée sur leur entreprise. Ainsi, selon

l'enquête d'EY, pour 65 % des dirigeants français, la transition technologique de l'entreprise sera tirée par la R&D interne. L'innovation ouverte, en coopération avec les clients, n'intéresse que 41 % des responsables. Quant à l'innovation en écosystème, avec d'autres entreprises, elle n'est envisagée que par 26 % des répondants. Et seuls **15 % se disent prêts à travailler avec des start-up.**

Une vision qui tranche avec les recommandations de la plupart des cabinets de conseil qui indiquent tous qu'il ne faut pas prendre le chemin de l'industrie du futur seul. C'est notamment la position du cabinet **Deloitte** qui défend une avancée vers l'industrie 4.0 par « écosystèmes » (lire notre section « Industrie 4.0 : mode d'emploi »). « Il ne faut pas aller seul vers l'Industrie du futur et apprendre plutôt à travailler en communauté en allant voir les autres entreprises », nous indiquait récemment Bruno Grandjean, président de l'Alliance Industrie du Futur (AIF). « Le tissu industriel français est suffisamment varié pour pouvoir facilement trouver d'autres acteurs travaillant sur l'Industrie du futur, qui ne soient



## LES PATRONS DE PME FÂCHÉS AVEC LE DIGITAL ?

Les PME n'ont pas la même appétence que les grands groupes face au digital. Selon une enquête publiée en 2017 par Bpifrance Le Lab, 87 % des dirigeants français de PME et ETI estiment que la transformation numérique n'est pas une priorité stratégique. Ils sont même 20 % à considérer que « *le temps de la transformation digitale n'est pas venu pour leur entreprise* ». Et 47 % d'entre eux estiment que l'impact du digital sur leur activité ne sera pas majeur à 5 ans. « *Selon nous, c'est une entreprise sur cinq condamnée à disparaître si elle ne fait rien d'ici trois ans* », indique Bpifrance Le Lab.

Notons qu'il ne s'agit pas d'une étude spécifique à la filière industrielle, mais couvrant l'ensemble des PME et ETI, tous secteurs confondus. Il n'empêche qu'elle met en exergue un enjeu largement évoqué dans l'industrie, qui est de sensibiliser les petites et moyennes entreprises aux outils numériques. « *De telles proportions sont inquiétantes quand on sait que la vague digitale touche tous les secteurs, même les plus traditionnels* », précise Bpifrance Le Lab. Petit bémol, cette enquête a été menée de février à août 2017. La situation a sans doute évolué depuis. Rappelons que d'ici 2021, plus de 15 000 PME françaises devraient avoir pris le virage de l'Industrie du futur (lire notre rubrique Industrie 4.0 : « *l'état des lieux* »).

pas des concurrents directs » (lire Smart Industrie N°16). Un point de vue également défendu par l'**Institut MONTAIGNE** dans son rapport de septembre 2018 : « *la mise en relation des PME et ETI avec l'écosystème qui doit accompagner cette mutation est centrale : grands groupes, fournisseurs de technologies, start-up, centres de formation, entreprises de conseil, organismes de financement... Ces catalyseurs permettront aux acteurs locaux d'avancer de façon inédite en combinant des réponses à trois enjeux complémentaires : l'innovation, la formation et l'accompagnement. La bataille de l'industrie du futur ne peut se gagner que sur un terrain collectif* ».

## LES DIRIGEANTS FRANÇAIS NE S'ESTIMENT PAS EN RETARD

Dernière grande observation des enquêtes d'opinion réalisées auprès des dirigeants français : ils n'estiment pas être en retard par rapport à leurs concurrents en matière d'industrie du futur. Selon **EY**, ils sont ainsi 68 % à s'estimer « *au même niveau* » que les autres acteurs du marché.

Une vision plutôt réaliste si l'on considère le périmètre concurrentiel national. Globalement les entreprises françaises ont en effet un niveau de maturité comparable en ce qui concerne l'industrie 4.0. Il existe cependant des différences notables entre les filières dans l'adoption des

briques 4.0, et surtout entre grands comptes et PME (lire notre rubrique « *Industrie 4.0 : l'état des lieux en 2018* »). Mais surtout, certains dirigeants français excluent la concurrence internationale, souligne **EY**. Ils semblent oublier que l'écart se creuse entre l'Asie, l'Amérique du Nord et l'Europe dans l'adoption des solutions 4.0. « *Nombre d'entreprises conservent en effet leur champ de veille concurrentielle habituel. [...] Elles laissent ainsi parfois en dehors de ce périmètre des concurrents asiatiques ou américains qui sont en train de se doter de nouveaux business models ou d'avantages compétitifs. Les dirigeants devront donc redoubler d'attention dans un futur proche, car ils pourraient se trouver confrontés à un nouveau paysage de concurrence* », estime le cabinet de conseil. Et de préciser que « *dans un environnement globalisé, la concurrence et les risques de disruption ne sont plus spécifiques à une géographie, à une filière, voire même à un secteur. Le cloisonnement stratégique devient de plus en plus obsolète car les business models disruptifs ainsi que les concurrents potentiels rendent les frontières entre les environnements concurrentiels et sectoriels nettement plus poreuses* ».

**EY** cite principalement la « *menace* » de l'Asie, qui a pris une longueur d'avance en matière d'industrie du futur. « *L'Asie, et notamment la Chine, investit massivement dans l'amélioration de son outil de production. Certains secteurs industriels encore prémunis de la concurrence chinoise se posent la question de cette éventualité et élargissent ainsi le champ de leur veille concurrentielle mais ils ne sont pas la majorité* », conclut le cabinet de conseil. ▲

(1) Enquête « Croire en l'industrie du futur et au futur de l'industrie », réalisée par OpinionWay pour EY France en octobre 2016 auprès de 127 industriels français.

(2) Etude Mazars « Les dirigeants face à l'Industrie 4.0 », réalisée par OpinionWay auprès d'un échantillon de 203 dirigeants d'entreprises industrielles françaises au chiffre d'affaires égal ou supérieur à 50 millions d'euros, constitué selon la méthode des quotas, au regard des critères de chiffre d'affaires et de nombre de salariés. Les interviews se sont déroulées par téléphone du 25 avril au 9 mai 2018.

(3) Enquête « The Fourth Industrial Revolution is here — are you ready ? », réalisée par Forbes Insights pour le cabinet Deloitte auprès de 1 603 dirigeants à la seconde moitié de l'année 2017 dans 19 pays (Amériques, Asie et Europe).

(4) Etude de PwC « Industry 4.0, Building the digital enterprise », 2016 Global Industry 4.0 Survey, réalisée auprès de 2 000 dirigeants dans 26 pays entre novembre 2015 et janvier 2016

(5) Enquête « Histoire d'une incompréhension - Les dirigeants de PME et ETI face au digital », réalisée auprès de 1 800 dirigeants de PME et ETI (CA compris entre 2 M€ et 1,5 Md€), des secteurs du BTP, du Commerce, de l'Industrie, des Services, du Tourisme et des Transports - septembre 2017 - Bpifrance Le Lab

# INDUSTRIE 4.0 : MODE D'EMPLOI

**Prendre le chemin vers l'Industrie du futur est un défi autant humain que technique. Comment construire sa feuille de route vers l'usine du futur ? Comment réorganiser son entreprise pour être en phase avec la transformation numérique ? Faut-il faire cavalier seul ou avancer groupé, par filière ou écosystème ? Et au final, à quoi ressemble une usine 4.0 ? Eléments de réponse par les principaux cabinets de conseil du secteur.**

**C**omment s'engager sur le chemin de l'Industrie du futur ? Selon les professionnels du secteur, les premiers pas n'ont rien de technologiques. La sélection des briques 4.0 n'interviendra en effet qu'à la fin d'un long processus débutant par une définition claire des besoins de l'entreprise et de ses clients. Avant tout chose, il convient ainsi d'identifier les difficultés, ou problématiques, auxquelles fait face l'entreprise, au niveau des processus internes comme des échanges avec les partenaires. Les cabinets de conseil recommandent également d'identifier l'évolution des besoins et attentes clients, qu'il s'agisse des clients actuels, comme des nouveaux prospects. « En tant que telle, ce n'est pas l'offre technologique sans cesse renouvelée et croissante de l'Industrie du futur qui doit initier la démarche de transformation, mais bien la redéfinition des objectifs de performance, de réactivité et de flexibilité [...]. Il faut partir d'abord d'une

approche fondée sur les attentes en matière de performances et de réponses aux besoins du client. C'est dans cette perspective qu'a toujours résidé la création de valeur pour les entreprises », souligne EY dans son livre blanc « Croire en l'industrie du futur et au futur de l'industrie » (octobre 2016). « L'idée est de partir des axes de développement jugés prioritaires par les dirigeants puis de définir comment l'apport technologique de l'Industrie du futur peut permettre d'effectuer les gains de performance envisagés. Il s'agit là de gagner en contrôle vis-à-vis de cette déferlante d'innovations, plutôt que de se laisser porter par des tendances d'abord difficilement cernables, qui se succèdent ensuite à une rare vitesse et enfin, dont on sait que certaines resteront des promesses », poursuit le cabinet d'audit et de conseil.

C'est également l'approche défendue par Deloitte. « Ne commencez pas, et ne finissez pas, avec les technologies.

Le chemin vers l'Usine du futur exige bien plus qu'une simple mise en place d'un ensemble d'outils connectés », indique-t-il dans son étude « The smart factory, Responsive, adaptive, connected manufacturing » (2017).

Comment définir ses besoins ? Même si chaque cas est spécifique, il y a tout de même des enjeux récurrents dans les projets d'Industrie 4.0. Ils peuvent servir de point de départ, pour ensuite les affiner selon les éléments spécifiques à chaque entreprise. Selon EY, l'amélioration de la performance est bien le premier enjeu de l'Usine du futur. Et cette amélioration va elle-même suivre deux axes majeurs : l'optimisation des opérations et la réduction des coûts. « Comme le montrent de récents projets pilotes, des réductions de -10 % à -15 % des coûts de production sont réalisées sur des périodes courtes, et même jusqu'à -30 % sur l'ensemble de la chaîne de valeur étendue. [...] Ensuite, l'Industrie du futur représente également un

CGI Global 1000 <sup>1</sup>(2016) manufacturing industry insights

Source : CGI

Industry Trends	Business Priorities	IT Priorities
<ul style="list-style-type: none"> <li>78% Becoming digital organizations</li> <li>71% Transformation from product centric to customer centric</li> <li>55% Protecting through cybersecurity</li> <li>48% Digitalization extending beyond the enterprise</li> <li>45% Growth is crucial and BRIC countries remain key despite volatility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>82% Optimize today's operations cost pressure, agility and speed to market</li> <li>67% Collaborate across the boundaries- digitalization across the value chain</li> <li>57% Improve the customer experience</li> <li>57% Deliver product and service innovations with increased speed to market</li> <li>52% Harness the power of data real time insights and creation of new revenues streams</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>91% Digitalize and automate business processes.</li> <li>74% IT modelization, harmonize IT environment, rationalize, replace legacy system</li> <li>63% Leverage Internet of Things (IoT), mobile, cloud.</li> <li>62% Leverage data and analytics to derive actionable insight.</li> <li>55% Embrace new IT delivery models (e.g.SaaS, PaaS, agile).</li> </ul>

<sup>1</sup> : The annual CGI Global 1000 outlook brings together the findings, insights and CGI's point of view on the strategic topics that emerge from face-to-face conversations with business and technology executives in commercial and government organizations. In 2016, CGI consultants interviewed more than 1 000 executives in 10 industries and 20 countries.

saut en matière de réactivité et de flexibilité des outils de production. Elle peut par exemple permettre une division des délais de livraison par quatre, de même qu'une division de la longueur des séries par 10 ou 100», souligne le cabinet d'audit et de conseil.

Même son de cloches chez CGI qui a interrogé plus d'un millier de **dirigeants d'entreprises industrielles** dans 20 pays. Résultat : ils **sont 82 % à citer comme objectifs prioritaires de leur digitalisation, l'optimisation des opérations existantes, la réduction des coûts, l'agilité et l'accélération de mise sur le marché des produits** (time to market).

La définition des besoins peut aussi s'inspirer des enjeux spécifiques à chaque secteur industriel. Un rapport publié en mai 2018, réalisé par KYU Lab pour l'OPPIEC, propose une analyse de ces enjeux pour quatre principaux secteurs :

**INDUSTRIES EXTRACTIVES ET DE PREMIÈRE TRANSFORMATION**

**Top 4 des enjeux prioritaires identifiés par les industriels**  
Source : enquête KYU Lab Industriels

	Gérer les risques des installations
	Accroître le rendement des installations
	Trouver de nouveaux gisements, de nouvelles sources et de nouveaux produits
	Assurer la continuité d'activité et optimiser les activités de maintenance.

**CHIMIE DE SPÉCIALITÉ, DE LA PHARMACIE ET DE L'AGROALIMENTAIRE**

**Top 4 des enjeux prioritaires identifiés par les industriels**  
Source : enquête KYU Lab Industriels

	Garantir la sécurité sanitaire des produits
	Offrir plus de transparence et répondre à une demande croissante en produits sans risque.
	Anticiper les risques afin de préserver l'image de l'industrie.
	Réduire les risques afin de préserver l'image de l'industrie

**BIENS DE CONSOMMATION**

**Top 4 des enjeux prioritaires identifiés par les industriels**  
Source : enquête KYU Lab Industriels

	Renouveler continuellement l'offre en passant par l'innovation et la personnalisation
	Accélérer le time-to-market des produits
	Conserver les coûts les plus optimaux possibles
	Prendre en compte les considérations environnementales

**BIENS D'ÉQUIPEMENT**

**Top 4 des enjeux prioritaires identifiés par les industriels**  
Source : enquête KYU Lab Industriels

	Innover pour se différencier
	Réduire les temps de cycles de la conception à la fabrication
	Proposer de nouveaux services face aux attentes client
	Sécuriser les produits et services

Pour CGI,  
**82 %**  
 des dirigeants  
 d'entreprises  
 industrielles ont,  
 pour objectifs  
 prioritaires de  
 leur digitalisation,  
 l'optimisation  
 des opérations  
 existantes, la  
 réduction des  
 coûts, l'agilité  
 et l'accélération  
 de mise sur  
 le marché des  
 produits

En descendant encore d'un niveau de détail, les cabinets de conseils ont également identifié des enjeux propres à chaque filière industrielle. C'est ce qui ressort notamment de l'étude de l'AIF « *Filières Industrie du futur* », réalisée en juin 2017 avec la collaboration d'**Accenture Consulting**, **EY** et **Roland Berger**. Elle rend compte des enjeux exprimés pour six filières :

*facilement trouver d'autres acteurs travaillant sur l'Industrie du futur, qui ne soient pas des concurrents directs* » (lire Smart Industrie N°16).

Les cabinets de conseil, comme l'**AIF**, défendent ainsi une « *approche par filière* », pour aller ensemble vers l'Industrie du futur. « *Les grandes*

## ENJEUX

<b>Automobile</b>	Renforcer la compétitivité de la filière en France et développer la valeur ajoutée. Se préparer aux véhicules et services du Futur.	Développer l'internationalisation de la filière.
<b>Aéronautique</b>	Développer la flexibilité en production face à une demande de natures diverses. Réduire les coûts pour faire face à la concurrence.	Poursuivre les améliorations des produits et services.
<b>Agro-alimentaire</b>	Sourcer au meilleur prix tout en sécurisant les approvisionnements en matière première. Flexibiliser la chaîne de transformation tout en maîtrisant la qualité et la traçabilité des productions.	Innover et personnaliser tout en respectant la relation client.
<b>Construction</b>	Développement de produits et services innovants et technologiques. Positionnement agile sur la chaîne de valeur.	Excellence opérationnelle dans la réalisation des projets Communication et Collaboration au sein de l'écosystème.
<b>Ferroviaire</b>	Faire évoluer le business model vers la vente de systèmes et de services à valeur ajoutée. Comblent la baisse des activités à court terme et mettre en place de l'excellence opérationnelle.	Continuité à faire preuve d'innovation créative de valeurs par le développement de services orientés vers le client final, notamment en mobilité.
<b>Naval</b>	Sécuriser les plans de charge des donneurs d'ordres. Développer des schémas industriels agiles et collaboratifs entre les DO, sous-traitants et PME.	Augmenter la compétitivité de la filière française. Poursuivre la diversification dans les activités offshore (Energies Marines Renouvelables et hydrocarbures).

## S'INSPIRER DES AUTRES ACTEURS DE LA FILIÈRE

Comme les filières partagent des enjeux communs, pourquoi ne pas s'inspirer des projets menés par les entreprises les plus avancées en termes de digitalisation ? « *Il ne faut pas aller seul vers l'Industrie du futur et apprendre plutôt à travailler en communauté en allant voir les autres entreprises* », nous indiquait récemment Bruno Grandjean, qui était encore alors président de la Fédération des Industries Mécaniques (FIM). « *Le tissu industriel français est suffisamment varié pour pouvoir*

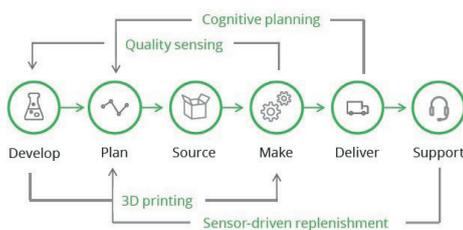
*entreprises de chaque filière ont lancé de nombreux POC / Pilotes et ont une excellente maturité sur le sujet [...]. En revanche, les ETI (et les PME) sont assez décalées par rapport aux têtes de filières, et ont besoin d'appropriation par des solutions adaptées à leurs métiers et probantes. Elles sont parfois atteintes du syndrome "pas pour moi ici" », observe l'étude d'**Accenture Consulting**, **EY** et **Roland Berger**. « *Or les grands donneurs d'ordres ont besoin que l'ensemble des acteurs, fournisseurs et partenaires suivent la tendance pour réussir [...]. L'approche par filière est donc critique pour réussir la transformation* ».*

Outre un effet d'entraînement, une approche par filière permet de partager les expériences et les bonnes pratiques, mais aussi de mutualiser les investissements, les prises de risque et même les solutions qui seront déployées. « Des grands acteurs de l'automobile et de l'aéronautique ont les moyens de

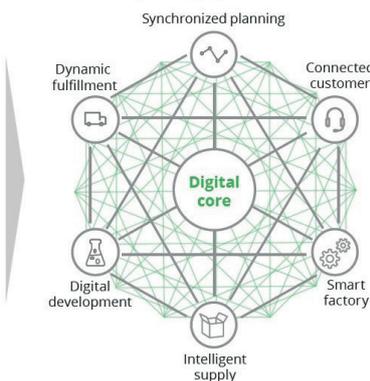
développer des briques 4.0 et les repartager entre les acteurs. Nous commençons en 2018 par travailler ensemble sur l'automatisation des devis autour de la fabrication des cartes électroniques ». Ce cluster vise à développer une trentaine de briques 4.0 en cinq ans.

Les grands donneurs d'ordres ont besoin que l'ensemble des acteurs, fournisseurs et partenaires suivent la tendance pour réussir.

Traditional supply chain



Digital supply networks



Source : Deloitte analysis.

financer de la R & D pour aller vers l'Industrie 4.0. Mais dans l'électronique par exemple, il faut fédérer des acteurs de différentes tailles, autour d'un leader du secteur, pour co-financer la R&D», explique Eric Kirstetter, associé chez Roland Berger (lire Smart Industrie N°16). Il donne en exemple le « cluster » « We-network », qui regroupe des PME et ETI autour du groupe Lacroix. « Nous sommes en train de fédérer les acteurs. Nous nous donnons cinq ans pour créer un centre de recherche commun, y

Cette approche mutualisée est également défendue par le cabinet Deloitte. Dans son rapport « Forces of change Industry 4.0 » (2017), il promeut la notion d'« écosystème connecté ». « Avec l'Industrie 4.0, les acteurs d'un même écosystème vont fonctionner en réseau connectant les fournisseurs, les clients, les instances réglementaires, les investisseurs... Ils travailleront ensemble en partageant un flux de données commun généré à partir de systèmes connectés. Ainsi, ils pourront s'adapter, de

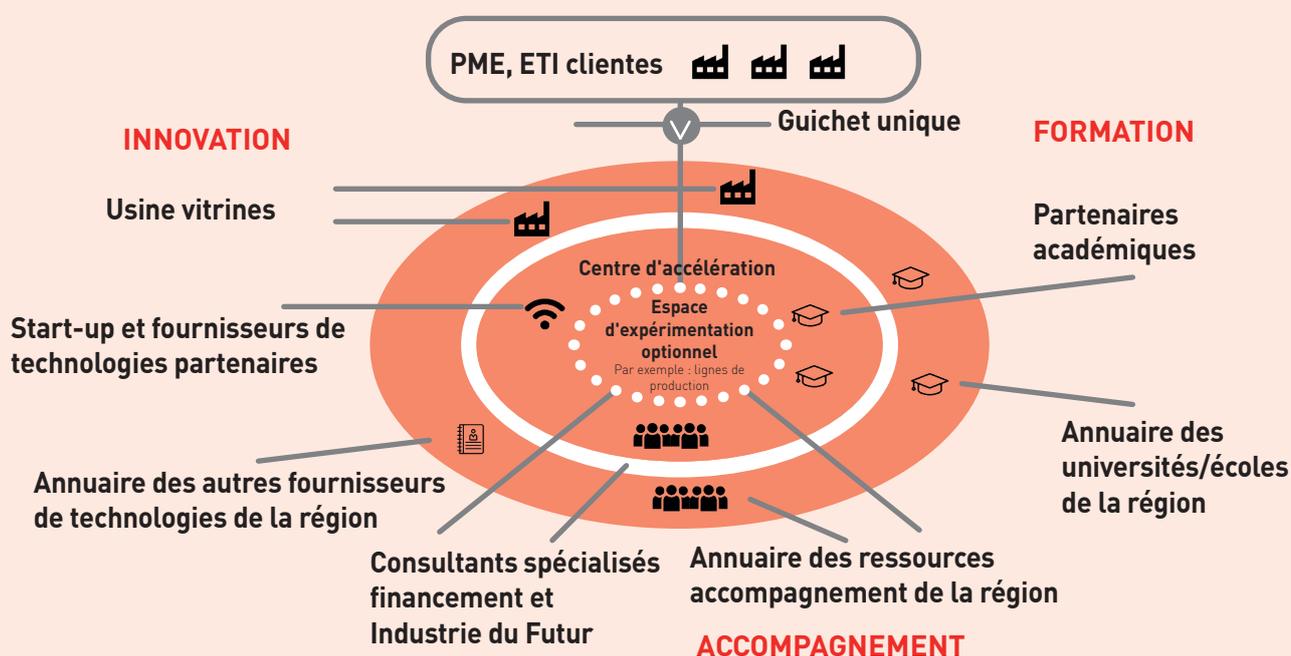


## DES CENTRES D'ACCÉLÉRATION POUR CHAQUE FILIÈRE

Pour favoriser l'approche par filière en France, l'Institut Montaigne et le BCG recommandent la création dans le pays de 15 à 20 centres d'« accélération de l'industrie du futur » [étude « *Industrie du futur, prêts, partez* » -septembre 2018] : « ces centres devront créer un maillage selon une grille territoriale, mais également une spécialisation par filière. L'Alliance pour l'Industrie du Futur pourra être chargée de la coordination d'ensemble du déploiement des centres en articulation avec les projets des filières », peut-on lire dans cette étude.

Qu'est-ce qu'un centre d'accélération de l'industrie du futur ? « Créé sous l'impulsion d'un grand groupe industriel, afin de répondre aux enjeux de développement des PME et ETI de son secteur d'activité, un centre d'accélération de l'industrie du futur rapproche l'ensemble de l'écosystème innovant (grands groupes, start-up, centres de recherche) en un lieu physique unique », précise le BCG. « Ces lieux auront pour but de donner à l'industrie française les moyens de rattraper son retard et de favoriser l'émergence de nouveaux champions industriels de l'innovation, en aidant les start-up technologiques françaises à se développer et en encourageant les collaborations entre acteurs d'un même écosystème. »

### ECOSYSTÈME DU CENTRE D'ACCÉLÉRATION DE L'INDUSTRIE DU FUTUR



Source : BCG Institut Montaigne

Ces recommandations de l'Institut Montaigne et du BCG ont été entendues par le gouvernement. Et des premiers centres d'accélération devraient voir le jour dès 2019, ainsi que des plateformes numériques spécifiques à chaque filière. « Nous allons en effet développer cette approche commune avec des centres d'accélération mais aussi des plateformes numériques correspondant aux 16 filières du Conseil national de l'industrie (CNI) », nous a indiqué en janvier 2019 Pierre-Marie Gaillot (Cetim), pilote du groupe de travail « Déploiement dans les territoires » à l'AIF.

Ces plateformes numériques offriront notamment des outils de travail collaboratif, des espaces de partage de données et, à terme, des solutions 4.0 mutualisées. Le gouvernement a indiqué qu'il soutiendra les projets de développement de ces plateformes digitales à hauteur de 70 millions d'euros dans le cadre du « Grand plan d'investissement »

manière efficace, aux évolutions des besoins et contraintes de chaque membre. Et ils pourront même commencer à "prédire" plutôt que de "réagir" ».

Selon Deloitte, la chaîne logistique est typiquement le domaine industriel où

cette approche en réseau prend tout son sens. « **La supply chain connectée est une bonne illustration de la manière dont l'Industrie 4.0 peut réorganiser un écosystème**, permettant aux différentes parties prenantes d'intégrer des informations en provenance de nombreuses sources, afin

de prendre des décisions plus "holistiques". Ce passage d'une organisation linéaire et séquentielle vers un système ouvert et interconnecté peut changer la nature même des industries, en modifiant la manière dont les entreprises opèrent, collaborent et même se concurrencent ».

## L'AÉRONAUTIQUE : EN POLE POSITION SUR LES PLATEFORMES NUMÉRIQUES MUTUALISÉES

Selon l'AIF, c'est l'aéronautique qui est aujourd'hui le secteur le plus avancé dans la mise en place de plateformes numériques de filière. Rappelons que cette industrie dispose déjà, en Europe, d'une plateforme de R&D dans le cloud, baptisée BoostAeroSpace. Lancée en 2011 par Airbus, Dassault Aviation, Safran et Thales, elle intègre trois principaux services : le partage de maquettes numériques et des configurations des produits (AirDesign), le partage de documents et l'organisation des réunions en ligne (AirCollab), la logistique connectée et notamment le suivi des commandes (AirSupply).

« L'avantage de cette plateforme est de réunir une communauté d'acteurs qui vont partager les mêmes données, exploiter les mêmes outils et parler un langage commun. Cela permet de standardiser les échanges d'information et les méthodes de travail au sein de la filière pour gagner en efficacité », indiquait-on récemment chez BoostAeroSpace (lire Smart Industrie N°14).

## ETABLIR UNE FEUILLE DE ROUTE VERS L'USINE DU FUTUR

Une fois les besoins spécifiques identifiés. L'entreprise va devoir établir sa feuille de route vers l'industrie du futur. Elle va notamment intégrer les grands axes de sa stratégie de transformation digitale, des options technologiques à valider par des tests et autre POC, ainsi bien entendu qu'un agenda prévisionnel. Cette étape peut être réalisée avec le soutien de cabinets de conseils, des grands fournisseurs de solutions ou même d'instances publiques comme le conseil régional. L'AIF rappelle également dans ses différentes études et ses guides qu'elle propose un accompagnement, notamment des PME et ETI. Elle dispose pour cela de trois correspondants par région, plus un ambassadeur, c'est-à-dire un industriel référent qui peut accompagner d'autres entreprises. Elle propose également l'application « Brick4future » qui « aide les entreprises à identifier les axes clés pour leur déploiement de l'Industrie du Futur », rappelle-t-on à l'AIF. Cette application offre plusieurs outils, dont un tableau de bord pour évaluer le chemin qu'il reste à parcourir ([www.referentielidf.org](http://www.referentielidf.org)).

Outre des aides extérieures, la feuille de route vers l'Industrie du futur doit être réalisée en mobilisant toutes les équipes internes concernées et même globalement un maximum de collaborateurs de l'entreprise, à tous les niveaux. Cette implication d'un grand

nombre de collaborateurs, selon le principe du « bottom up », permet de débloquer certaines réticences, dont la fameuse « résistance au changement ». Elle va également apaiser et enrichir le dialogue social, condition nécessaire pour mener à bien le projet de digitalisation. « **Une partie non négligeable des entreprises rencontrées met en avant la sensibilité du dialogue social comme frein principal à la conduite de la transformation** », observe EY. « L'amalgame est trop souvent fait entre transformation de l'organisation, recherche de gains de productivité et plans de restructuration. Cette crainte retarde les initiatives, alors même qu'elles

Les acteurs  
d'un même  
écosystème  
vont fonctionner  
en réseau  
connectant les  
fournisseurs,  
les clients,  
les instances  
réglementaires,  
les  
investisseurs...



La supply chain connectée est une bonne illustration de la manière dont l'Industrie 4.0 peut réorganiser un écosystème.

pouvaient représenter une opportunité de relancer ou développer une activité. Nous l'avons souvent souligné : cet aspect des transformations doit être traité par la direction générale qui doit adopter une vision et une communication affirmées en prenant en compte autant une stratégie commerciale, une stratégie opérationnelle qu'une stratégie de dialogue social ».

Cette implication d'un maximum de collaborateurs peut également être source d'idées. C'est l'approche retenue par exemple par le groupe Bosch ou même Schneider Electric, qui ont mobilisé l'ensemble du personnel afin qu'il soit force de proposition, y compris les opérateurs et les ingénieurs méthode ou les techniciens de maintenance (lire Smart Industrie N°16).

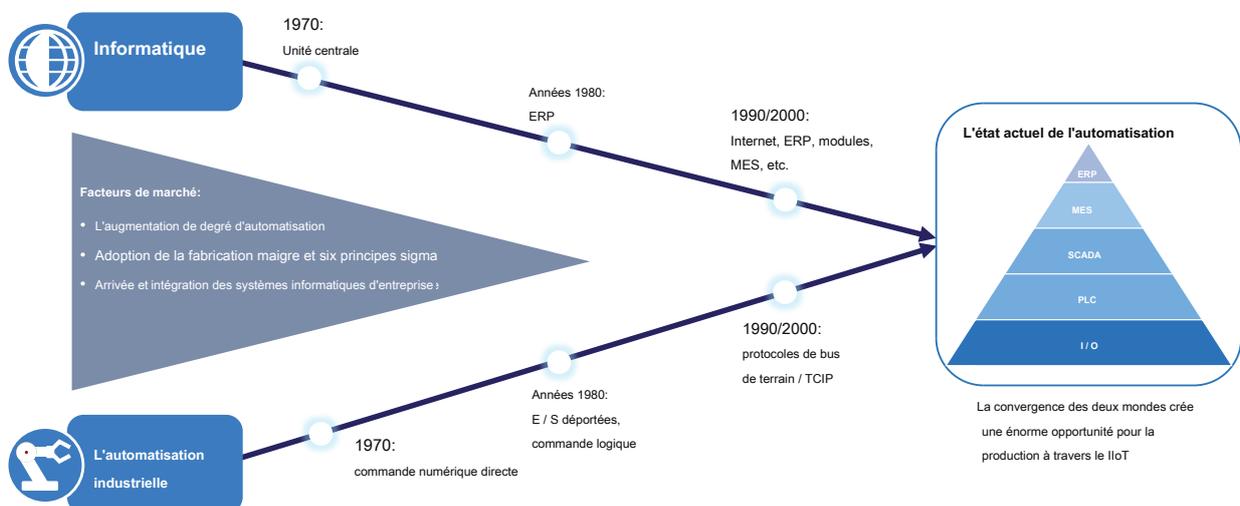
### L'IMPLICATION DE LA DIRECTION GÉNÉRALE EST CRUCIALE

Le développement du projet de transformation digitale va également impliquer l'OT, mais aussi la DSI (Direction des systèmes d'information), ou toute autre instance gérant l'informatique de l'entreprise. Un des facteurs de succès de la transformation numérique des entreprises industrielles réside dans ce rapprochement de l'OT et l'IT dès le début du projet de digitalisation. « Il faut tendre vers un "mariage" de l'OT et de l'IT. Même si les décisions

d'automatisation d'usine sont généralement prises au niveau de l'OT, ce sera l'IT qui va gérer l'intégration des solutions numériques », indique Deloitte. **Dans la plupart des entreprises industrielles, l'IT et l'OT sont des départements distincts qui ne travaillent pas forcément ensemble. « Ils doivent apprendre à collaborer »**, estime le cabinet de conseil. Cette convergence entre l'OT et l'IT est de toute façon le sens de l'histoire, note pour sa part **AT Kearney**.

Autre point clé : la construction de la feuille de route doit être supervisée par la direction générale, dont l'implication est déterminante. Un « responsable de la digitalisation », issu de la direction générale, peut être nommé, afin d'encadrer le projet. « L'Industrie du futur est désormais clairement perçue comme un sujet de direction générale : **dans 9 cas sur 10, la personne responsable du projet est un membre du comité de direction**. C'est même le directeur général dans 1 cas sur 2 », note **EY** dans son étude « L'industrie française rattrape son retard » (2018). Selon le cabinet d'étude, le principal moteur de l'Industrie du futur est en effet la direction générale. C'est à elle d'encadrer le projet de digitalisation et de veiller à ce qu'il implique tous les niveaux de l'entreprise, en cassant les silos hiérarchiques et en misant sur « l'intelligence collaborative ».

## Convergence des technologies de l'information et de la technologie des opérations



## PARTIR DES DONNÉES EXISTANTES

Les outils d'analyse de données, ou « *data analytics* », peuvent être d'une aide précieuse pour construire la feuille de route vers l'Industrie du futur. C'est en analysant les données déjà présentes dans l'entreprise, et bien souvent sous-exploitées, qu'il est possible d'établir les axes d'amélioration dans les différents domaines industriels : conception produit, manufacturing, logistique, maintenance...

« *Le parcours vers l'industrie 4.0 commence par la donnée. Les équipements de production, les systèmes et les capteurs déployés dans les usines peuvent générer de grandes quantités de données détaillant chaque aspect des opérations. Ces données doivent être collectées, agrégées et analysées pour définir les grands axes de transformation vers l'Industry 4.0* », estime ainsi CGI dans son rapport « *Industry 4.0 Making your business more competitive* » (2017).

Bon nombre d'entreprises industrielles seraient assises sur des montagnes de données, dont elles n'ont pas exploité toute la valeur. « *Aujourd'hui, 10 % seulement des données générées dans une usine sont utilisées [...]. Elles fournissent pourtant des informations sur l'usure des pièces, le bon fonctionnement des processus, les interactions sur les chaînes de production, les temps de parcours, l'efficacité des actions ou gestes, les risques d'incident ou encore la gestion des stocks. Il s'agit donc d'un véritable gisement de valeur et de progrès encore trop peu exploité* », soulignent le BCG et l'Institut Montaigne dans leur rapport « *Industrie du futur, prêts, partez !* ».

Sur le long terme, il faut bien entendu tendre vers l'« *usine connectée* », afin d'instaurer une collecte régulière de la donnée. Mais au début du projet de digitalisation, des datas sont déjà exploitables sans ajouter de la connectivité aux installations.

La plupart des gros équipements disposent déjà en effet de données, car ils sont trop sensibles pour ne pas être contrôlés. Et selon les cabinets de conseil, il n'est de toute façon pas nécessaire de connecter toute l'usine pour aller vers l'Industrie du futur. Bien souvent, il est possible de commencer par connecter des machines critiques pour l'outil de production ou celles sur lesquelles auront été identifiées des faiblesses.

Selon CGI, avant même d'ajouter massivement des capteurs et de la connectivité sur les équipements des usines, il faut ainsi commencer par « *exploiter l'existant* », en interconnectant les bases de données déjà constituées. « *Les fabricants traitent d'énormes quantités d'informations, structurées ou non, qui résident dans des bases de données qui ne sont pas toujours correctement connectées. Pour savoir où optimiser les process et comment répondre aux attentes des clients, il est déjà nécessaire de connecter ces silos de données* », indique le groupe canadien dans son étude « *Industry 4.0 Making your business more competitive* ».

### THINK BIG, START SMALL, AND SCALE FAST...

Etablir l'agenda de la feuille de route est une étape très sensible du processus de digitalisation. Il doit être « *réaliste et pragmatique* », avec un déploiement très progressif des solutions, indiquent les cabinets de conseil. « *Il est souvent pertinent de démarrer par des expérimentations dans des domaines non-critiques où les enjeux sont limités. Cela permet de tester et d'affiner les solutions comme les stratégies avec relativement peu de conséquences. Sélectionner d'abord des projets en périphérie du cœur de métier de l'entreprise peut donner plus de latitude pour s'engager vers l'Industry 4.0. Il y a moins de pression et les collaborateurs ont moins peur d'échouer, ce qui peut en fin de compte conduire à une plus grande innovation* », estime ainsi Deloitte.

---

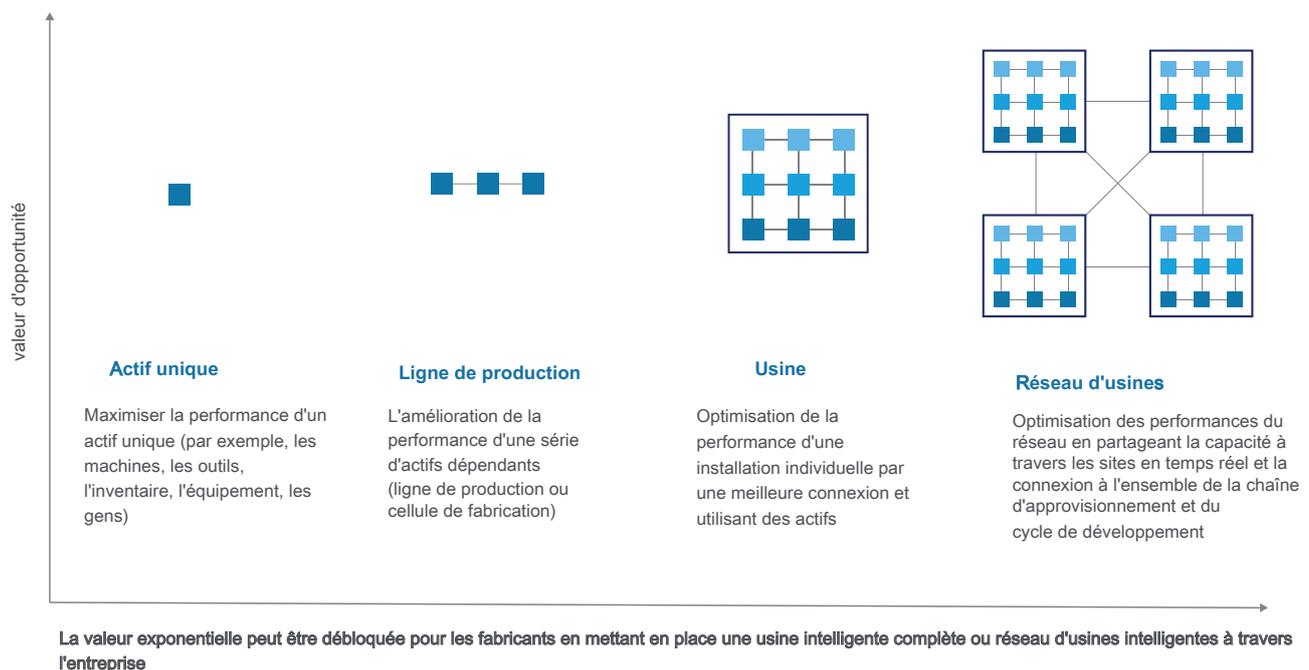
Une partie non négligeable des entreprises met en avant la sensibilité du dialogue social comme frein principal à la conduite de la transformation.

---

Dans la plupart des entreprises industrielles, l'IT et l'OT sont des départements distincts qui ne travaillent pas forcément ensemble. « *Ils doivent apprendre à collaborer* ».

---

Figure 3. Commencer petit et évoluer pour débloquer de la valeur



Dans 9 cas sur 10, la personne responsable du projet Industrie du Futur est un membre du comité de direction.

Le cabinet d'audit et de conseil recommande de commencer avec « une ou deux transformations pour prouver que cela fonctionne ». Si le succès est au rendez-vous, l'entreprise peut augmenter la prise de risques et étendre la transformation digitale sur un périmètre plus large. **Deloitte** défend ainsi le fameux principe : « *Think big, start small, and scale fast...* » (Pensez grand, commencez petit et évoluez rapidement...). Ce concept, inspiré des méthodes d'innovation dans le secteur IT, est déjà largement promu par les cabinets de conseils en transformation digitale, tous secteurs confondus. Il serait donc applicable également pour le secteur industriel.

Un échec ne doit pas non plus bloquer cette transformation. « *N'attendez pas la perfection et continuez d'itérer* ». Les technologies de l'industrie 4.0 évoluent rapidement », poursuit **Deloitte**. En d'autres termes, ce n'est pas parce qu'une solution ne donne pas pleinement satisfaction à un instant « *T* » qu'une future évolution ne débloquera pas la situation.

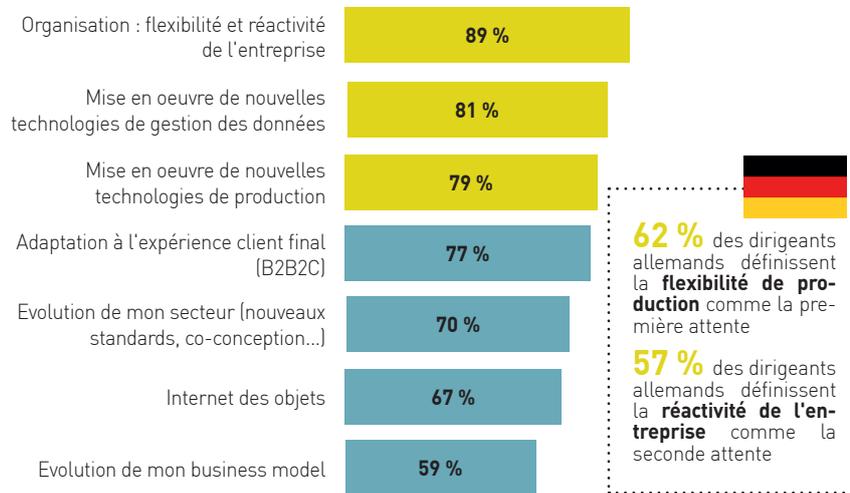
Bien souvent, ce qui va ralentir la transition vers l'Usine du futur n'a rien à voir avec la technologie. C'est plutôt l'organisation de l'entreprise et son mode de management qui vont freiner la transformation, car ils ne sont pas en phase avec la digitalisation des process, soulignent en chœur les cabinets de conseils. « *L'industrie manufacturière est globalement assez conservatrice dans sa manière de fonctionner. Changer les méthodes d'innovation, en allant vers du management plus transversal, en faisant de l'intelligence collective... Tout cela est très compliqué à mettre en place pour bon nombre d'industriels* », estime-t-on chez **AT Kearney** (Lire Smart Industrie N°16).

### UNE ORGANISATION DE L'ENTREPRISE PLUS « AGILE »

La réorganisation de l'entreprise est donc une étape cruciale pour aller vers l'Industrie 4.0. Elle peut être menée en parallèle du projet de digitalisation ou en amont. Dans tous les cas, elle est incontournable. Selon l'enquête **EY-OpinionWay** « *Croire en l'industrie*

## La première attente exprimée par les dirigeants est une organisation plus efficace

Quels sont selon vous les axes importants de développement de votre entreprise dans les 5 ans à venir ?



Enquête EY - OpinionWay (Octobre 2016 - 121 répondants)  
Enquête EY - Bitkom Research (2015) - 554 répondants

du futur et au futur de l'industrie » – Octobre 2016), 89 % des dirigeants interrogés citent ainsi l'organisation de l'entreprise comme un des principaux axes de développement pour aller vers l'Industrie du futur.

Vers quelle organisation faut-il tendre ? Le grand principe consiste à « *casser les silos* », en adoptant des méthodes de management avec davantage de transversalité.

**Les projets 4.0 requièrent en effet d'être menés par des équipes multidisciplinaires, issues de la production, des bureaux d'études, des métiers du marketing, de l'IT, etc.**

Ces équipes doivent donc se rapprocher et apprendre à travailler ensemble. Durant le projet de transformation digitale, elles vont devoir s'échanger régulièrement des informations et travailler sur les mêmes solutions numériques.

L'Industrie 4.0 requiert des « *organisations agiles* », avec moins de verticalité, confirme ainsi l'**Institut Moutagne**. « *L'industrie du futur n'est pas qu'un simple déploiement de robots ou d'outils plus ou moins techniques ou innovants,*

*afin d'accélérer la numérisation de la base industrielle. Il s'agit d'une véritable révolution du modèle industriel, en renouvelant l'organisation interne, en proposant un rôle transformé aux salariés [...] et en assurant une conduite plus agile de l'entreprise. [...] L'organisation qui en résulte est plus horizontale, avec un nombre limité de niveaux hiérarchiques et des interactions plus profondes entre ces niveaux* ».

Les rôles sont ainsi redéfinis, à commencer par celui de l'opérateur. « *L'opérateur a plus d'autonomie et est plus polyvalent, par exemple grâce à la réalité augmentée, ou à des instructions sur tablette. Les équipes organisées en îlots de production sont responsabilisées et ont un meilleur niveau de délégation pour décider. Le besoin d'encadrement de premier niveau et d'instruction est moindre. Le rôle de l'opérateur évolue vers l'utilisation de la donnée utile pour soutenir les équipes dans la prise de décision* », estime l'**Institut Moutagne** (lire également notre rubrique « *L'humain au cœur de l'Industrie 4.0* »).

Les projets 4.0 requièrent d'être menés par des équipes multidisciplinaires, issues de la production, des bureaux d'études, des métiers du marketing, de l'IT, etc.

Le but final de l'Industrie du futur est de déployer des solutions 4.0 donnant une approche « *customer centric* » à la production.

## L'USINE CENTRÉE SUR LE CLIENT : LE BUT ULTIME ?

Si les gains de performance sont bien entendu l'objectif à court terme, **le but final de l'Industrie du futur est de déployer des solutions 4.0 donnant une approche « customer centric » à la production,**

« Les exigences variées et changeantes des clients pilotent la production. C'est une nouvelle approche du consumérisme à laquelle il faut répondre pour créer de la richesse partagée et générer des emplois. On passe à un marché de l'offre personnalisée qui nécessite une nouvelle organisation de

## UNE USINE OPTIMISÉE, PROACTIVE ET HUMAINE

Selon les estimations des cabinets de conseil, il faudrait entre 5 et 10 ans à une entreprise pour passer à l'Industrie du futur, avec nécessairement des phases d'accélération, mais aussi de ralentissement. Cela peut sembler long. Mais ce processus est bien plus court que d'autres évolutions passées de l'industrie, comme par exemple l'automatisation réalisée dans les années 70-80, note EY. Le fait que les briques Industrie 4.0 empruntent beaucoup de technologies issues de l'univers IT facilite ainsi leur prise en main par les utilisateurs, de plus en plus habitués à utiliser des outils numériques (lire notre rubrique « L'humain au cœur de l'Industrie 4.0 »). De son côté, le **CGI prédit un déploiement massif de l'Industrie 4.0 à l'horizon 2050, ce qui représente une nouvelle génération d'industrie tous les 50 ans.**

### L'INCONTOURNABLE POC

La dernière étape du chemin vers l'Industrie du futur est le choix des solutions. Le catalogue ne cesse de s'étoffer et il existe aujourd'hui des outils répondant à la plupart des problématiques, avec des niveaux de maturités plus ou moins élevés. Selon les cabinets de conseil, mieux vaut se concentrer d'abord sur un nombre limité de solutions à tester plutôt que de partir sur un large volume de projets pilotes. « D'ordinaire, les entreprises rencontrées travaillent en parallèle sur un nombre limité de nouvelles technologies, entre 6 et 12, sélectionnées et hiérarchisées sur la base des critères choisis », souligne EY (lire également notre rubrique « Les solutions de l'Industrie 4.0 »).

Pour valider les options technologiques, il convient de tester leur faisabilité et les bénéfices de chaque brique dans le contexte spécifique de l'entreprise. Pour cela, il faudra lancer des projets pilotes, les fameux PoC (proof of concept), qui ne doivent durer que quelques mois, en général entre 2 et 5. Sur quelles solutions lancer ces PoC ? La priorité peut être de miser d'abord sur les projets ayant des ROI courts, de moins de 24 mois. Cela permet de réaliser des "quick wins", aux résultats rapidement évaluables.

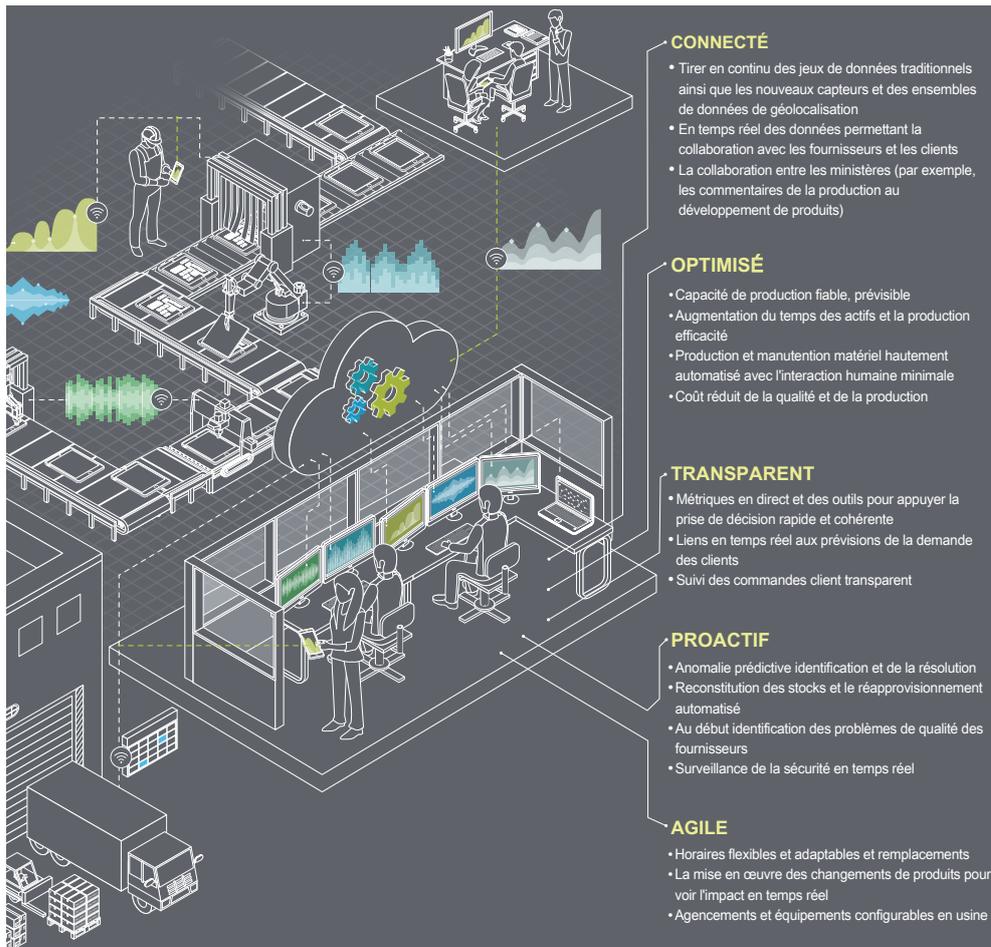
s'accordent à dire l'ensemble des cabinets de conseil. « La perspective à long terme d'une stratégie Industrie du futur doit être le client, même si le démarrage se fait par des PoC très technologiques et de production », indique EY. « Ceci est d'autant plus vrai que les entreprises industrielles françaises sont traditionnellement plutôt tournées vers les enjeux de production en amont de la chaîne de valeur (intégrer le fournisseur pour sécuriser le processus de production). Or, l'enjeu se déplace. Certaines entreprises commencent à redéfinir leurs schémas, au profit de l'aval, et plus spécifiquement du client. Ce mouvement doit être encouragé, car les risques de « désintermédiation » y sont nettement plus élevés désormais ».

la production, plus locale, et une digitalisation de la relation client », indique ainsi l'AIF dans son « Guide des technologies de l'Industrie du futur », paru en mars 2018.

Un point de vue partagé par l'Alliance Industrie du futur (AIF).



Figure 2 : les révolutions industrielles ont toujours été motivées par les innovations technologiques.



Source : Deloitte

CGI prédit un déploiement massif de l'Industrie 4.0 à l'horizon 2050, ce qui représente une nouvelle génération d'industrie tous les 50 ans.

Reste à savoir à quoi vont ressembler les usines du futur. Selon le cabinet **Deloitte**, se basant sur des projets déjà bouclés ou très avancés, elle sera connectée, optimisée, transparente, proactive et agile.

Ensuite, c'était tout de même le point de départ, l'usine du futur affiche des gains sensibles aux niveaux de la productivité, de la flexibilité et des coûts.

Pour le **BCG** et l'**Institut Montaigne**, l'usine du futur est également « plus humaine ». « Au-delà des gains, en termes de compétitivité, **cette révolution permet de mettre l'humain au centre de l'usine du futur, en renforçant l'autonomie et la motivation des équipes dans des organisations plus agiles** » (lire également notre rubrique « L'humain au cœur de l'Industrie 4.0 »).

Comme évoqué précédemment, l'usine du futur est aussi davantage

au service de la demande client. « Pour les consommateurs, elle offre un meilleur niveau de sécurité, grâce à l'amélioration de la qualité et à la traçabilité des produits (contrôle en ligne, ajustement accéléré en cas de défaut, utilisation de la blockchain pour tracer la provenance des composants, etc.). Elle permet également aux consommateurs de mieux mesurer les impacts liés à la consommation des produits (une plus grande transparence, des informations plus amples), conduisant ainsi à une responsabilisation renforcée et à une amélioration des rapports de confiance entre les différentes parties », poursuivent le **BCG** et l'**Institut Montaigne**.

Enfin, « pour la collectivité, l'usine du futur offre une réduction de l'impact environnemental via notamment l'optimisation de la consommation d'énergie et la réduction des déchets », concluent-ils. ▲

Cette révolution permet de mettre l'humain au centre de l'usine du futur, en renforçant l'autonomie et la motivation des équipes dans des organisations plus agiles.

# LES SOLUTIONS DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

**En 2018, la blockchain ou l'IA ont fait une percée remarquable dans les solutions de l'Industrie du futur. Traçabilité des échanges, analyse de données, interface homme/machine.... ces deux technologies complètent la longue liste des briques 4.0 qui couvrent aujourd'hui l'ensemble des domaines industriels, avec cependant des degrés de maturité très hétérogènes. Tour d'horizon des solutions techniques pour s'engager vers l'Industrie du futur.**

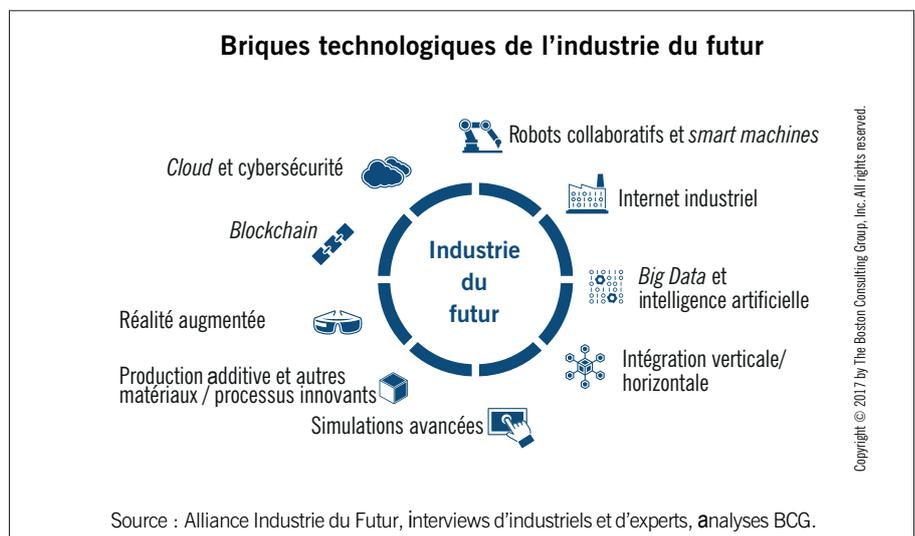
Le catalogue des solutions de l'Industrie du futur ne cesse de s'étoffer. En 2018, le cabinet EY identifiait plus d'une quarantaine de briques technologiques 4.0. Parmi elles, des grands classiques comme la gestion informatisée des processus industriels (MES), la maintenance prédictive, l'impression 3D ou encore le jumeau numérique. Mais l'année 2018 a été marquée par le développement de solutions basées sur deux technologies innovantes : la blockchain et l'Intelligence artificielle (IA). Comment s'y retrouver dans cette offre de plus en plus large et complexe ? Dans son rapport « *Industrie du futur, prêts, partez !* » (septembre 2018), l'Institut Montaigne et le BCG regroupent les solutions 4.0 autour d'une dizaine de grands concepts technologiques (voir schéma ci-contre).

Une vision partagée par le cabinet KYU Lab qui a identifié également dix grandes technologies de l'industrie du futur, dans son récent rapport

réalisé pour l'OPPIEC (« *Le devenir des métiers et des emplois dans la Branche du numérique, de l'ingénierie, des études et du conseil face à la transformation numérique de l'industrie* » - mai 2018).

Au-delà des solutions « historiques » de l'industrie 4.0, ces deux

classifications font donc désormais de l'IA une brique 4.0 à part entière. Selon les cabinets de conseil, la percée de l'IA dans le domaine industriel serait en effet une tendance forte de l'année 2018. Ce n'est pas réellement une surprise, puisque les briques 4.0 suivent mécaniquement les évolutions des technologies de



l'information et de la communication (TIC). « *L'Industrie du Futur s'appuie sur plusieurs axes technologiques, dont un est transversal à tous les autres : l'axe relatif aux TIC [...] Ce sont les TIC qui forment la colonne vertébrale de l'Industrie du Futur* », résume ainsi l'**AIF** dans l'édition 2018 de son « *Guide des technologies* ».

principe : exploiter les historiques de données pour trouver le meilleur scénario de production afin de le reproduire. « *Nos algorithmes étudient les données en cherchant les facteurs qui ont le plus d'influences sur la performance* », nous déclarait récemment son dirigeant Laurent Laporte (lire Smart Industrie N°14).

Cette année a été marquée par le passage à l'échelle industrielle de l'IA.

Il reste difficile de prédire quelles seront l'évolution et l'adoption de l'IA au cours des

10 à 15

prochaines années. Mais il est clair que son impact sera global.

**Les grandes technologies de l'Industrie du futur**

**Technologies de captation de l'information**  
Scanner, RFID, flashcode, capteurs de vibration de pression (MEMS)

**Outils de travail collaboratif**  
PLM (gestion du cycle de vie des produits), conception BIM, réseau social d'entreprise

**Engins et robots autonomes (drones, AGVs...)**  
Machines de picking, préparation de commandes, plateformes mobiles

**Réalité virtuelle et augmentée**  
Casques de réalité virtuelle/augmentée, opérateur augmenté

**Fabrication additive**  
Impression 3D, prototypage rapide

**Intelligence Artificielle**  
Collecte des données, connectivité de l'appareil productif, machine learning, aide à la décision

**Cobotique**  
Exosquelettes, bras autonomes, robots d'aide à la prise de décision

**Exploitation et valorisation de Big data**  
Logiciels prédictifs, APS, CPFR et modélisation

**Outils de visualisation et simulation**  
Simulation de comportements, durée de vie, résistance mécanique...

**Cybersécurité**  
Solutions de déchiffrement, pare-feux, protection des données

Cabinet KYU LAB - Le devenir des métiers et des emplois dans la Branche du numérique, de l'ingénierie, des études et du conseil face à la transformation numérique de l'industrie - Rapport complet - 16 mai 2018

Source : KYU Lab - OPIEC

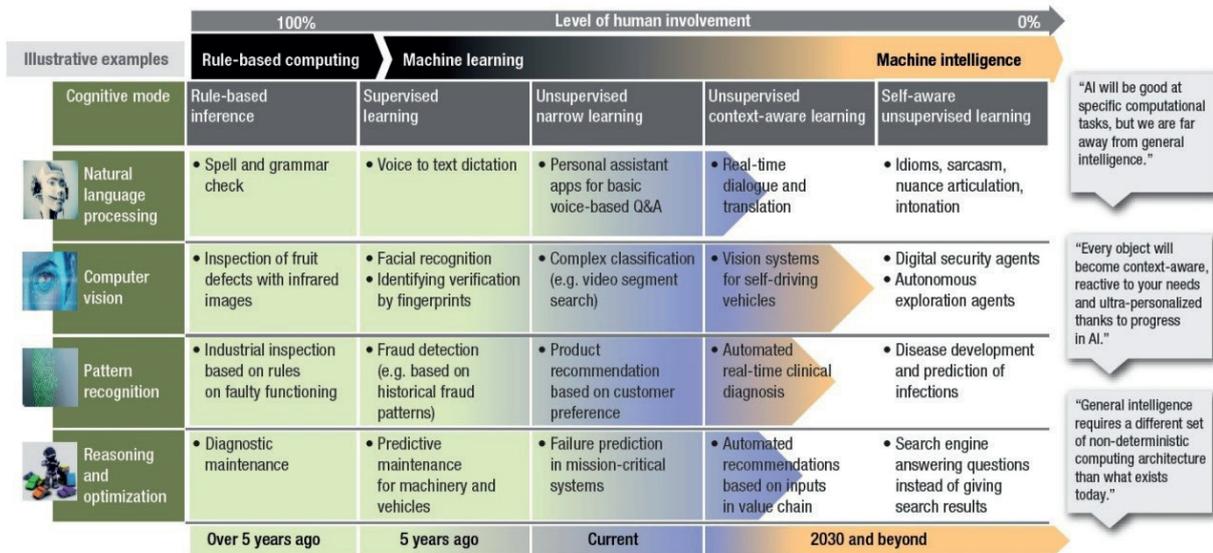
Or, après le Cloud computing, le Big-Data ou l'Internet des objets (IoT), l'IA a été au cœur du développement du secteur IT en 2018. « **Cette année a été marquée par le passage à l'échelle industrielle de l'IA** », estime ainsi le **Boston Consulting Group (BCG)** et Malakoff Médéric-Le Comptoir (Etude : « *IA et capital humain - Quels défis pour les entreprises ?* »-2018).

Voitures autonomes, assistants intelligents, chatbots... les applications grand public de l'IA ont popularisé cette technologie. Et dans l'industrie, les solutions se multiplient également, d'abord pour traiter les gros volumes de données et leur « *donner du sens* ». C'est ce que propose par exemple la société française Braincube, spécialisée dans l'« *intelligence artificielle au service de l'industrie* ». Une pépite qui a levé 12 millions d'euros fin 2018. Elle propose une solution d'optimisation des performances, basée sur l'analyse de data grâce à l'IA. Son

« *Un simulateur de l'appareil de production, ou jumeau numérique de performance, sert ensuite à tester des optimisations possibles. Ce sont les ingénieurs qui sélectionnent les facteurs qui leur semblent les plus pertinents. Et ensuite nous leur envoyons des recommandations sur les meilleurs réglages. L'ingénieur garde son rôle d'interprétation des résultats, mais grâce à l'IA, nous l'aiderons à traiter les données et à analyser les résultats* ».

Même si l'analyse de données reste la première application de l'IA dans l'industrie, d'autres outils se développent également, comme le rapporte le **BCG** dans son étude : « *The Ghost in the Machine : Artificial Intelligence in the Factory of the Future* » (avril 2018). Le cabinet évoque ainsi l'analyse avancée d'images pour le contrôle qualité, la reconnaissance vocale pour l'interface homme/machine, la recherche sur des documents techniques en langage naturel, sans oublier le développement des capacités cognitives

## Development of AI and its future state



Sources: Company websites; A.T. Kearney; A.T. Kearney/World Economic Forum workshop, November 2016; expert interviews

des robots, qui ouvre de nouvelles perspectives en matière de manipulation, mais aussi de déplacements dans un environnement industriel.

Une analyse partagée par le Syntec Numérique. « Les récents progrès des algorithmes d'apprentissage automatique (machine learning) par réseaux de neurones artificiels (deep learning) ont apporté un nouveau souffle à l'IA », estime le syndicat professionnel dans son livre blanc « Révolution digitale - Un nouveau rôle pour les acteurs du numérique ? ». Il évoque des cas d'usages similaires à ceux du

BCG. « Des systèmes intégrant ces technologies d'apprentissage se sont développés, élargissant l'horizon de la discipline. De nombreux domaines en tirent aujourd'hui parti pour accélérer leur progression : le véhicule autonome, le diagnostic médical, la robotique, l'analyse et la production automatisée de contenus, la maintenance prédictive, la reconnaissance d'images, l'interaction homme-machine, etc. ».

Et ce n'est qu'un début, selon le BCG, l'IA devrait progressivement se déployer sur l'ensemble des

processus et systèmes industriels : conception, production, supply chain, maintenance, mais aussi le marketing, les ventes ou la relation client. D'ici une décennie, l'IA sera ainsi omniprésente et s'imposera comme la « brique centrale » de l'industrie 4.0, prédit le cabinet de conseil.

Même point de vue chez AT Kearney : « Il reste difficile de prédire quelles seront l'évolution et l'adoption de l'IA au cours des 10 à 15 prochaines années. Mais il est clair que son impact sera global et que cette



## Forces et faiblesses de l'IA selon le Syntec Numérique

## FORCES

- Progrès technologiques rapides
- Capacité à pallier les limites de l'être humain et à automatiser des tâches complexes (traitement de gros volumes de données, etc.)
- Auto-améliorations du service

## FAIBLESSES

- Limites actuelles de la reconnaissance vocale et de l'analyse syntaxique
- Opacité des algorithmes de réseaux de neurones
- Difficulté à comprendre et anticiper la logique du machine learning
- Coûts de fonctionnement dans le temps.

## OPPORTUNITÉS

- Aide à la décision et analyse prédictive
- Gains de productivité liés à l'automatisation
- Amélioration des interactions hommes-machines
- Amélioration de la relation client (interne ou externe) en self-service

## MENACES OU RISQUES

- Multiplicité des protocoles ou des approches
- Résistance des acteurs traditionnels de la régulation
- Manque d'éthique et de responsabilité des créateurs de systèmes
- Fructuation et mauvaise expérience utilisateur

technologie va modifier en profondeur tous les aspects de la production », indique-t-il dans son étude « *Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value Creation* » (2017). A.T Kearney présente également sa vision de l'évolution technique de l'IA d'ici 2030 et au-delà.

## LES LIMITES DE L'IA

L'intelligence artificielle est aujourd'hui « à l'agenda de neuf entreprises sur dix » dans le monde et est donc « au cœur des réflexions

stratégiques des industriels », poursuit le BCG. Si elle suscite beaucoup d'intérêt et d'interrogations, l'IA reste encore relativement peu déployée. A l'échelle internationale, seuls 16 % des industriels l'ont ainsi intégrée dans l'un de leurs projets, poursuit le BCG. Les États-Unis et la Chine sont les plus avancés dans le domaine. Outre-Atlantique, 25 % des entreprises industrielles ont un projet intégrant de l'IA. En Chine, ce chiffre est de 23 %, en Inde de 19 %, en Allemagne de 15 %, au Royaume-Uni de 13 %, au Japon de 11 % et

en France... de 10 %. Le leadership de la France dans ce domaine fait d'ailleurs débat, mais l'Hexagone dépasse en tout cas la moyenne européenne (lire encadré).

Côté filières, elles n'ont pas toutes le même niveau de maturité concernant l'IA. Les entreprises de transports et de logistique, d'automobile et de technologie sont à l'avant-garde de l'adoption de l'IA. Les industries de transformation (industrie pharmaceutique et produits chimiques) sont en revanche les moins avancées.

## LA FRANCE : CHAMPIONNE DE L'IA ?

Selon PwC, l'industrie française est en première ligne sur l'IA. « *La France s'illustre comme leader des pays européens sur l'intelligence artificielle avec un taux d'implémentation de 7 % en France contre 5 % en moyenne en Europe et 9 % au niveau mondial. Les entreprises asiatiques sont à l'avant-garde, 15 % d'entre elles mettant en œuvre des solutions* », estime ainsi le cabinet britannique dans son étude « *Global Industry 4.0. - How to be a Digital Champion* » (avril 2018).

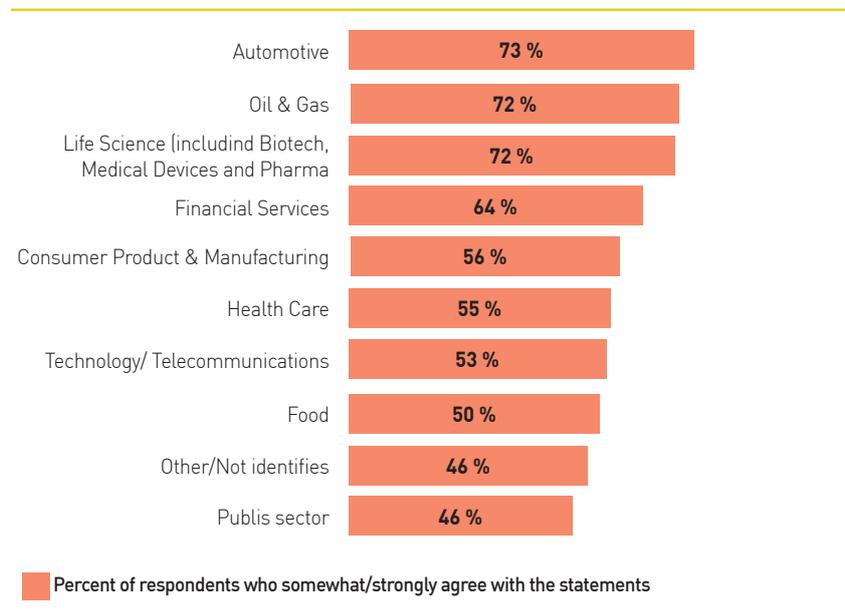
Une conclusion cependant nuancée par le BCG qui observe pour sa part que seulement 10 % des entreprises françaises ont des projets autour de l'IA, contre 16 % en moyenne au niveau mondial. « *Quand la plupart des dirigeants français en sont encore à se demander comment utiliser l'IA, les entreprises en Chine et en Inde optimisent déjà leurs usines du futur* », estime Olivier Bouffault, Partner & Managing Director à Paris. « *Les acteurs des marchés émergents font preuve de plus d'audace en matière d'IA et ne cessent d'identifier les possibilités d'application et d'amélioration continue des nouvelles technologies* ». Mais le BCG se veut tout de même optimiste et n'exclut pas que l'industrie française accélère son adoption de l'IA. « *Les industriels émettent un besoin croissant d'expertise sur l'IA. Nous l'observons notamment à travers BCG Gamma, notre entité dédiée à la data science : intéressés essentiellement par des PoCs il y a quelques mois, de plus en plus d'acteurs passent désormais directement au stade du développement de produits, à l'échelle* ».

Près de  
**70 %**  
des dirigeants  
admettent que  
« leur entreprise  
manque des  
compétences  
nécessaires en  
IA pour accélérer  
l'introduction  
des nouvelles  
technologies »

**32 %**  
des dirigeants  
d'entreprises  
s'intéressant à  
la Blockchain et  
mettent en avant  
la rapidité des  
opérations comme  
premier bénéfice

### Perceived disruption of Blockchain technology - by industry

Blockchain technology will disrupt my organization's industry - What is your level of agreement or disagreement with this statement regarding Blockchain technology ?



Source : Deloitte

Selon les cabinets de conseil, le principal frein à l'adoption de l'IA n'est pas technique. Le premier obstacle à son déploiement dans l'industrie reste le manque de compétences. Selon l'enquête mondiale du BCG, **près de 70 % des dirigeants admettent ainsi que « leur entreprise manque des compétences nécessaires en IA pour accélérer l'introduction des nouvelles technologies »**. Cela concerne tout particulièrement la gestion des données, les techniques d'analyse et la programmation.

« Les entreprises ne peuvent plus progresser en s'appuyant uniquement sur leurs connaissances en ingénierie. Les employés doivent savoir utiliser l'IA. Le défi réside désormais dans la formation des collaborateurs et le recrutement d'experts en data et analytics », précise le cabinet de conseil. « Pour réussir l'intégration de l'IA dans une entreprise, il faut à la fois des experts de l'IA et des collaborateurs expérimentés capables d'identifier des pistes d'application concrètes et bénéfiques. Ils doivent tous travailler ensemble de manière cross-fonctionnelle et agile ».

Autres difficultés : le manque de standardisation des outils d'IA. Le **Syntec Numérique** pointe ainsi la « *multiplicité des protocoles ou des approches* ». Le manque d'éthique et de responsabilité des créateurs de systèmes basés sur l'IA est également un risque à ne pas négliger, souligne le syndicat professionnel.

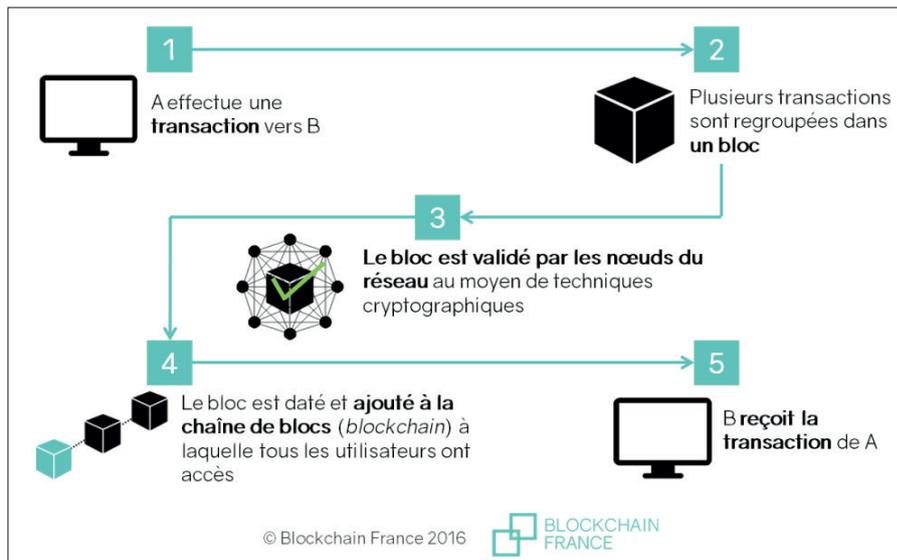
### BLOCKCHAIN : QUÉSACO ?

Autre grande tendance de l'année 2018 : le développement d'outils basés sur la technologie blockchain. « La blockchain est jugée comme l'innovation technologique la plus disruptive depuis Internet », résume ainsi le Syntec Numérique. Selon une étude mondiale du cabinet **Deloitte** (« *Breaking blockchain open* » -avril 2018), plus de 70 % des dirigeants de grandes entreprises estiment que cette technologie pourrait révolutionner leur secteur. Il s'agit notamment de responsables industriels dans le secteur de l'automobile, des hydrocarbures ou de la santé. Cette perspective atteint les 56 % pour les secteurs du manufacturing et des produits de grande consommation.

Mais de quoi parle-t-on ? La blockchain reste un concept relativement complexe à appréhender. Le **Syntec Numérique** en propose une définition : « la blockchain est un système de registre distribué et réputé inviolable dans lequel sont enregistrées toutes les transactions effectuées entre ses utilisateurs, depuis sa création. Les échanges sont effectués, sans organe central de contrôle. Les deux entités impliquées dans une transaction (personnes ou organisations) sont représentées par leurs clés numériques. Les transactions successives sont regroupées par blocs (d'où le nom de blockchain) et validées par le réseau lui-même selon un protocole qui dépend du type de blockchain ».

Concrètement, la blockchain est donc une base de données informatique qui contient l'historique de tous les échanges effectués entre les utilisateurs, depuis sa création. Mais cette base de données n'est pas hébergée sur un serveur unique, comme dans les systèmes classiques. Elle est répliquée sur tous les maillons du réseau, qui composent ainsi une « chaîne de blocs ». Et les informations contenues dans les blocs (transactions, titres de propriétés, contrats...) sont protégées par systèmes de chiffrements qui empêchent les utilisateurs de les modifier a posteriori. Autrement dit, toutes les opérations réalisées dans la blockchain sont enregistrées et ces enregistrements sont inaltérables. « La blockchain est donc une technologie de stockage et de transmission d'informations, transparente, sécurisée, et fonctionnant sans organe central de contrôle, ce qui permet à chacun de vérifier la validité de la chaîne », précise pour sa part le site spécialisé « [blockchainfrance.net](http://blockchainfrance.net) », qui a schématisé son fonctionnement.

Apparue en 2008, cette technologie était historiquement utilisée pour les échanges financiers par cryptomonnaie (Bitcoin ou Ethereum). Mais elle se décline aujourd'hui autour de multiples usages. Dans l'industrie, c'est au niveau de la « traçabilité » des échanges et opérations, notamment sur la supply chain, que la blockchain



se développe. Certains acteurs de la grande distribution l'utilisent ainsi pour garantir la traçabilité de leurs produits sur l'ensemble de leur chaîne logistique. Même chose dans l'industrie pharmaceutique qui commence à l'exploiter pour le suivi des médicaments.

Plus récemment, c'est l'industrie pétrolière qui a multiplié les annonces autour de la blockchain. Shell et BP ont ainsi lancé en novembre dernier leur plateforme « Vakt », à laquelle s'est notamment joint le français Total en début d'année 2019. Le principe est ici de sécuriser et d'automatiser les processus dits de « post-marchés

du fret ». La plateforme sert ainsi de support numérique pour automatiser les transactions entre les acteurs de la filière autour de la livraison du pétrole.

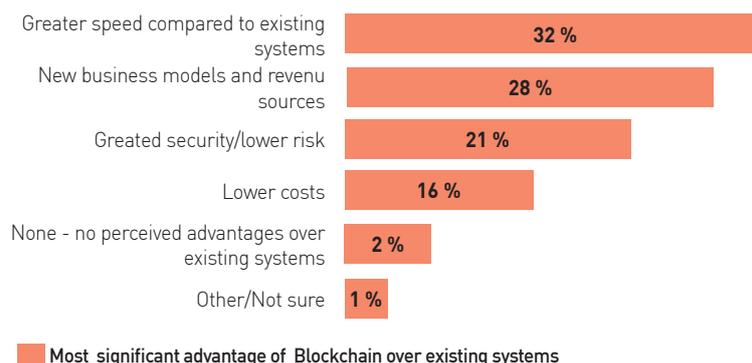
### SÉCURITÉ ET PERFORMANCES

Pourquoi cet engouement autour de la blockchain ? Cette infrastructure « décentralisée » offrirait des avantages en termes de cyber-sécurité, mais serait également plus performante. Par ailleurs, la blockchain serait moins coûteuse à mettre en place et à maintenir que les systèmes traditionnels. Selon **Deloitte**, au niveau mondial, **32 % des dirigeants d'entreprises**

#### Most significant advantages of Blockchain over existing systems

The most common answer when asked about Blockchain's advantages over existing systems was greater speed. This suggests companies are interested in leveraging Blockchain's real-time information exchange capabilities to speed up business processes and gain operational efficiencies. Additionally, 28 percent of respondents believe that Blockchain can help them unlock new revenue sources and business models, underscoring the technology's disruptive potential

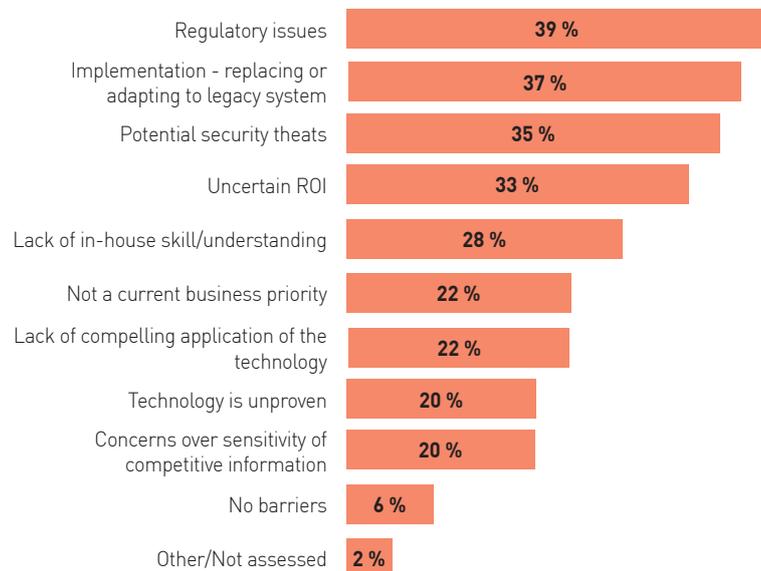
Which one of the following, if any, do you believe is the most significant advantage of Blockchain over existing systems when thinking of your specific industry ?



### Organizational barrier to greater investment in Blockchain technology

Companies face a wide variety of barriers to further investment in Blockchain, with the most common being regulatory barriers, replacing or integrating with legacy systems, potential security threats and uncertain return on investment.

What are your organization's barriers, if any to greater investment in Blockchain technology ?



Percent of respondents who feel the issue is a barrier to Blockchain investment

■ Percentages equal more than 100 percent because respondents were allowed to submit more than one answer.

Source : blockchainfrance.net

**s'intéressant à la Blockchain mettent en avant la rapidité des opérations comme premier bénéfice.** Ils sont 21 % à estimer qu'elle propose un niveau de sécurité accru et 16 % à y voir un intérêt économique.

Les applications industrielles de la blockchain n'en sont qu'à leurs prémices et se heurtent encore à certains obstacles. « *Les freins les plus courants sont les barrières réglementaires, au niveau de la gestion des données, ainsi que l'intégration des solutions blockchain avec les systèmes existants. Dans une moindre mesure, les menaces potentielles pour la sécurité et un retour sur investissement incertain ralentissent également son adoption* », observe **Deloitte**.

De son côté, le **Syntec Numérique** pointe également des faiblesses du côté des cadres réglementaires et juridiques, qui restent bien souvent inadaptés à l'usage de la blockchain. Le syndicat professionnel estime également que la réputation « *sulfureuse* » du Bitcoin reste un handicap pour le développement de cette technologie

### FORCES

- « Machines à confiance » : sécurité (intégrité des données, chiffrement, signatures), neutralité (transparence, validation neutre), traçabilité (registre consultable par tous), pérennité (registre infalsifiable pour l'éternité), accessibilité (publique, décentralisée, globale, répliquable).
- Solutions opérationnelles éprouvées (crypto-monnaies)
- Caractère fortement disruptif

### FAIBLESSES

- Difficulté d'appréhension du concept
- Durée de validation d'un bloc (environ 10 mn actuellement pour Bitcoin)
- Réputation sulfureuse du Bitcoin (activités du dark web : trafic, blanchiment, etc.)
- Jeunesse des implémentations autres que Bitcoin
- Défaut de cadres réglementaire et juridique
- Gouvernance communautaire (donc compliquée)
- Cas d'usage plutôt orientés cryptage

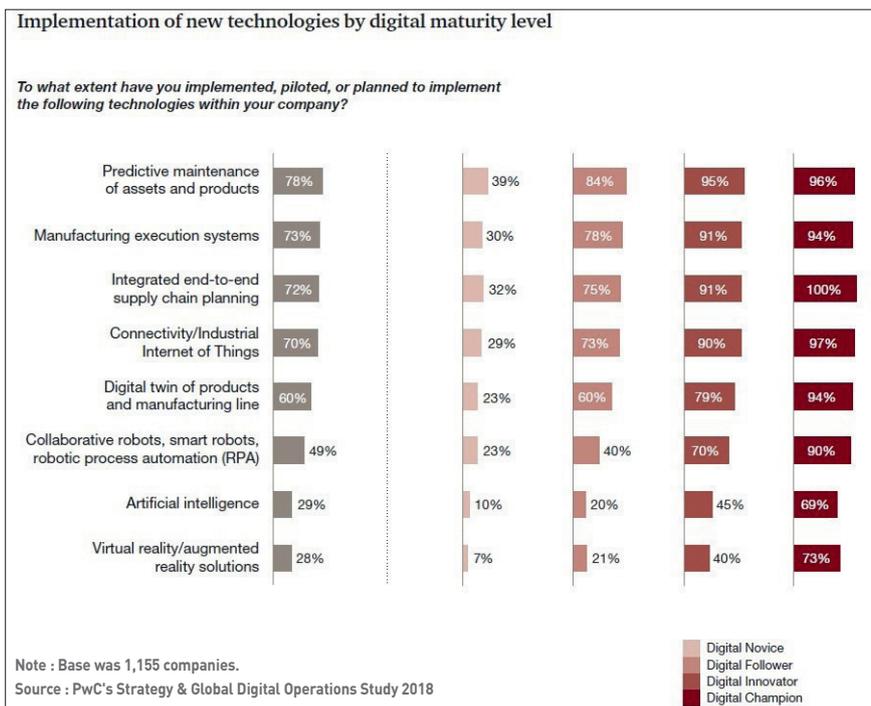
### OPPORTUNITÉS

- Impact macro-économique du Bitcoin
- Modernisation de la banque, des assurances et du secteur public
- Déploiement de services non existants dans les pays émergents (cadastres)
- Protection des données (GDPR) et cybersécurité
- Révision complète des processus métier
- Nouveaux modèles d'économie collaborative

### MENACES OU RISQUES

- Perte de contrôle des systèmes (contrats automatiques)
- Impact sur certains emplois (métiers d'intermédiaire)
- Absence de responsabilité juridique
- Utilisation à des fins illégales ou non éthiques
- Réticences, lobbying « anti » et volonté de contrôle des administrations et acteurs historiques centraux (banques, assureurs, énergie, etc.)

Source : Syntec Numérique



La maintenance prédictive fait quasiment l'unanimité des

10 %

d'entreprises les plus avancées au monde en matière d'industrie 4.0

dans les entreprises. Enfin, la « difficulté d'appréhension du concept » reste un frein à son développement.

**LA MAINTENANCE PRÉDICTIVE : DÉSORMAIS UN « CLASSIQUE »**

L'IA ou la blockchain restent des solutions émergentes. Pour la plupart des acteurs industriels, elles ne constituent pas la principale porte d'entrée vers l'usine du futur. En revanche, la maintenance prédictive s'est imposée comme une valeur sûre des briques 4.0. Selon l'étude de PwC (Global Digital Operations Study 2018 - Digital Champions), cette solution possède aujourd'hui le taux d'adoption le plus élevé auprès des entreprises engagées vers l'Industrie du futur. Au niveau mondial, elles sont ainsi 78 % à l'avoir déployée, ou envisager de le faire prochainement. Chez les « champions industriels du digital », identifiés par PwC, ce taux grimpe même à 96 %. **La maintenance prédictive fait donc quasiment l'unanimité dans cette tranche des 10 % d'entreprises les plus avancées au monde en matière d'industrie 4.0.**

Rappelons son principe : la maintenance prédictive exploite des données en provenance des équipements et les croise avec d'autres datas, comme les

historiques de maintenance des logiciels de GMAO. Cela permet d'identifier des prémices de panne, telles que les dérives par rapport au fonctionnement normal d'une machine. Le dysfonctionnement peut être prédit plusieurs jours, voire plusieurs semaines à l'avance. Avantages de la maintenance prédictive : elle va permettre d'éviter les pannes tout en planifiant les opérations de maintenance suffisamment à l'avance pour les réaliser durant



## Implementation of new technologies by geographic region

To what extent have you implemented, piloted, or planned to implement the following technologies within your company?



Note : Base was 1,155 companies.

Source : PwC's Strategy & Global Digital Operations Study 2018

les heures creuses de la production. Elle permet aussi de gagner en qualité produit (lire notre tableau récapitulatif des solutions de l'Industrie du futur en fin de chapitre).

Autre « classique » des solutions 4.0 : la gestion informatisée des processus

industriels (MES) qui arrive en deuxième position des solutions les plus déployées en 2018. Selon le classement mondial de PwC, son taux d'adoption est aujourd'hui de 73 %. Viennent ensuite : les solutions de supply chain management (SCM) avec 72 %, l'usine connectée (70 %), le jumeau numérique

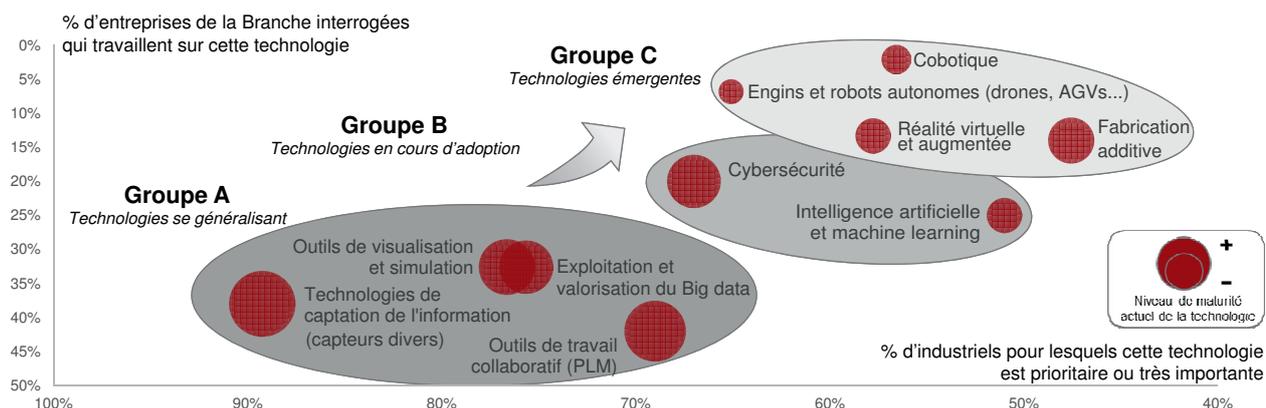
(60 %), la cobotique et autre Robotic Process Automation (RPA) (49 %) ou encore la réalité virtuelle et augmentée (28 %).

D'un point de vue géographique, l'Europe est la championne du MES. Cette solution arrive en effet juste derrière la maintenance prédictive en termes d'adoption sur le Vieux Continent. Outre-Atlantique, ce sont les systèmes de planification de la logistique qui restent les plus déployés, toujours après la maintenance prédictive. En Asie-Pacifique, en revanche, ce sont les systèmes planification de la supply chain qui ont le vent en poupe.

En France, les technologies 4.0 déployées dans l'industrie suivent globalement les grandes tendances mondiales. L'enquête réalisée en 2018 par KYU Lab, auprès de 300 industriels français, cite ainsi comme « technologies généralisées » : la maintenance prédictive, les solutions de travail collaboratif (PLM), le traitement de données (Big-Data), les outils de captation de l'information (usine connectée) et les solutions de simulation (jumeau

## Identification des nouvelles technologies - Les grandes technologies de l'Industrie du futur

Source : enquêtes KYU Lab Industriels et Branche



**Dans l'Industrie du futur, nous distinguons trois groupes de technologies à des niveaux de maturité et d'adoption différents :**

**Groupe A :** technologies apparues dans les 10 dernières années qui se sophistiquent. Elles sont utilisées pour automatiser et digitaliser les process industriels.

**Groupe B :** technologies qui ne sont pas toujours bien maîtrisées car les compétences dans ces domaines sont rares en France. Le besoin d'adoption de ces technologies est clairement identifié pour limiter les risques (amélioration continue des systèmes de maintenance prédictive, aide à la prise de décision, protection des systèmes d'information grâce aux systèmes de cybersécurité).

**Groupe C :** technologies qui n'ont pas encore trouvé leurs périmètres d'application ou dont la nécessité ne se fait pas ressentir à court terme pour certains industriels. L'engouement autour de ces technologies est avéré mais les industriels ne sont pas encore certains de la valeur ajoutée qu'elles peuvent apporter.

Cabinet KYU LAB - Le devenir des métiers et des emplois dans la Branche du numérique, de l'ingénierie, des études et du conseil face à la transformation numérique de l'industrie - Rapport complet - 16 mai 2018



numérique). Les technologies « émergentes » dans l'Hexagone sont la fabrication additive, la réalité virtuelle et augmentée, la cobotique ainsi que les engins et robots autonomes (AGVs...).

### DES BRIQUES POUR CHAQUE FILIÈRE

Le choix des briques dépend des enjeux identifiés par chaque entreprise. Or, ces enjeux sont largement partagés au sein des filières industrielles (lire notre rubrique « Industrie

des enjeux spécifiques, mais pour lesquels l'industrie du futur apporte des solutions », estime le rapport.

Pour l'aéronautique, les trois principaux enjeux en France sont de développer la flexibilité en production face une demande de natures diverses, de réduire les coûts pour faire face à la concurrence et de poursuivre les améliorations des produits et services. Pour y répondre, les cabinets de conseils mettent notamment en avant les outils de simulation, comme

# 4

grandes solutions de l'industrie du futur sont mises en avant : le BIM, les matériaux augmentés, les travailleurs et équipements augmentés, et le Big-Data

### 6 grandes solutions utilisant les nouvelles technologies sont potentiellement très prometteuses par le secteur aéronautique

Solutions	Cas d'application dans la filière	Bénéfices				
		Humain	Qualité	Revenus	Coûts	Rapidité d'exécution
1 Virtualisation de la ligne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboration d'une <b>simulation du processus complet</b></li> <li>Utilisation d'un <b>jumeau numérique</b> pour estimer les impacts d'un changement sur la ligne afin d'optimiser les launch time / temps de set-up</li> </ul>	■	■	■	■	■
2 Flux digitaux et gestion de la production dynamique	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Digitalisation des flux et ordonnancement dynamique</b> :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ajustement charge - capacité en temps réel, réduction des tâches sans VA</li> <li>Ordonnancement dynamique (y c avec fournisseurs), temps de cycles courts</li> <li>Gestion des stocks intermédiaires au minimum</li> </ul> </li> </ul>	■	■	■	■	■
3 Semi-automatisation des lignes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise à profit de la <b>cobotique</b> :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Co-automatisation de certaines activités (assemblage, réglage, etc.)</li> <li>Réduction des tâches répétitives</li> </ul> </li> </ul>	■	■	■	■	■
4 Poste d'assemblage assisté	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aide digitale</b> (par ex. lunettes ou tablettes) au montage, approvisionnement bord de ligne en kit</li> <li>Meilleure ergonomie des postes de travail et développement de la polyvalence</li> </ul>	■	■	■	■	■
5 Traçabilité et qualité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capture des différents <b>paramètres (tests, production, configuration)</b> tout au long des étapes et exploitation des données pour améliorer la qualité</li> <li>Automatisation des <b>contrôles et tests de qualité</b> (par ex. via la reconnaissance visuelle)</li> <li>Traçabilité de la pièce (meilleure maîtrise des retours clients)</li> </ul>	■	■	■	■	■
6 Impression additive	<ul style="list-style-type: none"> <li>Développement du 3D pour les prototypes, les moules et les pièces de rechange des équipements</li> </ul>	■	■	■	■	■

Source : Roland Berger

du futur : mode d'emploi »). Le rapport « Etude des filières industrie du futur », réalisé en 2017 par **Accenture Consulting, EY** et **Roland Berger**, propose par conséquent une sélection de solutions spécifiques à six secteurs français : aéronautique, construction, ferroviaire, automobile, naval et agro-alimentaire. « Chaque filière présente

le prototypage 3D ou le jumeau numérique. Dans une moindre mesure, la cobotique et la fabrication additive offrent également des perspectives non négligeables.

La filière française de la construction doit pour sa part relever quatre principaux défis pour maintenir sa

# 3

enjeux clés pour la filière française de l'automobile : améliorer sa compétitivité, préparer le véhicule et les services du futur et se développer à international.

## 4 principales solutions seront développées sur les prochaines années

Solutions	Cas d'application dans la filière	Bénéfices				
		Humain	Qualité	Revenus	Coûts	Rapidité d'exécution
1 <b>BIM (Building Information Management)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maquette 3D incluant une base de données de tous les composants de l'ouvrage, leurs caractéristiques techniques et la relation entre eux</li> <li>Processus et méthode incluant la génération et la gestion de représentations digitales d'un projet, toutes intégrées sur une même plateforme</li> <li>Nouvelle forme de travail et de collaboration, virtuelle ou sur site, autour d'une description de projet partagée, organisée et centralisée</li> </ul>	■	■	■	■	■
2 <b>Travailleurs et équipements augmentés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capteurs (position, I°, pression, cœur, etc.) dans les EPI pour collecter automatiquement les données sur les conditions de travail, géolocaliser les travailleurs et prévenir les situations à risque</li> <li>Drone, cobotique (robotique collaborative) avec intelligence artificielle visant à amplifier ou guider les gestes des travailleurs</li> <li>Réalité augmentée pour augmenter les connaissances du travailleur sur le terrain : plan, notices, mode opératoire</li> <li>Capteurs (position, I°, pression, consommation, etc.) dans les équipements pour une logistique et utilisation optimisées et une maintenance prédictive</li> </ul>	■	■	■	■	■
3 <b>Matériaux augmentés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capteurs (position, I°, humidité, etc.) dans les matériaux</li> <li>Matériaux et infrastructures éco-responsables : béton séquestrant du CO<sub>2</sub>, ciment d'argile, béton auto-réparant, vitres photovoltaïques, etc.</li> </ul>	■	■	■	■	■
4 <b>Analytique et big data</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Outils d'analyse prédictive visant à contrôler l'avancement et budget d'un projet et anticiper les risques éventuels</li> <li>Outils d'analyse prédictive basée sur le big data visant à identifier les opportunités d'acquisition</li> </ul>	■	■	■	■	■

Source : Roland Berger

## 6 grandes solutions sont très adaptées au secteur automobile

Solutions	Cas d'application dans la filière	Bénéfices				
		Humain	Qualité	Revenus	Coûts	Rapidité d'exécution
1 <b>Virtualisation de la ligne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboration d'une simulation du processus complet</li> <li>Utilisation d'un jumeau numérique pour estimer les impacts d'un changement sur la ligne afin d'optimiser les launch time / temps de set-up</li> </ul>	■	■	■	■	■
2 <b>Flux digitaux et gestion de la production dynamique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Digitalisation des flux et ordonnancement dynamique: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ajustement charge - capacité en temps réel, réduction des tâches sans VA</li> <li>Ordonnancement dynamique (y c avec fournisseurs), temps de cycles courts</li> <li>Gestion des stocks intermédiaires au minimum</li> </ul> </li> </ul>	■	■	■	■	■
3 <b>Machines intelligentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ajustement adaptatif et intelligent des paramètres de production en temps réel afin de stabiliser le process et réduire la non-qualité</li> <li>Permettre de réduire les niveaux de tolérances et consommer moins de matière</li> </ul>	■	■	■	■	■
4 <b>Poste d'assemblage assisté</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aide digitale (par ex. lunettes ou tablettes) au montage et semi-automatisation (cobot), approvisionnement bord de ligne en kit</li> <li>Meilleure ergonomie des postes de travail et développement de la polyvalence</li> </ul>	■	■	■	■	■
5 <b>Traçabilité et qualité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capture des différents paramètres (tests, production, configuration) tout au long des étapes et exploitation des données pour améliorer la qualité</li> <li>Automatisation des contrôles et tests de qualité (par ex. via la reconnaissance visuelle)</li> <li>Traçabilité de la pièce (meilleure maîtrise des retours clients)</li> </ul>	■	■	■	■	■
6 <b>Impression additive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Développement de la 3D pour les prototypes, les moules et les pièces de rechange des équipements</li> </ul>	■	■	■	■	■

Source : Roland Berger

## Illustration des solutions innovantes permettant de répondre aux enjeux de la filière navale

Solutions	Cas d'application dans la filière	Bénéfices				
		Humain	Qualité	Revenus	Coûts	Rapidité d'exécution
1 <b>Solutions de travail collaboratif / Maquette numérique partagée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestion rationnelle et cohérente de l'ensemble du navire et de ses spécifications (composants, caractéristiques techniques...) tout au long du cycle de vie</li> <li>Mise en place de standards de conception et de standards numériques partagés entre les DO et les sous-traitants</li> </ul>	■	■	■	■	■
2 <b>Réalité virtuelle / Simulation dynamique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Salle de réalité virtuelle pour simuler les conditions de production et maintenance</li> <li>Validation d'un prototype/système complexe par simulation</li> <li>Présentation en immersion des gammes de navires, de l'aménagement d'une cabine directement au client</li> </ul>	■	■	■	■	■
3 <b>Réalité Augmentée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aide au montage et au contrôle des panneaux d'un navire, aide à l'intégration d'une construction neuve</li> <li>Transmission en temps réel au capitaine d'informations d'aide au pilotage</li> <li>Assistance à distance pour des opérations de maintenance en mer</li> </ul>	■	■	■	■	■
4 <b>Robotique / cobotique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Robotisation des activités de soudage d'éléments complexes ou en espace confiné</li> <li>Robotisation des activités de découpe, sablage, rainurage, peinture</li> <li>Drones pilotés pour les opérations de contrôle/maintenance</li> <li>Automatisation de lignes d'assemblage</li> </ul>	■	■	■	■	■
5 <b>Accès aux informations en temps réel / solutions de mobilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dématérialisation de la documentation technique et accès direct sur les lignes de production et de maintenance</li> <li>Pilotage et synchronisation des opérations en temps réel</li> <li>Développement de services à valeur ajoutée pour l'exploitation et la maintenance du navire</li> <li>Mesure de la performance réelle des activités de montage</li> </ul>	■	■	■	■	■

Source : Roland Berger

croissance : proposer des produits et services innovants et technologiques, améliorer la réalisation de projets en termes opérationnels, développer la communication et la collaboration au sein de son écosystème, et gagner en agilité dans la chaîne de valeurs. « En réponse à ces enjeux stratégiques, la filière devra entre autres adopter les nouvelles méthodologies d'innovation et d'accélération go-to-market, accroître l'efficacité de sa chaîne d'approvisionnement, réduire les risques d'accidents, fluidifier le partage d'informations (notamment liées aux projets) entre les différents acteurs / projets, et transformer son business model pour gagner en agilité dans un monde en constante évolution », indique le rapport.

Quatre grandes solutions de l'industrie du futur sont mises en avant par les cabinets de conseil pour cette filière : le BIM, les matériaux augmentés (connectés et/ou écoresponsables), les travailleurs et équipements augmentés (mobilité, capteurs, drones, cobotique, réalité augmentée...) et le Big-Data.

La filière ferroviaire hexagonale fait quant à elle face à une concurrence accrue, notamment de modes de transports terrestres tels que l'auto-car ou le covoiturage. Cette industrie doit donc se diversifier, développer de nouveaux services attractifs, gagner en compétitivité et réduire les coûts de fabrication et d'exploitation. Quatre principales solutions de l'industrie du futur devraient permettre de répondre à ces challenges, dont la maintenance prédictive et le Big Data.

Le secteur automobile français souffre d'une trop faible rentabilité, qui pénalise l'investissement. La filière est également en pleine mutation technologique avec le développement de la motorisation électrique, des voitures connectées et du véhicule autonome. Le rapport note donc **trois enjeux clés pour la filière française de l'automobile : améliorer sa compétitivité, préparer le véhicule et les services du futur et se développer à international.**

## 6 grands types de technologies soutiennent la modernisation de l'industrie grâce à leurs bénéfices

Solutions	Cas d'application dans la filière	Bénéfices				
		Humain	Qualité	Revenus	Coûts	Rapidité d'exécution
1 <b>Co / Robot Capteurs, Matériaux &amp; Outils Connectés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En amont utilisation de drones, de capteurs physiques ou biologiques de collecte de données; terrain pour faire de l'agriculture de précision et ajuster en temps réel.</li> <li>Dans les opérations de transformation, réduire les temps morts, le gaspillage, anticiper les réglages de production, allouer les tâches pénibles à un robot complétant l'humain.</li> </ul>	■	■	■	■	■
2 <b>Big Data, Analyse de Données, Visualisation, Intelligence Artificielle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prendre des décisions factuelles pour compléter l'intuition basée sur l'expérience.</li> <li>Définir des alertes prédictives sur des données internes/externes et anticiper une décision.</li> <li>Explorer les données, identifier des corrélations, proposer des innovations de rupture</li> <li>Communiquer en direct avec le consommateur sur son expérience et intégrer ses besoins.</li> </ul>	■	■	■	■	■
3 <b>Plateforme Collaborative</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raccourcir le circuit de distribution entre agriculteur / transformateur / consommateur.</li> <li>Fournir des services au consommateur au-delà du produit pour une expérience entière.</li> <li>Connecter des professionnels entre eux pour faciliter les échanges.</li> <li>Construire des consortiums de professionnels pour faciliter les échanges commerciaux.</li> </ul>	■	■	■	■	■
4 <b>Blockchain</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suivre les échanges sur la chaîne de transformation:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Pour maîtriser la traçabilité des productions de l'amont à l'aval.</li> <li>Pour être en mesure de rémunérer la valeur ajoutée à chaque maillon.</li> <li>Pour automatiser certaines tâches à faible valeur ajoutée.</li> </ul> </li> <li>Valoriser les coproduits en cycle fermé en connectant des acteurs de filières différentes.</li> </ul>	■	■	■	■	■
5 <b>Réalité Augmentée, Mixte, Virtuelle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réalité augmentée en maintenance prédictive pour associer la donnée technique à la réalité</li> <li>Réalité virtuelle pour former des employés à des situations de crise sans intervention sur site</li> <li>Réalité mixte pour faire vivre au consommateur son expérience de consommation.</li> <li>Réalité virtuelle / augmentée / mixte en R&amp;D pour simuler un développement et l'accélérer.</li> </ul>	■	■	■	■	■
6 <b>Solution Intégrée de gestion d'entreprise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un progiciel intégré couvrant les différentes activités du groupe pour éviter / simplifier                             <ul style="list-style-type: none"> <li>La fragmentation de la vision de la performance d'entreprise.</li> <li>Les redondances d'activités entre plusieurs services (saisies, re-saisies...).</li> <li>L'empilement des contrôles et les risques de manquement associés.</li> <li>Les incohérences de rôles et de responsabilités en particulier transverses</li> </ul> </li> </ul>	■	■	■	■	■

Source : Roland Berger

« Six solutions de l'industrie du futur, dont le jumeau numérique, contribuent potentiellement à l'obtention de ces performances et peuvent générer un bénéfice significatif sur l'ensemble de la chaîne, mais nécessitent un changement des pratiques important », indiquent les cabinets de conseil.

Le secteur naval français doit innover, face à une concurrence internationale accrue, notamment en provenance de pays émergents, estiment les cabinets de conseil. Il doit également augmenter sa compétitivité et réduire ses coûts de fabrication, d'exploitation et de maintenance. La maquette numérique partagée, la réalité virtuelle et

augmentée, ainsi que la cobotique pourraient aider cette filière à relever ces défis, estime le rapport.

Enfin, l'industrie agro-alimentaire doit redresser ses marges en « investissant dans des technologies de pointe permettant d'améliorer la productivité des processus industriels ». Elle doit également « transformer la relation consommateur en proposant une expérience de consommation (produit, emballage, service) riche, singulière et hyper-personnalisée centrée sur l'émotion du besoin en associant les réalités ». Ce secteur doit aussi s'interroger sur l'expérience sociale, au-delà de l'expérience consommateur, c'est-à-dire « développer

des entreprises citoyennes engagées sur la maîtrise de leur impact environnemental et sociétal en renforçant la coopération amont/aval et en contribuant à la maîtrise des ressources rares ». Le Big Data, la réalité augmentée et même la blockchain peuvent être des solutions pour atteindre ces objectifs.

### VERS DES SOLUTIONS « PRÊTES À L'EMPLOI » ?

Quelles évolutions futures sont attendues pour les solutions 4.0 ? Leur « standardisation » est une des pistes les plus privilégiées par les observateurs du secteur. Nécessitant encore de larges travaux de développements, spécifiques à chaque cas d'usage, les briques 4.0 pourraient ainsi être progressivement proposées « sur étagères ». Elles seraient développées « en série » et non pour un projet particulier, même si bien entendu un travail de personnalisation et d'intégration resterait nécessaire. En devenant des produits standard, le coût de ces outils serait moindre et les délais de mise en œuvre réduits. Au passage, elles deviendraient d'autant plus accessibles aux PME et ETI, qui n'ont pas toujours les moyens de financer de lourds travaux de développements.

Développer des solutions « prêtes à l'emploi » est justement une des missions des centres d'« accélération de

### TROUVER LA BONNE COMBINAISON DE SOLUTIONS 4.0

Selon les cabinets de conseil, les entreprises engagées dans une démarche d'industrie du futur travaillent en parallèle sur un nombre limité de nouvelles technologies, entre 6 et 12 d'après EY (lire notre rubrique « Industrie 4.0 : mode d'emploi »). Elles sont sélectionnées selon leur cohérence avec les axes stratégiques retenus par l'entreprise, mais aussi les retours sur investissements attendus. La plupart des acteurs misent ainsi sur des ROI relativement courts allant de 6 à 24 mois. Les technologies les plus coûteuses, comme la fabrication additive, sont bien entendu les plus longues à être rentabilisées. D'autres comme la réalité augmentée, qui ne requiert pas d'infrastructures lourdes, ont classiquement un ROI de moins d'un an. L'achat d'un robot collaboratif serait quant à lui rentabilisé en moyenne entre 12 à 18 mois.

Les briques doivent également être choisies en fonction de leurs synergies. Les bénéfices de l'industrie du futur sont en effet attendus grâce à une combinaison de solutions dont la valeur réside dans leur action conjointe. « Les vrais bénéfices arrivent si l'on met en place plusieurs technologies. Pour avoir un retour sur investissement plus rapide, il faut par exemple travailler à la fois sur la productivité et sur la flexibilité, plutôt qu'uniquement sur l'un des deux. C'est ce que fait par exemple l'industrie automobile », explique Xavier Mesnard, Associé chez AT Kearney.

Développer des solutions « prêtes à l'emploi » est l'une des missions des centres d'« accélération de l'industrie du futur »

---

Pour l'instant, la plupart des briques 4.0 sont encore loin d'être « prêtes à l'emploi »

---

*l'industrie du futur*» qui doivent ouvrir leurs portes en France à compter de 2019. « Ces centres permettront aux PME et aux ETI d'avoir accès à des cas d'usage métier au cœur de leurs chaînes de valeur ainsi qu'à des solutions prêtes à l'emploi, adaptées à leur secteur », souligne l'**Institut Montaigne** dans son rapport de 2018. L'institut met en avant des initiatives similaires, autour de centres d'excellence, déployés en Allemagne ou à Singapour. Ces structures public/privées seraient de nature à favoriser l'émergence de solutions standardisées pour les filières, ce qui en accélérerait l'adoption, conclut l'organisme.

En France, des « clusters » d'industriels développent déjà des solutions 4.0 communes. Le cabinet **Roland Berger** participe par exemple au développement du « cluster » « We Network », qui fédère la filière électronique de l'Ouest de la France. « Nous nous donnons cinq ans pour créer un centre de recherche commun, y développer des briques 4.0 et les répartir entre les acteurs », nous confiait récemment Eric Kirstetter, associé chez **Roland Berger** (lire Smart Industrie N°16).

En février 2019, We Network

a repris la « Cité de l'objet connectée » (COC) », près d'Angers, pour y installer un premier « Technocampus de l'électronique ». Ce centre d'innovation collective va notamment mener des travaux autour des cobots, des véhicules autoguidés et de la gestion des stocks de composants. Au total, ce cluster vise à développer une trentaine de briques 4.0 standardisées pour la filière électronique.

Reste que **pour l'instant, la plupart des briques 4.0 sont encore loin d'être « prêtes à l'emploi »**. Mais il s'agit effectivement du cycle de maturation classique pour les solutions digitales. Le cloud computing en est un parfait exemple. Amazon, Microsoft ou Google proposent aujourd'hui des solutions cloud « clés en main », intégrant des fonctionnalités communes à tous leurs clients, qui séduisent des PME par leurs tarifs attractifs et leur facilité de mise en œuvre. Dans son étude, le **Syntec Numérique** cite ainsi l'« étendue des solutions prêtes à l'emploi » comme une des principales forces de l'informatique dans les nuages. Les briques 4.0, qui suivent globalement le même chemin que les solutions IT, pourraient vraisemblablement connaître cette même évolution vers des produits « prêtes à l'emploi ». ▲



**Tableau récapitulatif des solutions de l'Industrie du futur**

Sources : édition 2018 du « GUIDE PRATIQUE DE L'USINE DU FUTUR » publiée par l'AIF + sources complémentaires précisées

Explication du barème de maturité de l'offre : Émergent, Laboratoire, Prouvé, Mature, Fréquent, Pervasif

NOM	DÉFINITION	PRINCIPAUX BÉNÉFICES	MATURITÉ DE L'OFFRE
MAINTENANCE PREDICTIVE	« La maintenance prévisionnelle (aussi appelée « maintenance prédictive » par calque de l'anglais « predictive maintenance », ou encore « maintenance anticipée ») est une maintenance conditionnelle basée sur le franchissement d'un seuil prédéfini qui permet de donner l'état de dégradation du bien avant sa détérioration complète ». (Yannick Dentinger : intervenant à l'Université Antilles Guyane. Cours de Maintenance.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Priorisation des opérations de maintenance facilitée</li> <li>- Réduction des frais de maintenance par la planification des interventions en heures creuses</li> <li>- Augmentation de la durée de vie des machines</li> <li>- Diminution des stocks de pièces de rechange</li> <li>- Amélioration de la qualité des produits</li> <li>- Augmentation de la durée de vie des produits</li> </ul>	Prouvé
MES	Le MES, terme créé par le MESA au début des années 90, signifie Manufacturing Execution System, que l'on peut traduire en français par « Système d'exécution des fabrications » (Club MES). Il s'agit d'un système informatique dont les objectifs sont d'abord de collecter en temps réel les données de production de tout ou partie d'une usine ou d'un atelier. Ces données collectées permettent ensuite de réaliser un certain nombre d'activités d'analyse : traçabilité, généalogie, contrôle de la qualité, suivi de production, ordonnancement, maintenance préventive et curative...	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimisation des processus et des ressources de production</li> <li>- Augmentation de l'adaptativité de l'atelier</li> <li>- Facilite la mise en place des outils d'amélioration des performances</li> <li>- Aide à la décision</li> <li>- Partage d'informations</li> <li>- Meilleur suivi des matériaux réellement utilisés</li> <li>- Suivi en temps réel de la production et facilitation des modifications des cadences et des ajustements dans les variations de productivité. (Club MES)</li> </ul>	Mature
JUMEAU NUMERIQUE	Un jumeau numérique (en anglais, « digital twin ») est une réplique numérique d'un objet, d'un processus ou d'un système. Cette technologie de simulation permet de numériser intégralement une machine, une ligne de production ou même une usine complète. Dans ce dernier cas, le jumeau numérique représente à la fois l'usine et son environnement et consiste à relier une maquette numérique à des capteurs installés sur les équipements industriels afin de suivre la production en temps réel. Il s'agit d'une réplique virtuelle de l'usine utilisée pour détecter des problèmes, tester et simuler des scénarios sur son pendant physique du « monde réel ».	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Découverte précoce d'éventuelles déficiences</li> <li>- Facilite l'évaluation des capacités actuelles et futures d'un système tout au long de son cycle de vie</li> <li>- Optimisation du fonctionnement, de la fabrication, des inspections des équipements ou du bâtiment</li> <li>- Facilite l'anticipation, la budgétisation et la planification de travaux et adaptations de l'usine</li> <li>- Fluidification de la transmission d'informations et meilleure compréhension de l'environnement de travail à tous les niveaux de la chaîne de gestion de l'usine</li> <li>- Meilleures compréhensions des consommations énergétiques et prises de décisions en faveur d'une usine durable</li> </ul>	Prouvé

NOM	DÉFINITION	PRINCIPAUX BÉNÉFICES	MATURITÉ DE L'OFFRE
IIoT / USINE CONNECTEE	L'Internet des objets industriel (Industrial Internet of Things) représente « <i>une connexion bidirectionnelle des objets industriels (automates, systèmes d'acquisition et de contrôle de données, data historian, etc.) avec des systèmes informatiques, plus généralement hébergés dans le cloud afin de surveiller, contrôler et d'optimiser les processus physiques opérationnels des usines, automatiquement</i> ».	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilite la connexion des usines via des capteurs « intelligents » capables de réaliser une partie des traitements de données</li> <li>- Exploitation des réseaux radio IoT qui proposent des coûts de connexion relativement bas</li> <li>- Amélioration des performances grâce aux fonctions de surveillance, de contrôle, d'optimisation et grâce à l'autonomie des objets connectés industriels.</li> <li>- Amélioration de l'analyse de la qualité, optimiser l'organisation des ateliers et des lignes de fabrication, réduire les rebuts, anticiper les dysfonctionnements et pannes potentielles par des outils de maintenance prédictive grâce au couplage entre les données industrielles et les outils analytiques.</li> </ul>	Laboratoire Prouvé Mature (selon les offres)
RESEAUX INDUSTRIELS SANS FILS	Constituant l'une des facettes de l'Internet des objets industriel (IIoT), les réseaux industriels sans fil sont un ensemble de technologies et protocoles de communication à distance, permettant l'échange de données entre les composants, entre composants et machines, ainsi qu'entre composants et systèmes de gestion et de pilotage. Parmi les plus exploités : les réseaux mobiles (M2M), les réseaux IoT (Sigfox, LoraWan), le WiFi. Sur les petites distances : Zigbee, Bluetooth, ISA100, RFID, NFC. Et bientôt la 5G (2019 pour les premières offres), avec des débits jusqu'à 100 fois supérieurs à ceux de la 4G.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction des coûts et du temps de déploiement de la connectique</li> <li>- Simplicité de l'installation, déploiement flexible et rapidement modifiable</li> <li>- Suppression des fils dans les équipements tournants ou mobiles (collecteurs tournants, etc.).</li> <li>- Les communications sans fil favorisent les processus collaboratifs à distance (automatisés et humains) et mobiles (accès aux informations sans être relié physiquement au site de l'entreprise).</li> </ul>	Fréquent Pervasif
COBOTIQUE / ROBOTIQUE COLLABORATIVE	La cobotique ou « <i>robotique collaborative</i> » est le domaine de la collaboration homme-robot, c'est-à-dire de l'interaction, directe ou téléopérée, entre homme (s) et robot (s) pour atteindre un objectif commun (Bernard Claverie, Benoît Le Blanc et Pascal Fouillat, « <i>La Cobotique</i> », Presses univ. de Bordeaux " <i>Communication &amp; Organisation</i> ", 2013, p. 203-214). Un « <i>cobot</i> » est un robot industriel conçu pour réaliser des applications sans cage, ce qui facilite son interaction avec l'équipe de production. Il se veut léger, facile à utiliser et à programmer.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les tâches ennuyeuses et répétitives sont confiées aux cobots pendant que l'équipe de production se recentre sur le pilotage des process et le contrôle qualité</li> <li>- Valorisation du poste d'opérateur qui pilote et programme son cobot</li> <li>- Programmation simplifiée par rapport à un robot industriel classique, via une console tactile ou en mode « <i>hand guiding</i> »</li> <li>- Simplicité de mise en place et flexibilité</li> <li>- Amélioration des conditions de travail : la cobotique va permettre de faciliter les tâches difficiles et répétitives (exemple du ponçage) qui peuvent entraîner des TMS ou des accidents du travail.</li> </ul>	Prouvé

NOM	DÉFINITION	PRINCIPAUX BÉNÉFICES	MATURITÉ DE L'OFFRE
FABRICATION ADDITIVE	<p>La fabrication additive regroupe l'ensemble des procédés permettant de fabriquer couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un modèle numérique. Elle englobe la fabrication directe, le prototypage rapide, l'impression 3D...</p> <p>Il existe différents procédés se différenciant par la manière de déposer les différentes couches de matériaux (fusion, frittage, polymérisation...) et par les matériaux utilisés : sous forme solide (poudres métalliques ou poudres de polymères), liquide (résine photosensible), ou encore sous forme de produits semi finis rubans ou fils.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grande liberté dans la création des pièces</li> <li>- Modéliser des pièces qui ne sont pas possibles à fabriquer avec les méthodes conventionnelles</li> <li>- Pas d'outillage spécifique, rapidité de fabrication, réduction des temps de conception</li> <li>- Valeur ajoutée par la réalisation de pièces multi matériaux ou multifonctionnelles</li> <li>- Eco-fabrication</li> <li>- Allègement de structure</li> <li>- Remplacement d'un ensemble de pièces par une seule (cumul de fonctions)</li> <li>- Rend possible le concept d'usine en ville et rapproche ainsi les salariés de leur lieu de travail</li> </ul>	Mature Prouvé
REALITE VIRTUELLE	<p>La réalité virtuelle consiste en un ensemble de technologies qui, d'une part, capture les mouvements de l'utilisateur lui permettant d'interagir au moyen de son avatar et, d'autre part, restitue à l'utilisateur les effets de l'interaction de son avatar avec l'environnement virtuel par l'intermédiaire d'interfaces sensorielles (image, son, retour d'effort...).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Validation virtuelle d'assemblage ou de techniques de pose : réduction des délais de développement et du risque d'erreur lors de la construction</li> <li>- Outil d'aide à la vente : amélioration de l'image de l'entreprise et des produits en proposant une expérience immersive dans le futur produit (voyage, bâtiment, appartement, voiture par exemple)</li> <li>- Séances de travail et conférences immersives : réduction des déplacements et modification des habitudes de réunion à distance.</li> </ul>	Prouvé Mature
REALITE AUGMENTEE / OPERATEUR AUGMENTE	<p>La réalité augmentée désigne les systèmes informatiques qui rendent possible la superposition d'un modèle virtuel 3D ou 2D à la perception que nous avons naturellement de la réalité, et ceci en temps réel. Elle désigne les différentes méthodes qui permettent d'incruster de façon réaliste des objets virtuels dans une séquence d'images</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès à l'ensemble des données des systèmes d'Information sur les lieux d'exploitation</li> <li>- Pour la maintenance, un technicien peut visualiser toutes les étapes d'une réparation via sa tablette ou ses lunettes 3D.</li> <li>- Visio-assistance avec un expert à distance</li> <li>- Pour la production, l'« opérateur augmenté » peut suivre en temps réel les étapes d'assemblage</li> <li>- Réduction des cycles de formation et des temps de prises de décision</li> </ul>	Prouvé
PLM	<p>Un outil PLM (product life cycle management) permet de gérer l'ensemble du cycle de vie d'un produit de sa conception jusqu'à sa fin de vie. Il s'agit en général d'une plateforme numérique qui s'intègre à des applications métier (CAO, FAO, production, marketing, ventes...) mettant ainsi en place une « continuité numérique » durant tout le cycle de vie du produit. Cette « colonne vertébrale » numérique exploite une maquette 3D du produit, mise à jour durant toutes les étapes de son cycle de vie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gagner en efficacité opérationnelle en concevant des produits tenant compte des contraintes de production</li> <li>- Facilite le travail collaboratif entre les équipes</li> <li>- Réduction du délai de mise sur le marché des produits (Time-to-market)</li> <li>- Amélioration de la qualité produit</li> <li>- Traçabilité des différentes étapes du cycle de vie du produit</li> <li>- Information du consommateur sur l'état d'avancement de la fabrication de son produit</li> </ul>	Mature

NOM	DÉFINITION	PRINCIPAUX BÉNÉFICES	MATURITÉ DE L'OFFRE
AGV	<p>Un AGV (Automatic guided vehicle) est un robot qui se déplace de façon autonome sans l'intervention humaine. Les technologies d'automatisation traditionnelles sont notamment le filoguidage, le laserguidage et l'optoguidage. Les dernières générations de robots se passent totalement d'infrastructure dédiée pour se repérer dans l'espace (ASV pour Autonomous Smart Vehicles). La donnée remplace ainsi toute balise physique. C'est le principe du SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), navigation libre basée sur la « reconnaissance des contours ».</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimise l'organisation de la logistique et des entrepôts</li> <li>- Renforce la sécurité dans la manipulation des matériaux</li> <li>- Collecte de données terrain (degré d'hydrométrie ou température ambiante)</li> <li>- Vision en temps réel des opérations par transmission d'informations de l'AGV vers des systèmes tels que le MES, une solution de gestion des entrepôts (Warehouse Management System -WMS) ou l'ERP de l'entreprise</li> <li>- Vérification de la qualité produit par l'AGV</li> </ul>	
Big-Data	<p>Le Big-Data, littéralement les « données massives », désigne des ensembles de données tellement volumineux qu'ils en deviennent difficiles à travailler avec des outils classiques de gestion de base de données ou de gestion de l'information... Les outils de Big-Data permettent donc le traitement rapide de grandes quantités de données, structurées ou non, grâce à des algorithmes mathématiques et autres technologies d'analyse de données. Dans l'industrie, le Big-Data permet par exemple d'analyser les données de production pour en déduire le meilleur scénario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gains de productivité grâce à l'analyse des données de production pour identifier les meilleures pratiques et les optimisations possibles</li> <li>- Visualisation des données sous la forme de tableaux de bord</li> <li>- Aide à la décision, sur la base de données terrain</li> <li>- Réponse plus rapide aux besoins changeants du marché via l'analyse des données clients</li> <li>- Développement de nouveaux business models (facturation à l'usage)</li> </ul>	Fréquent Pervasif
CLOUD COMPUTING	<p>L'« informatique en nuage » (cloud computing) est un système d'information et de services accessible via Internet. Le cloud désigne un ensemble de processus qui consiste à utiliser la puissance de calcul et/ou de stockage de serveurs informatiques distants à travers un réseau, généralement Internet. Ces serveurs sont loués à la demande, le plus souvent par tranche d'utilisation selon des critères techniques (puissance, bande passante...) ou au forfait. Dans l'industrie, le cloud peut servir à stocker de larges volumes de données mais aussi à héberger des applications comme des outils de maintenance prédictive ou des MES. Ils sont alors disponibles en mode Saas (Software as a service).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilité d'adapter l'infrastructure dans le cloud en fonction des besoins de l'entreprise (scalabilité)</li> <li>- Réduction ou annulation complète des problématiques de maintenance de l'infrastructure IT, puisque l'infrastructure est désormais (tout ou partie) hébergée chez un fournisseur cloud</li> <li>- Paiement à la consommation</li> <li>- Niveau de sécurité accru par rapport à la plupart des solutions serveurs locales</li> <li>- Mises à jour automatiques des solutions en mode Saas</li> <li>- Accessibilité à tout endroit des solutions en mode Saas via une interface web</li> <li>- Déploiement plus rapide des solutions Saas par rapport à un hébergement sur des serveurs locaux</li> </ul>	Fréquent Pervasif

NOM	DÉFINITION	PRINCIPAUX BÉNÉFICES	MATURITÉ DE L'OFFRE
CYBERSECURITE	<p>Ensemble d'outils permettant d'assurer que les ressources numériques d'une entreprise, qu'elles soient matérielles (ex : puce, calculateur, PC, robots, machines à commandes numériques), logicielles (ex : programmes et données) ou de communication (ex : wifi, Internet), soient préservées de toute attaque (interne comme externe), qui les détournerait de leur fonctionnement initialement prévu. Les solutions de cybersécurité servent ainsi à maintenir la disponibilité des outils de production, leur intégrité (la machine réalise l'action demandée et uniquement celle-là, y compris avec un fonctionnement dégradé en cas d'attaque) et la confidentialité des accès.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protection des systèmes industriels dont la plupart n'ont pas été initialement construits pour se protéger des cyberattaques</li> <li>- Réduit les risques d'espionnage industriel, d'attaques bloquant la production (sabotage) ou par rançonnage des données (rançongiciels)</li> <li>- Maîtrise de la gestion et des échanges de données numériques internes comme externes</li> <li>- Traçabilité des échanges d'informations</li> <li>- Permet le développement d'outils nomades accessibles à distance</li> <li>- Conformité avec la réglementation sur la protection des données, notamment Cnil et RGPD.</li> <li>- Rassure les clients et partenaires</li> <li>- Récupération des données en cas d'attaque (grâce aux sauvegardes régulières)</li> </ul>	Fréquent Pervasif
DIGITALISATION DE LA SUPPLY CHAIN	<p>Après la digitalisation de la logistique interne, avec les solutions de Supply Chain Management (SCM), c'est au tour de la logistique externe de se numériser en s'interconnectant avec le reste de la chaîne. L'idée est ainsi d'interfacer les systèmes GPAO au MES, mais aussi au WMS (WareHouse Management Systems), à l'ERP et même à une solution CRM (outil de gestion client). Cette digitalisation passe aussi par le déploiement de nouveaux supports d'identification des produits (Data Matrix, RFID) qui facilitent leur traçabilité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planification de la chaîne logistique</li> <li>- Amélioration des résultats de l'entreprise en réduisant le gap entre les plans planifiés, émanant de la stratégie de l'entreprise, et leur exécution</li> <li>- Amélioration de la traçabilité des produits</li> <li>- Détermination des meilleurs potentiels de vente, élimination des pénuries, optimisation et planification des flux logistiques, anticipation de l'activité humaine</li> <li>- Réduction des délais de livraison</li> <li>- Information client sur l'état de livraison de son produit</li> <li>- La technologie RFID permet de lire des étiquettes électroniques (Tag) placées sur des objets avec trois principaux avantages : la lecture en aveugle, à distance et en volume</li> </ul>	Prouvé Mature
DIGITALISATION DE LA RELATION CLIENT	<p>La digitalisation de la relation client suit deux axes : capter de l'information sur les clients et l'usage des produits, mais aussi diffuser de l'information tout au long du cycle de vie du produit, à destination des clients. Elle exploite des outils de gestion de relation client (GRC), des solutions Big-Data pour analyser notamment les réseaux sociaux, des plateformes web pour diffuser de l'information (site Internet interactif, médias sociaux, forums, blogs...) ou encore des technologies d'intelligence artificielle pour automatiser la relation (chatbots...).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fidélisation de la clientèle existante</li> <li>- Meilleur ciblage de la clientèle à capter (marketing digital)</li> <li>- Développement de nouveaux business models</li> <li>- Meilleure adaptation de l'offre à la demande</li> <li>- Conception produit basée sur les retours concrets des clients</li> <li>- Passage d'une logique de volume à une logique de ciblage (personnalisation produit)</li> <li>- Intégrer des systèmes d'analyse prédictive pour permettre d'anticiper les comportements d'achat (marketing automation)</li> <li>- Développer une capacité d'exploitation de la connaissance du client, de communication sur les valeurs qu'incarnent leurs marques et de proposition d'une expérience client enrichie.</li> </ul>	

# L'HUMAIN AU CŒUR DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

*L'humain serait la première brique de l'industrie 4.0. D'après les cabinets de conseil, la place de l'homme n'est pas réduite dans l'usine du futur, mais son rôle change. Grâce aux briques 4.0, les collaborateurs s'orientent de plus en plus vers des tâches de supervision. Cela peut être une source de progrès social et aussi l'occasion d'attirer les jeunes générations, intéressées par les nouvelles technologies et sensibles à la thématique écologique.*

La digitalisation de l'industrie entraîne-t-elle une réduction de l'activité humaine ? Non, répondent en cœur les cabinets de conseil. Le savoir-faire humain reste incontournable sur le terrain et l'IA est loin d'avoir supplanté l'esprit humain pour prendre des décisions stratégiques ou superviser les opérations. Mais si l'activité humaine reste prépondérante dans l'industrie 4.0, elle change tout de même de nature, précisent-ils également. « *Le rôle de l'humain évolue vers des fonctions de pilotage, de contrôle. La main-d'œuvre est toujours nécessaire. Mais elle devient plus autonome dans la prise des décisions et la maîtrise de son périmètre* », nous confiait récemment Jimmy Jollois, directeur associé Mews Partners. Un avis partagé par l'**Institut Montaigne**, dans son rapport « *Industrie du futur, prêts, partez !* », paru en septembre 2018. « *L'industrie du futur est une façon de remettre l'humain au cœur des chaînes de production [...] L'opérateur a plus d'autonomie et est plus poly-*

*valent, par exemple grâce à la réalité augmentée, ou à des instructions sur tablette. Son rôle évolue vers l'utilisation de la donnée utile pour soutenir les équipes dans la prise de décision et l'expertise. L'organisation qui en résulte est plus horizontale, avec un nombre limité de niveaux hiéar-*

*chiques et des interactions plus profondes entre ces niveaux. »*

De son côté, la Fabrique de l'industrie, laboratoire d'idées fondé par plusieurs associations d'industriels, souligne que le travail dans l'industrie du futur se présentera sous la forme

Changement de la nature du travail	
DIMENSIONS	TRAVAIL INDUSTRIEL 4.0
Contenus du travail « en temps réel »	Intégration de nouvelles technologies (IT, multimédia, cloud) et de systèmes d'assistance ; plus de coopération et d'interaction ainsi qu'une perpétuelle alternance entre le monde du travail réel et virtuel
Exigences en matière de qualification	Plus complexe, plus interdisciplinaire, plus de résolution de problèmes (requalification) Parallèlement, une tendance à la simplification des tâches (déqualification)
Qualification / Formation continue	Plus d'activité de qualification en continu sur la base des nouvelles technologies d'apprentissage ; besoins importants de développement
Protection des données	Nouvelles possibilités en terme de collecte, traitement et utilisation (adéquation avec les données technologiques)
Temps de travail / Lieu de travail	Décloisonnement de temps et du lieu ; importance croissante du travail mobile
Participation	Les entreprises sont fragilisées dans leur rôle de plate-forme / point de référence juridique

Source : Zukunft der Arbeit - IG Metall

## Risques et opportunités pour les travailleurs

## RISQUES

Travail comme élément passif dans le système  
 Potentiel élevé de stress  
 Flexibilité accrue  
 Discrimination des travailleurs semi-qualifiés ou non qualifiés  
 Décloisonnement vie professionnelle et vie privée  
 Contrôle renforcé, pilotage axé sur l'effet des prestations  
 Diminution des effectifs  
 Accroissement du travail intérimaire / Stratégie de dumping social  
 Démantèlement de la participation (BetrVG)

## OPPORTUNITES

Travail avec beaucoup de marges de manoeuvre  
 Contenu du travail plus riche et intéressant  
 Participation étendue  
 Développement continu des compétences  
 Organisation du travail mieux adaptée aux seniors  
 Meilleure ergonomie  
 Meilleure conciliation vie personnelle et vie privée  
 Garantie de l'emploi grâce à une stratégie « high-tech »

Source : IG Metall

d'un mix entre monde réel et virtuel (jumeau numérique, réalité augmentée...), avec un décloisonnement du temps de travail et du lieu (travail nomade), ainsi qu'une plus grande coopération entre les équipes (Étude « *L'industrie du futur : progrès technique, progrès social ?* » – 2017).

### L'INDUSTRIE 4.0 : UN PROGRÈS SOCIAL ?

L'amélioration des conditions de travail est une des grandes promesses de l'industrie du futur. Elle doit notamment revaloriser le poste d'opérateur, en réduisant la pénibilité de ses tâches. Ces tâches sont confiées aux robots, avec lesquels l'opérateur travaille de manière de plus en plus étroite, selon le concept de la « cobotique ». Dans la cobotique, c'est le savoir-faire de l'opérateur qui est source de valeur. Il programme en effet lui-même son cobot qu'il fait profiter de son expérience. Ce binôme homme/machine est d'ailleurs bien plus performant que de laisser l'humain travailler seul, ou la machine travailler seule. Selon une étude du MIT, réalisée en 2016 avec le constructeur allemand BMW, **un binôme robot/humain serait ainsi 85 % plus productif qu'un humain seul ou un robot seul.**

Au-delà de l'opérateur, les techniciens de maintenance devraient eux

aussi voir leurs conditions de travail améliorées dans l'industrie du futur. Grâce à la maintenance prédictive et aux outils de visioconférences, les techniciens réduisent leurs déplacements sur le terrain au strict nécessaire. Les équipes de maintenance surveillent ainsi davantage les installations à distance, sur des écrans. Le technicien devient un opérateur de service, ce qui constitue une valorisation de son travail.

La digitalisation de l'industrie serait-elle donc une source de progrès social ? Cela ne fait aucun doute pour l'**Institut Montaigne**. « *Pour les opérateurs, elle peut être synonyme d'amélioration de la qualité de vie au travail, à travers par exemple la prévention des troubles musculo-squelettiques (TMS) grâce, entre autres, à la simulation numérique permettant d'optimiser le dimensionnement des postes de travail. De même, l'automatisation flexible et l'utilisation des robots collaboratifs (cobots) suppriment des tâches pénibles et des déplacements inutiles. Enfin, l'utilisation des données transmises par certains capteurs est un vecteur de sécurité accrue au travail, en actionnant des mécanismes d'arrêt machines par exemple* ».

Une vision temporisée par La Fabrique de l'industrie : « *les évolutions amenées par l'industrie du futur portent aussi leur part de risque pour l'individu comme pour la société. La flexibilité peut être synonyme de porosité accrue entre vie professionnelle et vie privée, d'intensification du travail et de stress supplémentaire. De même, des domaines sensibles tels que la protection et la sécurité des données, l'augmentation des moyens de*



Un binôme robot/  
humain serait

**85 %**  
plus productif  
qu'un humain seul  
ou un robot seul.

Moins de

**10 %**  
des emplois  
en France  
seraient sujets  
à des risques de  
disparition liés à  
l'automatisation.

L'industrie du  
futur ne saurait se  
concevoir comme  
un progrès sans  
y associer le  
progrès social.

*contrôle des hommes par les systèmes, l'avenir des collectifs de travail ou encore le rythme des disparitions et des créations d'emplois comportent encore un grand nombre de questions sans réponses* ». L'organisme propose une liste des principaux risques et opportunités que l'industrie du futur représente pour les travailleurs.

Pour réduire ces risques et favoriser plutôt les opportunités, la Fabrique de l'industrie recommande de développer au maximum le dialogue social dans le cadre des projets industrie du futur. « *Un dialogue social de haut niveau est une condition essentielle pour réussir la transition vers l'industrie du futur, il doit être considéré comme un levier d'accompagnement du changement de l'entreprise et non comme un frein à sa mutation* ». Et de conclure : « ***l'industrie du futur ne saurait se concevoir comme un progrès sans y associer le progrès social.*** »

#### **L'INDUSTRIE DU FUTUR : UNE MENACE POUR L'EMPLOI ?**

La place de l'humain dans l'industrie 4.0 est liée à la question de l'emploi. Et sur ce sujet, de nombreuses craintes perdurent, en associant la digitalisation à des réductions d'effectifs. Selon une récente étude du cabinet Mazars, 26 % des salariés d'entreprises industrielles françaises perçoivent ainsi l'industrie du futur comme une menace, principalement pour leur emploi (lire « *Industrie du futur : la perception des acteurs* »).

Pourtant les chiffres démontrent plutôt le contraire. L'industrie du futur serait ainsi génératrice d'emploi. Selon les conclusions du programme Robot Start PME, qui s'est déroulé de 2013 à 2017, 63 % des entreprises ont embauché entre 1 et 5 salariés depuis l'intégration d'un nouvel équipement robotique. Les postes créés ont porté majoritairement sur la production et sur les méthodes. L'acquisition de leur robot leur a en effet permis de gagner en productivité, pour 84 % des entreprises, et d'augmenter leur rentabilité, pour 74 % d'entre elles. Elles affichent du coup une croissance moyenne de

15,8 % de leur chiffre d'affaires et de 27,5 % de leur résultat net en deux ans. « *Comme elles sont plus compétitives, ces entreprises embauchent* », expliquent les responsables du programme dans un communiqué.

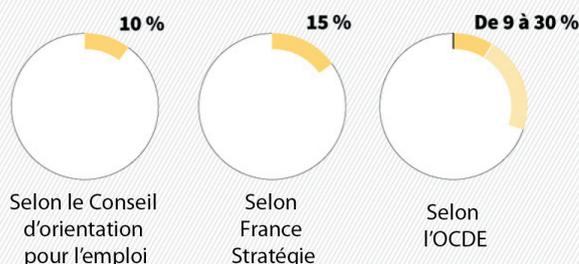
La Fabrique de l'industrie partage cette vision et donne comme exemple le cas des cuisines Schmidt. Cette entreprise mise sur une production totalement automatisée pour proposer des cuisines personnalisées, fabriquées en 24h et livrées en dix jours. « *Le vendeur crée, virtuellement, une cuisine avec les clients. La commande est traitée par échange de données informatiques et la fabrication est robotisée. Une commande standard peut ainsi être réalisée presque sans intervention humaine. Mais les collaborateurs n'ont pas perdu leurs emplois comme ils pouvaient le craindre. Ils se sont transformés en opérateurs et en pilotes d'installations complexes. Cela a nécessité du temps, beaucoup de formation et de la confiance, facilitée par la dimension familiale de l'entreprise* ».

L'usine, totalement automatisée, sans opérateur humain, reste de toute façon un fantasme, soulignent les observateurs du marché. « *Des modèles montrent que certaines tâches ne seront jamais automatisées – faute de ROI* », rappelle ainsi Jimmy Jollois de Mews Partners. Une conclusion évoquée notamment dans le rapport du Conseil d'orientation pour l'emploi « *Automatisation, numérisation et emploi* », de janvier 2017. Il conclut ainsi que ***moins de 10 % des emplois en France seraient sujets à des risques de disparition liés à l'automatisation.*** Un chiffre complété par l'étude « *Industrie du futur : du système technique 4.0 au système social* », publiée en 2017 par l'Académie des technologies, qui précise que les prévisions sur l'automatisation des emplois vont de 10 à près de 30 % selon les sources.

Notons cependant que ces études traitent de l'ensemble des emplois, toutes filières confondues.

## PLUS DE 10 % DES EMPLOIS AUTOMATISABLES EN FRANCE

## PART DES EMPLOIS AUTOMATISABLES EN FRANCE A MOYEN TERME



## Un métier automatisable, c'est quoi ?

Un métier est automatisable lorsqu'il consiste à effectuer des tâches répétitives ou suivant un processus précis fixé à l'avance. Il l'est d'autant plus si les relations sociales et l'usage des sens n'y sont pas décisifs.

Source : McKinsey

Concernant spécifiquement l'industrie, la part de postes « automatisables » est supérieure aux autres domaines d'activité. Une récente note d'analyse de France Stratégie (« L'effet de l'automatisation sur l'emploi : ce que l'on sait et ce qu'on ignore » - juillet 2016) indique ainsi que 25 % des emplois industriels en France pourraient être automatisés.

France Stratégie précise cependant que « l'effet global des progrès du numérique sur l'emploi ne se résume pas à estimer le nombre de postes susceptibles d'être automatisés. Tout progrès technologique comporte une part de destruction, de création et de transformation des emplois ». Et sur ces trois variables pèsent encore de lourdes incertitudes, souligne l'organisme. « Ce n'est pas parce qu'une activité est robotisée qu'elle peut se dispenser de salariés ! L'industrie automobile allemande est une des plus robotisées au monde. Pourtant, elle emploie 100 000 salariés de plus qu'il y a vingt ans. On est loin ici du remplacement ! ».

Un point de vue partagé par l'Académie des technologies : « rien ne dit que tous les emplois automatisables seront automatisés dans le cadre de la réorganisation d'une entreprise par exemple, mais la menace est là qui alimente des peurs chez les titulaires d'emplois de production, mais

aussi les titulaires d'emplois administratifs qui se sentent menacés [...] Pour que l'industrie du futur soit une réalité, et une réalité désirable par le plus grand nombre, il devient nécessaire que soient dépassés les imaginaires répulsifs qu'elle produit et, condition nécessaire, que le grand public comprenne le sens de la mutation engagée ».

## DÉVELOPPER DE NOUVELLES COMPÉTENCES

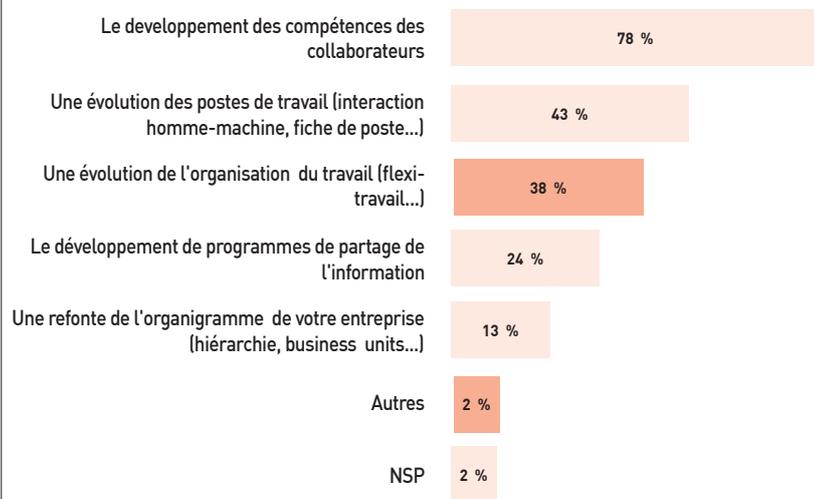
Si globalement l'industrie du futur permet de créer des emplois en valeur absolue, il n'est pas garanti que ce soient les mêmes employés qui évoluent dans la nouvelle usine. Tout dépend de la capacité des entreprises, et de ses collaborateurs, à faire évoluer les compétences. Selon l'enquête **EY-OpinionWay** d'octobre 2016 (Croire en « l'industrie du futur » et au futur de l'industrie), le développement des compétences des collaborateurs est ainsi considéré comme l'enjeu principal des dirigeants engagés sur le chemin de l'industrie du futur.

Comment développer les compétences digitales des collaborateurs ? La formation continue est bien entendu la clé. Selon les observateurs du marché, **l'offre de formation continue autour des briques 4.0 ne cesse de s'étoffer en France. Mais**

L'offre de formation continue autour des briques 4.0 ne cesse de s'étoffer en France. Mais elle n'est pas toujours connue des entreprises industrielles.

La capacité à échanger, à partager, à s'accorder, l'autonomie et la créativité vont prendre une importance capitale dans l'industrie du futur

Quelles sont les principales évolutions que vous envisagez pour votre organisation dans le cadre de la feuille de route « industrie du futur » ?



Source : EY

elle n'est pas toujours connue des entreprises industrielles. Elle souffrirait d'un manque de « lisibilité » et serait ainsi sous-exploitée. « Il y a un besoin de simplification. Et également un besoin de meilleure identification de la qualité des formations », souligne Laurent Carraro, ex-directeur général des Arts et Métiers ParisTech et aujourd'hui rapporteur général d'AGORA Industrie (« do tank » de l'AIF), interrogé par Manufacturing.fr. « Au-delà des structures de formation, l'entreprise doit aussi elle-même intégrer cette dimension de formation dans son activité pour aller vers le concept d'entreprise formatrice ».

Dans son livre blanc paru en 2018 (« Révolution humaine ? Un nouveau rôle pour les hommes et les femmes de l'industrie du futur »), AGORA Industrie estime que « malgré les nombreuses initiatives lancées par les pouvoirs publics, il y a encore des travaux nécessaires pour permettre que la formation continue soit réellement efficace et reconnue dans les parcours professionnels ».

Même si l'offre de formation est donc perfectible, les entreprises doivent tout de même l'exploiter en misant sur des enseignements spécifiques à chaque collaborateur. La personnalisation des formations donnerait ainsi les meilleurs résultats pour développer les compétences digitales, qui sont très inégales d'un individu

à un autre. « L'individualisation des formations est devenue aujourd'hui le moyen le plus efficace pour assurer une montée en compétences des individus. Les spécialistes des sciences cognitives et de l'éducation, et les législateurs successifs, se retrouvent sur ce point », indique AGORA Industrie dans son rapport. « Il y a nécessité de prendre en compte les objectifs de l'apprenant, ses acquis, son rythme d'apprentissage... et de mobiliser auprès de lui les ressources adéquates. C'est un objectif décisif dans la construction des parcours de formation ».

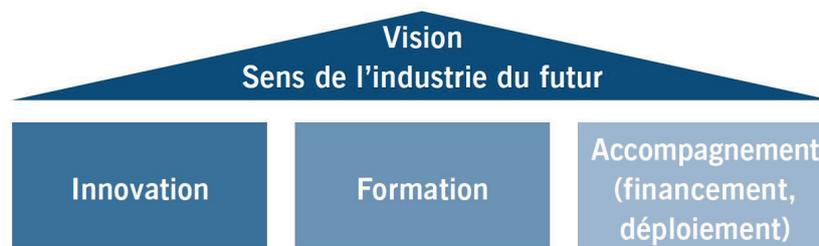
Le « do tank » de l'AIF souligne également le potentiel des « Comptes Personnels de Formation » (CPF), particulièrement bien adaptés au développement de compétences autour de l'industrie 4.0. De son côté,

l'Institut Montaigne rappelle que le développement de la formation autour des briques 4.0 est un des principaux enjeux des « centres d'accélération » qu'il a proposé de créer et dont les premiers ont vu le jour en 2019 (lire « Industrie 4.0 : mode d'emploi »).

Les formations de ces centres seraient plutôt destinées aux dirigeants, managers et chefs de projet. L'objectif est de leur permettre « d'appréhender et de tester concrètement l'impact de la transformation numérique de bout en bout [...] Ces formations ne se substitueront pas pour les opérationnels à une formation concrète sur une machine précise, possibilité qui pourra être offerte grâce à un inventaire des capacités technologiques des acteurs de l'écosystème, et à la mise en relation de ces derniers avec les entreprises volontaires », souligne l'institut.

### UNE ORGANISATION EN RÉSEAU, ADAPTÉE À L'ÉCHANGE DE DONNÉES

L'industrie du futur nécessite une réorganisation de l'entreprise, de sa hiérarchie et de son management, s'accordent à dire l'ensemble des cabinets de conseil. L'échange d'informations est en effet au cœur du concept d'industrie 4.0. Mais pour que l'information circule, même avec l'aide d'outils informatiques, il faut que les équipes soient organisées de manière plus horizontale, en cassant les « silos ». « La capacité à échanger, à partager, à s'accorder, l'autonomie



**Proposition :** mettre en place sur les territoires des centres d'accélération de l'industrie du futur offrant aux PME et aux ETI une solution intégrée pour le déploiement à l'échelle de l'industrie du futur ainsi que l'accès à des développements innovants.

Source : Institut Montaigne

## ORGANISATION POLARISÉE

**Des experts très qualifiés et spécialisés ayant de grandes marges de manœuvre**

Ingénieurs, travailleurs qualifiés avec de nouvelles compétences



Échelon de planification

**Main d'œuvre dévalorisée**

Ouvriers non-qualifiés



Échelon d'exécution

## ORGANISATION EN ESSAIM

**Un personnel très qualifié et spécialisé ayant de grandes marges de manœuvre**

Ingénieurs, travailleurs qualifiés avec de nouvelles compétences



Échelon d'action transversale

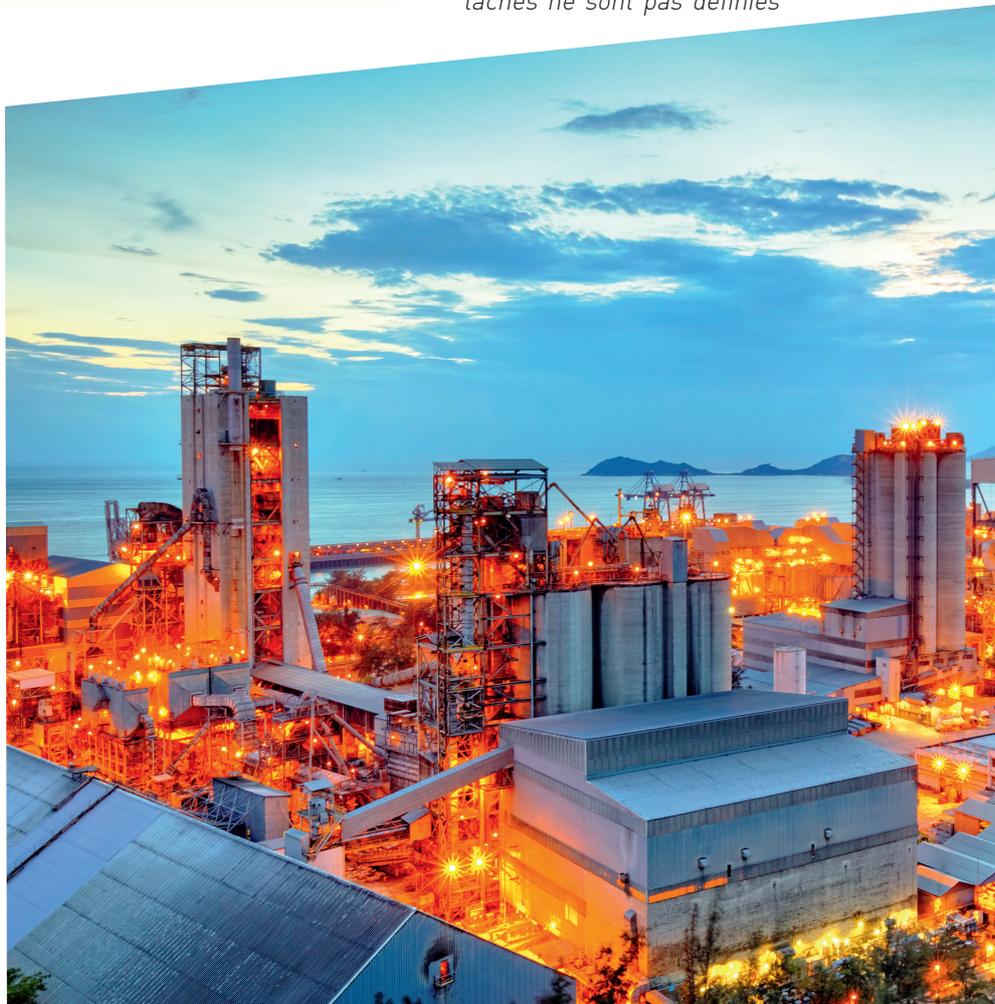
Source : Hirsch-Kreinsen, 2014:4

L'organisation polarisée s'appuie sur l'hétérogénéité des tâches, des qualifications et des emplois au sein de l'entreprise, explique la Fabrique de l'industrie. « Elle répond aux besoins des systèmes de production qui consistent à maintenir un nombre limité d'opérateurs en charge de tâches simples et un groupe croissant de techniciens et de spécialistes, dont le niveau de qualification est nettement supérieur à celui des ouvriers qualifiés traditionnels. » Cette option très « techno-centrée » et quelque peu « élitiste » présente de nombreux désavantages, à commencer par la dévalorisation des collaborateurs les moins qualifiés.

Autre solution : l'organisation en essaim. En France, on parle plutôt d'« entreprise libérée » ou encore d'« holacratie ». Cette forme d'organisation du travail se caractérise par un réseau plus souple de salariés, tous plutôt qualifiés, qui opèrent sur un pied d'égalité. « Dans cette forme d'organisation, on ne trouve plus de tâches simples, nécessitant peu de qualifications, celles-ci ayant été en grande partie automatisées. Les tâches ne sont pas définies

**et la créativité vont prendre une importance capitale dans l'industrie du futur**», résume la Fabrique de l'industrie. « Les relations horizontales tendront à se substituer aux rapports hiérarchiques verticaux. Les collaborations s'étendront hors de l'entreprise dans une logique d'entreprise-réseau ou entreprise-plateforme ». Autrement dit, comme l'échange de données sur les réseaux de l'entreprise devient central, l'organisation de l'entreprise prend également l'aspect d'un réseau, où chaque élément peut facilement communiquer avec tous les autres.

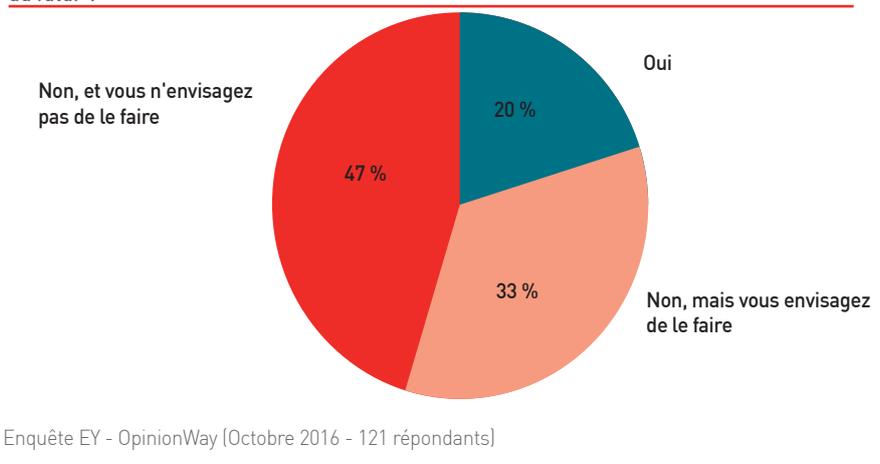
Deux grandes variantes de ce nouveau type d'organisation en réseau sont aujourd'hui développées par les entreprises engagées dans l'industrie du futur. Il s'agit d'un côté de l'« organisation polarisée » et de l'autre de l'organisation « en essaim ».



Le management collaboratif ne se décrète pas, c'est la culture managériale qui est chamboulée par cette transformation.

Quatre entreprises sur dix indiquent avoir déjà modifié leur organisation en profondeur pour faire face à cette mutation.

Avez-vous modifié en profondeur l'organisation interne pour faire face aux enjeux de l'industrie du futur ?



pour chacun des salariés : le collectif de travail opère en s'auto-organisant et en s'adaptant à chaque situation ». Le principe est ici de fonctionner en « mode projet » avec une hiérarchie considérablement allégée. Chaque équipe projet intègre des représentants des différents départements de l'entreprise (conception, production, commerce, marketing...). Ils travaillent ensemble, autour d'un projet commun, avec si besoin l'intervention d'un « chef de projet ». Ce dernier ne dirige pas réellement les équipes. Il assure surtout leur coordination en favorisant les échanges et en prévenant les éventuels malentendus. Selon les observateurs du marché, c'est plutôt cette forme d'organisation en essaim, basée sur un management collaboratif, qui facilite le développement l'industrie du futur.

Reste qu'en pratique, la mise en place d'une telle organisation est complexe. Cette évolution transversale du management rompt avec des années de rapports hiérarchiques verticaux qui sont la norme dans l'industrie, comme dans la plupart des autres secteurs. L'encadrement intermédiaire est en première ligne et voit son rôle bouleversé, car il doit passer d'un rapport hiérarchique à une approche plus collaborative.

« **Le management collaboratif ne se décrète pas, c'est la culture managériale qui est chamboulée par cette transformation.** Au quotidien,

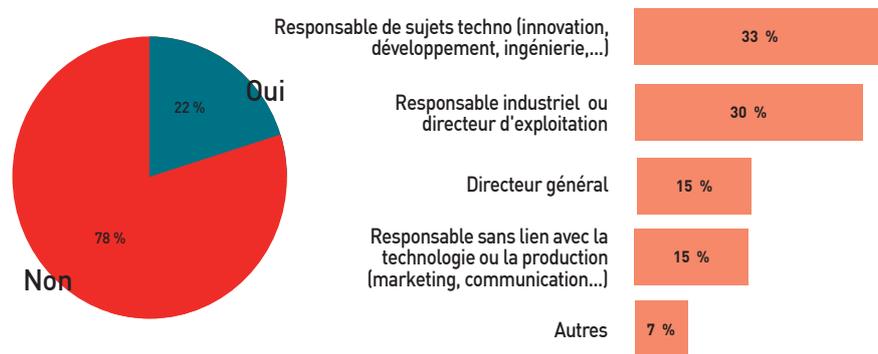
les managers de proximité doivent trouver le juste équilibre entre autonomie et contrôle, rendant leur mission complexe », souligne AGORA Industrie.

Pour faciliter cette transformation, AGORA Industrie recommande une mise en place progressive, sans passage en force. Les fameux PoC (Proof of concept) constituent une bonne occasion pour commencer à mettre en place cette nouvelle organisation. Ils vont fédérer les équipes autour d'un même projet et permettent de tester de nouvelles formes de managements collaboratifs. AGORA Industrie recommande également de s'inspirer de l'expérience d'autres acteurs déjà engagés dans la digitalisation, via des « échanges interentreprises ». « Cela permet la diffusion des bonnes pratiques en matière de stratégie numérique et technologique ».

### DES DIRIGEANTS CONSCIENTS DES ENJEUX

Le rôle de la direction générale est déterminant pour réussir la transition vers l'industrie du futur (lire « Industrie du futur : mode d'emploi »). A priori, les dirigeants d'entreprises industrielles françaises ont pris conscience de la nécessité de réorganiser leur société et de mettre en place des dispositifs de formation. En France, plus de la moitié d'entre eux ont déjà, ou envisagent, de modifier leur organisation en profondeur

Avez-vous une personne en charge de la question de l'industrie du futur au sein du CODIR ?  
Si oui, quelle est sa fonction ?



Enquête EY - OpinionWay (Octobre 2016 - 121 répondants)

pour prendre le chemin de l'industrie du futur, rapporte l'étude **EY-OpinionWay**.

EY précise également, dans son « baromètre de l'Industrie du futur 2018 », qu'une entreprise sur deux s'est dotée d'un plan de formation lié à cette transformation. De même, **quatre entreprises sur dix indiquent avoir déjà modifié leur organisation en profondeur pour faire face à cette mutation**. « C'est deux fois plus qu'en 2016 », se félicite le cabinet de conseil. Il note cependant une difficulté à identifier les profils managériaux qui vont prendre les rênes du projet de transformation numérique. « Seule une entreprise sur quatre a déjà commencé à identifier les futurs profils nécessaires pour mener à bien cette transformation ». Plus précisément, seul un industriel sur cinq a désigné une personne au CODIR en charge du sujet, principalement des directeurs techniques.

Comme trouver des compétences managériales en interne reste difficile, bon nombre d'entreprises s'orientent plutôt vers un recrutement de nouveaux profils du « middle management », visant à accompagner la digitalisation de leur entreprise. « Ceux-ci ont longtemps été sélectionnés sur leur expérience dans l'usine et leur savoir-faire technique, c'est-à-dire cette partie non formalisée du processus industriel qu'ils maîtrisaient. Désormais, l'animateur

d'équipe, faisant preuve de compétences managériales, semble primer sur le sachant. Cette tendance n'est pas nouvelle, elle s'accélère au point de parfois reconsidérer l'adéquation des personnes occupant ces fonctions managériales », souligne EY.

#### LES ORGANISATIONS SE TRANSFORMENT. QUID DES COMPÉTENCES MANAGÉRIALES ?

Quel niveau de transformation de l'organisation ?



#### DONNER UN COUP DE JEUNE À L'INDUSTRIE

Dans l'industrie du futur, les jeunes collaborateurs pourraient tenir une place plus importante que dans l'industrie traditionnelle. « L'industrie du futur se fera pour beaucoup avec et par les jeunes générations, les millenials et les générations Y et Z, selon des expressions usitées », prédit l'Académie des technologies. Reste que l'industrie souffre encore aujourd'hui d'une image peu attractive auprès des jeunes. Redorer le

blason de l'industrie auprès des jeunes générations est donc l'un des enjeux de l'Industrie 4.0. « La transformation d'emplois industriels par le numérique peut en améliorer l'attractivité, notamment pour les jeunes générations », estime l'Académie des technologies. Mais il faut « prendre en compte les aspirations des jeunes générations qui seront au cœur de l'industrie du futur ».

Ces aspirations portent notamment sur l'organisation de l'entreprise. Ils veulent un management plus collectif. Selon un baromètre **Deloitte-OpinionWay** sur les millenials diplômés, paru en 2017, « les jeunes diplômés veulent faire de l'entreprise un lieu d'épanouissement, démocratiser le management en le rendant plus participatif et collaboratif, envisageant l'entreprise comme une aventure collective ; et être nourris intellectuellement, ayant conscience

Quelles réflexions sur les futurs profils managériaux nécessaires ?



des risques accrus d'obsolescence des connaissances ».

Même son de cloches à l'Académie des technologies. « Parmi les attentes exprimées par les jeunes générations, il y a l'autonomie ; elle peut être individuelle, mais plus encore collective, celle de l'équipe. Elle est une marque de confiance ; elle n'est pas un abandon ».

L'industrie du futur doit également permettre de communiquer sur des

PRODUCTION		DATA INTELLIGENCE		LOGISTICS
<b>PROCESS OPTIMIZATION</b>		<b>SPECIALIST</b>		<b>ROBOT, DRONES, IOT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tortoise</li> <li>Global Vision Systems</li> <li>DessIA</li> <li>Deepomatic</li> <li>Asiatech</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Middle VR</li> <li>Diota</li> <li>Extracthive</li> <li>Robocortex</li> <li>Polygon Physics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precogs</li> <li>Quinten</li> <li>Dataswati</li> <li>Fieldbox.ai</li> <li>Brennus Analytics</li> <li>OptimData</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evolution Energie</li> <li>Xbrain</li> <li>Cosmotech</li> <li>Energiency</li> <li>DC Brain</li> <li>Vekia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scallog</li> <li>Balyo</li> <li>Optimus Robotics</li> <li>Boa Concept</li> <li>Squadrone System</li> <li>Exotec Solutions</li> <li>Fybots</li> <li>Effidence</li> <li>iFollow</li> </ul>
<b>ROBOTICS</b>		<b>TRANSVERSAL</b>	<b>EMBEDDED AI</b>	<b>TRANSPORTATION</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>RB3D</li> <li>HumaRobotics</li> <li>Exhauss</li> <li>Aerial Coboticus</li> <li>Siléane</li> <li>Isybot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecdrone</li> <li>MIP Robotics</li> <li>Extracthive</li> <li>Neoditech</li> <li>Vecteo</li> <li>Battakarst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Brain Cube</li> <li>Datapole</li> <li>Saagie</li> <li>Prevision.io</li> <li>Dataiku</li> <li>R++</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Snip</li> <li>Scortex</li> <li>Tellmeplus</li> <li>Global Sensing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chronotruck</li> <li>Convergeo</li> <li>Shiptify</li> <li>Fretlink</li> <li>Shippeo</li> <li>Wakeo</li> </ul>
<b>DEVELOPMENT</b>		<b>MONITORING &amp; CONTROLLING</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>EikoSim</li> <li>EMS Proto</li> <li>Haptioj</li> <li>Oyverm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MilliDrop</li> <li>Pollen Metrology</li> <li>Voxaya</li> <li>Magillem</li> </ul>	<b>QUALITY AND ENVIRONMENT CONTROL</b>		<b>MAINTENANCE</b>
<b>ADDITIVE MANUFACTURING</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Blue</li> <li>Apix Analytics</li> <li>M2M</li> <li>Rheawave</li> <li>Chronocam</li> <li>Openfield</li> <li>Enovasense</li> <li>Morphosense</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Newsteo</li> <li>SP3H</li> <li>Senseor</li> <li>A2</li> <li>T-Waves</li> <li>Icohub</li> <li>Visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CYM</li> <li>Monixo</li> <li>Intesens</li> <li>WinMS</li> <li>Expert Teleportation</li> <li>Antidot</li> <li>Di-Alasyse Signal</li> <li>Predict</li> <li>TransLocator</li> <li>DriveYourTools</li> <li>Hxperience</li> </ul>
<b>SECURITY</b>		<b>TRACEABILITY</b>		
<b>CYBERSECURITY</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Editag</li> <li>Everysens</li> <li>Ffly4u</li> <li>Stratumn</li> <li>Tageos</li> <li>Be Spoon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uwinloc</li> <li>Hikob</li> <li>Tilkab</li> <li>Mesotechnic</li> <li>Exess</li> <li>Ubleam</li> </ul>	<b>SUPERVISING</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Trust in Soft</li> <li>Prove &amp; Run</li> <li>Krono Safe</li> <li>CybelAngel</li> <li>Keeex</li> <li>Yagaan</li> <li>Idnomic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sentryo</li> <li>Akheros</li> <li>Seclab</li> <li>Avencis</li> <li>Klevenware</li> <li>WaToo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermeo</li> <li>Javelo</li> <li>Kostango</li> <li>StereoGraph</li> </ul>		
<b>SURVEILLANCE</b>	<b>ACCESS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>EOS Innovation</li> <li>Azur Drones</li> <li>Xamen Technologies</li> <li>Cerbaïr</li> <li>Delair-Tech</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adviez</li> <li>Famoco</li> <li>Wallix</li> </ul>			



## FRENCH STARTUPS IN

# SMARTINDUSTRY

This mapping is designed to provide helpful information to anyone looking for smart industry solutions among the French ecosystem. It is not intended to promote any specific actor or activity linked to smart industry.

Source : BPIFrance

thèmes sociétaux correspondant aux préoccupations des jeunes générations. C'est le cas par exemple de l'écologie. Selon un sondage réalisé par le **SYNTEC Numérique** en février et mars 2017, deux tiers des jeunes Français estiment que l'industrie du futur doit d'abord être écologique et durable.

Enfin, les technologies au cœur des briques 4.0, héritées du domaine IT, sont autant de leviers d'attractivité pour les jeunes. « Des métiers classiques (soudeur, chaudronnier, fraiseur...) augmentés par des technologies 4.0 deviennent plus attractifs et probablement plus accessibles pour de jeunes générations, digital natives, qui trouvent là des éléments d'un environnement numérique

familier », souligne l'Académie des technologies. « C'est un facteur d'attractivité à exploiter dans la présentation des métiers, des qualifications, des formations qui y conduisent. En évitant toutefois des promesses qui s'avèreraient décevantes... ».

Au final, l'industrie du futur pourrait donc donner un coup de jeune au secteur. Déjà, le nombre de jeunes pousses s'intéressant au domaine industriel est en forte croissance. En 2018, **Bpifrance** recensait 145 start-up travaillant dans le domaine industriel. Les domaines sont très variés et vont de la robotique à l'optimisation de process, en passant par la maintenance, le contrôle qualité, l'IoT ou encore la cybersécurité.

Aujourd'hui, ces jeunes pousses se développent principalement via des contrats signés avec de grandes entreprises, observe la banque publique d'investissement. À moyen terme, le principal levier de croissance de ces start-up sera cependant le marché des PME/ETI. Un marché encore peu attractif car « fragmenté » et « peu solvable », mais qui offre un grand potentiel, estime **Bpifrance**. « Ces start-up vont surtout taper à la porte des grands groupes industriels. Tout l'enjeu est désormais que ces jeunes pousses rencontrent aussi les PME et les ETI », nous confiait récemment Fanny Letier, directrice exécutive fonds propres PME et accompagnement chez **Bpifrance**. Et de conclure par cette formule : « il faut que la French Tech fertilise la French Fab ». ▲

# DESCRIPTIF DES ÉTUDES

**Académie des technologies** - La montée en compétences technologiques des PME Le cas des entreprises industrielles

**Académie des technologies** - Industrie du futur : du système technique 4.0 au système social

**Accenture Strategy** - Value Creation through Digitization for Industrial Equipment Companies

**Alliance Industrie du Futur** : Analyse de 6 filières industrielles (Automobile, Aéronautique, Agro-Alimentaire, Construction, Ferroviaire, Naval).

**AT Kearney / World Economic Forum** - Readiness for the Future of Production Report 2018

**AT Kearney / World Economic Forum** - Technology and Innovation for the Future of Production : Accelerating Value Creation

**Bpifrance** : Histoire d'incompréhension : les dirigeants de PME et ETI face au digital

**Bpifrance** : Etat des lieux du retard des PME et ETI vis-à-vis de la transformation numérique.

**Capgemini Consulting** - Industry 4.0 - Sharpening the Picture beyond the Hype

**Capgemini** - Smart Factories : How can manufacturers realize the potential of digital industrial revolution

**CESE** - Rapport annuel sur l'état de la France : « *Mieux investir pour la France* »

**CGI** - Industry 4.0, Making your business more competitive

**Deloitte** - Forces of change : Industry 4.0

**Deloitte** - The Fourth Industrial Revolution is here-are you ready ?

**Deloitte** - Are you ready for Industry 4.0 ? Global Impact Report

**Deloitte** - Industry 4.0 and manufacturing ecosystems. Exploring the world of connected Enterprises

**Deloitte** - The rise of the digital supply network. Industry 4.0 enables the digital transformation of supply chains

**Deloitte** - The smart factory. Responsive, adaptive, connected manufacturing

**European Commission** - Digitising European Industry

**EY** - Croire en l'Industrie du futur et au futur de l'industrie

**EY** - Baromètre de l'Industrie du futur, l'industrie française rattrape son retard

**EY** - Industrie du futur, le renouveau de l'industrie française

**France Stratégie** - Dynamique de l'emploi et des métiers : quelle fracture territoriale ?

**Fraunhofer IESE** - Smart Ecosystems: An Enabler for Future Innovations

**Institut Montaigne** - Industrie du futur, prêts, partez !

**KPMG** - The Factory of the Future. Industry 4.0, the challenges of tomorrow

**KPMG** - Baromètre de la transformation digitale, le lean n'est pas mort, vive le digital

**Mazars et OpinionWay** - Les dirigeants face à l'industrie 4.0

**Mc Kinsey** - Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector

**McKinsey** - The great re-make: Manufacturing for modern times

**OPIIEC** - Le devenir des métiers et des emplois dans la Branche du numérique, de l'ingénierie, des études et du conseil face à la transformation numérique de l'industrie.

**PwC** - Industry 4.0, How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused

**PwC** - Industry 4.0 : Building the digital enterprise

**PwC** - Industry 4.0 - Opportunities and Challenges of the Industrial Internet

**Roland Berger** - AI Think therefore AI am

**Roland Berger** - The quiet transformation. Impact of the corporate performance trend on the role of the Chief Restructuring Officer

**Roland Berger** - Vers l'industrie électronique du futur

**Roland Berger** - Industry 4.0. The role of Switzerland within a European manufacturing revolution

**Trendeo** - Le Baromètre de l'Investissement Industriel Mondial au cœur de la réalité des Usines du Futur