

LIVRE BLANC

---

# Industrie 4.0 : enjeux et valorisation de la donnée industrielle

## > SOMMAIRE

---

00	– Édito	04/05
----	---------	-------

---

01	– Industrie 4.0 : Des programmes qui remodelent l'industrie française	06/33
	- Des plans Industrie 4.0 en cours de mise en œuvre	09/18
	- Les enjeux de l'Industrie 4.0	19/28
	- Concilier plans globaux et initiatives locales	29/33

---

02	– La donnée, enjeu majeur des plans industrie 4.0	34/49
	- Collecter et exploiter la donnée : le cœur du sujet	37/45
	- Le rôle de l'IoT	46/49

---

03	– Exposer la donnée de production aux opérateurs	50/69
----	--	-------

---

04	– Valoriser la donnée pour optimiser qualité et maintenance	70/87
----	---	-------

---

05	– Repenser l'ingénierie grâce à l'analyse de donnée	88/103
----	---	--------

---

06	– Exploiter la donnée pour gérer les flux dans et hors de l'usine	104/115
----	---	---------

---

07	– Demain, modéliser le produit et l'usine dans un jumeau numérique ?	116/131
----	--	---------

## ÉDITO



### YANN BEGUE

**Membre du COMEX Gfi**  
**Référent Alliance Industrie du**  
**Futur Ile-de-France**  
**Membre du Comité Industrie**  
**du Syntec Numérique**

Mettre en place une transformation digitale est à l'agenda de la grande majorité des dirigeants d'entreprises industrielles françaises que ce soit de grands groupes, d'ETI, de PME ou de PMI. Cette transformation prend des formes multiples, du fait de l'apparition de nombreuses innovations, comme l'impression 3D, l'Internet des objets, la cobotique, l'intelligence artificielle, la réalité augmentée et la réalité virtuelle.

Prendre le virage de l'industrie 4.0 est devenu clairement un objectif pour de nombreuses entreprises,

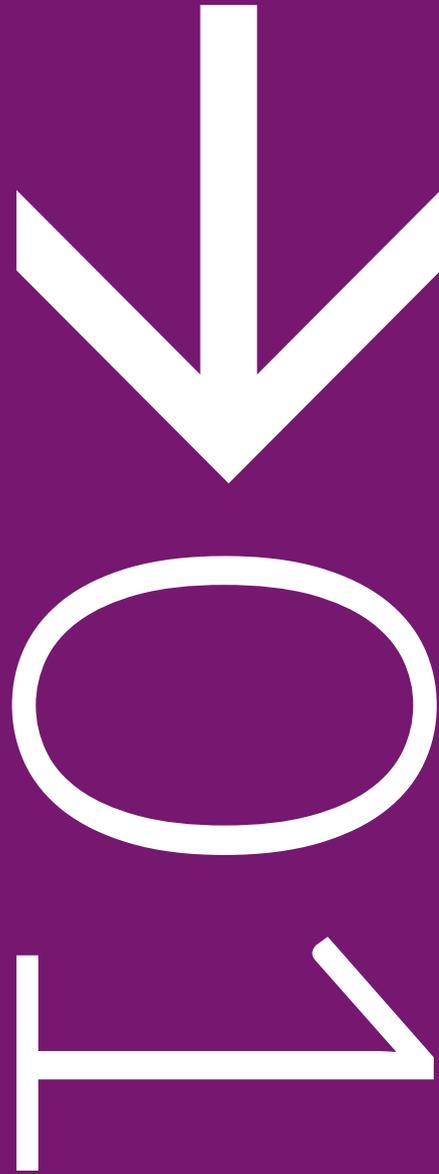
le risque serait trop grand de rater cette 4<sup>e</sup> révolution industrielle et de ne pas profiter de ses bienfaits. Cette transformation contient la promesse de pouvoir garder sur notre territoire national, un outil de production performant et pérenne. La digitalisation de notre industrie doit lui permettre d'améliorer sa flexibilité, sa productivité et sa réactivité dans un monde de plus en plus "drivé" par la vitesse et dans un contexte où les consommateurs/clients exigent de se faire livrer au plus vite et désirent des produits de plus en plus personnalisés.

L'industrie 4.0 est dorénavant devenue une réalité, de nombreuses entreprises lancent en permanence de nouveaux projets pilotes dans ce domaine. Gfi Informatique est partie prenante de cette vague et accompagne ses clients industriels dans cette transformation digitale. Même si la cible à atteindre est souvent connue de tous, force est de constater que beaucoup d'entreprises se posent encore la question de la trajectoire à adopter, de la nature des projets à lancer et de la capacité de leur organisation à accepter ces changements.

Au-delà des aspects technologiques cette quatrième révolution industrielle va créer l'obligation de nous interroger

plus précisément sur les conséquences sociales, politiques et environnementales de cette transformation.

Avec l'EBG, nous avons décidé, il y a maintenant six mois, de créer un groupe de travail avec des entreprises désireuses de partager avec le plus grand nombre leurs expériences en la matière. Nous les remercions vivement car, face à cette révolution technologique, nous sommes tous dans l'attente de retours d'expériences concrets afin de mieux en appréhender les opportunités et les risques associés. Les échanges ont été riches et instructifs pour tous et notre ambition à la rédaction de ce document était que vous puissiez y trouver les réponses à vos nombreuses interrogations. Nous espérons qu'après avoir parcouru cet ouvrage vous serez en mesure de réaliser à votre tour votre Transformation Digitale et que les différents témoignages vous auront aidé à durcir votre projet et à définir la trajectoire adaptée à votre contexte.



# Industrie 4.0 : des programmes qui remodèlent l'industrie française

## > CHAPITRE 01

La quasi-totalité des grands industriels français ont lancé des plans d'action visant à déployer les technologies de l'Industrie 4.0 ou intégrant ces concepts dans un programme plus large. Le phénomène, qui s'appuie souvent sur des prototypes dans des usines pilotes, s'étend également aux ETI ou PME. Loin d'être de simples vitrines technologiques, ces initiatives sont associées au minimum à des objectifs très précis de gains d'efficacité. Dans certaines entreprises, elles visent plus fondamentalement à repenser la production, pour la rendre plus flexible, voire le produit lui-même, en lui associant des services numériques. Plusieurs

entreprises associent clairement le déploiement de l'Industrie 4.0 à la compétitivité de l'industrie française et à la défense de l'emploi industriel dans l'Hexagone.

Pour assurer une meilleure appropriation des solutions, les industriels valorisent l'innovation née du terrain et l'implication des équipes dans les usines ou les ateliers. Une façon de rester proche du terrain même si la rentabilité des programmes Industrie 4.0 dépend souvent d'effets d'échelle. Donc de la capacité à généraliser une solution donnée sur un maximum d'unités de production.



## Des plans Industrie 4.0 en cours de mise en œuvre

IoT, cobots, impression 3D, maintenance prédictive... En première lecture, on pourrait voir l'Industrie 4.0 comme un agrégat de technologies arrivant toutes plus ou moins à maturité et faisant entrer massivement le numérique dans les usines. Une vision réductrice. Car, plus qu'un cocktail

technologique, l'Industrie 4.0 vise à faire converger le monde virtuel, de la conception aux systèmes de gestion (logistique, finance, etc.), avec les machines et les produits. À la clef, pour les clients, la promesse d'offres réellement personnalisées à leurs besoins.

On parle donc bien d'une transformation en profondeur des logiques de production. Pas étonnant donc de voir une large part des trente-cinq industriels et acteurs des services, que nous avons interrogés pour réaliser cette étude, mettre en place des programmes clairement identifiés sur le sujet, parfois intégrés à des plans plus vastes. On retrouve ainsi des programmes Industrie 4.0

## > MÉTHODOLOGIE

Pour construire et rédiger cet ouvrage, nous nous sommes appuyés sur trente-cinq entretiens avec des industriels ou acteurs des services, déployant des initiatives marquées par l'Industrie 4.0 ou inspirées par celles-ci. Pour l'essentiel, ces sociétés sont françaises. Au minimum, elles disposent d'activités importantes en France.

Au travers de ces entretiens, nous avons interrogé longuement le ou les responsables du programme Industrie 4.0 sur leur démarche, les projets qu'ils mènent, les succès qu'ils ont obtenus ou qu'ils entrevoient ainsi que sur les difficultés qu'ils rencontrent. Qu'ils soient ici remerciés de leur accueil et de la franchise des échanges que nous avons pu avoir en amont de la rédaction de cet ouvrage.

Cette phase de collecte d'informations a été complétée par trois ateliers, au cours desquels un groupe d'une quinzaine de responsables – parmi les sociétés déjà interrogées – ont pu travailler et échanger sur une ou plusieurs thématiques de l'Industrie 4.0.

chez certains des plus grands noms de l'industrie française, comme groupe PSA, Renault, Michelin ou Total. Avec des genèses et des objectifs propres au contexte où évolue chacune de ces entreprises. Mais aussi des points communs, en particulier l'utilisation d'une démarche exploratoire (via des prototypes ou PoCs, pour *proof-of-concept*).

**« Notre initiative Industrie 4.0 a démarré dès 2015, avec une démarche initiée par le PDG d'alors. S'inscrivant dans un programme plus large de transformation numérique appelé Digital Enterprise, elle a impulsé une dynamique au sein de l'entreprise, concrétisée par une série de PoCs, lancés dans plusieurs directions dans le courant de 2016 »**, explique ainsi Fabrice Gautier, directeur du manufacturing et de la chaîne logistique de Faurecia. Chez Total, l'intérêt pour le sujet découle de la nomination d'un Chief Digital Officer (CDO) dans le courant du second semestre 2015 et de la volonté de ce dernier de s'entourer de sept Digital Officer portant chacun une thématique précise. Parmi ceux-ci, aux côtés du Digital Officer chargé du management de la donnée ou des énergies renouvelables, figure un responsable des sujets industriels, des plateformes pétrolières jusqu'aux raffineries. **« Ce qui marque aussi la volonté**

**de notre CDO groupe d'accélérer sur les sujets industriels »**, indique Michael Offredi, directeur écosystème digital et innovation du groupe pétrolier.

## Renault et groupe PSA roulent pour l'Industrie 4.0

Chez les deux grands constructeurs automobiles français également, le sujet fait l'objet d'initiatives dédiées, dotées d'une animation propre. **« Depuis environ deux ans, Renault a structuré un plan de transformation digitale couvrant le manufacturing, la chaîne logistique et l'ingénierie de process. Ce plan, qui fait l'objet d'une coordination avec Nissan dans le cadre de l'alliance entre les deux constructeurs, est accompagné par une entité, Renault Digital, qui se positionne comme prestataire de services pour le développement agile de nos applicatifs »**, détaille Éric Marchiol, directeur de la transformation digitale du manufacturing de Renault. Une organisation qui est montée rapidement en puissance : créée fin 2016, elle regroupe aujourd'hui environ trois cents personnes. Le plan du constructeur au losange

est construit autour de quatre piliers, qui regroupent les actions apportant le plus de valeur à un horizon de deux à trois ans.

**« Pour chacun d'entre eux, nous avons réalisé des benchmarks avec d'autres entreprises, y compris dans des secteurs très différents du nôtre, comme la grande distribution et le commerce en ligne ou l'électronique »,**

représume le responsable. En parallèle, Renault anime d'autres initiatives davantage tournées vers l'innovation, autour de l'impression 3D ou des jumeaux numériques par exemple. Des sujets pour lesquels la profondeur de la transformation à mettre en place ne permet pas d'envisager des bénéfices à un horizon à deux ou trois ans.

On retrouve cette logique à deux vitesses dans la démarche du groupe PSA, avec un programme appelé l'« Usine Excellente ». Celui-ci consiste à définir une cible mouvante, à trois ans, capturant tous les éléments matériels et logiciels au service des objectifs du groupe en termes de qualité, de coûts et de délais.

**« Pour l'heure, nous travaillons ainsi sur le programme "Usine Excellente" 2020 et nos différentes usines sont évaluées par rapport à cet état de l'art, qui va être mis à jour dans les prochaines semaines pour refléter**

**une nouvelle échéance, 2021 »,** racontait début janvier 2018 Yann Vincent, le directeur industriel du groupe PSA. Et, en parallèle de l'« Usine Excellente », regroupant des technologies éprouvées dont les bénéfices sont bien cernés, le groupe travaille sur un programme « Usine du Futur », centré sur des technologies présentant un potentiel.

**« Technologies dont nous voulons valider l'intérêt et la valeur avant d'approuver leur industrialisation au sein de notre référentiel »,** détaille Yann Vincent.

## Michelin : susciter le volontariat des usines

Au sein de Michelin également, on tente de gérer en parallèle plusieurs temporalités. Afin d'intégrer rapidement les technologies les plus prometteuses. Tout en conservant la capacité à tester celles qui restent à ce jour à l'état de promesses. La vision à dix ans cohabite ainsi avec des plans d'action à deux ans, tournés vers la création de valeur. Avec, pour ces derniers, la volonté de déployer rapidement les technologies à l'échelle du groupe (70 000

personnes sur 68 sites industriels dans le monde).

**« Car, ici, la création de valeur dépend beaucoup des effets d'échelle »,** dit Alain Cuq, le vice-président innovation digitale et écosystème de l'industriel.



– Michelin

Le numérique au service des individus

Au sein du fabricant de pneumatiques, les années 2017-2018 sont ainsi dédiées à l'évaluation de premiers démonstrateurs, permettant de valider l'intérêt d'une solution, mais aussi ses conditions de déploiement. Les sujets sont variés : automatisation (véhicules à guidage automatique ou AGV, cobots, *computer vision*), nouveaux usages de la donnée, utilisation de jumeaux numériques (pour faire face à la multiplication des reprogrammations de production), guidage à distance des opérateurs de maintenance, ou digitalisation de l'industrialisation (avec déjà des résultats probants sur l'usine de Montceau). L'industriel a décidé de

ne pas s'appuyer sur ses systèmes d'information existant pour lancer ces chantiers, mais de bâtir une nouvelle plateforme, autour d'un data lake (infrastructure de gestion des données née avec le big data) et d'applications dédiées. Le dispositif s'appuie sur une équipe centrale d'une vingtaine de personnes et des usines volontaires. Ces dernières financent la mise en place des solutions, le groupe prenant à sa charge le déploiement de fondamentaux techniques (comme les data lakes). Si le mécanisme s'appuie sur le volontariat des sites, tant dans la phase de tests que lors des déploiements, le groupe a déjà annoncé qu'il interdirait la mise en place de solutions équivalentes à celles dûment qualifiées au cours de ce processus.

## Solvay : explorer de nouveaux modèles économiques

Chez le géant de la chimie Solvay, le plan Industrie 4.0 se déploie selon trois axes, portant chacun une logique économique propre. **« Le premier axe, que nous appelons "Digital Excellence",**

*visé à exploiter les nouvelles technologies au sein de notre modèle économique actuel, racontent Florence Henriet, responsable du projet de transformation digitale, et Thierry Cartage, directeur de la performance industrielle des process et du digital. Pour améliorer l'expérience client, les performances de nos usines, accélérer le développement de nouveaux produits ou encore optimiser notre chaîne logistique. Le second volet touche aux nouveaux modèles économiques que nous pourrions mettre en place. Par exemple en faisant reposer notre modèle commercial sur la performance du traitement mis en œuvre avec nos produits chimiques, plutôt que de vendre des tonnes. Enfin, le troisième axe touche aux dimensions culturelles de cette transformation, avec le recrutement de nouvelles compétences, la formation de nos équipes ou encore l'instauration d'une culture d'innovation et de collaboration.* »

Né dès 2014 dans le giron de la DSI, le programme est désormais placé sous la responsabilité directe du Directeur Général de Solvay. Signe de son importance stratégique. Pour embarquer l'ensemble de ses unités, l'industriel a organisé, début 2016, une session de travail visant

à définir, avec l'ensemble des directeurs industriels des *business units*, ainsi qu'avec certaines fonctions support, une vision de l'usine du futur. « *Une usine qui doit être écologique, efficace sur le plan économique, assurer le bien-être de ses employés, être connectée (en mettant à disposition toutes les données de production et en se reliant aux autres unités de production), fiable, agile (pour s'adapter aux attentes de flexibilité et de qualité des clients), transférable et, évidemment, sécurisée. Sur cette base, nous avons examiné les apports possibles du numérique en recueillant des dizaines de suggestions* », reprennent Florence Henriet et Thierry Cartage. Cinq initiatives principales en ont émergé, servant de langage commun aux différentes entités du groupe. Après une année 2017 consacrée à la mise en place de PoCs afin de démontrer le potentiel de ces axes de travail et rendre ces technologies concrètes, Solvay travaille aujourd'hui sur la structuration et l'industrialisation de ces multiples initiatives.

## Beneteau : le Lean

## comme préalable

Pour le constructeur de bateaux Beneteau, les logiques de l'Industrie 4.0 viennent s'insérer dans un programme plus vaste, visant en particulier à redéfinir les standards de travail sur les onze sites de production vendéens du groupe. « *Ce projet comporte huit axes de travail au total, dont un spécifiquement dédié à l'usine connectée. Pour le Groupe Beneteau, il s'agit d'un programme de longue haleine, sur lequel nous devons embarquer les trois mille six cents personnes travaillant sur nos sites industriels vendéens* », résume Jean-François San Carlos, le directeur des opérations industrielles de Beneteau Group. Ce programme se déploie selon trois axes essentiels. Avec, pour commencer, l'implémentation du *Lean Manufacturing* au sein des ateliers. « *C'est ce principe méthodologique qui doit guider la modernisation de notre outil de production* », assure Jean-François San Carlos, un ancien de l'industrie automobile qui voit le digital comme un prolongement de ce socle essentiel qu'est le *Lean*. Le second axe choisi par Beneteau porte sur la formation : le groupe dispose en interne d'un centre de formation aux techniques mises

en œuvre dans l'assemblage des bateaux et entend désormais également former ses opérateurs et l'encadrement intervenant sur les ateliers à la démarche *Lean Manufacturing*. « *Enfin, cette mutation nécessite des salariés impliqués. Nous souhaitons donc développer le management participatif qui est le troisième levier. Un vrai management participatif ! ; celui qui consiste à aller chercher au niveau des opérateurs les causes réelles des aléas, comme les délais ou les problèmes de qualité. Ce n'est qu'à cette condition que nous pouvons mettre en place des solutions robustes visant l'excellence industrielle* », assure le directeur des opérations industrielles du groupe vendéen.

## Un équilibre entre plans globaux et autonomie des BU

Si la plupart des industriels semblent donc s'être dotés de leur plan Industrie 4.0, l'exécution de ce dernier et le rôle joué par le siège vis-à-vis des filiales dépend évidemment de la culture de chaque entreprise et

de ses logiques de production. Par exemple, chez Saint-Gobain, l'initiative est plutôt laissée aux treize branches d'activité industrielles au sein desquelles on trouve des logiques de production très variées (des processus discrets côtoient des processus continus ou à la commande) et où des activités de production cohabitent avec celles axées sur la transformation. Les *business units* restent donc autonomes dans leur stratégie en matière d'Industrie 4.0 et dans leurs décisions d'investissement, le siège ayant un rôle d'animation et de partage sur les différents sujets. Au total, la DSI Groupe ne compte que 150 personnes, sur les 2 500 informaticiens du groupe.

Orano (l'ex-Areva) se positionne dans une logique intermédiaire. Si le groupe dispose bien en central d'un programme Industrie 4.0, lancé en juillet 2016 par la direction de l'innovation – un programme identifiant cinq axes de travail et dix technologies prioritaires – pas question pour autant d'imposer un modèle unique. « **Cela aurait peu de sens dans un groupe réunissant des activités aussi diverses** », note Ana Paula Serond, manager R&D chez Orano, dont l'objectif est plutôt d'identifier des démarches partagées par plusieurs *business units*.

Dans de nombreux cas, parmi les trente-cinq entreprises

interviewées dans le cadre de cette étude, la direction du digital ou celle de l'innovation viennent appuyer les efforts des directions industrielles ou des usines. « *Dans tous ces chantiers, la direction de l'innovation et du digital a l'avantage de ne pas porter un P&L (compte d'exploitation), donc de pouvoir dépenser et se tromper. Notre intervention va de l'identification des scénarii métiers, au cadrage, aux proof-of-concept, à la définition des modèles économiques jusqu'aux dossiers d'industrialisation* », détaille Arnaud Julien, directeur innovation et digital de Keolis.

## Pas uniquement l'apanage des très grands groupes

Si les plans les plus ambitieux, les feuilles de route les plus complexes restent l'apanage des grands groupes, les ETI et PME industrielles s'intéressent aussi aux thématiques de l'Industrie 4.0. Ainsi, Socomec, un groupe industriel familial de quelque 3 000 personnes, qui prévoit d'investir quelque 300 000 euros sur des projets d'Industrie 4.0 en

2018. « **L'objectif est de lancer des prototypes étalés sur trois à quatre mois, puis d'industrialiser la solution si les objectifs sont atteints et si le retour sur investissement paraît prometteur** », dit Benjamin Le Caër, le directeur des projets industriels de Socomec. Et l'industrie 4.0 doit aussi permettre à cette ETI de mieux tirer parti des capacités de communication de ses produits, de plus en plus connectés. Socomec, qui possède deux sites de production importants aux environs de Strasbourg, a aussi pu s'appuyer sur l'écosystème d'innovation de sa région. Notamment via une collaboration avec CEA Tech, la direction de la recherche technologique du CEA, au sein de la plate-forme FFLOR (Future Factory @ Lorraine), installée dans les locaux de l'usine groupe PSA de Trémery-Metz (Moselle). C'est là que le fabricant d'équipements électriques teste la capacité d'un cobot à manipuler des tôles servant à l'habillage d'un de ses produits.

Une logique qu'on retrouve chez Lacroix Electronics, qui fait partie du groupe Lacroix (ETI familiale qui réalise un chiffre d'affaires de 430 M€). La société s'appuie sur We Network (le cluster des industriels de l'électronique du grand ouest, qui regroupe quelque cent soixante-dix sociétés) et la

région des Pays de la Loire pour travailler sur un projet de système de contrôle qualité en fin de ligne, associant un cobot et des technologies de vision assistée par ordinateur. « **Cette initiative va permettre de rapprocher une entreprise spécialisée dans la cobotique et une société maîtrisant les technologies de vision. Nous espérons mettre au point cette solution avant la fin de l'année 2018** », précise Dominique Maisonneuve, chef de projet Smart Industry de Lacroix Electronics. L'industriel a inscrit sa démarche Industrie 4.0 dans son plan stratégique "Ambition 2020". À la clef, un ensemble de projets destinés à moderniser l'outil de production, mais pas uniquement ; les services support étant également concernés.

« **On recense trois catégories de projets : ceux qui s'inscrivent dans la continuité de nos démarches d'amélioration continue, ceux qui visent à explorer le potentiel de nouvelles technologies au travers de PoCs et, enfin, ceux tournés vers l'adaptation de notre architecture IT** », dit Dominique Maisonneuve. Un ensemble d'initiatives qui n'ont finalement pas grand-chose à envier aux plus grands groupes industriels.

## — Une agence digitale en interne ?

Dans certaines organisations, l'accompagnement des directions de l'innovation ou du digital va au-delà de la qualification de solutions ou de l'évaluation des pratiques des autres industriels. Avec la naissance de réelles entités opérationnelles venant fournir des services et des compétences numériques aux *business units*. Une logique à l'œuvre, chez Renault ou Engie notamment. Créé il y a quelque dix-huit mois, Engie Digital, qui regroupe environ cinquante personnes permanentes et au moins autant de ressources issues des métiers et des partenaires, a pour vocation d'aider à accélérer la transformation digitale du groupe.

Les missions d'Engie Digital sont de trois ordres : accompagnement des *business units* dans la création de leurs outils digitaux ; fourniture de plates-formes – vues comme un facteur clef de succès par le groupe – et animation de la communauté, par exemple pour rapprocher des projets voisins ou, plus généralement, pour favoriser les échanges au sein du groupe. « ***Nous croyons beaucoup aux vertus de la réutilisation : quand nous développons un projet, nous voulons pouvoir en réutiliser un maximum de composantes par la suite*** », dit Olivier Renvoisé, qui dirige les projets tournés vers les activités industrielles d'Engie Digital.



## Les enjeux de l'Industrie 4.0

Si les industriels bâtissent des plans dédiés à l'Industrie 4.0 et y consacrent des investissements notables, c'est évidemment parce qu'ils espèrent un retour sur investissement direct. Plusieurs exemples donnent une idée du potentiel des technologies de

l'Industrie 4.0 dans l'amélioration de l'efficacité opérationnelle. Pour Bosch, qui est à la fois utilisateur des technologies de l'Industrie 4.0 pour doper son efficacité opérationnelle et vendeur de solutions dans ce domaine, cette vague technologique doit lui permettre de viser une amélioration de 30 % de sa productivité à l'horizon 2020. Pas moins ! « ***Un objectif ambitieux, mais réaliste, un grand cabinet de conseil tablant, lui, sur une progression moyenne de***

**20 %, selon Pascal Laurin, le directeur Industrie 4.0 de Bosch France. Nous sommes aujourd'hui sur la bonne voie ! »**

Le chimiste Solvay précise, de son côté, que les différents prototypes ont déjà généré plusieurs millions d'euros de gains courant 2017. **« Sur la base de ces résultats encourageants, nous avons écrit fin 2017 une feuille de route de déploiement de ces projets au sein de nos différentes business units. Si cette feuille de route est respectée, on peut viser plus d'une centaine de millions d'euros de gains à horizon cinq ans »**, calculent Florence Henriet, responsable du projet de transformation digitale au sein du groupe, et Thierry Cartage, directeur de la performance industrielle des process et du digital.

## Des ROI bien établis, la perception de gains futurs

L'importance des économies potentielles pousse Solvay à mettre en place un modèle d'organisation adapté, passant par la définition de nouveaux rôles. Comme celui de gestionnaire de données, tant

au niveau central que dans chaque *business unit* ou dans les usines. Comme celui de Data Scientist, que le groupe entend là encore déployer dans les différentes strates de l'organisation. Ou encore des fonctions centrées sur le déploiement rapide d'applications pensées par les utilisateurs. Autre indication précieuse : Total met en avant le modèle économique très solide associé à son projet de *smart rooms*, cette forme d'assistance à distance aux opérateurs sur site. Avec cette technologie, le groupe pétrolier espère économiser des millions de dollars par an rien que sur son activité en Angola.

**« Pour d'autres sujets, comme le jumeau numérique, les calculs de rentabilité sont plus compliqués à établir. Le lancement de ces projets découle alors avant tout de notre perception des apports de ce type de solutions »**, reconnaît Michael Offredi, le directeur écosystème digital et innovation de Total.

Si les gains directs sont parfois difficiles à calculer, certains projets visent avant tout à réduire les risques ou la non qualité. Donc à éviter des coûts directs, comme ceux générés par les pièces partant au rebut. C'est notamment la logique des projets visant à diminuer ou éliminer le recours au papier dans les ateliers

(projets dits *paperless shoofloor*). Pour l'équipementier Faurecia, le principal bénéfice de ce type d'initiative réside bien dans ses effets induits : **« ce projet permet de générer des données structurées sur la production. Via les mécanismes de saisie des causes des arrêts de production mis à la disposition des opérateurs sur les écrans, nous récupérerons des données exploitables permettant de construire des tableaux de bord pertinents pour toutes les strates de l'organisation »**, dit Fabrice Gautier, directeur du manufacturing et de la chaîne logistique de l'équipementier.

## Les bonnes instructions de montage, au bon moment

Le constat est assez similaire dans une industrie voisine, l'assemblage de bateaux où opère Beneteau, mais aussi au sein du groupe Seb par exemple. Chez le premier, le projet de *Lean Manufacturing*, puis de numérisation des nouveaux standards de travail qui en sortiront, doit aider l'industriel à réduire les défauts d'assemblage,

à diminuer les ruptures de flux ou encore à assurer la réception des bonnes pièces au bon moment sur la chaîne de montage. Le découpage des tâches au sein du PLM, sur lequel travaille Beneteau, débouchera sur un couplage à la maquette numérique, issue des bureaux d'étude. Pour l'heure, le constructeur a pu valider l'efficacité du dispositif dans une de ces usines, sur un de ses modèles de bateaux.

Chez Seb, un des objectifs centraux du programme Industrie 4.0 consiste à travailler sur la productivité et la qualité des produits. **« Pour ce faire, nous misons notamment sur la continuité numérique entre notre ERP, notre PLM et la ligne de production, via des échanges de données. L'une des promesses consiste ici à réduire les temps de changement de production et à améliorer la qualité, notamment en poussant les bonnes données et instructions de contrôle sur les écrans des opérateurs »**, résumant Benoît Champouillon, IT Business Solutions Products & Operations du groupe Seb, et Bernard Loiseau, directeur du domaine Data dans la même entreprise. Pour réussir son pari, l'industriel mise notamment sur la production de contenus attrayants pour les opérateurs, en particulier via une association avec la startup Picomto afin de proposer

les instructions de montage sous de nouvelles formes.

## Le sponsoring du management, clef de la réussite ?

Comme le laissent entendre ces exemples, les gains d'efficacité opérationnelle découlant de

l'introduction des concepts de l'industrie 4.0 ne sont pas encore tous démontrés de façon claire. En particulier quand on parle de technologies encore peu déployées (citons les cobots ou la maintenance prédictive). Sur ce terrain, les industriels apprennent en marchant.

*« Nous nous inscrivons dans une démarche exploratoire, basée sur des PoCs d'une durée moyenne de six mois. Cette étape sert à estimer de manière préliminaire la valeur créée pour le groupe et*

*à affiner les hypothèses initiales très modestes présentées au lancement de notre plan stratégique, illustre ainsi Ana Paula Serond, manager R&D chez Orano (l'ex-Areva). Ces hypothèses se sont appuyées sur des évaluations chiffrées issues de benchmarks et ont pris en compte les difficultés de mise en œuvre dans notre secteur ».* Le cas échéant, ces PoCs débouchent sur la mise en place de pilotes ou démonstrateurs avant le déploiement et la généralisation de la technologie.

Et cette démarche, assez emblématique de ce que nous avons rencontré au fil de nos trente-cinq entretiens, doit aussi veiller à ne pas négliger les aspects humains. Comme l'explique Olivier Renvoisé, d'Engie Digital, le rôle que joue le management dans la réussite de ces initiatives s'avère essentiel. *« Si son appui n'est pas affirmé, le soufflet peut très vite retomber, en particulier dans le monde industriel où l'outil numérique est souvent vu comme secondaire, explique-t-il. Dans le groupe, les vingt-quatre patrons d'entités opérationnelles ont pris des engagements en matière de déploiement du digital. »*

Si on peut interpréter les investissements dans l'Industrie 4.0 comme un prolongement des démarches d'amélioration continue, les cantonner à ce seul

horizon serait trop limitatif. Car, ces concepts revêtent également une importance stratégique, dans l'adaptation des industriels à la demande de leurs clients. *« Nous devons être en mesure de répondre aux attentes de flexibilité des clients, via des productions en petites ou moyennes séries et, parfois, la relocalisation de certaines productions au plus près des clients »*, dit ainsi Pascal Laurin, de Bosch France. On retrouve cette logique de flexibilité de la production dans l'automobile notamment. Renault explique notamment avoir travaillé à l'adaptation de sa production à la demande des clients en menant un chantier de rénovation de ses systèmes d'information historiques, afin de régler les problèmes capacitaires que ces variations génèrent. Notamment en assurant des rapprochements temps réel avec les systèmes de ses fournisseurs.

## Une continuité de la conception à la maintenance en opérations

L'Industrie 4.0 débouche



également sur une forme de continuité entre le produit et ses conditions de production, ce qui permet à certains industriels d'imaginer de nouveaux services. En plus de la connectivité qu'elle amène à ses équipements industriels, « ces technologies viennent également s'insérer dans nos propres processus de réalisation de projets, même si le groupe Fives dispose finalement d'assez peu d'ateliers, explique ainsi Yannick Leprêtre, directeur du digital et de l'innovation de ce spécialiste des équipements industriels. *Dans ce domaine, l'enjeu principal pour nous est d'assurer une continuité numérique entre nos processus de conception d'équipements, les processus de fabrication et d'assemblage, la chaîne logistique, puis finalement les opérations réalisées sur nos équipements une fois implantés chez nos clients, tels que la maintenance, par exemple.* »

Chez Naval Group, cette même démarche a donné naissance au programme appelé Virtual Ship. « *L'idée ne consiste pas uniquement à fournir aux clients un double 3D figé né au bureau d'études, mais bien à mettre à disposition le reflet du bâtiment tel qu'il a été construit et tel qu'il a évolué par la suite, après sa mise en service, détaille Stéphane*

*Klein, le responsable maîtrise d'ouvrage Usine du futur de l'ex-DCNS. Pour ce faire, nous imaginons d'exploiter les capteurs positionnés sur les équipements embarqués.* »

## Défendre l'emploi industriel en France ?

Plus fondamentalement, après le virage de la robotisation qu'a raté l'industrie française dans les années 1980 et 1990, l'Industrie 4.0 constitue, aux yeux de certains du moins, la dernière occasion d'améliorer sa productivité. Donc, potentiellement, de conserver ou rapatrier certaines productions délocalisées. Comme l'explique par exemple Bosch pour son usine de Mondeville (lire page 28). L'ETI Socomec associe également clairement ses investissements dans l'Industrie 4.0 avec la défense de l'emploi sur ses sites hexagonaux. Même si, dans un premier temps, les projets se traduisent par des destructions d'emplois... « *En 2018, à la faveur de la réorganisation selon les principes du Lean Manufacturing d'une filière de production dans une usine alsacienne, nous*

*allons intégrer de premières technologies issues de l'industrie 4.0. Notamment des postes de travail connectés et des cobots, dont le potentiel est intéressant sur cette unité utilisant des composants relativement lourds, raconte Benjamin Le Caër, le directeur des projets industriels de l'industriel alsacien. Et nous espérons un retour sur investissement en douze mois, du fait du remplacement de certains emplois manuels.* » Le sujet est évidemment sensible en interne, auprès des salariés et des syndicats, et a fait l'objet d'un gros travail d'accompagnement auprès des équipes. « *Car si l'industrie 4.0 doit aider, à moyen et long terme, à préserver la compétitivité de l'emploi industriel en France, elle devrait se traduire à court terme par la disparition de certains postes, peu ergonomiques ou potentiellement musculosquelettiques* », reprend le responsable. Un message aujourd'hui bien compris dans l'ensemble, assure-t-il, d'autant plus que l'introduction de ces technologies sera accompagnée par un plan de formation permettant aux employés de bien les appréhender. Au sein des technicentres de la SNCF, chargés de la maintenance lourde du matériel roulant (et

employant quelque sept mille personnes), le programme "Usine du Futur", lancé fin 2014, en lien avec le choix du groupe d'investir dans le digital s'inscrit dans un contexte de surcapacité du dispositif industriel de la compagnie ferroviaire. « *Et il vient s'implanter sur des sites qui ont, pour la plupart, dépassé le siècle, même si nous avions inauguré une nouvelle usine à Rennes en 2014, dit Benjamin Godreuil, le responsable de ce programme à la direction du matériel de la SNCF. Notre choix face à cette situation a été de transformer ces difficultés en opportunité de renouvellement, via la rénovation de notre outil industriel (rénovation de sites et transfert de deux anciens sites vers des usines neuves) et via l'implémentation des concepts de l'Industrie 4.0.* » Si elles viennent très souvent aider à rénover des installations existantes afin d'en améliorer les performances, les solutions nées avec l'Industrie 4.0 permettent aussi de créer de nouvelles unités de production, répondant à l'évolution des attentes des clients. Autorisant des productions au plus près des consommateurs, des productions plus flexibles, offrant des capacités de personnalisation.

## Des robots plus faciles à programmer

Comme l'indique Yannick Leprêtre, du groupe Fives, cette seconde chance offerte à l'industrie française s'appuie enfin sur une évolution fondamentale de la technologie : « *Dans les années 1980 à 2000, les robots ont servi à automatiser des tâches répétitives. Mais, aujourd'hui, il est possible de les employer de façon totalement différente, car ils savent désormais effectuer des tâches plus variées, et de façon très précise* ». On sait par exemple les employer dans l'aéronautique afin de percer des trous pour les rivets sur les fuselages. Avec une précision de quelques dixièmes de millimètres.

### > LE CHIFFRE

# 124

C'est le nombre de robots industriels pour 10 000 salariés en France, selon le Symop,

« *Car la programmation des robots est désormais similaire à celle des machines-outils, ce qui fait toute la différence avec la situation qui prévalait voici seulement quelques années. Dans la logistique, on sait désormais automatiser l'empilement de palettes hétérogènes, en optimisant la géométrie de l'ensemble tout en préservant l'intégrité des éléments transportés (en évitant, par exemple, de placer les boîtes d'œufs sous les packs d'eau). Des architectures de ce type, ou celle des AGV Kiva utilisés par Amazon, sont rendues possibles par le logiciel et la capacité des systèmes à traiter de la donnée* », reprend le directeur du digital et de l'innovation.

l'organisation professionnelle regroupant les fabricants français de machines-outils. À comparer aux 273 robots industriels pour 10 000 salariés de l'Allemagne et aux 160 de l'Italie. En détail, la densité de robots est très proche pour le secteur automobile dans les trois pays. Le déficit français est en revanche patent dans les autres secteurs de l'industrie.

## La certification industrielle réinventée ?

Pour un spécialiste de la certification des équipements industriels comme le Bureau Veritas, la montée en puissance de l'Industrie 4.0 a deux conséquences majeures. D'abord, le groupe fondé à Anvers en 1828 se doit de suivre cette évolution technologique et de la maîtriser, puisque les équipements et produits qu'il certifie seront, demain, fabriqués avec ces techniques. Ensuite, certaines des technologies de l'Industrie 4.0, comme l'IoT, le traitement des données ou les cobots, ont le potentiel pour bouleverser la façon dont le Bureau Veritas opère. « *Par exemple, en nous donnant la capacité à recueillir à distance l'information nécessaire à nos contrôles* », dit Laurent Midrier, vice-président stratégie et innovation de Bureau Veritas. « *Aujourd'hui, nos certifications, autrement dit le tampon dont a besoin un industriel pour mettre ses produits sur le marché, sont basés sur un contrôle de cohérence d'un certain nombre de propriétés. Avec l'IoT, on peut imaginer que ces informations nous arrivent directement, via une connexion au système d'information de nos clients ou via nos propres capteurs, et que le*

*processus puisse être automatisé, modifiant en profondeur la nature de notre activité* », reprend le dirigeant. Aujourd'hui, Bureau Veritas place déjà, à la demande des assureurs, des capteurs dans des bâtiments situés au-dessus du passage d'un tunnelier, afin de valider que ces travaux souterrains n'ont pas de répercussions sur les structures.

« *Mais je ne crois pas à l'arrivée prochaine d'une forme de certification totalement en continu, basée sur l'envoi de données sorties des chaînes de production, tempère Laurent Midrier. Ne serait-ce que parce que la technologie complémentaire qui serait nécessaire pour y parvenir – l'IA – paraît peu compatible avec la logique de certification. Rappelons que les algorithmes de Deep Learning, les plus en vogue actuellement, ne sont pas déterministes, relève le vice-président de Bureau Veritas. Or, une vraie certification s'apparente à un transfert de responsabilité, incompatible avec un fonctionnement de type boîte noire. Par contre, je pense qu'on va assister au passage d'une certification basée sur un processus discret à un système plus continu, reposant davantage sur l'audit des organisations.* »

## — Bosch : l'Industrie 4.0 régénère l'usine de Mondeville

L'Industrie 4.0 pour répondre aux attentes de flexibilité des clients, via des productions en petites ou moyennes séries et, parfois, la relocalisation de certaines productions au plus près des clients ? C'est cette tendance qu'illustre la transformation de l'usine Bosch de Mondeville (Calvados).

Créé dans les années 1960, au départ pour fabriquer des téléviseurs, ce site, le 2<sup>e</sup> en taille pour le groupe dans l'Hexagone (six cent personnes), travaillait auparavant pour un client unique dans l'automobile. Le plaçant sous la menace de la concurrence venue des pays à bas coût de main d'œuvre. **« Sa transformation a consisté à ouvrir le savoir-faire manufacturing à des entreprises d'objets connectés extérieures à Bosch. Ce qui signifiait, pour**

**Mondeville, être en mesure de passer de la très grande série automobile à des petites et moyennes séries sur des produits n'étant qu'au début de leur industrialisation. Pour effectuer ce saut quantique, les concepts de l'Industrie 4.0 se sont révélés essentiels, raconte Pierre Bagnon, expert Industrie 4.0 de Bosch. ».**

Huit axes clefs ont été définis pour assurer la transformation de Mondeville : la numérisation de la chaîne logistique, le déploiement d'équipements convertibles, la disponibilité des données en temps réel, une gestion intelligente des énergies, des supports digitaux fournis aux opérateurs, la maintenance prédictive, des tests auto-adaptatifs et, enfin, l'impression 3D.



## Concilier plans globaux & initiatives locales

Si l'Industrie 4.0 repose sur des évolutions technologiques essentielles, elle ne vient pas se déployer sur un terrain vierge.

Depuis toujours ou presque, les directeurs de sites industriels travaillent localement à des plans d'amélioration continue. Des plans qui, ces dernières années, se sont naturellement inspirés des évolutions technologiques. Déployer les programmes d'Industrie 4.0 conçus au siège d'une entreprise passe donc également par la valorisation de ces initiatives locales. **« À l'instar d'un M. Jourdain, nos différents sites ont déjà lancé des initiatives reliées aux concepts d'Industrie 4.0 sans vraiment les associer**

à cette terminologie », s'amuse Stéphane Klein, de Naval Group. Chez Renault par exemple, le plan Industrie 4.0 assume de réutiliser des acquis de la transformation du système de production. En particulier le Go Genba, méthode qui consiste à partir du terrain et non des experts (Genba signifie "là où se trouve la réalité" en japonais). **« Pour le digital, nous gardons cette priorité : nous voulons développer des applicatifs utilisés par nos managers de terrain, explique Éric Marchiol, de Renault. Car si, dans chaque région, la mise en place du plan de transformation est supportée par un trio, réunissant une personne des métiers, un informaticien et un jeune talent, 90 % des concepts déployés à ce jour proviennent en réalité d'idées nées dans nos usines, au plus près du terrain. Dans un groupe comme Renault, toute la difficulté d'un plan comme celui que nous mettons en œuvre consiste à trouver le bon équilibre entre l'implémentation rapide de solutions standardisées par le siège et la marge de manœuvre laissée aux initiatives de terrain. »** On retrouve ces préoccupations dans la plupart des grands groupes déployés sur de nombreux sites industriels. Mais aussi chez de grands acteurs du service, comme AccorHotels. **« Réussir la transformation digitale demande**

**un accompagnement des équipes et beaucoup de pédagogie. En particulier dans un groupe très décentralisé comme AccorHotels, présent dans plus de quatre-vingt-dix pays dans le monde »,** dit ainsi Maud Bailly, sa Chief Digital Officer. La société a ainsi conçu sa future application de gestion des tarifs (revenue management), reposant sur une IA, avec des experts issus du terrain. Une façon de **« s'assurer en amont que l'applicatif correspond bien aux usages attendus par cette population »**, relève Maud Bailly.

## Cultiver l'innovation venant du terrain

Chez Seb, la démarche est certes animée par la direction industrielle, mais favorise les initiatives locales et le partage des résultats à l'échelle du groupe. **« Pour chaque chantier ou sous-chantier, nous identifions un ou deux leaders capables d'animer les initiatives sur le terrain pour ensuite en faire bénéficier les autres entités du groupe. C'est par exemple avec cette méthode que nous avons pu expérimenter les cobots pour des tâches de palettisation**

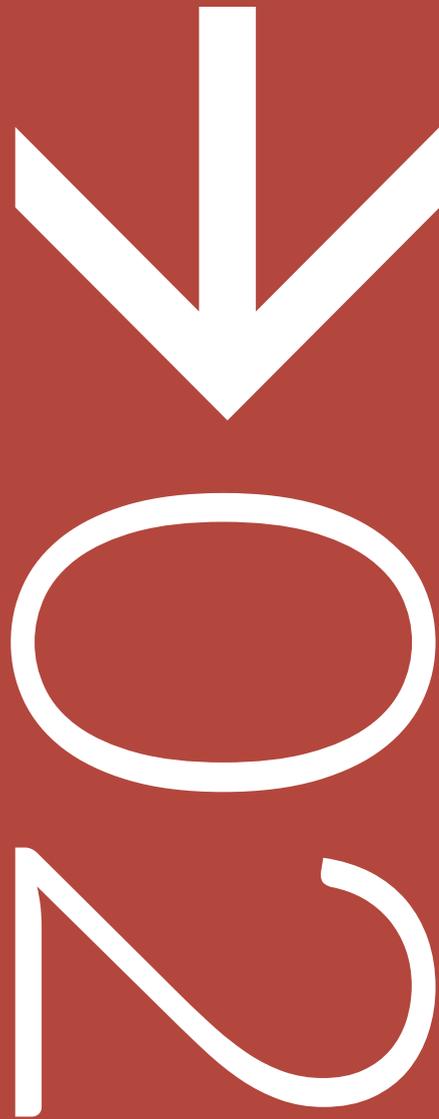
**des cartons »**, détaillent Benoît Champouillon et Bernard Loiseau. Au sein de Bosch, Pascal Laurin explique que la direction du groupe a eu **« l'intelligence de faire confiance dès le départ aux équipes sur le terrain »**. C'est ainsi que sont nés des projets pilotes sur les sites industriels, appuyés par le sponsoring des patrons d'usines et pilotés par le retour sur investissement (compris entre six et vingt-quatre mois). **« Une façon de rester très concret et de dépasser l'étape du prototype. Aujourd'hui, sur cette base, nous avons lancé une phase de consolidation, avec une évaluation et une mutualisation des projets en central. Ce sont quatre cents projets pilotes qui deviennent ainsi des standards à l'échelle du groupe, dont soixante-dix technologies hardware et software issues de l'expérience industrielle Bosch qui sont désormais commercialisés pour accompagner les industriels dans leurs transformations digitales »,** reprend le directeur Industrie 4.0 de Bosch France. Cette innovation au plus près du terrain donne, au sein de certaines entreprises que nous avons interrogées, des résultats des plus concrets. Chez Air France KLM, le développement de Prognos, la solution de maintenance prédictive utilisée en

production au sein de l'activité de maintenance des avions, est née de culture d'innovation maison. **« Prognos résulte du travail de quelques personnes ayant accès aux données des avions, qui ont commencé à y relever des signaux faibles révélateurs de pannes à venir, raconte James Kornberg, directeur de l'innovation d'Air France Industries KLM Engineering & Maintenance. Elles ont ensuite été rejointes par une équipe de Data Scientists, afin d'industrialiser la solution et développer de premiers scénarii d'usage, sur certains avions. »** **« La seule obligation, lorsqu'un site veut tester une technologie au sein d'un prototype, c'est de penser grand d'emblée, à l'échelle de nos dix usines, dit de son côté Benjamin Godreuil, de la SNCF. Cette approche accompagne aussi la transformation de notre modèle d'organisation, d'une fédération de PME vers une mise en réseau de nos sites »**. Une façon de confronter immédiatement l'innovation à la réalité du terrain. Directement sur un site industriel de production. À moins de disposer, comme Total, d'un terrain de jeu où tester les solutions innovantes. Le groupe pétrolier peut en effet compter, pour ce faire, sur la raffinerie des Flandres, à Dunkerque. **« Si la production y a été stoppée, nous avons conservé**

*une partie du site pour en faire une école et un lieu d'expérimentation (en utilisant de l'eau chaude comme fluide). C'est par exemple là-bas, avec des contraintes de sécurité moins strictes que sur*

*nos sites de production, que nous menons des tests sur l'IoT ou la géolocalisation », détaille Michael Offredi, le directeur écosystème digital et innovation de Total.*





↓  
O  
N

# La donnée, enjeu majeur des plans Industrie 4.0

## > CHAPITRE 02

Au cœur des initiatives Industrie 4.0 des entreprises, réside un travail de longue haleine, de collecte et de consolidation des données de production. Si la généralisation d'Ethernet donne à ce chantier un socle technique, les industriels doivent composer avec la diversité de leur parc de machines, qui complexifie la collecte et l'exploitation des diverses sources de données. Avec ses capteurs relativement bon marché offrant une autonomie satisfaisante et ses plateformes de traitement de données, l'IoT apporte une

solution complémentaire pour acquérir de nouvelles données. Et combler d'éventuels lacunes dans la description des phénomènes que les industriels entendent modéliser. Cette volonté de collecter et exploiter des données sur la production, parfois pour des applications temps réel, mobilise des investissements conséquents, que les industriels tentent de rentabiliser au travers de projets tournés vers la performance opérationnelle ou vers le développement économique (création de nouveaux services).

## Collecter et exploiter la donnée : le cœur du sujet

Si l'Industrie 4.0 se concrétise par l'émergence de technologies nouvelles comme les cobots, l'impression 3D ou la maintenance prédictive, elle prend racine sur un terreau déjà ancien, comme le raconte Yves-Marie Lecomte, directeur ingénierie automatisation & électricité de l'usine Bic de Longueil-Sainte-Marie (Oise), spécialisée dans la production de lames de rasoirs. Pour lui, l'Industrie 4.0, un terme qu'il trouve d'ailleurs assez artificiel, résulte d'une avancée par paliers entamée voici des années. **« Un des jalons les plus importants sur les machines et les automates reste l'interconnexion des systèmes, là où auparavant on avait affaire à des silos d'information peu reliés entre eux. C'est ce qui a permis d'améliorer l'automatisation des processus, de mettre en place des tableaux de bord sur la production ou encore d'être plus réactifs**

**sur les interventions** », dit-il. Et de noter que c'est l'émergence d'Ethernet comme bus de terrain qui a ouvert la voie à ces interconnexions.

**« Auparavant, chaque constructeur d'automates possédait son ou ses bus propriétaires. Mais la pression sur les coûts a poussé ces industriels à standardiser leurs solutions sur Ethernet** », reprend l'ingénieur. Démarrée il y a une dizaine d'années, cette migration s'est révélée délicate dans un premier temps, les automaticiens ne maîtrisant pas totalement les spécificités de ce type de réseau physique, ainsi que les différents protocoles de communication associés.

Couplée à la virtualisation du réseau, cette mise à niveau, aujourd'hui pratiquement achevée sur le site de Longueil-Sainte-Marie, permet de gérer de façon centralisée la programmation des automates, améliorant ainsi le suivi des modifications, notamment lors des interventions d'urgence, mais aussi d'effectuer des opérations à distance, y compris hors du site.

**« Nous déployons ainsi des machines dans une usine située au Brésil, où notre capacité à intervenir en télémaintenance pour l'aide au diagnostic ou la mise à jour des programmes devient déterminante** », assure Yves-Marie Lecomte. Les

interconnexions permettent aussi d'accélérer les changements de format ou la reconfiguration des machines quand Bic passe d'une recette de fabrication à une autre, via les passerelles entre les bases de données SQL consolidant toutes les informations sur la production et les automates. Et ces informations sont aussi affichées en temps réel sur la ligne de production elle-même, et mises à disposition de la maintenance et des responsables de production. Des écrans de contrôle, positionnés à côté des machines, affichent les niveaux de qualité, l'état des capteurs et actionneurs, l'avancement par rapport au planning, les alarmes, les informations de maintenance ou encore les procédures et plans de dépannage.

## La bataille de la collecte des données

L'itinéraire suivi par l'usine de Bic, qui aboutit aujourd'hui l'intégration directe des données issues des machines dans les systèmes de suivi de production, est assez emblématique du parcours qu'emprunte les industriels. Avec, pour point focal, la capacité à

agréger les données des machines. Tout sauf une sinécure.

Chez Renault, un des volets essentiels du plan de transformation du groupe touche justement à la capture et à l'utilisation des données en temps réel. **« Cela concerne tant nos lignes de production que notre chaîne logistique. L'objectif de cet ensemble d'initiatives est de passer d'une situation où les prises de décision reposent sur des "photos", des situations arrêtées en fin de journée ou de semaine, à des boucles de décision temps réel, descendant au plus bas niveau possible »**, détaille Éric Marchiol, le directeur de la transformation digitale du *manufacturing* du constructeur. Avec, en ligne de mire, la volonté de travailler à terme sur les signaux faibles, avec l'IA.

Mais, pour ce faire, encore faut-il collecter la donnée sur les machines et interconnecter des systèmes très différents, y compris ceux des fournisseurs. **« On parle ici d'un effort de longue haleine, car des équipements de tous âges et toutes provenances cohabitent dans nos usines. De ce fait, c'est bien le premier mètre, celui de la capture de données, qui reste le plus difficile à parcourir, avec, en fonction de l'âge des machines, des stratégies différentes »**, détaille Éric Marchiol.

Le constat est identique chez Lacroix Electronics. Dominique Maisonneuve, son chef de projet Smart Industry, explique lui aussi que tout démarre par l'unification des données de l'atelier : **« or, cela s'apparente à une véritable tour de Babel où cohabitent les multiples langages des machines que nous employons »**. L'industriel a déjà raccordé environ 90 % de ses machines, mais fait désormais face à l'hétérogénéité des langages. **« Si bien que la majorité de l'information reste pour l'instant localisée dans les machines, détaille Dominique Maisonneuve. Nous allons donc nous équiper d'une plateforme technologique capable de collecter la donnée, de monitorer l'information en temps réel et d'alimenter notre data lake »**. Des prérequis pour s'ouvrir les portes d'applications analytiques appliquées à une chaîne de production dans son ensemble.

## La diversité des machines ? « Un handicap », selon groupe PSA

Tant et si bien que le chantier peut

générer des frustrations, voire des doutes. Yann Vincent, le directeur industriel du groupe PSA, relève par exemple que l'interconnexion des machines présentes dans les usines du groupe reste parcellaire et, même quand l'acquisition de données au niveau d'une machine a bien lieu, la consolidation de ces informations dans un data lake est encore loin d'être une réalité.

**« De toute façon, à ce jour, je reste déçu des capacités qu'on nous propose pour faire dialoguer ces données entre elles et en extraire des éléments significatifs, note-t-il. La diversité des matériels présents sur nos lignes de fabrication fait clairement figure de handicap sur ce terrain »**. Et Yann Vincent d'espérer trouver quelques solutions à ces difficultés via Opel (que groupe PSA vient d'acquérir), apparemment plus en avance sur ces sujets, **« peut-être en raison du niveau de standardisation de ses matériels »**.

Pour Emmanuelle Fines-Laurent, directrice de la gouvernance IT de Saint-Gobain, et Yann Dufief, coordinateur ERP et sharing knowledge au sein du même groupe, connecter le parc de machines fait figure de travail de course de fond. Particulièrement en raison des coûts que ce chantier engendre. Certes, au sein de Saint-Gobain, une bonne partie des machines de

production sont déjà connectées, souvent via des PLC (automate programmable industriel) ou des équipements Scada. « **Mais, du fait de leur capacité de stockage, ces dispositifs ne conservent qu'une vision limitée dans le temps de l'information, nuancent les responsables de Saint-Gobain. De plus en plus, on assiste à une généralisation de la conservation de ces données, au niveau d'une usine, voire d'une business unit. Ce mouvement s'effectue toutefois par étapes successives, du fait des niveaux d'investissement requis pour mettre ces infrastructures en place** ». On retrouve d'ailleurs cette problématique dans des activités de service. Comme au sein du spécialiste de la restauration collective Elior, confronté à la nécessité de collecter les caisses enregistreuses de ses restaurants. Chez les industriels, ce besoin de collecter la donnée se traduit souvent par l'installation, dans les usines elles-mêmes, de data lake. Une logique qu'on retrouve chez Faurecia ou chez Michelin. Au sein d'Engie, ce service d'agrégation de données, qui vise à casser les silos d'information, est même proposé en mode Cloud **« afin notamment d'établir des ponts entre les données de production et celles issues des achats ou de la finance, dit Olivier Renvoisé,**

**d'Engie Digital. En effet, pour espérer progresser encore dans l'optimisation de notre outil industriel, il nous faut imaginer des solutions réellement disruptives, issues par exemple de croisements de données jusqu'alors impossibles ».**

*Car collecter la donnée ne suffit pas, il faut également gérer la volumétrie de l'information ainsi agrégée, en assurer la qualité, puis en préparer l'exploitation – un travail complexe quand on récupère des données de sources variées et de formats divers. Sans oublier de veiller à la sécurisation de ces silos de données*

## La donnée au centre de nouveaux modèles économiques

Ces investissements sont évidemment plus faciles à consentir quand ils viennent impacter directement le modèle économique de la société. Comme chez Fives, qui a créé une structure dédiée au traitement de la donnée sur le modèle d'une startup interne. Cette structure a pour vocation de produire des tableaux de bord, des algorithmes

de maintenance prédictive ou des systèmes de détection de dérives accompagnant les machines que commercialise le groupe.

**« Nous avons ainsi développé une application prédictive pour une machine servant à la maintenance de rames de la SNCF. Et nous avons pour projet de créer une plateforme unique d'acquisition de données pour nos machines tournantes, afin de faciliter tant le travail de développement de nos ingénieurs de conception de machines-outils que celui de nos ingénieurs de maintenance »,** dit Yannick Leprêtre, le directeur du digital et de l'innovation.

Moins attendu, le géant de la chimie Solvay voit également la consolidation des données de production comme un facteur susceptible de bousculer ses pratiques et la relation avec ses clients. D'ici à la fin 2018, le groupe entend mener un projet pilote de centralisation de données, en partant d'un nombre limité de machines. **« Le suivi des équipements à distance entre en résonance avec un nouveau concept d'usine, que nous mettons en œuvre dans l'eau oxygénée. Plutôt que d'acheminer le produit depuis des unités de production géantes, nous installons une petite unité à côté du papetier utilisateur du produit, qui va alors opérer l'installation, détaillent Florence**

**Henriet et Thierry Cartage. Nous surveillons à distance la santé des équipements, même si pour l'heure nous n'intervenons pas encore directement sur le process. Mais nous étudions déjà la possibilité d'arrêter et de relancer la production à distance ».**

Une logique déjà présente dans la gestion de l'eau. Notamment au sein du groupe Saur, où la logique de numérisation des réseaux d'eau a démarré dès 2002. **« À l'époque, j'étais le directeur général d'une filiale au Sénégal. En contrepartie d'un financement pour le réseau d'eau potable de Dakar, la Banque Mondiale nous avait imposé un contrat de performances via lequel nous devons identifier les fuites, les isoler, les réparer et remettre le réseau en service dans des délais très serrés, détaille Frédéric Renaut, le directeur de l'innovation digitale. Pour tenir ces engagements, nous avons développé notre premier centre de pilotage opérationnel (CPO), apportant une vision temps réel, partagée de bout en bout du service de l'eau et assurant la gestion des interventions, effectuées par des véhicules dotés de GPS ».**

Aujourd'hui, ce concept initial a été largement amélioré et couvre désormais plus de trois cents tâches différentes. Installés en France depuis 2006, les CPO sont

devenus les hubs des données que génèrent les équipements, les réseaux et les équipes. Ils sont aujourd'hui connectés à quelque 4 000 usines de traitement, 21 000 ouvrages, 180 000 km de réseau d'eau potable, 50 000 km de réseau d'eaux usées et 3 500 collaborateurs en mobilité. Ces CPO, au nombre de 6 en France et de 2 dans les Dom-Tom, gèrent environ 4 millions d'actes par an. La logique est identique chez Suez, avec un modèle de centre

de supervision appelé Visio. Aujourd'hui, l'évolution des technologies permet au groupe français d'étendre ce principe à des installations de taille moyenne. Mais aussi de redéployer ce savoir-faire sur d'autres métiers, comme la gestion des déchets (collecte et traitement) ou la *Smart City*.

– Solvay  
Mini usine d'eau oxygénée



## > LE CHIFFRE

# 17

**C'est l'âge moyen du parc de machines-outils en France, alors qu'il n'est que de 9 ans en Allemagne. En tout cas, il en était ainsi lors de la dernière étude connue sur le sujet... en 1999. Ce qui en dit long sur l'intérêt accordé à cette question de ce côté-ci du Rhin.**

### – Connecter toutes les machines : un espoir nommé OPC UA

Pour mettre en place leur modèle d'usine connectée, nombre d'industriels se heurtent aux difficultés liées à la collecte et à l'agrégation dans un modèle unique des données de leurs machines. Un réel point dur d'autant que les parcs de machines sont très disparates et que les concepteurs de ces équipements ont tendance à s'arc-bouter sur des standards propriétaires. Dans ce chantier, une lueur d'espoir provient d'un standard appelé OPC UA (pour Unified Architecture). Proposé par l'OPC Foundation, ce protocole a été adouci par la communauté des industriels

allemands en charge du programme Industrie 4.0 outre-Rhin. Indépendant de tout constructeur et multiplateforme, OPC UA vise à rendre l'ensemble des systèmes interopérables, tout en garantissant un haut niveau de sécurité et en assurant l'intégration des modèles métiers utilisés dans l'industrie. De quoi faciliter l'intégration des données de production dans les systèmes MES ou ERP, voire les échanges directs entre machines, y compris de constructeurs différents. Par exemple pour émettre une alerte.

## AVIS D'EXPERT



### ALVIN RAMGOBEEN

Group Practice Manager  
BI & Big Data  
Gfi Informatique

## ASSOCIER LES MÉTIERES POUR RÉUSSIR SON PROJET BIG DATA & ANALYTICS

L'accélération de la génération des données issues du contexte Usine 4.0 apporte son lot de nouveautés et de découvertes. C'est un peu comme disposer du film 'digital' de tout ce qui se passe sur les processus de production, de disposer d'une vision holistique de la chaîne logistique, etc. Ainsi, même les experts métiers aguerris revisitent leurs univers de certitudes et de convictions sur le fameux plan du 'comment ça marche'. De facto, les initiatives de collecte et de valorisation des données brutes supportées dans les environnements « Datalakes/ Datalabs » ou « Plateforme de Services Digitales Analytics » nécessitent d'organiser des échanges rapprochés entre des acteurs métiers et les experts de ces technologies de pointe peu

dociles.

L'une des singularités des projets Big Data/Analytics est de, très vite, faire émerger un certain nombre de problématiques qui peuvent parfois s'avérer bloquantes. Par exemple le travail depuis le détail de la donnée (Data Driven) enseigne sur le niveau réel – et parfois désastreux – de qualité de certains référentiels jusqu'alors pensés maîtrisés en interne. Difficile alors de savoir à l'avance ce qui va émerger. Autant de complexités dont il faut avoir conscience avant de se lancer dans ce type de projets innovants. D'où le recours à des professionnels ayant déjà eu ces expériences. De même, en interne, ces projets doivent être réalisés par des équipes qui peuvent « penser autrement » et avec des « Mindset » ouverts... Une des raisons essentielles qui fait souvent initier ces projets au niveau d'entités Innovation ou Digitale. Une erreur consiste aussi à vouloir en faire trop tout suite. Par exemple comme chercher à atteindre dès le départ la fameuse « vision 360° ». D'expérience, on obtient plus facilement des résultats plus probants en embarquant les métiers sur un sujet précis (cas d'usage) en mode « vision 120° ». Et de multiplier cette approche : adjoindre des visions 120° les unes par rapport aux autres permettront d'avancer

vite dans une logique de test, fail & learn fast. Une des clés consiste donc à partir d'une contrainte réelle, ou d'un catalogue de use cases, et d'avancer vers des réalisations concrètes en mode agile et itératif. Si un cas d'usage rencontre un obstacle majeur, il faut basculer sur le suivant. En respectant cette logique, il est possible d'optimiser le chemin du succès.

Le choix du partenaire pour développer cette application est donc crucial. Il pourra s'inscrire comme un accompagnant (posture de coach) faisant profiter de ses retours d'expériences ou bien partir d'une page blanche en adoptant une double posture de maître d'œuvre et de coach pour mener le projet de A à Z.



ressource souterraine en eau. Ce qui permet, par exemple, de déterminer le niveau de pompage optimal pour préserver la quantité et la qualité des ressources.

**« Là encore, nous sommes devant le même phénomène de multiplication des capteurs et de remontée de l'information en temps réel. Si ce type de mesures existait déjà auparavant, les solutions d'ImaGeau amène une plus grande finesse de gestion de la ressource »**, reprend le directeur de l'innovation digitale de la Saur.

Météo France. Parmi les initiatives, l'équipement de véhicules afin de mieux comprendre le phénomène des îlots de chaleur urbains, un partenariat avec un équipement automobile (Continental) ou encore une app mobile permettant aux passionnés de remonter leurs observations météo.

Les projets sont en revanche plus limités ou plus jeunes dans le manufacturing. Solvay travaille ainsi avec deux startups sur la détection de corrosion sous isolant et sur des capteurs de positionnement de vannes manuelles. Si, chez le chimiste, les vannes critiques pour le *process* industriel sont aujourd'hui toutes motorisées et instrumentées, ce n'est pas le cas de certaines vannes manuelles, qui ne sont actionnées que tous les deux ou trois jours et pour lesquelles le coût du câblage ne se justifierait pas. D'où le recours à des capteurs connectés sans fil. Idem chez Total, qui a lancé une expérimentation portant sur l'utilisation d'un boîtier fonctionnant sur le réseau Lora pour équiper des vannes manuelles dans les raffineries.

**« Cet équipement a pour vocation de suivre à distance la position de la vanne, sans qu'il soit nécessaire de tirer un câble »**, résume Thierry Adolphe, le directeur digital pour l'industrie du groupe pétrolier. Au sein de l'usine de production

## Nouvelles données pour nouveaux services

L'attrait pour l'IoT est également très présent chez Météo France, qui y voit une façon de densifier ses mesures. **« Avec nos mécanismes d'acquisition classiques, nous avons bâti des services descendant à la maille du kilomètre pour la France. Les données de l'IoT nous permettront de gagner encore en précision et d'imaginer des traitements sur de nouvelles échelles spatio-temporelles, afin de proposer de nouveaux services »**, détaille Nadine Aniort, adjointe au directeur marketing en charge des partenariats de

## Le rôle de l'IoT

En amenant des capteurs désormais relativement bon marché et dotés d'une autonomie intéressante, l'IoT offre une solution pratique pour acquérir de nouvelles données. Et combler d'éventuels trous dans la description des phénomènes qu'on entend modéliser. Un apport qu'ont bien compris les gestionnaires de réseaux. Comme Suez, qui a développé son propre protocole réseau, au sein de l'alliance Wize. Développé en partenariat avec GRdF, ce

protocole assure notamment une connectivité en sous-sol ou sous terre.

**« Les technologies actuelles amènent une miniaturisation des capteurs et une baisse des coûts, permettant d'envisager la multiplication des points d'écoute. Nous travaillons ainsi sur des partenariats visant à placer des capteurs acoustiques directement sur la lame d'eau, ajoute Frédéric Renaut (Groupe Saur). Ces évolutions devraient améliorer la qualité de la surveillance en temps réel du réseau »**. Saur vient également d'acquérir la jeune pousse française ImaGeau, qui développe des capteurs pour modéliser l'évolution de la

de lames de rasoirs de Bic, Yves-Marie Lecomte explique avoir de plus en plus recours à des capteurs et actionneurs, installés sur des machines existantes et reliés au réseau Ethernet. Par exemple, sur le processus d'affûtage, où sont positionnés des actionneurs gérant le déplacement des meules, équipements ne nécessitant qu'une alimentation et une connexion réseau. **« Si ces équipements sont pratiques lors de la conception - du fait de leur faible encombrement - ils sont aussi**

**souvent plus chers, et ce même si la standardisation qu'ils amènent du fait de leur polyvalence débouche sur la rationalisation des stocks de maintenance, détaille le directeur de l'ingénierie de l'usine de Longueil-Sainte-Marie. La pertinence de l'utilisation de cette nouvelle génération d'équipements doit donc être scrupuleusement évaluée au cas par cas. »**

## **« Plusieurs facteurs freinent encore les projets d'IoT »**

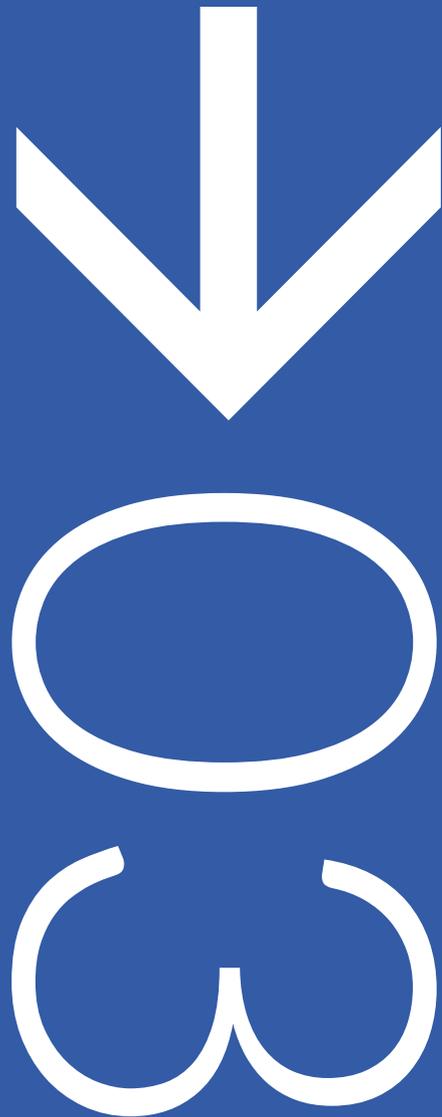
Spécialisé sur les métiers de la transmission de données, de la vidéosurveillance, de la sécurité incendie et du contrôle d'accès, SNEF Connect (environ cinq cents personnes au sein de dix agences réparties sur tout le territoire) a développé un boîtier IoT multifonction, le SBox, compatible avec les réseaux Sigfox et Lora. Stéphane Couturier, directeur de SNEF Connect, détaille le déploiement de l'IoT chez les acteurs industriels :

**« Plusieurs freins handicapent encore le lancement de projets de grande échelle. À commencer par la diversité des réseaux (Sigfox, Lora, 5G, etc.), qui égare un peu les entreprises. Ensuite, même si la technologie de l'objet connecté en elle-même s'avère assez simple à maîtriser, gérer un grand nombre d'équipements reste complexe, tant en matière de provisioning, que de gestion des batteries ou de cybersécurité. Enfin, les entreprises sont confrontées à la multiplication des plateformes logicielles d'IoT, ce qui retarde les investissements. À ces facteurs technologiques, s'ajoute la question centrale du modèle économique, qui n'est pas toujours au rendez-vous, loin s'en faut. Car les industriels sont avant**

**tout pragmatiques. Ainsi, chez Total, nous avons signé un projet de détection d'ouverture ou de fermeture de vannes à la raffinerie de Feyzin (Rhône), en atmosphère explosive. Quand la production s'arrête, il faut en effet vérifier l'état de ces vannes. Une opération auparavant manuelle qui peut donc être automatisée via l'IoT. Étant donné le prix assez modeste de la solution, le retour sur investissement est immédiat pour l'industriel. À la SNCF, un prototype que nous avons mené en 2017 à la gare de Chambéry, notamment utilisée pour laver des wagons, a permis de mettre en évidence des anomalies dans la consommation d'eau, de gaz et d'électricité, via la télérelève. Ce prototype concluant a donné naissance à un appel d'offres de la SNCF, visant à monitorer la consommation de ses gares. »**

IOT ))  
INTERNET  
OF THINGS





Exposer  
la donnée de  
production  
aux  
opérateurs

## > CHAPITRE 03

---

Au cœur des initiatives Industrie 4.0 des entreprises, réside un travail de longue haleine, de collecte et de consolidation des données de production. Si la généralisation d'Ethernet donne à ce chantier un socle technique, les industriels doivent composer avec la diversité de leur parc de machines, qui complexifie la collecte et l'exploitation des diverses sources de données. Avec ses capteurs relativement bon marché offrant une autonomie satisfaisante et ses plateformes de traitement de données, l'IoT apporte une solution complémentaire pour acquérir de nouvelles données. Et combler d'éventuels lacunes dans la description des phénomènes que les industriels entendent modéliser. Cette volonté de collecter et exploiter des données sur la production, parfois pour des applications temps réel, mobilise des investissements conséquents, que les industriels tentent de rentabiliser au travers de projets tournés vers la

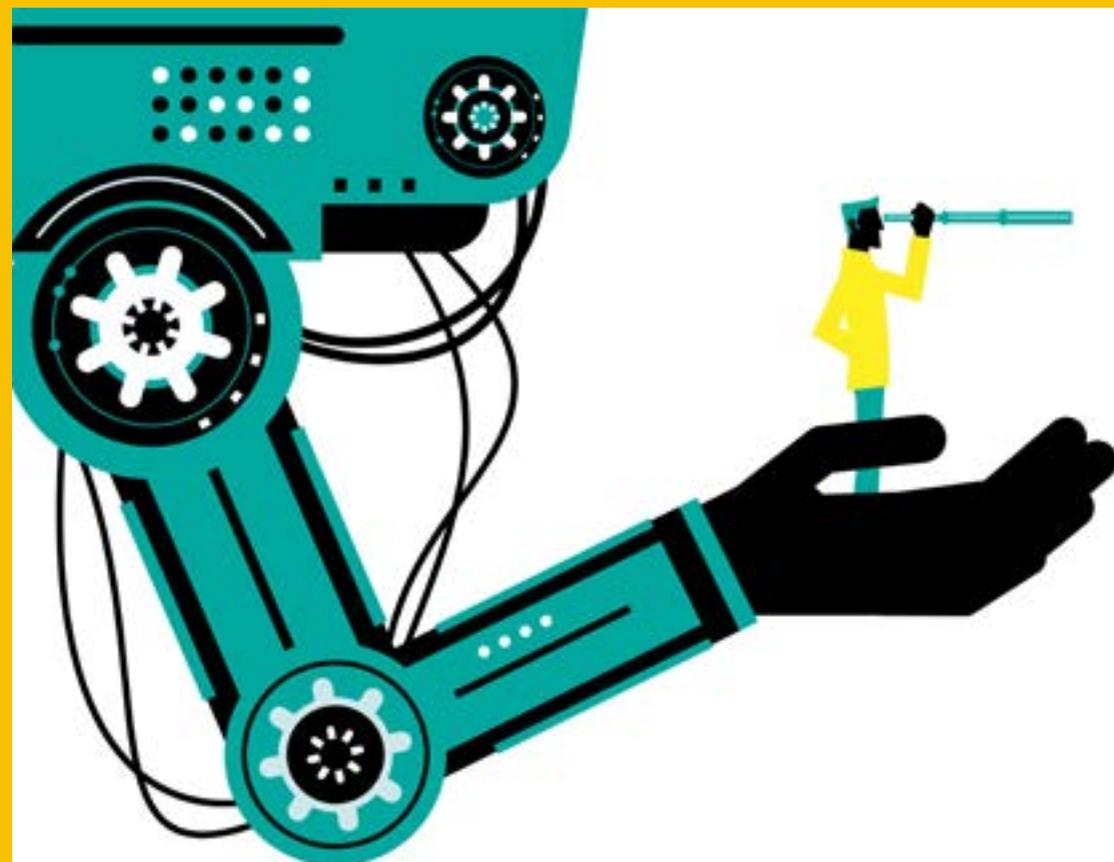
performance opérationnelle ou vers le développement économique (création de nouveaux services). L'exposition de l'information de production aux opérateurs, via des terminaux mobiles, fait figure d'utilisation la plus immédiate de la donnée de production. Celle permettant de lui trouver une valeur immédiate. Sur le plan technique, au-delà de la collecte de la donnée et de sa transformation en information, cette initiative revient souvent à construire une couche applicative nouvelle, basée sur des apps mobiles co-construites avec les équipes sur le terrain. Nombre d'industriels ne se contentent pas des gains de productivité que cette exposition porte en germe, mais font un lien entre l'arrivée des écrans mobiles et la refonte des standards de travail. Les tablettes mises à disposition des équipes permettent un suivi à l'opération unitaire et une intégration temps réel avec l'ingénierie, qui gagne ainsi en visibilité

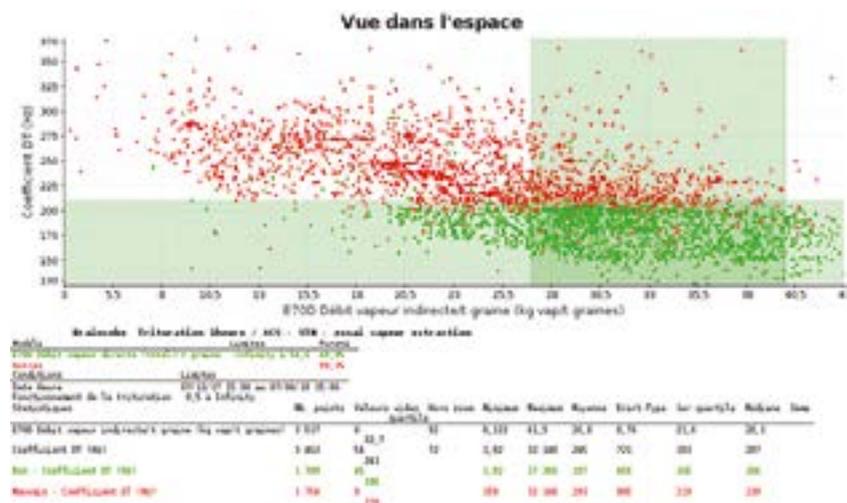
## > CHAPITRE 03

---

sur les opérations. Elles servent aussi de socle à une responsabilisation des opérateurs, avec la mise en place d'équipes autonomes travaillant sans manager. En descendant les décisions au plus près des problèmes, les industriels espèrent de nouveaux gains d'efficacité. Cette montée dans la chaîne

de valeurs s'accompagne d'un mouvement visant à réduire les tâches les plus difficiles et à améliorer l'ergonomie et la sécurité, via des technologies comme les cobots ou les exosquelettes.





— Groupe Avril

Données sur la trituration de graines

Consolider la donnée, mais pour quoi faire ? Si les industriels, par essence pragmatiques, investissent dans la collecte des données de production, des chantiers longs et ardues (voir chapitre précédent), c'est qu'ils en escomptent un retour sur investissement. Et le premier d'entre eux provient de l'exposition de cette donnée aux opérateurs, via des écrans positionnés en bord de ligne ou via des tablettes. Que l'on parle de production discrète, d'industrie de *process* ou d'activités de maintenance voire de services, la volonté de mettre la donnée entre les mains des équipes présentes sur la chaîne ou dans les ateliers revient comme un leitmotiv parmi

les trente-cinq sociétés que nous avons interrogées pour réaliser cette étude. Soit simplement pour exposer des informations. Soit pour relever des données sur le terrain. Soit pour offrir au personnel un moyen d'interagir avec le système d'information, afin de remonter des alertes, ouvrir des tickets, etc.

Au sein du groupe Avril (une société de l'agro-alimentaire, comprenant des marques comme Lesieur ou Puget), le prototype le plus avancé d'Industrie 4.0 a ainsi consisté à stabiliser un procédé de fabrication, en permettant aux opérateurs de mieux réguler les paramètres de la production. Grâce

à l'exposition de la donnée. *« Ce projet, mené sur cinq à six mois et déployé sur un site spécialisé dans la trituration des graines, repose sur la visualisation (de données, NDLR) en temps réel sur un écran en salle de contrôle et, en complément, sur l'équipement des opérateurs en tablettes, raconte Marc Raffo, le directeur de la chaîne logistique. Ces dernières permettent d'exposer des données clés de la production, mais aussi de passer des consignes ».*

Un prototype considéré comme un succès par le groupe, qui a décidé de l'étendre à l'ensemble du site pilote – l'usine située à Le Mériot (Aube) – mais aussi de le généraliser à l'échelle du domaine de la transformation végétale, une des activités principales d'Avril. *« Le projet a d'emblée associé les opérateurs et toute la ligne managériale. Les résultats sont là : le bilan effectué à la mi-décembre 2017 a mis en évidence le fait que l'ensemble du personnel s'est emparé de la solution, reprend Marc Raffo. Les opérateurs disposent sur une tablette, équipée de la solution Usitab, d'informations adaptées à leur profil. Et la salle de contrôle, qui affiche les compteurs issus de la solution Braincube reflétant l'état de la production, est entrée dans le quotidien des équipes. Les*

*premiers résultats montrent une amélioration de la production sur deux paramètres essentiels de ce procédé ».* Ce qui, couplé aux gains constatés sur la consommation d'énergie, suffit à justifier l'investissement dans ce projet, selon le groupe.

## Les bonnes informations, au bon endroit

Pour Michelin, exposer la donnée aux opérateurs revient à lui trouver une valeur immédiate. En permettant par exemple à ces derniers de prendre des décisions plus éclairées. *« Parmi les démonstrateurs que nous avons lancés, nous travaillons sur un projet de tablette qui affiche les informations utiles aux opérateurs en fonction de l'endroit où ils se trouvent dans l'atelier. Ce qui nous permet d'envisager le remplacement pur et simple des écrans que possèdent actuellement nos machines »*, détaille Jean-Philippe Ollier, vice-président Manufacturing Engineering de Michelin. Travaillant au défilé, sur des temps de cycle très brefs le plus souvent, Renault envisage plutôt d'équiper de tablettes le premier niveau

d'encadrement :

« *sur la base de nos systèmes historiques, il s'agit de construire une couche nouvelle, basée sur des apps mobiles donnant aux équipes sur le terrain l'information dont elles ont besoin* », dit Éric Marchiol, le directeur de la transformation digitale du manufacturing du constructeur.

Le potentiel de ce type de projets est également identifié par un industriel produisant de grandes séries comme Seb. « *L'une des promesses réside dans la réduction des temps de changement de production et dans l'amélioration de la qualité, notamment en poussant les bonnes données et instructions de contrôle sur les écrans des opérateurs* », disent Benoît Champouillon et Bernard Loiseau, du groupe Seb. Mais aussi par un spécialiste des chantiers de grande envergure comme Naval Group. « *En se basant sur des tablettes ou des solutions de scans 3D, nous pourrions mettre en œuvre des applications de contrôle de la complétude qui feraient sens pour notre outil de production et nos équipes sur le terrain* », relève Stéphane Klein, responsable maîtrise d'ouvrage Usine du futur de l'ex-DCNS. Ou encore par une ETI comme Socomec, pour assurer un suivi en temps réel du planning sur des

écrans en bord de ligne, supprimer les papiers dans l'atelier via les terminaux mobiles ou permettre aux opérateurs de déclarer et caractériser un problème. « *Ce système de ticketing offrira également une meilleure visibilité aux responsables d'atelier, un moyen de prioriser leurs actions et d'identifier les problèmes récurrents* », estime Benjamin Le Caër, le directeur des projets industriels de ce groupe industriel familial de plus de trois mille cent personnes.

## Les apps mobiles pour fluidifier le quotidien

Plus classiquement, les terminaux mobiles sont également vus comme un moyen de gagner en productivité pour les activités effectuées sur le terrain et nécessitant de la saisie d'informations. Comme les rondes de contrôle. Le chimiste Solvay cherche par ce biais à améliorer la communication entre la salle de contrôle et les opérateurs présents sur la chaîne de production. En remplaçant en particulier les procédures papier, comme celles utilisées par les rondiers, par une tablette permettant par exemple de comparer via une photo l'état

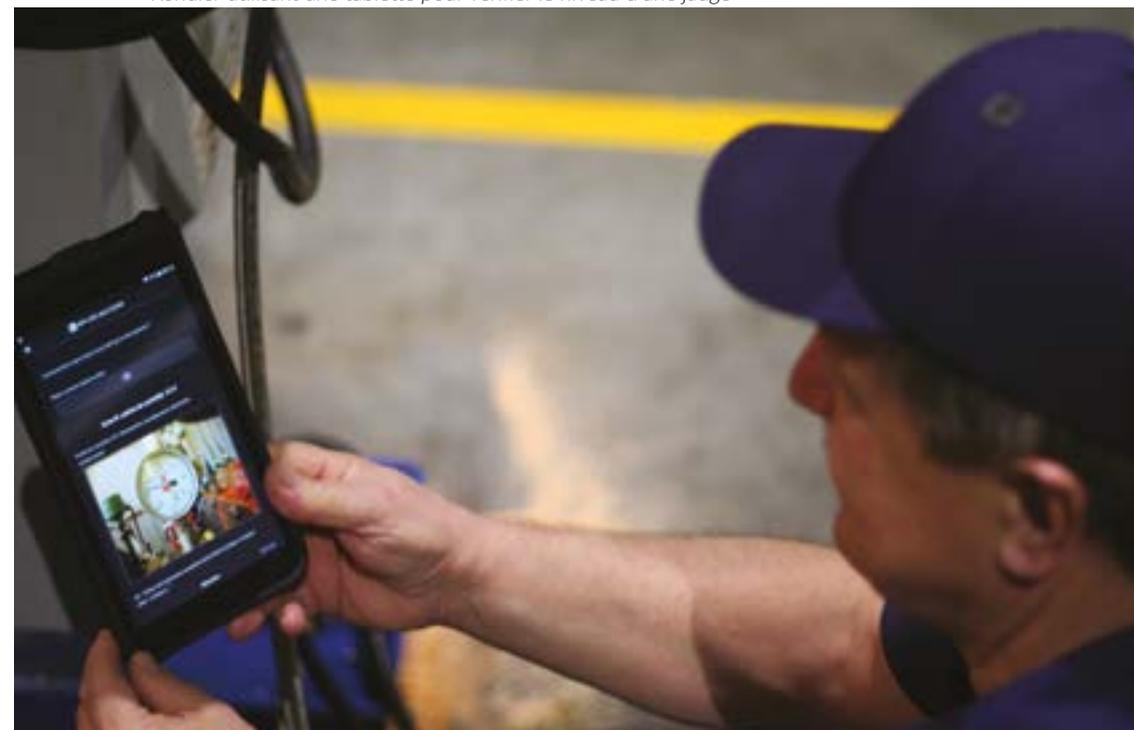
d'une jauge à un instant  $t$  à un niveau nominal.

« *Cette application mobile vient par ailleurs s'intégrer directement à notre back-office SAP*, expliquent Florence Henriet et Thierry Cartage, du groupe Solvay. *Et, en la matière, nous avons choisi de nous placer en rupture par rapport aux pratiques habituelles de la DSI. Le développement de l'application a été effectué sur site, à côté des rondiers, qui ont pu prendre en main les premières versions et les améliorer de façon itérative. Au sein de cette usine, nous avons aussi choisi de former une personne au développement*

*de ces petites applications mobiles* ». Résultat : dans l'unité de production concernée, le nombre de ces petites applications mobiles fluidifiant le quotidien est ainsi passé de deux à quinze, sur des thématiques comme le relevé d'incidents ou le rangement des outils.

On retrouve cette même logique chez Total, au sein de ce que le groupe pétrolier appelle son projet d'opérateur du futur. Objectif là encore : donner aux salariés les outils mobiles leur permettant d'effectuer leurs tournées ou leur monitoring d'équipements sans avoir à repasser par un bureau

— Solvay  
Rondier utilisant une tablette pour vérifier le niveau d'une jauge



pour ressaisir notes ou relevés d'anomalies. Après une phase de projets pilotes, Total affiche des objectifs ambitieux pour 2018. Avec, pour méthode, la mise sur pied d'un app store pour applications industrielles et un hébergement de l'initiative par le Booster, l'accélérateur des projets digitaux de Total. **« Aujourd'hui, de premiers applicatifs sont déployés et le catalogue sera peu à peu enrichi, détaille Michael Offredi, le directeur écosystème digital et innovation du groupe. Et le projet opérateur du futur s'est construit en association avec les métiers, ceux qui s'y sont impliqués en amont bénéficiant d'ailleurs d'un financement par le siège, qui prend en charge une partie des investissements. »**

## Déconstruire le système d'information ?

Chez plusieurs industriels que nous avons interrogés, l'exposition de la donnée de production aux opérateurs est aussi l'occasion de repenser le standard de travail. Pour Loïc Ladreyt, chef de projet informatique du domaine manufacturing chez Rémy Cointreau, l'ambition consiste ni

plus ni moins à **« redécouper le système d'information sous forme d'un catalogue de services, afin d'adapter l'interface homme-machine à l'outil de production »**. Lancé depuis environ six mois, le projet, baptisé RCPS 4.0 (pour Rémy Cointreau Production System 4.0), passe par une conduite du changement auprès des opérateurs, mais aussi des managers. **« Les objectifs centraux consistent à responsabiliser les opérateurs et à rendre la production plus flexible, détaille le chef de projet. Pour ce faire, nous simplifions l'accès à l'information pour les opérateurs, par exemple en rendant la documentation technique accessible sur tablette via des QR Code disposés sur les chaînes de production »**.

Rémy Cointreau porte une attention particulière aux interfaces graphiques, pour faciliter l'accès à l'information technique, mais aussi de sécurité (comme le taux d'alcool dans l'atelier). **« Avant tout, il s'agit de remettre en cause un ensemble d'applications complexes pour les opérateurs, de déconstruire de façon itérative ces silos de données pour repartir des besoins métier exprimés par le terrain »**, dit Loïc Ladreyt. Premiers jalons de cette déconstruction, qui s'effectue en parallèle de l'équipement des

ateliers en écrans : la création de procédures et la saisie d'interventions par les opérateurs. **« Au total, sur notre roadmap, nous avons déjà recensé entre 10 et 15 services liés au manufacturing qui sont candidats à une refonte en profondeur »**.

Ce lien entre arrivée des écrans mobiles et refonte des standards de travail est également très net chez le fabricant de bateaux Beneteau. Une fois la formalisation des bonnes pratiques achevée, en principe à l'automne 2018, le groupe vendéen espère les déployer sur les tablettes mises entre les mains des opérateurs. **« Ce qui, pour notre activité, présente un intérêt énorme. Contrairement à l'automobile où les opérateurs interviennent entre quelques secondes et quelques minutes sur une voiture, nos collaborateurs travaillent plusieurs heures, parfois même plusieurs jours, sur un même bateau. La mémorisation des tâches est donc difficile et l'apprentissage très long »**. Beneteau imagine fournir demain des modes opératoires filmés, automatiquement proposés sur les outils mobiles une fois entrés la référence du bateau et le poste concerné. **« Pour les nouvelles recrues en formation, cette approche permettrait par exemple d'effectuer les séances directement dans le bateau, avec**

**l'appui d'un terminal mobile, et de réduire ainsi les temps d'apprentissage »**, reprend le responsable.

## Suivi unitaire des opérations

L'accès des opérateurs aux données de la production présente également un potentiel important de refonte des pratiques dans les activités de maintenance. Comme en témoignent les projets que mène la SNCF dans ses technicentres, chargés de la maintenance lourde du matériel roulant et employant quelque 7 000 personnes. Ainsi, du projet "DigiMR" (MR pour matériel roulant) qui vise à construire un outil de gestion de production (MES) propre à cette activité et dont la SNCF espérait, début 2018, achever les principaux développements en milieu d'année. L'engagement du personnel, équipé de tablettes (3 000 terminaux étaient déployés début 2018), se fera via le MES, qui renverra aux opérateurs leurs ordres de travail et les connectera à la documentation appropriée. **« Ce qui a nous poussé à travailler sur une documentation plus structurée et granulaire, afin**

*d'amener la bonne information au bon moment, raconte Benjamin Godreuil, le responsable du programme Usine du futur à la direction du matériel de la SNCF. Surtout, au lieu de faire de la planification autour d'une quinzaine de macro-tâches, on va arriver à une granularité de 1 500 opérations en moyenne, sachant que la rénovation d'un matériel roulant mobilise couramment entre 10 000 et 50 000 heures de travail ».*

Ainsi encore, d'un second projet nommé DigiPRM (PRM pour pièces réparables du matériel), qui porte sur les pièces de rechange et vise à effectuer un suivi de cette activité. Là encore, la SNCF développe

– SNCF  
Utilisation de tablette dans l'atelier

un MES spécifique, avec des logiques différentes de celles mises en œuvre dans la rénovation de matériel roulant. Mais avec la même volonté de continuité : le suivi descend à l'opération unitaire - via les tablettes des opérateurs - et l'outil propose une intégration temps réel avec l'ingénierie, qui gagne ainsi en visibilité sur les opérations. *« Ce qui lui permet, par exemple, de revoir les règles de maintenance ou d'analyser les niveaux de fiabilité, reprend Benjamin Godreuil. Et notre suivi pourra descendre jusqu'au niveau de la pièce unitaire, grâce à l'intégration future de la RFID ».* Sur DigiPRM, la compagnie ferroviaire livre déjà une mise à jour de son MES chaque mois.

## Partir des besoins des opérateurs

*« Notre pari, c'est que cette démarche tournée vers l'expérience collaborateur - on peut parler d'UX usine - débouchera sur des gains de performances, en éliminant les temps inutiles dans nos processus de production »,* résume le responsable du programme Usine du futur. Comme les attentes de pièces ou d'outils ou encore les longues réunions de coordination. *« Pour isoler ces poches d'efficacité supplémentaire, nous partons du terrain, via des méthodologies comme le Design Thinking, exploité par exemple tout au long du développement de notre MES ».*

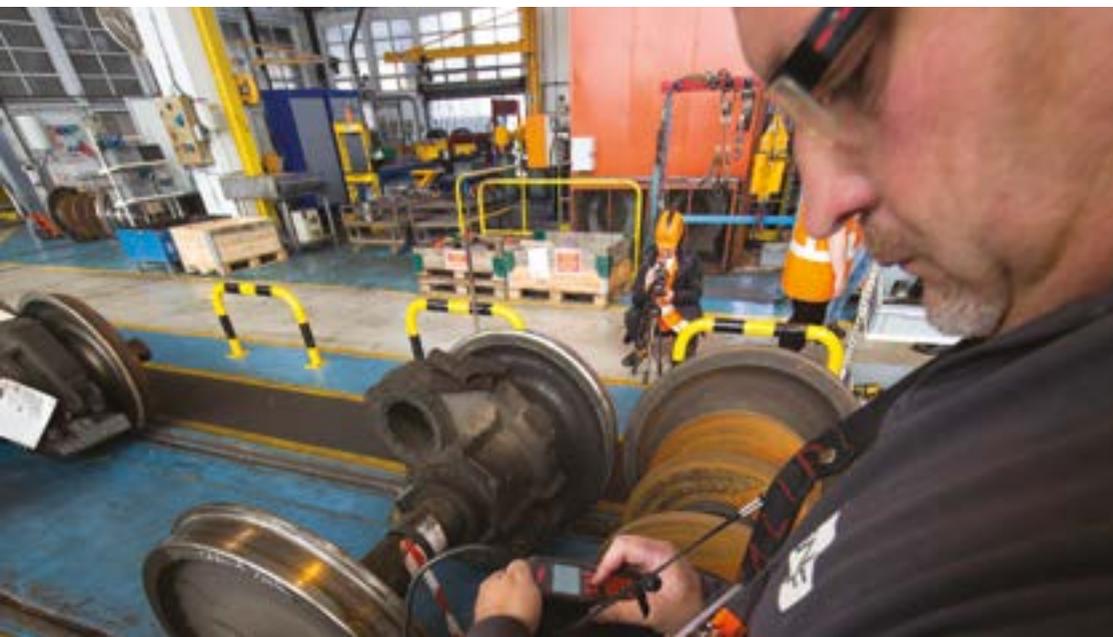
Intervenant sur des activités similaires, mais sur des avions, Air France Industries KLM Engineering & Maintenance planche aussi sur un MES (système de gestion de production) offrant une vision complète des tâches et de leur ordonnancement, en lien avec le déploiement de milliers de tablettes pour les mécaniciens travaillant sur les appareils. *« Pour construire cette vision, nous avons mené des ateliers avec les mécaniciens eux-mêmes, afin de comprendre les évolutions qu'ils attendent »,*

relève James Kornberg, le directeur de l'innovation au sein de cette activité de la compagnie aérienne.

Et la logique portée par l'exposition de la donnée dans l'atelier, via des terminaux mobiles, a de profondes implications managériales. Que Air France KLM a en particulier mises en œuvre au sein de ce qu'il appelle son hangar du futur, à Amsterdam. *« On y trouve des équipes autonomes travaillant sans manager, mais encadrées par un leader. L'objectif ? responsabiliser les employés, afin qu'ils puissent prendre la bonne décision au bon moment. Car si la technologie sert de levier, on parle également ici d'une transformation de l'organisation, en lien avec l'arrivée d'une nouvelle génération »,* plaide James Kornberg.

## « Une maison de verre et non plus dans une boîte noire »

Un message que distille également Benjamin Godreuil, de la SNCF. Pour qui la *« logique d'intégration des processus au sein d'un 'jumeau numérique' aboutit, en effet, à*



*instaurer une réelle transparence sur l'activité, de l'opérateur à la direction générale* ». Ce qui conduit à une adaptation en profondeur du modèle de management : « **on ne travaille pas dans une maison de verre comme, hier, dans une boîte noire. Plutôt qu'un management directif, c'est une forme de coaching qu'il faut mettre en place** », assure-t-il. Sur le site de Biesheim (Haut-Rhin), la SNCF a ainsi bâti le projet d'établissement en se basant sur les remontées des opérateurs. « **La technologie, la transformation managériale et le changement de modèle d'organisation sont, pour nous, indissociables** », résume Benjamin Godreuil.

Les espoirs de responsabilisation des opérateurs sont les mêmes chez Solvay, où on compte bien voir les rondiers se muer en véritables responsables de l'amélioration continue de l'usine. « **Ils vont voir leur niveau de compétences augmenter. Ce qui se traduira, probablement, par la disparition d'un niveau hiérarchique**, analysent Florence Henriet et Thierry Cartage. **Nous voulons que les ouvriers aient sous les yeux les indicateurs clefs leur permettant de jauger du niveau de réussite de la production d'une journée. Et qu'ils passent moins de temps à traiter**

**des alarmes, ces tâches pouvant être largement automatisées** ».

Si la volonté de responsabiliser les opérateurs est clairement affichée, de telles initiatives doivent être passées au crible des réglementations sur la collecte des données personnelles des salariés, en particulier du RGPD (Règlement général sur la protection des données personnelles) entré en vigueur le 25 mai 2018.

## Descendre les décisions au plus proche des problèmes

Michelin aussi voit l'organisation qui découle de cette rupture managériale comme une nouvelle étape dans sa recherche d'efficacité opérationnelle. « **Rien ne sert d'exposer la donnée aux équipes de production, si celles-ci ne disposent d'aucune autonomie** », dit Jean-Philippe Ollier, vice-président Manufacturing Engineering de l'industriel de Clermont-Ferrand. Au sein du groupe, la digitalisation apparaît comme un prolongement des initiatives de Lean Manufacturing, largement déployées mais qui, désormais,

n'apportent plus réellement de nouvelles améliorations. Pour l'industriel, aller plus loin passe par la responsabilisation des équipes de production.

Cette réflexion est entrée dans une logique opérationnelle dès 2013, avec de premiers démonstrateurs de la démarche MAPP (management autonome de la performance et du progrès), déclinaison maison de l'entreprise libérée promue par Isaac Getz dans son livre "Liberté & Cie". Aujourd'hui, une quinzaine d'usines Michelin dans le monde ont adopté ce principe. Et le groupe prévoit de le généraliser à tous ses sites d'ici à 2021. La logique ? Descendre les décisions au plus proche des problèmes, en définissant de façon collective les degrés d'autonomie des uns et des autres. « **Dans l'atelier, ce sont les équipes qui décident de leur mode d'organisation**, dit Alain Cuq, le vice-président innovation digitale et écosystème de l'industriel. **Entre des îlots de production similaires, on peut donc trouver des modes de fonctionnement différents** ». Et les résultats sont là, assure l'industriel, qui reconnaît toutefois qu'il s'agit là d'un réel changement culturel et que trois à cinq années sont nécessaires avant que la démarche soit réellement opérationnelle au sein d'une usine.

Pour Fabrice Gautier, directeur du manufacturing et de la chaîne logistique de Faurecia, cette transformation peut aujourd'hui s'appuyer sur une évolution des mentalités. Comme le montre l'exemple de l'usine de l'équipementier à Caligny (Orne), aujourd'hui labellisée 'Vitrine industrie du futur' grâce à l'implication du management local. « **La transformation de ce site montre que les mentalités ont évolué : aujourd'hui, les employés français comprennent la nécessité de robotiser certaines tâches pour conserver la compétitivité des usines hexagonales** », veut croire Fabrice Gautier.

## — La réalité virtuelle pour former les opérateurs

Plusieurs industriels ont identifié le potentiel – mais aussi les limites - des outils mobiles (tablettes, mais aussi lunettes connectées) pour accélérer la formation de leurs équipes. Chez Saint-Gobain, Lapeyre mène ainsi un PoC (proof-of-concept) visant à guider les opérateurs dans l'assemblage d'une fenêtre, via une solution de réalité augmentée montrant aux opérateurs comment positionner les différents éléments en fonction de la commande à réaliser. **« À l'échelle du groupe, les retours des utilisateurs sur ces solutions sont très différents d'une usine à l'autre, et dépendent des conditions et de la nature des processus concernés. Dans les environnements poussiéreux, les casques rencontrent ainsi des problèmes de fiabilité. Dans les usages où l'opérateur doit porter le casque longtemps, l'inconfort de la solution reste un frein**

**à sa généralisation »**, notent toutefois Emmanuelle Fines-Laurent et Yann Dufief, de la DSI groupe de Saint-Gobain.

Le spécialiste des équipements électriques Socomec a lancé des réflexions dans la même direction. Objectif : tenter de réduire le temps de formation d'un nouvel opérateur sur les techniques de production maison, s'étalant actuellement sur 3 à 4 mois. **« Nous pensons que la réalité augmentée est susceptible de raccourcir ces délais. Cette technologie est également prometteuse sur les lignes de production, afin de réduire les temps de montage »**, détaille Benjamin Le Caër, le directeur des projets industriels. Cible prioritaire de l'industriel : une ligne de montage d'une dizaine de postes où chaque séquence dure 55 minutes en moyenne. **« Pour les opérateurs, la charge cognitive est très importante. La réalité**

SUITE PAGE SUIVANTE

## SUITE

*augmentée pourrait servir d'appui, en guidant les salariés dans les différentes étapes du montage », espère Benjamin Le Caër. Total mène également des expérimentations autour de la réalité augmentée ou virtuelle, pour accélérer la formation des opérateurs ou encore faciliter les plans d'intervention avec les nouveaux sous-traitants. Le potentiel de la réalité virtuelle intéresse également Suez qui y voit une piste pour réduire la pénibilité de certains de ses métiers (opérateurs en*

*centres de tri ou égoutiers). « En la matière, la réalité virtuelle apporte une solution pour éviter à ces derniers de se déplacer dans les égouts. Un jumeau numérique, bâti avec un robot filmant les canalisations en 3D, aurait une utilité pour des applications de formation, mais aussi de maintenance prédictive », assure Meriem Riadi, la Chief Digital Officer du groupe. Pour mesurer le potentiel réel de la technologie, Suez est en train de modéliser en 3D des kilomètres d'égouts de Paris.*

## — Impression 3D : do it yourself !

Libérer l'innovation née du terrain par l'impression 3D : c'est le pari de Renault qui a implanté ce qu'il appelle des ateliers Kaizen 4.0 dans certaines de ses usines. Ceux-ci mettent à disposition des opérateurs scanners et imprimantes 3D afin qu'ils puissent modifier eux-mêmes les équipements fournis par

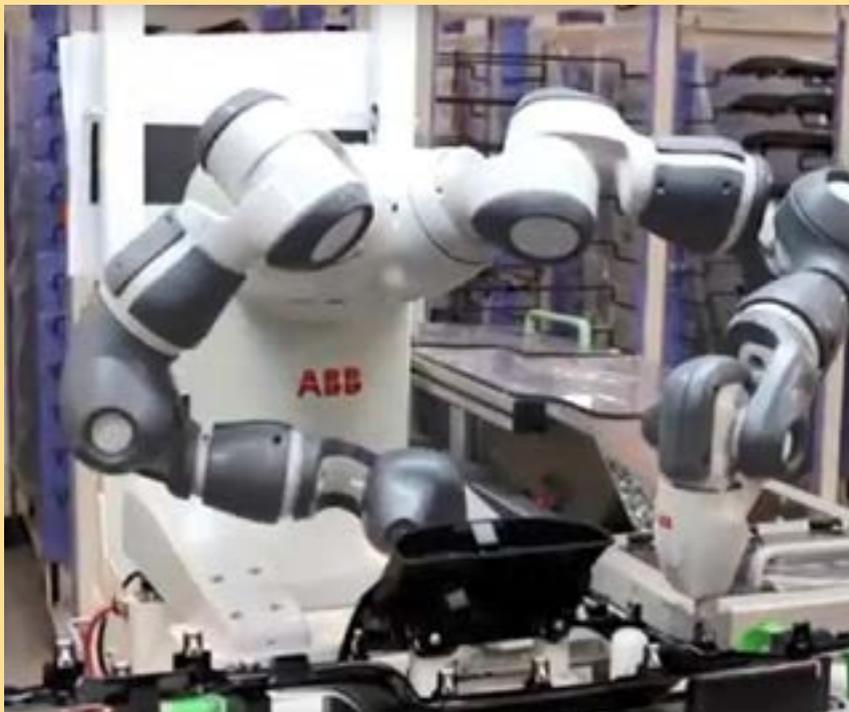
l'ingénierie pour mieux coller à leurs besoins. **« Avec déjà de premières inventions enthousiasmantes ! »**, assure-t-on du côté de la marque au losange.

## Cobots, exosquelettes... : comment réduire les tâches pénibles

Les technologies de l'Industrie 4.0 pour éliminer les tâches les plus difficiles ? Ou, autre face de la même pièce, pour supplanter les emplois qui y sont affectés... En tout cas, les industriels identifient fréquemment les cobots – cette nouvelle génération de robots censés collaborer avec les opérateurs -, mais aussi les exosquelettes, comme des leviers pour s'attaquer à la pénibilité du

travail dans les usines. La SNCF a ainsi déployé de la cobotique sur des tâches de ponçage, avec des bras manipulateurs conçus par une spin-off du CEA List, afin de diminuer la pénibilité de ces travaux pour les opérateurs. **« Ce chantier est tout entier tourné vers la qualité de vie au travail et il est d'ailleurs piloté par un ergonome »**, assure Benjamin Godreuil, le responsable du programme Usine du futur à la direction du matériel de la compagnie ferroviaire.

– Faurecia  
Utilisation d'un cobot



Michelin teste lui aussi les cobots sur des tâches peu ergonomiques. **« Nous avons réussi à identifier quelques applications sur lesquelles ces machines améliorent à la fois la performance et le bien-être des personnes. Le premier exemple testé se trouve sur une machine de coupe de produits calandrés. Le cobot permet d'éviter un mouvement de rotation du corps assez pénible laissant l'opérateur accomplir une opération d'aboutage dont la précision est essentielle pour la qualité du produit final »**, détaille Jean-Philippe Ollier, le vice-président de l'ingénierie industrielle du fabricant de pneumatiques. Faurecia a également lancé un chantier spécifiquement centré sur les cobots. Avec quelques succès, notamment sur des tâches consistant à positionner et enlever des pièces avec des temps de cycle très brefs. Des mouvements générateurs de TMS (troubles musculosquelettiques). Mais Fabrice Gautier, directeur du manufacturing et de la chaîne logistique de Faurecia, pointe aussi les limites de l'exercice : **« de nombreux challenges perdurent autour des normes de sécurité, qui régissent les limites de la 'collaboration' homme-machine. »** Un constat sur lequel s'aligne Yann Vincent, directeur industriel du groupe PSA : **« ces équipements**

**ne sont aujourd'hui pas réellement exploités dans des situations de collaboration, mais plutôt en remplacement d'un opérateur. Un cobot se résume souvent à un robot moins cher et plus facilement implantable. Nous les employons sur des opérations pénibles sur le plan ergonomique ou présentant un risque important en termes de qualité »**. Et de souligner les facteurs freinant leur généralisation. En particulier leur lenteur sur certaines opérations. Pénalisant dans l'industrie automobile, où bon nombre d'opérations sont réalisées au défilé. **« Dans le contexte d'une chaîne mobile, les cobots perdent beaucoup de temps à se repérer dans l'espace »**, reprend le responsable.

Si les cobots sont assez largement expérimentés par les industriels, les tests sur les exosquelettes sont beaucoup moins nombreux. Si Suez y songe pour la collecte des déchets, ou si Air France KLM les exploite pour le port de charges lourdes, la société la plus avancée sur le sujet, parmi celles que nous avons interrogées, semble être la SNCF. **« Sur le marché, les solutions sont soit un peu trop gadget, soit trop chères »**, tranche Benjamin Godreuil. La compagnie nationale a donc signé un partenariat d'innovation pour

développer un modèle léger, peu cher et adaptable. Ce contrat de co-développement innovant, avec la société Ergosanté, devrait aboutir à un modèle industrialisable avant la fin 2018. La SNCF s'est engagée auprès du partenaire à acheter un certain nombre de modèles sur 9 ans et touchera des royalties sur les matériels vendus à l'extérieur de l'entreprise. Les premiers prototypes opérationnels de cet exosquelette, dont l'objectif est de peser moins de 7 kg et de coûter moins de 7 000 euros, ont déjà été testés par la compagnie ferroviaire sur plusieurs tâches.



Enfin, signalons les travaux menés par plusieurs industriels sur l'ergonomie des postes de travail. Chez groupe PSA, via des tests sur des vêtements connectés, pour corriger la posture des opérateurs ou leur envoyer des alertes quand

un besoin de vigilance particulier se fait sentir. Chez Faurecia, via un système d'évaluation basé sur la technologie Microsoft Kinect et permettant de détecter les postes à risque et de corriger les postures des opérateurs. Chez Michelin, via des montres connectées permettant d'avertir des opérateurs travaillant sur des machines de plusieurs dizaines de mètres de long de la survenue de problèmes. **« Ce sont les opérateurs eux-mêmes qui ont défini les paramètres à afficher et la forme de ces alertes, dit Jean-Philippe Ollier. Le bilan est très positif : quand la montre est silencieuse, les opérateurs peuvent quitter la machine des yeux et travailler à d'autres tâches. Ils expliquent que la montre a permis de réduire leur niveau de stress ».**

## — Inspections : la parade des drones

Voilà un domaine où, sur le terrain, les bonnes volontés ne manquent pas. Plusieurs industriels, notamment ceux ayant à mener des inspections de sites étendus ou d'endroits peu accessibles, n'hésitent pas à faire appel aux passionnés de drones parmi leur personnel pour accélérer ces opérations. L'activité maintenance d'Air France KLM se sert ainsi de ces équipements pour inspecter des carlingues d'appareils, Solvay les fait voler pour contrôler des cheminées, évaluer le niveau de stocks de matières entassées à l'air libre, vérifier des clôtures, des toitures ou même l'intérieur de cuves. Total a même

nommé un responsable drones au niveau du groupe. **« Sur les inspections verticales, celles visant nos torches hautes parfois d'une centaine de mètres, les bénéfiques sont immédiats : pour 10% du coût et de la durée d'une inspection traditionnelle, et un risque ramené à zéro, on peut mener l'opération à bien tout en enregistrant les images et en y greffant le profil thermique de la torche, via un capteur à infrarouges »,** détaille Michael Offredi, le directeur écosystème digital et innovation du pétrolier.



Valoriser la  
donnée pour  
optimiser  
qualité et  
maintenance

## > CHAPITRE 04

En récoltant les données des machines, voire directement celles issues des produits, un industriel peut espérer détecter au plus tôt les dérives dans la production et limiter ainsi les coûts de la non qualité. Si la piste est séduisante, elle implique un effort de longue haleine, passant par une logique de centralisation des données, puis de déploiement progressif d'applications analytiques. En commençant par des applications simples, comme des dépassements de seuils par exemple.

Si les industriels lorgnent également vers le potentiel de l'Intelligence Artificielle (IA), afin de basculer dans la maintenance prédictive,

ils abordent pour la plupart ce chantier avec prudence. Après avoir touché du doigt l'exigence de ce type de solutions lors de prototypes. Car le recours à l'IA impose de disposer de grands volumes de données de bonne qualité. Les succès sur ce terrain demeurent pour l'instant l'exception. Bénéficiant de données abondantes générées par les avions, la maintenance aéronautique a toutefois déjà pris son envol.



Une unité de production fonctionnant sans sautes de qualité, ni interruptions dues à la panne d'un équipement. Si ce rêve de tout industriel ne date pas d'hier, il trouve avec la collecte de la donnée de production un nouveau socle pour gagner en réalité. Car, en récoltant les données des machines, voire des produits, un industriel peut imaginer détecter en temps réel les

dérives, pour les corriger, voire les anticiper. D'abord en isolant des atypies ou en mettant en œuvre de nouveaux croisements de données. Puis, éventuellement en déployant l'Intelligence Artificielle (IA), susceptible de détecter, dans l'océan de données que les systèmes agrègent, les signaux faibles annonciateurs de la panne ou d'un problème de qualité. C'est en somme cette voie que

tendent de suivre de nombreux industriels que nous avons interrogés. Une voie difficile, où il faut savoir avancer prudemment. Sans brûler les étapes. En commençant par agréger les données disponibles. *« La connexion des automates au réseau industriel permet désormais de consolider toutes les informations issues des processus industriels - des milliards de données venant des machines et des actions des opérateurs - et les alertes portant sur la qualité. Nous disposons ainsi d'un socle pour transformer l'automate en élément décisionnel, afin de réagir rapidement à d'éventuels problèmes de qualité, en automatisant le paramétrage des machines »*, raconte ainsi Yves-Marie Lecomte, directeur ingénierie automatisation & électricité au sein du département lames de rasoirs de Bic.

## Commencer par réagir aux dépassements de seuils

*« Dans un premier temps, il s'agit de réagir aux dépassements de seuils sur les machines*

*connectées, tempère de son côté* **Éric Marchiol, directeur de la transformation digitale du manufacturing de Renault.** *La maintenance prédictive viendra dans un second temps, quand nous aurons accumulé suffisamment de données. On parle ici d'un effort de longue haleine, car des équipements de tous âges et toutes provenances cohabitent dans nos usines »*. Cette logique de centralisation des données, puis de déploiement progressif d'applications analytiques, se retrouve dans la démarche de plate-forme que mène Engie. Ainsi, une solution baptisée Darwin connecte déjà plus de 500 éoliennes à travers le monde et supervisera, fin 2018, tous les actifs du groupe dans l'éolien et le solaire. *« Sur cette base, un premier module d'analyse a été déployé fin 2017 ; il porte sur la détection de formation de glace sur les pales avant le démarrage des éoliennes. Cinq autres scénarii sont désormais en développement, afin de prévenir des pannes ou déclencher des actions de maintenance »*, raconte Olivier Renvoisé, qui dirige les projets tournés vers les activités industrielles chez Engie Digital. La logique est identique dans la production thermique (avec Delta) ou sur les réseaux de froid et de chaleur (avec Nemo).

On retrouve ce monitoring d'équipements critiques à distance par exemple chez Total, sur des turbo-compresseurs, *« machines sur lesquelles les défaillances sont très coûteuses »*, relève Thierry Adolphe, directeur digital pour l'industrie du groupe. Objectif : planifier les opérations de maintenance en fonction de l'évolution de l'état de la machine. *« Cette anticipation nous permet aussi de mieux gérer la charge du turbo-compresseur le temps que le technicien puisse intervenir, on parle généralement ici de délais de l'ordre de la semaine »*. Chez Seb, la supervision en temps réel des lignes de production via l'analyse de données est abordée avec prudence. Car le sujet peut aussi s'avérer explosif, les opérateurs pouvant y voir une volonté de 'fliquer' leurs activités. *« Même si le chantier vise avant tout à faciliter et optimiser les paramétrages des machines et à assurer un meilleur dialogue avec les équipes de maintenance »*, remarquent Benoît Champouillon, IT Business Solutions Products & Operations du groupe Seb, et Bernard Loiseau, son collègue directeur du domaine Data. L'industriel avance donc pas à pas, tout en réfléchissant à l'acquisition de nouvelles données, via des capteurs ou a collecte de l'information remontant des

solutions mobiles utilisées par les équipes de maintenance pour assurer un meilleur suivi de leurs interventions.

## Les interventions de maintenance : un nouveau corpus de données

Via son projet d'équipement de ses salariés en tablettes, le fabricant de bateaux Beneteau imagine lui aussi récupérer un nouveau corpus de données. *« Aujourd'hui, après un certain nombre d'étapes de production, un contrôle de qualité est effectué et consigné sur papier. Demain, on peut imaginer que les contrôleurs saisissent les défauts sur leur tablette, directement dans le bateau, et que ces données complétées de photos et de vidéos soient partagées immédiatement, ce qui contribuerait à sécuriser la production, lance le directeur des opérations industrielles, Jean-François San Carlos. Car, si l'on veut qu'un opérateur sache quel défaut il a généré, il faut lui donner l'information au plus vite. »* L'équipementier automobile Faurecia a également équipé

ses techniciens de maintenance de tablettes. Le terminal mobile délivre les alertes et donne accès aux notices techniques des différentes machines, à la commande de pièces de rechange et sert à archiver les opérations effectuées. Ce qui permet à l'industriel de générer un nouveau corpus de données sur les interventions réalisées. De son côté, l'opérateur de transports Keolis mise plutôt sur l'installation de capteurs IoT pour récupérer de nouvelles données utiles pour sa maintenance ou pour améliorer l'exploitation. La

société a par exemple, installé des capteurs pour mesurer le niveau de sable utilisé dans le freinage des tramways, pour vérifier quels bus sont bien passés par la station de lavage avant de rejoindre le réseau ou encore pour afficher la disponibilité des places pour les personnes à mobilité réduite sur les parkings relais à Rennes. **«Via notamment l'installation de capteurs IoT et l'ingestion de toujours davantage de données, nous voulons désormais aller vers du préventif»**, dit Arnaud Julien, directeur innovation et digital du groupe.

### — Maintenance virtuellement assistée

Comment mettre à disposition de multiples sites isolés les experts techniques à même de traiter des problèmes pointus ? Confronté à cette problématique, Total a conçu un support à distance pour les opérateurs présents en salle de contrôle sur ses sites difficiles d'accès. Une *smart room* permet de les

rapprocher d'ingénieurs spécialisés pour contrôler des paramètres ou les aider dans la résolution de problèmes. La prochaine étape ? Prendre la main à distance sur certains équipements, ce qui est techniquement déjà possible sur les machines les plus récentes.

### — Une marketplace pour les pièces de rechange

Au sein du groupe Engie, chaque usine de production d'énergie dispose de son propre magasin de pièces. D'où l'idée d'une marketplace, appelée EngiEbay, permettant à un site de mettre certaines pièces immobilisées 'sur le marché' et de les céder à une autre usine ou d'émettre des besoins qui pourront être couverts en interne. À ce jour,

une première version, offrant les fonctions de recherche, est sur pied. Engie Digital entend désormais y greffer les fonctions logistiques, à commencer par l'Europe. **« Et des fournisseurs se sont déjà déclarés intéressés par l'approche et souhaiteraient venir s'y greffer »**, se réjouit Olivier Renvoisé, d'Engie Digital.

Ne plus seulement réagir aux dérives des équipements, mais les anticiper pour 'réparer' la machine avant même qu'elle ne tombe en panne. Cette étape, consistant à exploiter l'IA pour déployer des applications de maintenance prédictive, est abordée avec prudence par la plupart des industriels, tant les succès sur ce terrain demeurent l'exception. Le groupe Avril (agro-industrie) espère détecter des signaux faibles précurseurs de pannes sur ses

machines de conditionnement. **« Mais ce chantier implique de réfléchir sur notre infrastructure de gestion des données et, dans certains cas, sur la connectivité de l'outil industriel et l'ajout de capteurs IoT »**, tempère Marc Raffo, le directeur de la chaîne logistique.

## Maintenance prédictive : les industriels prudents

Le sujet suscite également bien des espoirs chez un gestionnaire de réseaux d'eau comme le groupe Saur. Un groupe qui aujourd'hui effectue des opérations de maintenance programmées sur la base des recommandations des fabricants. Mais, en réalité, un même équipement peut fonctionner dans des environnements très différents, et donc s'user à des rythmes très inégaux. **« Nous avons donc besoin d'être plus pertinents que les préconisations standards des industriels »**, dit Frédéric Renaut, son directeur de l'innovation digitale. Car, si l'eau est un service bon marché, l'infrastructure pour la transporter est, elle, onéreuse. Financée par la collectivité, elle est énergivore, doit être maintenue avec soin (car elle transporte un produit alimentaire) et elle est construite pour des durées allant de 50 à 100 ans. **« En tant qu'exploitant de ces infrastructures, nous pensons qu'en analysant plus finement les données remontant du terrain, nous pourrions aboutir à des réseaux plus optimisés. Car, aujourd'hui, faute de données**

**disponibles, les ingénieurs prennent des marges de sécurité et assurent la continuité de services via un maximum de redondance dans les équipements »**, reprend le responsable.

De son côté, Seb explique avoir démarré la collecte de données de plasturgie sur deux sites de production, en positionnant des capteurs pour récupérer l'information. **« Dans un premier temps, nous voulons améliorer le paramétrage de ces machines et faire le tri des données récupérées pour travailler ensuite sur des scénarii de maintenance prédictive »**, détaillent Benoît Champouillon et Bernard Loiseau, qui parlent de premiers résultats prometteurs sur les presses à injection des coques d'aspirateurs.

Même approche prudente chez Faurecia, où Fabrice Gautier, directeur du manufacturing et de la chaîne logistique, explique toutefois que l'IA a délivré de premiers résultats concrets, en isolant **« des corrélations dans la masse de donnée étudiée, que nous n'aurions pas pu trouver sans ces méthodes »**.

Et l'équipementier a l'ambition de déployer à large échelle un système d'alertes prédictives permettant d'anticiper les bonnes décisions opérationnelles. **« Cela passe par une parfaite maîtrise de toute la chaîne, de la collecte**

**des données, de leur hygiène, des règles d'appellation des signaux jusqu'aux méthodes d'analyse incluant la préparation des données et l'implémentation des algorithmes mathématiques pour l'analyse »**, avertit Fabrice Gautier.

## L'IA a besoin de données abondantes et bien préparées

Si les succès réels restent l'exception, certains industriels commencent à entrevoir le bout du tunnel. Après une ou deux expériences pas réellement concluantes, le chimiste Solvay explique ainsi avoir relancé un prototype plutôt prometteur. Avec un taux de prédiction des incidents de 82%. **« Une fois mis en œuvre, nous serons capables d'avertir assez tôt l'usine qu'un équipement a un comportement anormal. Charge ensuite aux opérateurs d'isoler précisément la cause »**, détaille Thierry Cartage, directeur de la performance industrielle des process et du digital au sein du groupe.

Mais, sans réelle surprise, c'est là où les données sont les plus abondantes et les plus fiables

que la maintenance prédictive commence à décoller. Dans l'aviation. **« L'enjeu sur les avions consiste, à travers l'analyse des paramètres de l'appareil, à identifier les pannes à venir, pour éviter que les appareils ne se retrouvent bloqués, donc inexploitable pour les compagnies »**, résume James Kornberg, directeur de l'innovation d'Air France Industries KLM Engineering & Maintenance. Débuté il y a plus de trois ans, le projet de maintenance prédictive a donné naissance à une solution industrielle, Prognos, fonctionnant en production sur les flottes Air France et KLM et qui va être prochainement déployée auprès des autres clients de l'activité maintenance du groupe, assure le responsable.

**« Le premier scénario exploité en production touche au système carburant de l'A380, qui faisait partie des systèmes engendrant le plus de retards sur ces appareils, détaille James Kornberg. Aujourd'hui, grâce à Prognos, ces équipements ont reculé très nettement dans ce classement et nous avons pu confirmer que les pièces que nous remplaçons, sur la base des résultats de notre solution, sont bien sur le point de tomber en panne »**. Car l'arrivée d'une telle solution nécessite un accompagnement sur le terrain :

pour un technicien, remplacer une pièce qui fonctionne encore de façon normale s'avère contre-intuitif en première approche.

## Un impact direct sur la compétitivité

Pour le responsable, cette maintenance prédictive permet à l'activité d'améliorer son service de base, consistant à fournir des pièces détachées en support des flottes aériennes, et à mieux programmer les opérations de maintenance, limitant ainsi le blocage des appareils aux escales. Cette programmation facilite aussi la gestion du stock de pièces.

« *C'est un facteur différenciateur pour notre activité, assure James Kornberg. Et notre solution est complémentaire de celles des constructeurs, qui proposent également des applications basées sur d'autres paramètres. Prognos aide à la compétitivité de notre offre de maintenance d'appareils, habituellement facturée à heure de vol, sur un secteur où la concurrence est ardue* ». Seules limites, selon lui : les difficultés d'accès aux données sur les avions d'ancienne génération et la disponibilité des ressources en interne pour travailler sur une application de ce type, en particulier de personnes de l'ingénierie connaissant très bien les systèmes et susceptibles de développer les algorithmes aux côtés des Data Scientists.

## — L'impression 3D pour diminuer les stocks de pièces de rechange

L'accélération de la génération des données issues du contexte Usine 4.0 apporte son lot de nouveautés et de découvertes. C'est un peu comme disposer du film 'digital' de tout ce qui se passe sur les processus de production, de disposer d'une vision holistique de la chaîne logistique, etc. Ainsi, même les experts métiers aguerris revisitent leurs univers de certitudes et de convictions sur le fameux plan du 'comment ça marche'. De facto, les initiatives de collecte et de valorisation des données brutes supportées dans les environnements « Datalakes/ Datalabs » ou « Plateforme de Services Digitales Analytics » nécessitent d'organiser des échanges rapprochés entre des acteurs métiers et les experts de ces technologies de pointe peu dociles. L'une des singularités des projets Big Data/Analytics est de, très vite, faire émerger un certain nombre de

problématiques qui peuvent parfois s'avérer bloquantes. Par exemple le travail depuis le détail de la donnée (Data Driven) enseigne sur le niveau réel – et parfois désastreux – de qualité de certains référentiels jusqu'alors pensés maîtrisés en interne. Difficile alors de savoir à l'avance ce qui va émerger. Autant de complexités dont il faut avoir conscience avant de se lancer dans ce type de projets innovants. D'où le recours à des professionnels ayant déjà eu ces expériences. De même, en interne, ces projets doivent être réalisés par des équipes qui peuvent « penser autrement » et avec des « Mindset » ouverts... Une des raisons essentielles qui fait souvent initier ces projets au niveau d'entités Innovation ou Digitale. Une erreur consiste aussi à vouloir en faire trop tout suite. Par exemple comme chercher à atteindre dès le départ la fameuse vision 360°.



## SUITE

D'expérience, on obtient plus facilement des résultats plus probants en embarquant les métiers sur un sujet précis (cas d'usage) en mode vision 120°. Et de multiplier cette approche : adjoindre des visions 120° les unes par rapport aux autres permettront d'avancer vite dans une logique de test, fail & learn fast. Une des clés consiste donc à partir d'une contrainte réelle, ou d'un catalogue de use cases, et d'avancer vers des réalisations concrètes en mode agile et itératif. Si un cas d'usage

rencontre un obstacle majeur, il faut basculer sur le suivant. En respectant cette logique, il est possible d'optimiser le chemin du succès. Le choix du partenaire pour développer cette application est donc crucial. Il pourra s'inscrire comme un accompagnant (posture de coach) faisant profiter de ses retours d'expériences ou bien partir d'une page blanche en adoptant une double posture de maître d'œuvre et de coach pour mener le projet de A à Z.

## Les autres scénarii d'utilisation de l'IA

Limiter l'utilisation de l'Intelligence Artificielle à la maintenance prédictive serait un non-sens. Les algorithmes auto-apprenants ont bien d'autres applications, dans le contrôle qualité en particulier. Florilège de quelques initiatives parmi les 35 industriels que nous avons interrogés.

### **Bic : détecter les lames non conformes**

La géométrie de plusieurs millions de lames que produit chaque jour l'usine de Bic dans l'Oise est contrôlée selon une quarantaine de paramètres différents. En particulier via de la *computer vision* (vision assistée par ordinateur). Une des applications traite 90 images par seconde - chacune pesant 3 mégapixels - et y effectue une reconnaissance de forme et de positionnement. La détection d'une non-conformité par le système entraîne une décision immédiate, comme l'arrêt de la machine ou l'éjection d'un produit non conforme.

### **Saint-Gobain : maîtriser les paramètres de production du verre**

Pour ancienne qu'elle soit, la production de verre masque une

grande complexité : la qualité du produit est liée à un grand nombre de paramètres, rattachés au matériau, au processus de production, mais aussi aux conditions atmosphériques lors du refroidissement des plaques sortant des fours. Des phénomènes thermodynamiques très complexes. En consolidant les paramètres de production, collectés par des capteurs, au sein d'une 'Bubble Database' renfermant désormais 4 années d'historique, Saint-Gobain parvient désormais à effectuer des corrélations entre les conditions de fabrication et l'apparition de défauts dans le verre (les bulles en particulier, d'où le nom de la base de données).

### **Michelin : détecter les problèmes de qualité plus tôt**

Le fabricant de pneus travaille sur les technologies de *computer vision* afin d'automatiser certains contrôles qualité sur ses pneus. Aujourd'hui, ces vérifications sont réalisées par des opérateurs, qui ont appris à identifier un certain nombre de *défauts* et à *remonter les éventuels problèmes à la fabrication*. En automatisant ces tâches avec des technologies de reconnaissance d'images, Michelin espère intervenir plus tôt et corriger les dérives plus rapidement sur la chaîne de

production, limitant ainsi les coûts de la non-qualité.

### **Seb : automatiser les contrôles qualité**

Via une solution achetée sur étagère, l'industriel a mis en place une détection automatisée des défauts de marquage, via une caméra installée en sortie de tampographie. Aujourd'hui, si certains tests qualité sont déjà automatisés, d'autres restent assurés par des humains sur les lignes de production, comme les contrôles d'aspect ou le contrôle sonore des fonds à induction des ustensiles de cuisson. Autant d'applications potentielles pour l'IA.

### **Solvay : contrôler les paramètres de production**

La chimiste explore le potentiel des algorithmes de Machine Learning pour optimiser ses paramètres de production. « Sur une usine italienne, nous avons pu atteindre 20% de gains en production via une meilleure compréhension des paramètres clés d'optimisation de ce procédé », raconte Thierry Cartage, le directeur de la performance industrielle des process et du digital. La technologie ainsi mise au point a pu être exploitée sur d'autres sites dans le monde. Solvay explore désormais l'optimisation

d'ensembles d'actifs, autrement dit les gains qui pourraient découler d'une vision globale de son réseau d'usines.

### **Aramisauto : inspecter l'état d'un véhicule**

Spécialiste de la vente en ligne de voitures, Aramisauto possède aussi un site de reconditionnement de véhicules d'occasion, situé à Donzère (Drôme). Une véritable usine dont l'activité consiste à amener les véhicules qui y transitent vers un état standardisé avant commercialisation sur le Web. La société teste la technologie de reconnaissance d'images, à l'entrée de son site, pour caractériser les défauts s'écartant du standard sur un véhicule et calculer son parcours optimal dans l'atelier. Mais Aramisauto juge la technologie encore peu mature pour bâtir une solution industrielle d'inspection automatique des voitures d'occasion.



— Aramisauto  
Inspection d'un véhicule

## — L'impression 3D pour diminuer les stocks de pièces de rechange

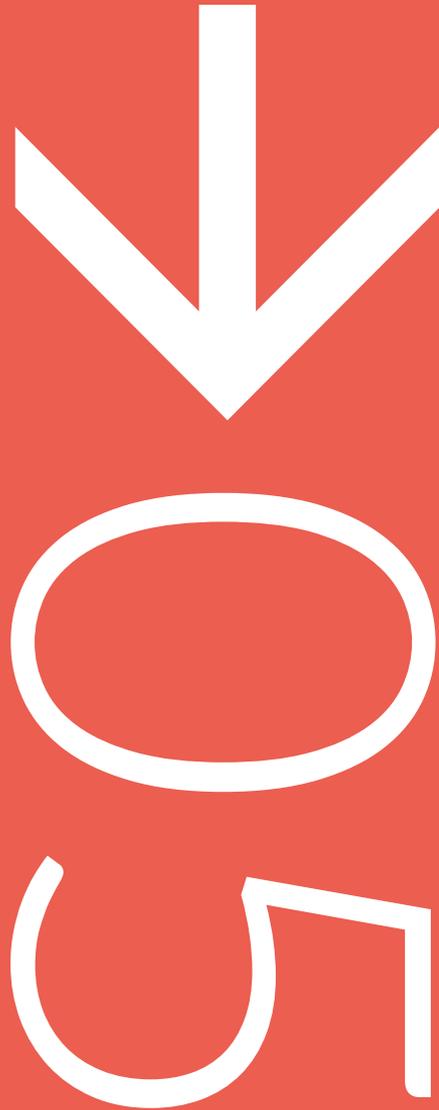
Imprimer ses pièces de rechange plutôt que les commander ou en maintenir un stock ? Sur le papier, la piste est séduisante. Et plusieurs industriels explorent le potentiel de l'impression 3D pour réduire les coûts de leurs stocks de pièces. Avec quelques succès, mais aussi en affrontant les limites d'une technologie encore non généralisée. Au sein de l'activité maintenance d'Air France KLM, le procédé, d'abord exploité sur des outillages ou pour réaliser des gabarits avant l'intégration d'une pièce, est aujourd'hui utilisé pour des pièces en cabine. **« Plus de 200 pièces réalisées par fabrication additive volent déjà sur les flottes que nous maintenons »**, détaille James Kornberg, le directeur de l'innovation au sein de cette activité, qui souligne tout de même les difficultés que cette technique soulève en matière de certification. Air France KLM a ouvert il y a quelques mois un laboratoire d'impression 3D pour le design et l'impression

de pièces au sein de son atelier moteurs d'Orly. Le constat est similaire au sein de la direction du matériel de la SNCF. Le principe d'utilisation de la fabrication additive y a été validé comme moyen de fourniture pour les pièces d'aménagement intérieur, comme des éléments de siège ou de fenêtre. **« La première des pièces que nous avons fabriquée, en impression aluminium, était un encadrement de store, pour laquelle l'économie était assez immédiate du fait de la faible rotation de cette pièce et des coûts fixes des procédés classiques »**, détaille Benjamin Godreuil, le responsable du programme Usine du futur. Selon la SNCF, la fabrication additive présente un intérêt tant pour éviter d'entretenir des stocks importants de pièces, qu'en raison des coûts de production qu'elle propose. **« Sans oublier les possibilités d'évolution de la pièce en fonction des éventuelles difficultés mécaniques rencontrées »**.

## L'obstacle de la certification

Olivier Renvoisé, qui dirige les projets tournés vers les activités industrielles chez Engie Digital, se montre plus circonspect. Si l'industriel ambitionne bien d'intégrer l'impression 3D parmi les options ouvertes, aux côtés de la fabrication en fonderie ou de la commande à un fournisseur, **« définir le modèle économique permettant d'orienter ce choix demeure complexe »**, note le responsable. **« Car il faut projeter le nombre d'objets à imprimer pour effectuer une comparaison précise »**, ajoute-t-il. Toutefois, une des business units d'Engie (Generation Europe) a développé un kit permettant de scanner une pièce en 5 minutes et de chiffrer le prix d'une impression 3D, à plus ou moins 20%. Travaillant dans un secteur sensible – le nucléaire –, Orano reconnaît qu'aucune pièce obtenue par impression 3D n'est encore qualifiée dans ses processus de maintenance. **« Nous sommes à la recherche de pièces éligibles, mais pas critiques, car ces qualifications demandent du temps dans un secteur comme le nôtre, détaille Ana Paula Serond, manager R&D au sein de l'ex-Areva. Par ailleurs, les comparaisons directes de**

**coût, n'intégrant pas les bénéfices associés dans la gestion des stocks et la logistique, ne donnent pas, à ce jour, un avantage immédiat à l'impression 3D, ce qui ralentit l'introduction de cette technologie »**. À ce jour, Ana Paula Serond évalue à moins de 10% le taux de pièces éligible si l'industriel se contente de travailler à iso-design. **« La question consiste à savoir si cette part sera suffisante pour donner naissance à une filière spécialisée dans nos métiers, comportant des contraintes spécifiques, et dans quelle mesure nous pourrions exploiter de nouveaux design ou l'intégration des pièces »**, s'interroge la responsable d'Orano. Et les difficultés liées à la certification ne sont pas réservées à un secteur ultra-sensible comme le nucléaire. Socomec, fabricant d'équipements électriques, rencontre des freins de même nature, en particulier liés aux normes américaines UL pour les produits électriques, normes qui restreignent les matières agréées. **« Or, très peu de matières exploitées en impression 3D disposent aujourd'hui de cet agrément. Ce qui constitue une réelle contrainte avant d'envisager une utilisation en production »**, dit Benjamin Le Caër, directeur des projets industriels de Socomec.



# Repenser l'ingénierie grâce à l'analyse de données

## > CHAPITRE 05

L'analyse des données de production débouche sur une meilleure compréhension des dynamiques de celle-ci. Et ouvre la voie à de nouvelles optimisations de l'outil industriel. La visibilité que les données amènent sur les process industriels, mais aussi sur les interactions entre les réglages des machines, les caractéristiques des pièces ou matières employées et la qualité du produit final permet à l'ingénierie d'affiner les techniques de production. Pour certains industriels, l'exploitation de ce nouveau gisement de gains dans la performance industrielle passe par des partenariats de co-ingénierie ou des accords avec des fournisseurs ou prestataires, permettant d'assurer une continuité entre les conditions de fonctionnement en utilisation d'un produit et les paramètres de fabrication. Afin, en particulier, de retravailler le design des futures versions.

Par ailleurs, de plus en plus d'industriels s'intéressent au potentiel des produits connectés non seulement pour mieux maîtriser les paramètres de ceux-ci tout au long de leur durée de vie, mais aussi pour mettre en place de nouveaux modèles économiques, basés sur des logiques de services. Démarche via laquelle les acteurs espèrent créer de nouveaux flux de revenus et fidéliser leurs clients, grâce à la mise en place d'un cercle vertueux, les données captées servant à la fois à améliorer l'usage et la conception des produits.



Disposer, en temps réel, de données sur l'évolution de la production permet de modéliser celle-ci, et d'identifier d'éventuels goulets d'étranglement ou sources de dysfonctionnement. Donc de retravailler les processus de fabrication. *« Avec la capacité à descendre à un niveau de traçabilité plus fin sur la chaîne de production - via un suivi au numéro de série -, nous pourrions, en partant d'une panne, remonter à des lots de matière et à des réglages de machines. Donc, potentiellement, trouver de*

*nouvelles optimisations »*, illustrent Benoît Champouillon, IT Business Solutions Products & Operations au sein du groupe Seb, et Bernard Loiseau, directeur du domaine data chez ce même industriel. Chez Michelin également, les bénéfiques potentiels de l'analyse des données de production sur l'ingénierie sont étudiés avec attention. En particulier sur un scénario lié à l'industrialisation des mélanges de gommes constituant les pneus. *« Aujourd'hui, cette phase, qui peut prendre des semaines, passe par des*

*collectes de mesures effectuées à la main par les techniciens. Demain, nous automatiserons cette collecte de données, ce qui pourrait nous permettre d'économiser jusqu'à 25 % du temps d'industrialisation* », détaille Jean-Philippe Ollier, vice-président Manufacturing Engineering de l'industriel auvergnat. Plutôt que d'exploiter ces gains pour réduire la taille des équipes, Michelin entend les utiliser pour accélérer l'industrialisation des matériaux et réduire les pertes de matières associées à ce travail. **« On parle ici de gains se chiffrant probablement en dizaines de millions d'euros : bien plus que ce que nous pourrions économiser en réduisant les effectifs »**, ajoute le dirigeant, qui reconnaît qu'il ne sait pas encore si les résultats sur ce projet seront totalement à la hauteur de ses attentes.

## Quand le produit émet ses premières données dès la production

En complément, le fabricant de pneumatiques travaille aussi sur des machines auto-apprenantes, qui seraient capables de

prédéterminer les paramètres du procédé en fonction des caractéristiques d'un mélange de gommages, sans passer par plusieurs phases d'itérations manuelles. **« Ce projet déboucherait également sur une plus grande flexibilité de notre outil de production, ce qui correspond aux attentes d'un marché demandant des profils de pneus de plus en plus variés »**, reprend Jean-Philippe Ollier.

Et cette logique d'intégration de données peut s'étendre jusqu'au produit lui-même. Un produit dont les conditions de fonctionnement en utilisation peuvent être analysées et mises en regard de ses paramètres de fabrication, pour modifier les processus de production et le design des futures versions. Une intégration des données de bout en bout qui fait plutôt figure de perspective à moyen terme parmi les trente-cinq industriels que nous avons interrogé. Sauf pour le concepteur de boîtiers de navigation routière Coyote Systems, chez qui cette logique est déjà en place. La première connexion d'un boîtier au réseau, dès la chaîne de production, correspond en effet à sa 'naissance' dans les systèmes d'information du groupe. À partir de là, grâce à l'intégration avec ses partenaires industriels (la production étant externalisée), mais aussi de la

logistique, Coyote peut suivre le produit à chaque étape, le bloquer si une donnée n'est pas conforme, mais aussi effectuer ses propres contrôles à distance, tout en ayant une visibilité en temps réel sur les flux. Cette logique permet ainsi à Coyote de s'assurer que les produits livrés ont bien franchi avec succès toutes les étapes du contrôle qualité.

Et ce principe de connexion en temps réel avec ses partenaires s'étend au SAV. Ce qui permet, en cas de retour d'un produit, de réexaminer les paramètres de production. En pointant un matériel défectueux, Coyote permet ainsi à ses partenaires industriels de redescendre aux lots de composants employés lors de l'assemblage et donc, éventuellement, d'isoler des défauts. Ce suivi unitaire sert aussi de socle à un travail de plus long terme sur la typologie des défauts rencontrés sur le parc, afin de faire évoluer la conception des produits. En novembre 2017, Coyote a ainsi mis sur le marché son premier boîtier tenant compte des retours au SAV. **« Son design s'écarte du modèle de conception des smartphones pour proposer une nouvelle gestion de l'alimentation. Une problématique qui était présente sur nos boîtiers depuis l'origine, mais que nous avons pu caractériser grâce au travail mené**

**en commun avec nos partenaires »**, détaille Aurélien Dargirolle, directeur des opérations de Coyote Systems.

## Intégration avec les systèmes des partenaires

**« Si nos produits sont par essence connectés, et nous permettent de récupérer des données techniques tout au long de leur utilisation, cette volonté de suivre le produit au numéro de série, dès sa création, impose de s'interfacer avec nos partenaires, de la production ou de la logistique »**, reprend le dirigeant. Le système d'information de Coyote Systems se connecte ainsi aux bancs de tests des usines, afin de récupérer des informations techniques comme le niveau des signaux ou la performance du boîtier. Une remontée d'informations en temps réel qui impose de travailler en amont avec les partenaires industriels. **« Facilitée par des Web Services, l'intégration d'un nouveau partenaire dans notre écosystème se traduit tout de même par un projet informatique, qui peut prendre entre six mois et un an, même si la charge est évidemment bien moindre et court**

*souvent en parallèle de la phase de conception du produit », détaille Pierre Chicourrat, le DSI de Coyote Systems. Pour ce dernier, ce mode de fonctionnement crée finalement peu d'interdépendances entre partenaires, car il reste souple et ouvert aux améliorations. « Ainsi, récemment, au travers de nos discussions avec l'usine Bosch de Mondeville (Calvados), nous avons*

*réalisé qu'il est possible d'enrichir nos données en associant les paramètres des machines de production aux numéros de série. C'est cette capacité d'évolution qui nous a poussé à choisir un ERP facilement extensible et que nous pourrions maîtriser », reprend le directeur des systèmes d'information.*

– Bosch  
Échange entre collaborateurs



À ce jour, trois industriels, un spécialiste du SAV et une plateforme logistique échangent ainsi des données avec le concepteur des boîtiers de navigation. **« Et ils n'ont jamais vécu ces exigences comme une contrainte. Tout simplement parce qu'ils en retirent également des bénéfices ; par exemple, les industriels peuvent ainsi connaître l'origine des défauts sur leurs produits »**, assure Aurélien Dargirolle. La démarche a été entamée dès 2013, quand la société a commencé à fabriquer certains boîtiers en Chine. Coyote voulait alors s'assurer que quand un produit quitte le sol chinois, il respecte bien certains critères de qualité. **« Petit à petit, nous sommes allés de plus en plus loin dans l'intégration avec les processus de production »**, précise le directeur des opérations. La logique s'est ensuite étendue au SAV, avec un suivi plus fin de chaque produit dès l'instant où un client appelle la hotline pour signaler un dysfonctionnement. **« En plus d'améliorer la communication avec nos clients, ce suivi vise à réduire le temps moyen de traitement des appareils envoyés en réparation, à éliminer les cas de dépassement des délais contractuels ou encore à améliorer la part des produits réparés par rapport à ceux qui font l'objet d'un**

**remplacement »**, détaille Aurélien Dargirolle.

## Améliorer les diagnostics en entrée du SAV

Coyote Systems espère désormais améliorer les diagnostics en entrée du SAV, en se basant sur l'analyse des réparations déjà effectuées sur les produits et celle des traitements des appels par le service client. **« Car, nous constatons aujourd'hui trop d'écart entre le premier éclairage donné au client par la hotline et les constats techniques réalisés ensuite, chez notre partenaire »**, explique Aurélien Dargirolle. L'ambition ? Permettre aux téléconseillers de réaliser des diagnostics plus fiables en travaillant sur les arbres des causes permettant de dérouler les questions de la hotline dans un ordre pertinent. Sans oublier la volonté affichée d'avancer dans la prise en main à distance des boîtiers. De quoi entrer dans l'ère de la télémaintenance.

## AVIS D'EXPERT



**DAVID LAURENDEAU**  
Group Practice Manager IoT  
Gfi Informatique

## SANS IoT, PAS DE TRANSFORMATION DIGITALE DE L'INDUSTRIE

On réduit trop souvent l'Internet of things au « thing », voire au capteur. Alors que l'IoT regroupe tout un ensemble de technologies et nécessite un travail important pour fonctionner : connexion aux objets et aux machines, collecte des données, transformation de cette donnée en information, stockage, analyse, étude de corrélations avec des facteurs extérieurs, visualisation voire enclenchement d'actions ou de remédiations automatisées. Certes, du réseau de communication à la plateforme de traitement, le choix des solutions est important et doit être mis en regard des cas d'usage.

Mais l'IoT dépasse ces seuls aspects techniques pour s'inscrire au cœur de la transformation digitale de l'entreprise. Une transformation

qui, particulièrement dans le monde industriel, passe par la valorisation de la donnée.

Comment ? Améliorer ou repenser les processus existants que l'IoT aura permis de comprendre de manière concrète et chiffrée est une piste à suivre. Mais cette amélioration et l'économie associée sera forcément limitée bien qu'appréciable en matière de retour sur investissement. En revanche, la création de nouveaux services constitue une piste plus prometteuse de valorisation.

La connaissance de l'usage parfois en temps réel d'un produit par son constructeur lui permet ainsi de se réintermédiaire avec l'utilisateur final. Il est alors possible d'imaginer toute une chaîne de nouvelles offres à valeur ajoutée comme l'emblématique développement de services de maintenance prédictive ou d'autres services alternatifs d'accompagnement, voire de changement complet de modèle comme aller vers le paiement à l'usage. En ce sens, l'IoT apporte la possibilité de basculer d'un modèle de vente de produits et donc d'investissement pour les clients à la consommation de services.

Reste à mettre en œuvre l'IoT. Si le déploiement par cas d'usage est considéré comme le standard

permettant d'estimer un ROI avant de se lancer, l'entreprise peut se tourner vers d'autres alternatives plus opportunistes à partir des données et informations déjà capturées en les exposant aux opérateurs. Ceux-ci peuvent alors considérer des cas d'usages applicables. Un modèle qui part d'un investissement raisonnable tout en pouvant évoluer à l'échelle industrielle.

Commencer petit mais voir grand.

## AddUp ou comment Michelin commercialise l'innovation en ingénierie

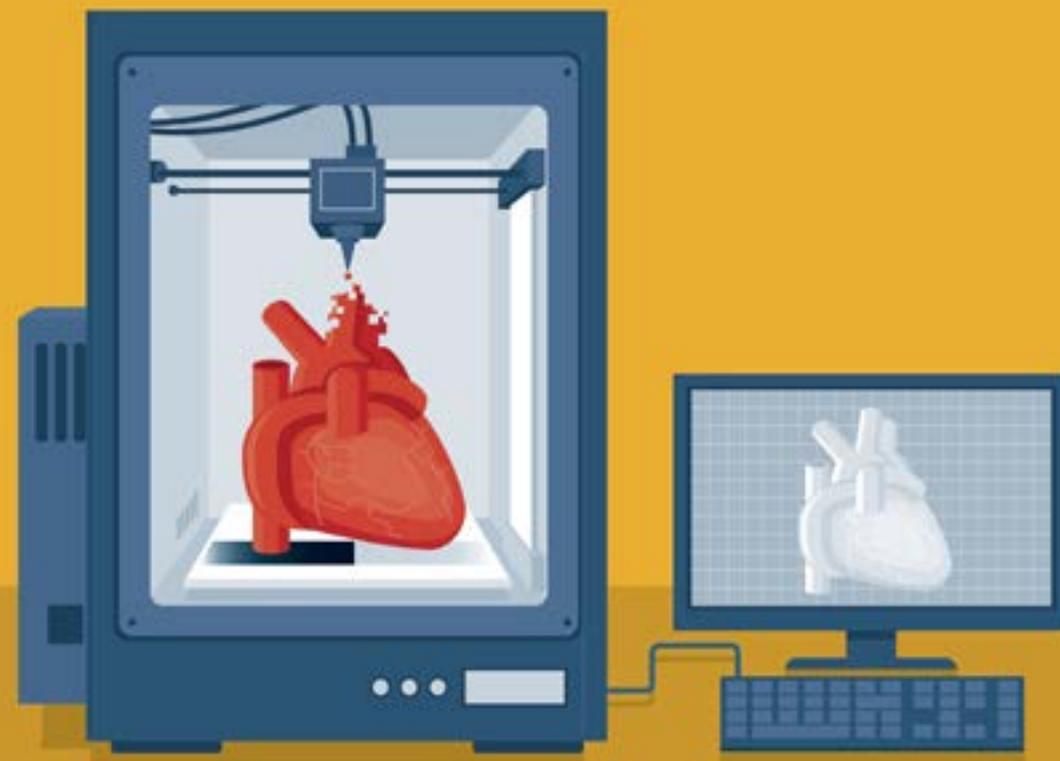
Une co-entreprise née... d'un problème d'ingénierie. C'est en résumé l'histoire de AddUp, une initiative lancée par Michelin et le Groupe Fives et visant à mettre sur pied un des leaders mondiaux des imprimantes 3D métalliques. À l'origine de ce projet, un nouveau pneumatique que concevait l'industriel auvergnat, le Cross Climate. Pour obtenir un profil de rainures particulier, Michelin avait besoin de pièces métalliques spécifiques qu'il souhaitait insérer dans ses moules. **« C'est ce qui l'a poussé à s'intéresser à une technologie d'impression 3D métallique basée sur des dépôts successifs de poudre, soudés entre eux au fur et à mesure par un laser »**, détaille Yannick Leprêtre, le directeur du digital et de l'innovation du Groupe Fives. Pour capitaliser sur le savoir-faire acquis dans cette technologie, l'industriel de Clermont-Ferrand s'est associé au spécialiste de l'ingénierie pour concevoir des équipements d'impression 3D industriels, et en faire une activité à part entière. Aujourd'hui, AddUp commence à commercialiser les machines

issues de cette collaboration. Et développe en parallèle une activité d'accompagnement portant sur la reconception de pièces pour l'impression 3D, un passage souvent obligé pour que la technologie puisse se traduire par des bénéfices économiques. **« Car, sur ce domaine nouveau, les entreprises tâtonnent encore ; elles ont besoin de conseil, d'assistance dans les phases d'industrialisation »**, reprend Yannick Leprêtre. En complément, AddUp sera également en mesure de réaliser des petites séries pour le compte de clients. Ce qui se justifie d'autant plus que, du fait de l'utilisation de poudres métalliques, la production s'effectue en environnements confinés, impliquant l'utilisation d'ateliers dédiés.

### Favoriser des logiques de sous-traitance

Plusieurs marchés se font jour pour cette activité, selon le directeur du digital et de l'innovation du Groupe Fives. Les petites séries pour l'aéronautique, même si les obligations de qualification de pièces inhérentes à ce secteur ralentissent l'industrialisation. Les moules ou les parties de moules, comme les tubulures. Ou encore les systèmes d'injection de fluides, l'impression 3D

permettant d'éviter les pertes de charge ou les fragilités nées des soudures. Sans oublier l'intérêt de cette technologie pour la personnalisation des produits ou la santé. Domaine où AddUp vient de signer un partenariat avec le concepteur de cœurs artificiels Carmat, afin d'accélérer les phases d'industrialisation sur ce projet.



# Derrière le produit connecté, de nouveaux modèles économiques

La fin de la vente de produits et la généralisation des modèles économiques de service ? Si les industriels restent prudents face au basculement annoncé vers une économie de l'usage, plusieurs d'entre eux n'en testent pas moins de nouveaux services, autorisés par les produits connectés. Dans l'agro-alimentaire, le Groupe Avril a lancé une offre baptisée Canopée, basée sur les données récupérées dans les exploitations laitières, où les vaches sont suivies par une batterie de capteurs. **« Fort de l'analyse de ces données et de notre expertise, en particulier en matière de nutrition, nous proposons un service de conseil aux exploitants, explique Marc Raffo, le directeur de la chaîne logistique du groupe agro-alimentaire. Même s'il faut rester prudent face au fantasme qui voudrait que les modèles**

**classiques de vente de produits ou de commodités soient tous voués à muter vers ce nouveau paradigme, les offres de services sont indéniablement intéressantes pour fidéliser la clientèle et créer de la valeur. »**

La logique est identique chez Fives, spécialiste des équipements industriels. Ce dernier a, par exemple, développé des solutions de suivi de la production des tôles d'acier pour l'automobile permettant de qualifier le produit en cours de fabrication, voire de le requalifier pour un autre usage si les paramètres s'écartent des standards attendus par les constructeurs. **« Nous fournissons soit un logiciel, soit un service complet d'accompagnement, comme dans un contrat que nous avons signé avec un industriel de l'acier chinois qui vient de se lancer sur le marché de l'automobile »,** détaille Yannick Leprêtre, directeur du digital et de l'innovation du Groupe Fives.

On retrouve cette démarche dans la production de sucre, où le fabricant d'équipements met à profit son expérience de la conception d'usines complètes pour ce procédé - Fives est né autour de cette activité - pour embarquer cette connaissance métier au sein d'un logiciel. **« Ici, nous commercialisons**

**non pas ce logiciel, mais des recommandations basées sur ce dernier et les données que nous rapatrions des unités de production, dont certaines issues directement de nos équipements connectés, reprend Yannick Leprêtre. Dans cette filière, nous occupons une position centrale fédératrice qui nous permet de consolider les données issues de nombreux acteurs ».**

Ne plus vendre des pneus, mais un nombre d'atterrissages.

Très en vogue aujourd'hui, cette mutation des modèles économiques vers des logiques de service n'est pas forcément une découverte pour tous. Chez Michelin, cette histoire a débuté depuis un certain temps déjà avec les pneus utilisés sur les trains d'atterrissage d'avions, qui ont été bardés de capteurs afin de diminuer les incidents (en détectant d'éventuels dysfonctionnements) et d'améliorer la maintenance en planifiant notamment certaines opérations comme le rechapage. Une évolution du produit liée à une transformation du modèle économique, avec une facturation désormais basée sur l'utilisation. **« Autrement dit, on ne vend plus un pneu, mais un service. Et plus le pneu dure, plus l'équation**

**économique est favorable pour Michelin et pour le client utilisateur»,** dit Alain Cuq, le vice-président innovation digitale et écosystème de Michelin. Ce modèle s'est depuis diffusé aux flottes de camions et dans l'industrie minière notamment. **« Cette démarche nous permet de rentrer dans un cercle vertueux, puisque les données captées servent à la fois à améliorer l'usage et la conception des produits. Nous proposons même des services additionnels, basés sur les données remontées par nos pneus, mais aussi sur des données externes, afin d'aider nos clients à optimiser leurs usages »,** reprend Alain Cuq. Comme Effifuel qui permet aux gestionnaires de flottes de poids lourds d'économiser sur leur consommation de carburants. Demain, Michelin imagine des services similaires sur ses gammes de pneus de tourisme, en particulier sur les flottes de voitures.

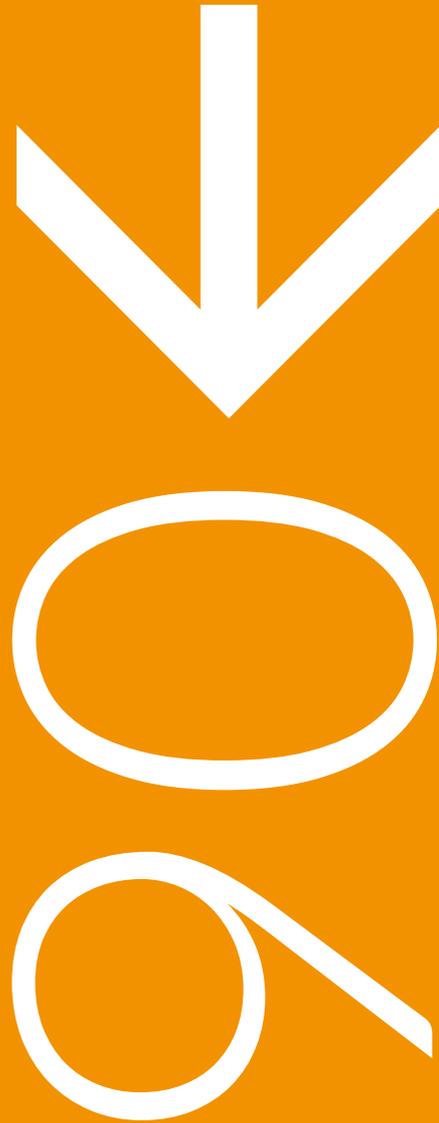
## De la donnée météo à l'aide à la décision basée sur la météo

La création de modèles économiques de services n'est

pas réservée aux seuls industriels. Elle touche aussi des sociétés évoluant déjà dans des logiques des services. Comme Météo France, qui mise sur les données de l'IoT pour enrichir ses systèmes de production et ses modèles de prévision météo. Notamment via les informations remontant des véhicules connectés, sujet sur lequel l'établissement public s'est associé à l'équipementier Continental sur un projet appelé eHorizon Weather. *« Depuis le début de cette expérimentation, il y a dix-huit mois, nous avons déjà pu confirmer l'intérêt des mesures de température remontant des véhicules. Par exemple pour bâtir des profils de températures très précis sur un trajet, ce qui présente un intérêt pour déterminer la limite pluie-neige notamment, détaille Nadine Aniort, l'adjointe au directeur marketing en charge des partenariats chez Météo France. L'intérêt des données indirectes qu'on peut traduire théoriquement en phénomènes météo, comme le déclenchement des essuie-glaces, est à ce jour moins évident ».*  
*« Avec des véhicules de plus en plus en autonomes, les données météo vont devenir un service de base, essentiel à la sécurité, ajoute Nadine Aniort. On peut, dès lors, imaginer qu'elles fassent partie d'un bouquet de services vendu*

*avec le véhicule ».* L'exemple de la voiture connectée illustre bien la mutation en cours des modèles économiques de Météo France qui, de fournisseur de données, devient de plus en plus fournisseur de services verticaux pour différents métiers, à des fins de sécurité, d'aide à la décision ou de confort. On retrouve cette même logique de corrélation des données métier avec les prévisions météo dans le projet "Prosnow", (outil d'aide à la décision pour la gestion de la neige sur les domaines skiables). *« Et les secteurs météo-sensibles sont nombreux : distribution, où on peut imaginer des services d'optimisation des approvisionnements en rayons en fonction des prévisions météo, transports, avec des recommandations d'heures de pause pour les conducteurs de camion en fonction des événements climatiques, ou, évidemment, agriculture, où des objets connectés permettraient, là aussi, de fournir demain un service encore plus pointu, capable de descendre plus précisément à l'intérieur d'une parcelle »,* reprend la responsable.





Exploiter la  
donnée pour  
mieux gérer  
les flux dans  
et hors de  
l'usine

## > CHAPITRE 06

Pour ne pas gâcher leurs initiatives en matière d'optimisation de la production par des indisponibilités de pièces ou d'outillage, les industriels travaillent à améliorer le suivi de leurs flux internes et externes. Un domaine où l'automobile apparaît en pointe. C'est aussi ce secteur qui semble le plus avancé dans l'automatisation de ses flux internes via les AGV, des véhicules autoguidés qui déplacent les pièces dans l'usine. Une technologie qui suppose, au préalable, une modélisation des flux dans l'atelier.

Pour gagner en précision sur ce terrain, certains industriels, en particulier dans les activités d'assemblage ou de maintenance, testent ou déploient la géolocalisation de pièces, de conteneurs ou d'outillages. Si les promesses de ces technologies sont attrayantes, certaines questions restent aujourd'hui en suspens. En particulier sur le plan économique. Il est encore un peu tôt pour imaginer un suivi unitaire des pièces, même si l'automobile et l'aéronautique y pensent déjà.



— Groupe PSA  
AGV en déplacement

La volonté des industriels de mieux suivre les opérations unitaires sur leurs chaînes de fabrication ou lors des opérations de maintenance appelle un autre effort : une traçabilité sans faille des flux de matière et de produits dans et hors

de l'usine. Rien ne sert en effet de tenter d'optimiser les facteurs de production, si celle-ci se trouve entravée par des indisponibilités de composants, de matières premières ou d'outillages. Chez Air France KLM par exemple, l'activité

d'ingénierie et de maintenance entend poursuivre, en 2018, la mise en place de sa vision de l'environnement de travail du futur pour ses mécaniciens, incluant une meilleure traçabilité des pièces. **« Certaines de nos pièces voyagent par avion pour rejoindre le lieu où sera réalisée une intervention programmée ou de dépannage. Or, aujourd'hui, la traçabilité est parfois supérieure sur une simple commande Amazon que sur ce processus assez critique »**, dit James Kornberg, directeur de l'innovation au sein de cette entité.

L'objectif ? Ne pas voir la réactivité que doivent amener les nouveaux standards de travail mise en péril par l'absence de maîtrise des flux de pièces. Dans l'automobile, des industriels sont très avancés en matière de pilotage de leurs flux. Un constat logique étant donné le fonctionnement de cette industrie, où les constructeurs assemblent un grand nombre de pièces issues de sous-traitants. Mais ces industriels ont pourtant le sentiment de pouvoir aller encore plus loin. **« Ma conviction ? On devrait pouvoir mettre en œuvre davantage d'actions préventives sur le contrôle de la qualité en exploitant mieux les données sur la chaîne étendue, dit ainsi Yann**

**Vincent, le directeur industriel du groupe PSA. Car il ne faut pas oublier que 70% du coût d'une voiture - et une part identique des pannes constatées - provient de pièces achetées à des fournisseurs. À l'avenir, nous devons, sur cette chaîne étendue, parvenir à une gestion proactive, et non plus réactive, de ces données ».**

## Automatiser tous les transports des pièces

Et c'est aussi cette industrie qui semble la plus en pointe dans le déploiement des AGV (Automatic Guided Vehicles), ces véhicules autoguidés servant à déplacer des pièces dans l'usine. On en dénombre par exemple environ 300 dans l'usine groupe PSA de Mulhouse, des véhicules couplés à un système de pilotage offrant une visibilité sur les flux dans les ateliers. Selon le constructeur hexagonal, les résultats de ces déploiements sont encourageants, même s'ils se heurtent parfois à des difficultés liées à la couverture Wifi ou radio à basses fréquences, des réseaux employés pour faire dialoguer AGV et automates industriels.

**« Notre objectif, à une échéance pas si lointaine, est bien d'éliminer toute intervention humaine dans le transport des pièces. Pour le déchargement, le stockage, le picking - pour lequel on voit arriver de premières solutions à base de cobots - et la livraison en bordure de ligne via des AGV »,** avance Yann Vincent. Le rythme de déploiement de ces technologies dépend toutefois de l'environnement des usines. À Mulhouse, groupe PSA est ainsi passé de deux à une seule ligne de production, plus flexible. **« Nous avons donc arrêté les lignes de fabrication existantes pour installer un nouveau processus de montage, couplé à une révision des approvisionnements. Nous partions donc presque d'un terrain vierge, plus propice à une implémentation rapide de nouvelles technologies qu'un contexte d'amélioration progressive d'une installation »**, reprend le directeur industriel.

Le groupe affiche une ambition similaire pour l'usine historique de Peugeot, à Sochaux. Le projet "Sochaux 2022" entend aboutir à une configuration du site se rapprochant de celle de Mulhouse, une plate-forme tractée supportant alors la voiture en cours d'assemblage et l'opérateur, les pièces étant livrées

par AGV. **« Toutes les avancées technologiques jugées matures seront implémentées, dit Yann Vincent. Ce compactage de nos usines reste le chantier le plus important, celui qui porte les gains économiques les plus significatifs pour groupe PSA, même s'il s'agit de projets lourds et complexes »**. Des gains issus de la réduction de l'emprise au sol, des frais de maintenance, des coûts d'énergie ou encore des flux internes. À Sochaux par exemple, groupe PSA compte supprimer des kilomètres de convoyeur, compacter quatre bâtiments de tôlerie en un seul, rapprocher l'emboutissage de la tôlerie, passer de deux chaînes de montage réparties sur deux étages à une seule chaîne sur un étage unique. À la clef, des flux simplifiés et automatisés.

## Interfacer le système de guidage des AGV et le MES

L'évolution des constructeurs automobiles rejailit évidemment sur leurs sous-traitants, qui doivent jongler avec les attentes de leurs exigeants clients (consistant à mettre à disposition la bonne pièce dans le bon *timing*, avec des produits de plus en plus

customisés). Faute de quoi ils doivent s'acquitter de lourdes pénalités. Pas étonnant dès lors de voir Faurecia se lancer également dans une vague de déploiement d'AGV. « **Nous étions jusqu'à récemment peu équipés en la matière et avons pu automatiser ainsi de nombreux flux. La prochaine étape consistera à mettre en place des flottes d'AGV accomplissant de façon autonome des missions complexes, composées de plusieurs tâches** », raconte Fabrice Gautier, directeur du manufacturing et de la chaîne logistique de l'équipementier. Ce dernier met toutefois en exergue l'importance de la connexion du MES avec la solution de gestion de flottes accompagnant les AGV. « **Si ce besoin n'est pas anticipé, on va au-devant de grosses difficultés, assure le responsable de l'équipementier automobile. La question de l'interfaçage est clef, particulièrement si les AGV doivent effectuer des missions complexes.** » Un interfaçage d'autant plus essentiel que Fabrice Gautier imagine, demain, nourrir un modèle opérationnel de type jumeau numérique avec les données temps réel issues de ces AGV. Afin notamment de simuler des scénarii de fonctionnement au sein d'une usine.

L'intérêt pour les AGV s'étend

également à Michelin, qui entend progresser dans l'automatisation des transports à l'intérieur des usines. « **Un sujet sur lequel nous avons buté pendant des années, faute de technologies réellement satisfaisantes. Il y a dix ans par exemple, il fallait modéliser très exactement l'usine pour que les chariots puissent s'y déplacer. Aujourd'hui, les chariots découvrent eux-mêmes leur environnement à mesure qu'ils avancent, ce qui rend les projets plus simples à mener** », assure Jean-Philippe Ollier, le vice-président Manufacturing Engineering du fabricant de pneumatiques.

## Géolocalisation : des promesses, mais encore des limites

Comme le notent toutefois plusieurs interlocuteurs que nous avons interrogés, la mise en place de véhicules de transport automatisés suppose, pour la majeure partie des technologies existantes, une modélisation des flux dans l'usine. « **Donc une certaine maturité des processus industriels** », dit ainsi

**Dominique Maisonneuve, chef de projet Smart Industry de Lacroix Electronics, une ETI française spécialisée dans les composants électroniques.** Même discours chez Jean-François San Carlos, le directeur des opérations industrielles du groupe Beneteau (construction navale) qui, s'il voit dans les AGV la piste d'automatisation la plus intéressante pour son activité, prévient qu'il faut « **en passer par une clarification des flux et de l'implantation des process industriels** ».

Pour gagner en visibilité sur les flux internes, plusieurs industriels lorgnent vers la géolocalisation, de pièces, de conteneurs ou d'outillage. Un domaine où, malgré la disponibilité de nombreuses technologies ( WiFi, RFID, *computer vision*), et le discours des fournisseurs, plusieurs questions restent en suspens avant une généralisation des solutions. C'est en tout cas l'avis de Yann Vincent, le directeur industriel du groupe PSA : « **pour l'instant, même si la technologie est au rendez-vous, le bilan économique ne permet pas d'envisager un suivi pièce par pièce, depuis le fournisseur jusqu'à nos lignes d'assemblage. En revanche, une traçabilité des emballages utilisés dans nos usines s'avère pertinente** ». Le

constructeur automobile espère ainsi économiser « *des sommes conséquentes* » sur un sujet où les pertes peuvent être importantes.

Renault imagine déjà aller plus loin avec une stratégie baptisée « *Full track and trace* », visant à assurer un suivi unitaire des pièces, des emballages et des véhicules au sein de ses usines. « **Il s'agit d'une rupture assez fondamentale dans nos méthodes de travail, puisque nous allons aboutir à une vision complète des pièces composant tel ou tel véhicule et de leur provenance. Nous allons commencer par taguer les pièces critiques et les emballages, sur la base des technologies RFID ou Lora** », indique Éric Marchiol, directeur de la transformation digitale du manufacturing de Renault. En 2018, le constructeur au losange prévoit d'acheter 800 000 emballages marqués par une puce. Si le sujet est porté par le programme "Industrie 4.0", il implique en réalité de nombreuses entités de l'entreprise. Car les scénarii d'utilisation sont multiples : « **cette source de données fiables sur la manière dont une voiture a été fabriquée pourra être exploitée pour réduire les stocks, améliorer les processus qualité internes, mais aussi faciliter la maintenance après-vente (compréhension des incidents,**

campagnes de rappel...») », énumère le responsable.

## Retrouver plus rapidement l'outillage

Chez les fournisseurs de l'industrie automobile, comme Faurecia, on retrouve cette volonté de gagner en précision dans le suivi des flux logistiques, via les données de géolocalisation. L'équipementier mise sur la RFID, afin d'automatiser le suivi des composants, lors des réceptions ou envois de marchandises, mais aussi lors des changements de zones dans l'usine. L'enjeu ? Progresser sur la réalité des stocks enregistrés dans le système d'information. « *Dans la majeure partie de cas, nous avons tagué des contenants qui passent sous des portiques pour assurer leur suivi. Ce système fonctionne aujourd'hui très bien* », détaille Fabrice Gautier, directeur du manufacturing et de la chaîne logistique de Faurecia. Le suivi unitaire des pièces ou outillages intéresse également les activités d'assemblage ou de maintenance, dont les opérations se déploient sur des ateliers à la surface considérable. Comme

Naval Group (l'ex-DCNS), qui y voit un moyen de réduire le temps perdu à chercher l'outillage sur ses sites industriels. La société entend mener un premier test sur les postes à souder. Même volonté du côté d'Air France KLM Engineering & Maintenance, qui teste la géolocalisation tant en indoor (dans ses hangars de maintenance) qu'à l'extérieur (sur ses plates-formes aéroportuaires). Même si les technologies sont souvent très différentes dans les deux cas. « **Pour l'instant, cette solution n'a pas été industrialisée, tant pour des questions de financement qu'en raison des évolutions très rapides de cette technologie** » indique toutefois James Kornberg, le directeur de l'innovation de cette activité.

## Acquérir des données de traçabilité sans action des opérateurs

Intervenant sur des métiers similaires, la direction du matériel de la SNCF évalue également le potentiel de la géolocalisation pour effectuer un suivi des flux dans ses ateliers sans ajouter de contraintes aux opérateurs. « *Notre métier, qui*

*consiste à partir d'un produit fini, pour le démonter, l'expertiser, le réparer, l'améliorer et le remonter, est assez particulier et soulève beaucoup d'enjeux de gestion de flux*, souligne Benjamin Godreuil, le responsable du programme Usine du futur à la direction du matériel de la SNCF. *Mais la géolocalisation indoor reste peu mature à ce jour* ». La compagnie ferroviaire teste pour l'instant l'implémentation d'une

solution combinant un bouton connecté en Lora et le RFID passif, afin de réaliser de l'acquisition de données sans tablette. « *Notre vision consiste à créer le jumeau numérique de l'usine, pour qu'à tout instant, toute action dans le monde réel trouve son pendant dans un système d'information* », plaide Benjamin Godreuil.

### — Garantir la traçabilité grâce à la Blockchain

Les chaînes de blocs au service des labels alimentaires ? C'est en tout cas une piste sérieusement étudiée par le groupe agro-alimentaire Avril (qui compte des marques comme Lesieur ou Puget). « *L'apport de cette technologie nous semble intéressant pour répondre à nos enjeux en matière de traçabilité et d'origine : origine de l'huile de palme en respect de notre politique RSE, garantie de l'origine française, voire régionale, de certains produits, absence d'OGM, traçabilité rapide et tangible des œufs après*

*la crise du Fipronil, etc.* », énumère Marc Raffo, le directeur de la supply chain. Aujourd'hui, Avril ne dispose pas d'un système homogène de traçabilité : celle-ci est assurée par des moyens disparates, partiellement informatisés. La Blockchain pourrait fournir une réponse universelle à cette problématique. « *Reste à savoir avec quelles technologies et quels partenaires se lancer sur ce sujet en pleine effervescence...* », tempère le dirigeant.

# Prédire la demande grâce aux technologies analytiques

De nombreux industriels sont confrontés à des problématiques de prévision de la demande. Mais aussi des acteurs du service, comme le groupe Elior (restauration collective). Pour améliorer l'adéquation entre les plats produits et la consommation des usagers de ses restaurants, la société a lancé un prototype basé sur un jeu de données collectées dans une dizaine d'établissements. **« Sur la base des tickets de caisse anonymisés, mais aussi de données externes (météo, jours fériés, etc.), nous avons construit une segmentation clients, identifiés des facteurs déterminants dans la consommation des clients de nos restaurants et bâti un premier modèle prédictif de fréquentation »**, indique Frédéric Lezy, le Chief Digital Officer (CDO) d'Elior. Commencé en janvier 2017, cet effort a fourni

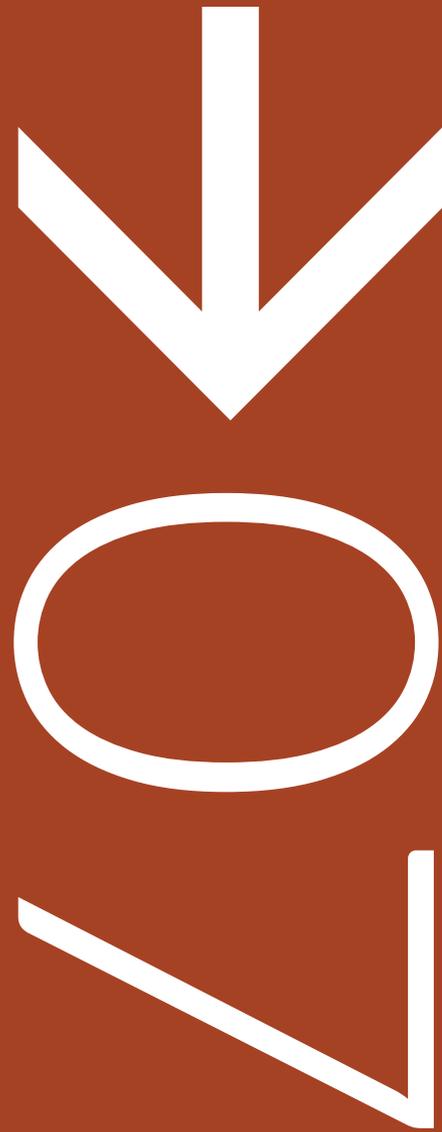
de premiers résultats en avril de la même année, avec des prévisions de fréquentation à la journée, à 7, 15 et 30 jours. Des jalons définis avec les opérationnels, afin de toucher à la fois la production, la supply chain et la planification, notamment en matière de RH. **« Pour l'instant, le modèle, qui repose sur trois ans d'historique, fournit des recommandations à quatre gérants de restaurants, en parallèle de leurs propres prévisions. Ces gérants alimentent aussi le système en entrant leurs propres données quand ils sont en désaccord avec le modèle. Au fil des semaines, grâce à ce mécanisme, nous avons vu les prévisions de l'algorithme se rapprocher des hypothèses des gérants, qui ont de plus en plus confiance dans les recommandations du logiciel »**, reprend le CDO. Ce premier jalon a permis au groupe, dès janvier 2018, de lancer une extension du projet à vingt sites. Pour l'heure, les prévisions sont livrées aux gérants via une interface Web, mais celles-ci ont vocation, à terme, à intégrer le système gérant la production, pour optimiser par exemple la commande d'ingrédients.

Prédire le taux de prise des plats... donc réduire le gaspillage

**« Cette base nous permet également de commencer à travailler sur le taux de prise de plats, autrement dit leur niveau de consommation. Pour l'heure, nous disposons d'assez peu de données réellement fiables sur ce sujet : si Elior a informatisé depuis longtemps ses recettes, celles-ci sont fréquemment adaptées localement. Nous avons lancé un projet de normalisation afin que les données récupérées en caisse reflètent bien la réalité des assiettes, mais celui-ci prendra nécessairement du temps dans un groupe comptant quelque 20 000 restaurants dans le monde »**, raconte Frédéric Lezy. De premiers tests, réalisés via une analyse de textes sur les tickets de caisse, donnent des résultats encourageants. En fonction des recettes soumises par les chefs, Elior a pu fournir des prévisions de prise de plats qui se sont parfois révélées fiables à 1 ou 2% près.

L'étape d'après ? Prévoir et limiter le gaspillage, qui résulte tant des plats délaissés sur les présentoirs que des aliments jetés à la poubelle par les consommateurs. **« Si cette information est très attendue, notamment en restauration scolaire, elle reste difficile à produire, car nous ne disposons pas de données sur le sujet »**, relève le Chief

Digital Officer. Elior a commencé à collecter manuellement ces informations dans 57 collèges, afin de mettre en place des modèles de suivi du gaspillage, mais également de mesure des ruptures dans la disponibilité d'un plat. Car, dans l'activité d'Elior, la lutte contre le gaspillage doit tenir compte de contraintes contractuelles. En particulier de l'obligation de maintenir une offre diversifiée - par exemple trois plats - jusqu'au dernier client du dernier service.



Demain,  
modéliser le  
produit et  
l'usine dans  
un jumeau  
numérique ?

## > CHAPITRE 07

La collecte et l'agrégation de données sans cesse plus nombreuses amène les industriels à réfléchir à des avatars numériques de leurs usines et processus de production, souvent proposés au sein d'interfaces en 3D. Pour l'heure, des questions subsistent quant à la pertinence réelle de cette technologie en production, via l'intégration des données de la logistique et de la fabrication. Mais les industriels testent des cas d'usage plus ciblés : modélisation de l'outil de production pour faciliter la maintenance ou améliorer la formation des opérateurs, utilisation de la maquette

numérique lors de phases de montage et d'assemblage afin de diminuer les erreurs, fourniture d'un avatar 3D pour améliorer l'exploitation d'un équipement lourd, comme un bateau ou un bâtiment. A ce jour, le coût de la technologie reste un frein à sa généralisation. Même si certains secteurs ont déjà dépassé le stade de l'expérimentation. Le bâtiment est ainsi attiré par les progrès en termes de qualité que pourrait amener le jumeau numérique sur des chantiers où se succèdent de multiples intervenants. On parle de BIM (*Building Information Modelling*).



En consolidant peu à peu des données sur leurs machines, leurs flux à l'intérieur des usines, leurs opérateurs ou leurs actions de maintenance, les industriels sont

en train de reproduire, dans le virtuel, la réalité de leurs processus de fabrication. Logiquement, l'industrie anticipe la naissance de doubles virtuels des usines,

avatars numériques 3D au sein desquels il serait aisé de tester de multiples scénarii d'optimisation. Voire de laisser une intelligence artificielle décider de la meilleure implantation des machines, du séquençement optimal des opérations ou des flux internes aux usines. On peut même imaginer que la reprogrammation des robots associés à l'avatar numérique soit elle-même automatique, afin de déployer les optimisations déduites par les IA.

Science-fiction ? Certes, cette vision n'est aujourd'hui concrétisée chez aucun des trente-cinq industriels que nous avons interrogés longuement pour réaliser cette étude. Mais elle est bel et bien esquissée chez plusieurs d'entre eux. Par exemple, chez Naval Group, l'ex-DCNS, qui réfléchit à des jumeaux numériques de ses sites industriels. **« Par nature, notre activité est cyclique : optimiser les sites en fonction de la charge de travail présente donc un potentiel intéressant, explique Stéphane Klein, responsable maîtrise d'ouvrage Usine du futur de l'industriel. Ce projet pourrait être couplé, demain, à une supervision de l'état de nos machines outils, mais aussi à une géolocalisation de nos équipements. »**

## Un avatar numérique du produit

Pour le spécialiste de l'industrie navale de défense, le jumeau numérique a aussi un sens pour les produits qu'il conçoit. En proposant un avatar de ses vaisseaux, l'industriel offrirait à ses clients un outil facilitant la maintenance. **« Ce sujet fait l'objet d'un programme à part entière au sein de Naval Group, un programme appelé Virtual Ship. L'idée consiste bien à fournir non pas un double 3D figé né au bureau d'études, mais bien le reflet du bâtiment tel qu'il a été construit et tel qu'il a évolué par la suite, après sa mise en service. Pour ce faire, nous imaginons d'exploiter les capteurs positionnés sur les équipements embarqués »**, reprend Stéphane Klein. Le programme Virtual Ship est aussi couplé à un volet de maintenance prédictive, basé sur des comparaisons entre le fonctionnement prévu et les données remontant des bâtiments en service. Comme l'illustre le cas de Naval Group, la logique de jumeau numérique d'un produit permet aux industriels d'imaginer de nouveaux services, transformant le produit en plateforme technologique offrant un accès direct aux clients finaux, notamment dans la grande

consommation. On peut aussi y voir un atout commercial dans la compétition mondiale. S'il ne cible pas une modélisation 3D de ses sites pour l'instant, Total travaille aussi à un projet de jumeau numérique. **« Nous voulons construire un portail de la donnée statique ou temps réel, détaille Thierry Adolphe, directeur digital pour l'industrie au sein du groupe pétrolier. Ce projet, baptisé Quantum, implique un management de la donnée assez pointu, pour consolider, dans une base unique, tous types de données : fiches techniques, spécifications, plans de régulation, plans d'instrumentation, modèles 3D d'équipements, etc., mais aussi données temps réel issues de la production ou données transactionnelles. »** Quantum doit permettre de gérer les impacts d'une modification sur les éléments connexes. Avec des enjeux majeurs tant en termes d'efficacité de la maintenance que de simplicité des transitions entre conception et production. Reste qu'il s'agit là d'une initiative complexe, nécessitant la participation de toutes les équipes d'un site, reconnaît-on chez Total. Pour l'heure, les équipes chargées de l'innovation cherchent un site pilote pour démontrer les bénéfices du concept au sein du groupe.

## Seulement pour les décisions structurantes ?

Si les perspectives qu'ouvrent les jumeaux numériques sont enthousiasmantes, certains doutent encore de leur capacité réelle à transformer les activités industrielles. Notamment quand il s'agit de modéliser des activités temps réel. **« Car les jumeaux numériques ont vite fait de s'éloigner de la réalité, fait valoir Yann Vincent, directeur industriel du groupe PSA. La configuration d'une usine évolue rapidement dès qu'on descend dans les détails, or c'est à ce niveau que se situent les enjeux de performance. La modélisation 3D a du sens pour les décisions structurantes, mais beaucoup moins quand on tente de l'utiliser en continu »**.

Dans les faits, les premières initiatives sur le terrain sont, de toute façon, assez ciblées. Il s'agit par exemple de modéliser un processus à des fins de formation, de fournir à l'ingénierie un outil pour réfléchir à l'implantation des machines, de valider la conformité d'un équipement ou encore d'étudier l'ergonomie des postes de travail. Par exemple, l'activité lames de rasoir de Bic réfléchit à

créer, dans son PLM, des doubles numériques de ses machines.

« *La transition est en cours et je souhaiterais que cette logique soit étendue à la partie électrique et même aux programmes de nos automates*, détaille Yves-Marie Lecomte, le directeur ingénierie automatisation & électricité de l'usine Bic de Longueil-Sainte-Marie (Oise). *Cela nous permettrait de disposer d'une vraie maquette numérique de l'outil de production et d'y embarquer les dossiers des machines, ce qui serait un atout en particulier sur le volet relatif à la conformité réglementaire* ».

## Préparer les opérateurs à réagir aux incidents

Très actif sur le sujet, Naval Group a développé une première application de réalité augmentée couplée au jumeau numérique des navires. Celle-ci projette dans le réel la maquette en 3D du bâtiment, sur des tablettes, voire des lunettes connectées. L'idée directrice ? Libérer les mains des chaudronniers ou électriciens, qui interviennent à l'intérieur des navires en construction. L'application les aide à contrôler le placement des pièces,

afin d'éviter les erreurs de montage provenant d'interprétations erronées des plans. « *Avec un montage "bon du premier coup", nous pensons pouvoir économiser quelques millions d'euros*, raconte Stéphane Klein. *Aujourd'hui, un projet pilote a été lancé sur le site de Lorient, et nous pensons mettre l'application en production dès la mi-2018, en la focalisant sur le placement des tuyaux à l'intérieur des navires* ».

Le chimiste Solvay modélise, lui, ses procédés de fabrication et salles de contrôle afin d'entraîner les opérateurs, de tester les phases de transition sur les procédés ou encore d'améliorer le système de contrôle. « *Comme dans l'aviation, l'un des enjeux est, ici, de préparer les opérateurs à réagir aux incidents, dans un contexte où la fiabilité des installations ne leur permet plus de maintenir ces connaissances*, explique Thierry Cartage, directeur de la performance industrielle des process et du digital au sein du groupe de chimie. *Mais les jumeaux numériques restent difficiles à généraliser, en raison des coûts élevés de cette technologie, car il faut à la fois modéliser le procédé physico-chimique et la salle de contrôle* ». Solvay travaille sur un jumeau pour ses usines de

silice, au nombre de huit dans le groupe. Une mutualisation qui permettra d'amortir les coûts fixes et de trouver un retour sur investissement au projet, dans l'optimisation des réactions de l'installation et la réduction des temps de formation.

## Les coûts d'investissement freinent les avatars

Indubitablement, la question des coûts de construction des jumeaux numériques handicape pour l'instant leur déploiement. Comme le remarque également Olivier Renvoisé, Lead digital operation chez Engie Digital. Si le groupe français réfléchit à la création de jumeaux numériques 3D de ses usines thermiques, les coûts d'investissement pèsent lourds dans la balance. « *Même pour des unités de production neuves comme celles que nous mettons en service au Moyen-Orient ou au Chili, car il s'agit de réponses à des appels d'offres. Or, construire un jumeau numérique vient invariablement gréver le budget* », remarque Olivier Renvoisé. Et ce, même en tenant compte de la pertinence de cette technologie pour ces usines faisant l'objet,

de temps en temps, d'une opération de démontage et remontage impliquant quelque 2 000 personnes. Ou de son utilité en fonctionnement courant, pour améliorer la sécurité des opérateurs ou mieux gérer des contrats avec des prestataires. « *Par exemple, les avatars numériques seraient très utiles lors de la commande d'échafaudages. En raison de difficultés qui apparaissent lors de l'installation de ces équipements, ces contrats aboutissent très souvent à de nombreux et coûteux avenants, illustre le responsable. Partir d'un modèle 3D permettrait de passer des commandes plus précises* ». Car, dans le monde virtuel, une simulation ne coûte rien ou presque. A condition d'avoir fait l'effort de bâtir cet univers parallèle.

## — Certifier des maquettes numériques et non plus des produits ?

En permettant d'explorer plus amplement les domaines d'usage d'un produit que des tests classiques, la simulation numérique apparaît comme un outil complémentaire pour délivrer des certifications. C'est en tout cas l'avis de Bureau Veritas, qui certifie déjà la fiabilité de simulations effectuées par ses clients sur des calculs de structure (ponts, bâtiments...). « **Mais adopter cette logique sur**

**des systèmes actifs, comme des voitures autonomes, apparaît bien plus complexe,** relève Laurent Midrier, le vice-président stratégie et innovation de la société. **On est ici face à des sujets passionnants. D'autant que des produits comme les voitures autonomes sont aujourd'hui sur le chemin d'un déploiement massif au sein de nos sociétés ».**

## BIM : quand le bâtiment se reconstruit sur le jumeau numérique

Encore au stade de la vision ou de l'expérimentation dans l'usine, le jumeau numérique intéresse aussi des secteurs comme le bâtiment. Car il répond à plusieurs besoins bien identifiés dans cette industrie. En particulier dans la vente en VEFA (vente en l'état futur d'achèvement), où il permet déjà d'améliorer la relation client, en projetant les acheteurs dans leur futur appartement ou maison et en leur offrant la possibilité de modifier certains éléments. Mais ses bénéfices vont bien au-delà. C'est en tout cas le pari que fait Quartus, un jeune promoteur immobilier (la société a été créée fin 2016), qui mise clairement sur cette technologie.

**« En réalité, c'est l'ensemble de la vie du bâti qu'il s'agit d'accompagner : de la création sur plan, à la construction et jusqu'à**

**la déconstruction du bâtiment, en intégrant les contraintes réglementaires inhérentes à cette fin de vie »,** indique Frédéric Toquin, le directeur du digital, qui mise pour ce faire, sur un BIM (Building Information Modeling, soit la modélisation des données du bâtiment) suivant pas à pas toutes les phases de la construction. **« Car, dans nos métiers, les tolérances sont de l'ordre de la dizaine de centimètres. Bâtir le plan 3D d'un bâtiment ne suffit donc pas, il faut l'adapter au fil du chantier pour réconcilier réalité et jumeau numérique »,** note-t-il. C'est cet avatar 3D que Quartus prévoit de remettre à la copropriété et aux habitants lors de la livraison d'un bâtiment, afin de simplifier son exploitation ultérieure. Et le promoteur imagine aussi, à l'avenir, intégrer au bâti des capteurs qui transmettront des données en temps réel au modèle 3D, afin d'effectuer de la maintenance préventive.

### L'adhésion de tous : du directeur de l'opération à l'artisan

Le promoteur a lancé plusieurs PoCs (proof-of-concept) de son système de BIM au cours du premier semestre 2018 : deux dans le résidentiel, un dans le tertiaire et un dernier sur un

entrepôt logistique. **« L'enjeu de ces tests consiste à faire émerger la valeur d'une solution de centralisation de données pour l'ensemble des utilisateurs, du directeur de l'opération à l'artisan qui pose le parquet, observe Frédéric Toquin. Car on ne pourra avoir des données à jour que si tous les utilisateurs adhèrent à la démarche ».** D'où la construction d'interfaces tactiles simples d'emploi.

**« Même si les workflows seront différents de ceux de l'industrie, c'est bien une usine de création d'un bâtiment, associée à un configureur, qui est en train d'être mise sur pied. L'objectif est d'entrer dans un processus de construction identique à ceux en vigueur dans l'industrie, en intégrant la chaîne d'achats »**, reprend le directeur du digital. Une approche radicalement nouvelle dans le bâtiment. En maîtrisant mieux ses achats, Quartus espère parvenir à une parfaite adéquation entre la commande et le réalisé, diminuant ainsi les problèmes de maintenance par la suite.

### **D'abord améliorer la qualité des bâtiments**

Le BIM doit également servir à mieux gérer l'ordonnancement des opérations sur le chantier. Car il

est censé permettre de simuler, dans la durée, l'avancement des travaux et de vérifier la conformité tout au long des opérations. Et ce, de façon très visuelle. En parallèle de vérifications humaines, Quartus étudie l'utilisation de petits robots pour des contrôles en continu, via par exemple de la prise de côtes. **« Ce qui nous permettra aussi, dans le BIM, d'effectuer des évaluations des prestataires et fournisseurs »**, relève Frédéric Toquin. Pour Quartus, amener une information à jour sur les délais et sur le contrôle qualité doit contribuer à réduire le nombre de réserves le jour de la livraison. Les premiers "bébés" Quartus, des programmes conçus d'emblée sur ce modèle, doivent débiter leur commercialisation en 2018, avant d'être construits. **« Nous allons alors pouvoir mesurer les gains réels qu'amène le BIM, sur la qualité des réalisations d'abord. Nous ne travaillerons à réduire la durée des chantiers que dans un second temps »**, assure le directeur du digital.

Dans le tertiaire et la logistique, autres marchés où opère Quartus, les clients ont perçu assez rapidement les promesses du BIM et de son association à des capteurs surveillant l'état du bâti (température, luminosité,

surveillance de la ventilation, etc.). En particulier en raison des gains en exploitation qu'il laisse entrevoir. **« Disposer d'un avatar 3D a déjà été un plus indéniable auprès de clients comme UPS ou Amazon, qui ont besoin de solutions de ce type pour simuler l'intégration de machines dans un entrepôt et modéliser les**

**flux de traitement. Effectuer 50 simulations en 3D coûtera toujours moins cher qu'en faire 3 ou 4 sur plans »**, glisse Frédéric Toquin.

### **— Le BIM comme cheval de Troie marketing**

Pour Saint-Gobain, l'intérêt des acteurs du bâtiment pour le BIM est avant tout... une opportunité marketing. Le groupe met à disposition des architectes, bureaux d'étude ou promoteurs une bibliothèque de composants - la version numérique de ses produits couplée à leurs caractéristiques techniques -, ainsi que des outils de modélisation pour les façades, les cloisons, les

plafonds, les canalisations ou encore le comportement thermique d'un bâtiment. Ces développements permettent au groupe de mettre en avant ses produits très tôt dans le processus de production d'un bâtiment.

# Dans le monde virtuel, une erreur ne coûte rien ou presque

**Dans le cadre de la numérisation de ses activités, l'usine de variateurs de vitesse Siemens à Congleton (Grande-Bretagne) mise largement sur la réalité virtuelle et les jumeaux numériques. Pour accélérer les phases de conception, des produits mais aussi des processus industriels. Mais aussi pour modéliser l'ergonomie des postes de travail.**

Installée en 1971 à Congleton, à une quarantaine de kilomètres de Manchester, l'usine de Siemens fabriquant des variateurs de vitesse n'est pas passée loin d'un destin funeste lors de la crise de 2008-2010. Environ 200 personnes prennent alors la porte. Les indicateurs de production ne sont alors pas au niveau des meilleures usines du groupe industriel allemand.



Pour y remédier, l'unité se lance dans un programme visant à accélérer ses efforts dans le Lean Manufacturing, efforts entrepris dès 2000. Objectif principal : faire progresser la productivité de 5,5 % par an en s'appuyant en particulier sur les technologies de l'Industrie 4.0. C'est la stratégie Congleton 2020, qui se décline en 10 initiatives stratégiques et qui a valu à l'usine plusieurs reconnaissances internationales. « Une façon aussi d'affirmer en interne : comment pourrait-on fermer une unité ainsi reconnue par des organismes indépendants ? », glisse une employée, qui retrace cette histoire au sein du centre d'expérience client qu'a monté l'usine britannique.

Au total, la direction de Congleton, qui voit le Lean Manufacturing comme un préalable à tout

projet dans l'Industrie 4.0, dit dépenser environ un quart de son budget d'investissement dans la numérisation de ses ateliers. L'usine emploie aujourd'hui quelque 500 employés, dont plus de 70 dans la R&D de produits.

## Individualiser le traitement des produits par la RFID

Congleton 2020 tente notamment de pousser l'automatisation, portée en particulier par l'identification individuelle des circuits imprimés qui constituent le système cœur des variateurs. Plusieurs dizaines de variantes de ces cartes électroniques circulent simultanément sur la chaîne de production, sur un socle de transport marqué d'une puce RFID. Ce qui permet de personnaliser traitements de finitions et tests de qualité sans intervention d'un opérateur. Pour faire progresser la digitalisation de l'atelier, Congleton pioche également largement dans le portefeuille logiciel de sa maison mère. En matière d'IoT, avec la plate-forme Mindsphere. Mais aussi en matière de modélisation.

L'usine de variateurs de vitesse est ainsi équipée d'une salle de réalité virtuelle permettant de déployer différents scénarii, allant du design de produits à la configuration de l'usine dans

son ensemble. En particulier, cet outil est exploité pour ce que les équipes de Siemens appelle le Lean Cell Design. « Cette activité consiste à faire travailler des opérateurs une semaine ou deux sur le redesign de leur unité de production, à l'intérieur de la chaîne », détaille Adrian Webster, en charge de la transformation digitale à Congleton. Le passage de cette activité dans le monde virtuel, en tout cas pour une large partie, a permis d'en réduire la durée globale.



## Evaluer les nouveaux équipements... en 3D

Mais, pour Adrian Webster, l'objectif est d'aller bien au-delà. Vers une conception complète dans le virtuel des produits, des postes de travail, en passant par les processus de production, les flux à

*l'intérieur de l'usine ou l'ergonomie des tâches confiées aux opérateurs. Même si l'expert reconnaît que Congleton en est encore aux prémices de cette transition vers les jumeaux numériques, modéliser la complexité d'une usine restant un travail de (très) longue haleine. « Mais, de plus en plus, quand nous évaluons un équipement, nos ingénieurs demandent son jumeau 3D. Récemment, nous avons ainsi pu répondre à une quarantaine de questions sur un nouveau modèle de convoyeur sans perturber la production », illustre Adrian Webster. Surtout, le virtuel permet de faire tourner de multiples simulations à un coût proche de zéro : « dans le virtuel, éliminer des erreurs ne coûte rien ». Il en va évidemment tout autrement dans le monde réel, où chaque arrêt de la production entraîne des pertes substantielles pour un industriel.*

*Pour Andrew Peters, le directeur de l'usine de Congleton, l'usage de la réalité virtuelle permet aussi d'instaurer une culture de la transformation au sein de ses équipes. « C'est essentiel à un moment où, avec la révolution de l'Industrie 4.0, la direction que nous devons prendre reste peu claire et où nous ignorons encore largement quels sont les emplois et compétences dont nous aurons besoin demain », dit-il. Et,*

*évidemment, le potentiel de la technologie est particulièrement intéressant pour designer simultanément un produit et le processus de production associé. « 70 % de la simplicité de production d'un produit réside dans sa conception », rappelle Andrew Peters.*



### **Optimiser l'espace dans l'usine**

*Pour ce dernier, l'investissement consenti dans la salle de réalité virtuelle il y a quatre ans a été amorti en 18 mois à 2 ans. Autour de quatre usages principaux : le développement de nouveaux produits – et les interactions avec clients et fournisseurs associées à cette étape – ; le design d'unités de production (Lean Cell Design) ; l'implantation des équipements dans une usine qui – c'est une particularité de Congleton – ne*

*dispose d'aucune marge de manœuvre pour s'étendre ; et, enfin, la sécurité et l'ergonomie des postes de travail, afin de prévenir accidents et TMS (troubles musculo-squelettiques).*

*Pour l'heure, si la modélisation est largement employée lors des phases de conception, la perspective de son usage en production demeure lointaine, même si certaines données temps réel sont exploitées pour simuler le fonctionnement de l'usine dans le jumeau numérique. Pour Congleton, la priorité réside plutôt dans l'intégration du PLM, de l'ERP et du MES. « Prendre les données des systèmes de conception pour les amener sous forme numérique dans l'atelier, personne ne fait encore cela aujourd'hui ou presque !, dit Andrew Peters. Et cette intégration de bout en bout n'est pas très mature sur le plan technologique. » Elle devient pourtant stratégique pour Congleton, qui s'apprête à lancer un nouveau produit accessible dans des milliers de variantes aux clients. « Non plus de la customisation sur la base de modules optionnels décrits sur catalogue, mais bien de la production à la commande sortant dans la journée de l'atelier », résume le directeur de l'unité. Une nouvelle logique qui appelle une plus grande continuité*

*numérique, de la conception à la logistique, en passant par toutes les étapes de production.*



> PARTICIPANTS

---

# Biographies



**PARTICIPANTS**



### – Maud Bailly

Diplômée de l'ENA, Maud Bailly débute sa carrière en 2007 à l'Inspection Générale des finances. En 2011, elle rejoint la SNCF et est nommée Directrice de la Gare Paris-Montparnasse, ainsi que Directrice déléguée de l'animation du produit TGV sur la région de Paris Rive Gauche. En 2014, elle devient Directrice des trains, en charge de l'animation du réseau et

de la transformation du métier des 10 000 contrôleurs et des 3 000 agents d'escale.

En mai 2015, elle entre à l'hôtel Matignon et devient Chef du pôle économique en charge des affaires budgétaires, fiscales, industrielles et numériques auprès du 1<sup>er</sup> ministre, Manuel Valls.

Elle quitte Matignon en décembre dernier pour rejoindre l'Inspection Générale des Finances où elle dirige une mission sur les enjeux du véhicule connecté.

En avril 2017, Maud Bailly est nommée Chief Digital Officer, en charge du Digital, de la Distribution, des Ventes et des Systèmes d'information, et membre du comité exécutif du groupe AccorHotels.



### – James Kornberg

Avec plus de 20 ans d'expérience sur des fonctions de marketing et

ventes, Responsable Maintenance des avions long courrier d'Air France avec 75 personnes, Responsable Produit et Business Développement du produit Aérostructures avec 50 millions d'euros de chiffres d'affaire.

James Kornberg est maintenant Directeur Innovation d'Air France Industries KLM Engineering and Maintenance.



### – Hugo Delabie

Responsable innovation chez Aramisauto avec une précédente

expérience dans la création d'un accélérateur pour BNP Paribas. Il est passionné par la gestion de l'innovation dans les entreprises, de la phase d'idéation aux tests de l'idée avec le client jusqu'à la phase d'industrialisation. Ses sujets de prédilection couvrent les programmes d'innovation et de la relation grands groupes/startups.



### – Jean-François San Carlos

Issu d'une formation ingénieur SUPELEC, Jean-François San Carlos a commencé sa carrière chez groupe PSA et y a occupé différents postes pendant plus de 10 ans.

Il a ensuite rejoint le Groupe Brandt en qualité de Responsable de Production puis Directeur d'usine. En 2005, en entrant chez Valeo il prend alors successivement

la direction d'un site en France puis en Pologne.

Il poursuit sa carrière chez Faurecia comme Directeur de Production sur un énorme site de production dans les mécanismes de sièges d'automobiles et produits d'horloger à très haut volume. Fort de cette expérience, le Groupe Faurecia le nomme alors Directeur des opérations internationales des mécanismes de sièges. 8 usines mondiales de 400 à 1500 personnes. C'est en décembre 2016, qu'il intègre le Groupe Beneteau en tant que Directeur des opérations industrielles afin d'améliorer leurs performances en matière de Sécurité, Qualité, Délais et bien sûr performance économique.



### – Yves-Marie Lecomte

Yves-Marie Lecomte est responsable du pôle électricité & automatisme chez BIC Rasoirs. Entré en 2008 au sein du département Lames, il conduit des

projets de R&D, de conception et d'industrialisation d'équipements de contrôle et de machines spéciales, avec un déploiement à l'international.

Ses différents projets, initialement axés sur la conception mécanique et optique, l'ont rapidement amené à intégrer des systèmes complexes, alliant automatisme, robotique, vision et informatique industrielles. Depuis 2009, il conçoit et met en œuvre l'architecture de réseau industriel et les outils permettant de faire converger automatisme et systèmes d'information.



### – Pascal Laurin

Directeur Industrie du futur 4.0 pour Bosch France, Pascal Laurin est un pionnier de la mécatronique au sein du groupe Bosch et de la profession (Président mécatronique ARTEMA/FIM), il

observe depuis près de 14 ans les grandes évolutions technologiques du monde industriel ainsi que les impacts et opportunités commerciaux liés. Fort de sa double formation commerciale-marketing et technologique, il met aujourd'hui cette expérience en dirigeant le programme industrie 4.0 pour l'ensemble des entités de Bosch en France et mixe avec passion, les technologies innovantes avec les opportunités commerciales de la digitalisation pour la réussite et l'excellence de l'industrie du futur 4.0 en France.



### – Laurent Midrier

Diplômé de Mines ParisTech et de l'École Normale Supérieure, Laurent Midrier a commencé sa carrière, en 2001, au sein du Ministère de l'Environnement en charge du contrôle des installations classées en Midi Pyrénées où il a été confronté aux suites de l'explosion de AZF. Il a ensuite rejoint la Direction Générale des

Entreprises de Bercy. Il rejoint l'entreprise Bureau Veritas en 2008 dans laquelle il a été successivement en charge des activités nucléaires jusqu'en 2012, puis de la stratégie et la performance pour l'activité industrie de 2012 à 2014, et est actuellement Vice Président en charge de la stratégie et de l'innovation du groupe depuis 2014. Dans le cadre de ses responsabilités actuelles, il a piloté le plan 2020 de l'entreprise et desancements de services innovants. Par ailleurs, Laurent Midrier est au board du cluster Eureka Eurogia consacré aux énergies décarbonnées, et participe activement à l'initiative Factory Lab sur l'industrie 4.0.



### – Aurélien Dargirolle

Diplômé de l'ESIEE spécialisation Génie des Systèmes de Production, Aurélien Dargirolle

a développé de solides compétences en développements et industrialisation de produits électroniques. Il a travaillé pendant 10 ans dans la production électronique (Sagem, Sagemcom, BMS Circuits) pour différents clients (Ingenico, Aastra, GE, Coyote, etc.). Il a ensuite rejoint Coyote en mai 2014 en tant que Directeur Adjoint Produits avant sa nomination comme Directeur des Opérations en juin 2015.



### – Frédéric Lezy

Fort d'une longue expérience internationale à des fonctions

digitales, Frédéric Lezy a essentiellement travaillé dans les secteurs de la Distribution des Biens de Grande Consommation. Il dispose de compétences expertes en stratégie digitale, gestion de projet et CRM, y compris dans des contextes difficiles. Un professionnel du marketing avec de bonnes connaissances en IT, en somme.



### – Fabrice Gautier

De formation Ingénieur généraliste, après dix années chez Renault dans

le secteur de l'ingénierie du groupe motopropulseur, Fabrice Gautier rejoint Faurecia en 2013 au poste de chef de programme dans la business groupe Emission Control technologies. Depuis 2016, il est en charge, pour le groupe, de la coordination de l'innovation manufacturing et supply chain.



### – Olivier Renvoisé

De formation d'Ingénieur en Instrumentation et Automatisme, Olivier Renvoisé a débuté sa carrière en participant à la construction & démarrage d'usines

chimiques pour le compte de TECHNIP puis de centrales électriques pour le compte d'Engie. Il a ensuite occupé différents postes de DSI au sein d'entités d'Engie dédiées à la production d'électricité, assurant toujours le lien entre l'informatique temps réel et celle de gestion.

Depuis 2016, il a rejoint l'entité Engie Digital pour diriger le programme en charge de la transformation digitale des actifs industriels du Groupe Engie.



### – Yannick Leprêtre

Yannick Leprêtre est ingénieur, diplômé de l'École Polytechnique. Il détient également un doctorat en métallurgie. Au cours de sa carrière, Yannick Leprêtre a exercé la fonction de Directeur Général de différentes unités opérationnelles de plusieurs

groupes industriels internationaux (notamment Arcelor, Legris et Gorgé), spécialisés dans la réalisation d'usines de production clés en mains et d'équipement de procédé, en France comme à l'international.

En 2011, il a rejoint Fives, au poste de Directeur Général de Fives DMS, une filiale du groupe Fives spécialisée dans la réalisation d'équipements de procédé pour l'industrie sidérurgique, avant de devenir en 2014 Directeur Technique de la division Metal Cutting | Composites. Depuis 2016, il est Chief Innovation and Digital Officer (Directeur Innovation et Digital) du Groupe.



### – Marc Raffo

Marc a découvert le métier de consultant chez Andersen Consulting en 1989 avant de passer 3 ans dans l'industrie du packaging. Il s'y occupe déjà de performance opérationnelle, de qualité et de stratégie industrielle. Il sera ensuite, pendant près de 7 ans, un des acteurs de l'aventure entrepreneuriale avec la création de Kea&Partners. Après

un passage chez A.T Kearney, il retrouve les équipes de Capgemini Consulting en 2011 au sein du secteur Grande Consommation, de la Distribution et du Luxe, où il a développé deux grandes valences autour de la transformation d'entreprise et du Digital de ce vaste secteur : les Opérations – avec une prédominance pour des sujets de Supply Chain, et l'Expérience Client.

Marc a rejoint le Groupe AVRIL en novembre 2016 comme Directeur Supply Chain Groupe au sein de l'équipe de la Direction des Opérations. Il a principalement en charge de définir la stratégie de l'ensemble des Supply Chains du groupe, ainsi que les meilleures trajectoires pour atteindre l'excellence dans ce domaine.



### – Stéphane Klein

Stéphane Klein a été diplômé de chez Supelec en 1991. Il a débuté sa carrière chez ESSO SAF (Groupe EXXON) en tant que chef de projet Telecom/ System d'Information.

Il rejoint ensuite l'industrie de la construction navale en 1995 en entrant dans le groupe Alstom Division Marine / Chantiers de l'Atlantique où il occupe différents postes dont celui de Responsable du Département Études Électricité/Automatisme, Responsable Etudes (tous métiers) pour la construction d'un paquebot et enfin Directeur R&D de STX France SA. Il a rejoint Naval Group le 1<sup>er</sup> Juillet 2018 pour prendre la direction du programme Usine du Futur.



### – Linda Ghodbani

Linda Ghodbani est diplômée d'un Master Marketing et Développement Commercial à l'Université d'Auvergne en 2006.

Elle débute sa carrière en 2007 au poste de Product Manager chez Affinion International. En 2010, elle devient Head of Product et puis est promu Head of Marketing en 2012. Par la suite, elle rejoint HomeServe en 2015 en qualité de Chief Innovation Officer puis devient Chief Digital & Innovation Officer en 2017.



### – Arnaud Julien

Arnaud Julien est Directeur Innovation et Digital chez Keolis depuis 2015. Il était auparavant

Directeur Digital et Multi-Accès pour MMA où il a pris en charge la refonte du site mma.fr et des espaces clients. Il a d'abord fait ses preuves chez SFR et Orange après avoir été diplômé de l'ISEP en 1995.



### – Dominique Maisonneuve

Dominique Maisonneuve est chargé du déploiement du programme Industrie du Futur pour Lacroix Electronics. LACROIX Electronics conçoit, industrialise et fabrique des

fonctions électroniques pour des secteurs tels que l'aéronautique, la défense, le médical, ou l'automobile.

Le programme "Industrie du Futur" repose principalement sur l'automatisation, la digitalisation des process et l'exploitation de la Data.

Ingénieur de production, diplômé du CNAM-ITII, Dominique Maisonneuve a débuté sa carrière comme chef de projets en industrialisation chez MAGNETI MARELLI, a rejoint le Groupe LACROIX en 2005 pour y structurer la démarche projet.



### – Nadine Aniert

Nadine Aniert est adjointe du Directeur Marketing chez Meteo-France. Après une maîtrise universitaire de physique et un diplôme d'ingénieur en météorologie, elle a occupé divers postes au sein de l'établissement : développeuse en statistiques appliquées, chef de projets dans

le domaine de la génération automatique de textes... Son goût pour l'innovation et les nouvelles technologies l'ont amenée à évoluer vers les supports digitaux et à s'orienter vers le webmarketing. Elle s'attache aujourd'hui à nouer des partenariats innovants plus particulièrement dans le domaine de l'internet des objets. a 1500 personnes.

C'est en décembre 2016, qu'il intègre le Groupe Beneteau en tant que Directeur des opérations industrielles afin d'améliorer leurs performances en terme de Sécurité, Qualité, Délais et bien sur performance économique.



### – Alain Cuq

Après avoir fondé ViaMichelin et fusionné ces activités numériques avec celles d'édition de cartes

et guides, Alain Cuq a rejoint la Direction Digitale du Groupe lors de sa création en 2015. Son rôle est de promouvoir l'innovation en connectant Michelin à l'écosystème digital, en particulier dans le domaine industriel. Avant ce parcours "digital", Alain a exercé des responsabilités de direction dans divers pays. Ingénieur Arts et Métiers, il a un MBA de l'Université de Californie à Berkeley



### – Jean-Philippe Ollier

Ingénieur formé à l'École Centrale de Lyon. Chez Michelin depuis 1988 avec un double parcours comme industriel et comme responsable de différents business. Dans le domaine industriel, Jean-Philippe Ollier a assuré différentes missions en tant que responsable

technique d'usine, directeur de sites de fabrication en France et au Brésil, directeur industriel en Amérique du Sud, puis Directeur industriel de la ligne produit Tourisme camionnette entre 2005 et 2008.

Dans le domaine business, il a piloté les activités Tourisme camionnette en Amérique du Sud, la ligne produit Avion au niveau mondial, puis les activités de la zone Amérique du Sud entre 2009 et 2015. Depuis début 2016, JP Ollier est responsable du Manufacturing Engineering, en charge de la transformation conduisant à l'amélioration de nos coûts d'investissement.



expérience dans le domaine des Master Data et une coopération active au sein d'organismes inter-professionnels

### – Frédéric Loriaux

Frédéric Loriaux vient d'être nommé Chief Data Officer de Nestlé en France, après une riche



### – Ana Paula Serond

Ana Paula Serond, 51 ans, PhD, est en charge des programmes innovation dans les domaines de la fabrication additive, matériaux avancés et santé des travailleurs au sein de la Direction Innovation du Groupe ORANO depuis 2016. Diplômée en Ingénierie

Métallurgique par l'Université Catholique de Rio de Janeiro, Brésil, sa carrière R&D a débuté à l'Université Fédérale de Rio de Janeiro. En 2001, elle a rejoint l'École des Mines de Paris comme chargée de recherche. En 2007, elle intègre la Direction de la Recherche et de l'Innovation d'AREVA où elle occupe différents postes : responsable de la R&D moyen et long terme de l'amont du cycle du combustible nucléaire, responsable analyse stratégique et prospective et manager de technologies transverses.



### – Yann Vincent

Yann Vincent est diplômé de l'École Centrale Paris et titulaire d'un MBA en administration des affaires de l'INSEAD.

Il a commencé sa carrière en 1980 en intégrant Alstom Atlantique en tant qu'ingénieur en Essais mécaniques. En 1982, il rejoint le groupe Renault en tant qu'architecte. De 1982 à 2009, il a occupé

divers postes au sein de Renault: Responsable Finance et IT; Directeur de l'usine de production véhicules de Douai; Directeur de programme du segment gamme moyenne; Directeur qualité et Responsable de l'exploitation de la coentreprise Avtovaz.

Il rejoint Alstom Transport en 2009, où il a exercé diverses responsabilités: Directeur Industriel matériel roulant et stratégie; Directeur Industriel matériel roulant et composants; puis Directeur Performance opérationnelle (membre du comité exécutif).

En septembre 2014, il décide de rejoindre le Groupe PSA en tant que Directeur Industriel & Supply Chain (membre du comité exécutif).



### – Frédéric Toquin

En 1999, Frédéric Toquin débute sa carrière chez le transporteur DHL. Il y occupera différents

postes, tout d'abord en tant que chef de produit e-commerce, jusqu'à devenir directeur du e-commerce et d'Internet. En juin 2008, il intègre SeLogger au poste de directeur des portails et de l'innovation. Il sera nommé directeur du digital de l'entreprise en janvier 2013.

Consultant digital indépendant depuis mai 2016, Frédéric Toquin est nommé directeur du digital de Quartus en juillet 2017.



### – Loïc Ladreyt

Loïc Ladreyt est entré dans le groupe Rémy Cointreau en avril 2012, il a démarré en tant que responsable d'applications et a

été nommé Chef de projet depuis septembre 2017. Il s'occupe des projets en lien avec le domaine manufacturing et l'ERP du groupe Rémy Cointreau, il est aussi l'interlocuteur privilégié sur les projets en lien avec le concept industrie 4.0. Enfin, il a lancé un catalogue de services avec les équipes métiers de la chaîne logistique pour le projet RCPS 4.0 (Rémy Cointreau Production System 4.0) qui consiste à la transformation numérique de nos sites industriels.



### – Éric Marchiol

Éric Marchiol est diplômé de l'École Centrale de Lyon. Il entre chez Renault en 1989. Éric a occupé de nombreuses fonctions, entre ingénierie et manufacture. En janvier 2011, il se charge du lancement de la Clio 4 et de la Zoé

(premier véhicule électrique). À partir de mai 2013, en qualité de directeur, il encadre les systèmes de production Renault à travers le monde et, également, le plan d'amélioration de la performance industrielle pour l'ensemble des fournisseurs Renault qui était assuré auparavant par le département des Achats. Il a travaillé en collaboration avec Nissan afin de concevoir l'Alliance Production System. En avril 2016, il devient Digital Officer for manufacturing and Supply chain, et prend en charge le plan de transformation "Industrie 4.0" pour Renault.



### – Emmanuelle Fines Laurent

Emmanuelle Fines Laurent est

Directrice de La Gouvernance IT pour la DSI Groupe de Saint Gobain depuis 2013. Elle anime le partage d'expérience entre les différentes équipes de Saint Gobain, en particulier sur le Manufacturing 4.0.



### – Frédéric Renaut

Frédéric Renaut développe depuis 27 ans son expertise dans la gestion déléguée des services publics d'eau, d'assainissement, de propreté et d'électricité. Il a ainsi eu l'occasion de travailler au Canada, au Royaume uni, en Pologne, en Russie, au Sénégal, au Cameroun et bien sûr en France. Ses derniers postes à l'étranger furent Directeur général de Rossa, la joint-venture de SAUR avec la société des eaux

de Moscou, Directeur général de la Sénégalaise des Eaux, filiale de SAUR, Chief Operations Officer de AES SONEL, société en charge du service d'électricité du Cameroun. À son retour en France, il a pris la responsabilité de l'exploitation, des achats, du QSE et de la clientèle pour le groupe SAUR. En 2013, en qualité de directeur Smart technologies, membre du COMEX, il a piloté le programme Phoenix de transformation de tout le système informatique du groupe SAUR pour intégrer dans tous les métiers les révolutions numériques actuelles. Depuis janvier 2018, Directeur de l'innovation digitale, il construit la future performance et différenciation du groupe en s'appuyant sur une dynamique d'open innovation.



### – Bernard Loiseau

Bernard Loiseau est responsable du domaine BI et Data management au sein du Groupe Seb depuis mai

2017.  
Après une formation ingénieur généraliste, complétée par un diplôme en informatique industrielle, Bernard Loiseau a démarré sa carrière en tant que consultant et a mené des missions dans les secteurs du luxe, de l'environnement et des media. Il intègre ensuite le Groupe Canal+ où il occupe différentes fonctions à la DSI avant de devenir directeur du domaine BI & Data.



### – Benjamin Godreuil

Ingénieur diplômé de l'ISEL (Institut Supérieur d'Etudes Logistiques) en 2004, il intègre SNCF au sein du domaine matériel (en charge de la maintenance du matériel roulant SNCF).

Après plusieurs postes opérationnels et projets dans le domaine Supply Chain, il est en charge, depuis début 2015, du

programme Usine Du futur de SNCF.  
Ce programme de transformation digitale des technicentres industriels (10 usines, 7 000 collaborateurs) a été désigné parmi les premières ligne pilote par l'alliance industrie du futur pour les initiatives prises autour de la maintenance, des installations, et des outillages sur son site d'Oullins (région Lyonnaise).



### – Stéphane Couturier

Diplômé de Telecom Paris et de London Business School, Stéphane Couturier a commencé sa carrière chez Nortel en 1997 où il occupera successivement les postes de Technical Sales Support,

Business Plan and Applications Senior Manager, GPRS/EDGE Product Director et GSM/UMTS Access Product Marketing Director. De 2006 à 2008, il intègre Samsung en qualité de Head of Home and Broadband Networks Division.  
Par la suite il rejoint a la SNEF au poste de Responsable Télécom/ Systèmes de Communications, puis Eastern Europe Director et Managing director Low Voltage / Network solution.  
C'est en 2015, qu'il entre en fonction à son poste actuel de Connect Managing Director.



### – Benjamin Le Caer

De formation ingénieur généraliste, j'ai réalisé la majeure partie de ma vie professionnelle à l'étranger où j'ai dirigé des sites de production en Chine et en

Tunisie pour Socomec. De retour en France depuis l'été 2017, je suis notamment en charge de l'implémentation du 4.0 dans le groupe.



### – Thierry Cartage

Ingénieur mécanicien, docteur en Sciences Appliquées (UCL, Belgique, 1987). D'abord en

charge chez Solvay de projets de R&D et Technologie pour nos usines, puis responsable de la partie technologie de la division Génie des Procédés, et maintenant Directeur Performance des Procédés et Digital au sein de la Fonction Industrielle du Groupe.



### – Meriem Riadi

Meriem Riadi est Chief Digital Officer de Suez Groupe depuis septembre 2017 et est en charge de la définition et l'implémentation du Groupe dans la roadmap digitale, l'accélération de la data, de l'intelligence artificielle et des projets en Open Innovation. Anciennement Chief Digital Officer Groupe de Groupama d'août

2013 à aout 2017, elle avait auparavant été Responsable de la transformation digitale pendant un an, en charge du recrutement et du pilotage de l'équipe transformation digitale et de la mise en œuvre de la roadmap digitale Groupe. De juin 2006 à mars 2013, Meriem Riadi, diplômée d'ESCP Europe, a travaillé pour le cabinet Roland Berger Strategy Consultants pendant 7 ans, exerçant les fonctions de Chef de Projets Practices Media Télécom, Services Financiers et Private Equity.



### – Thierry Adolphe

Diplômé de l'École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique ainsi que de l'IFP School, Thierry Adolphe a débuté sa carrière chez Total en 2005 comme Junior Process Engineer. En 2008, il est successivement nommé Process & Operations Engineer – Operations Safety

Leader et Process & Operations engineer – Total representative. Par la suite, il obtiendra le poste d'Ingénieur de Chantier au Nigéria jusqu'en 2010 où il sera promu Chef de site de mise en service en Russie. Il occupera alors la fonction de Chef de production à distance – RSES-D de 2012 à 2014. C'est en 2014, qu'il obtient le poste de Gestionnaire d'installation offshore – RSES au Royaume Uni jusqu'à son retour en France en 2018 en qualité de Digital Officer Industry.

Avec 660 sociétés adhérentes, dont l'intégralité du CAC 40 et du SBF 120 et plus de 160 000 professionnels, l'EBG constitue le principal think-tank français sur l'économie digitale. L'EBG a pour vocation d'animer un réseau de décideurs, en suscitant des échanges permettant aux cadres dirigeants de se rencontrer et de partager bonnes pratiques et retours d'expérience. Plus de 200 événements et 25 ouvrages sont réalisés chaque année, permettant de fédérer des décideurs d'entreprises issus de tous les métiers : Directeurs Marketing, Directeurs Digital, DSI, DRH, DG, Directeurs Achats, etc.

Le Conseil d'Administration de l'EBG se compose des personnalités suivantes :

- Stéphane Richard, CEO d'Orange – actuel Président de l'EBG
- Jean-Bernard Levy, PDG d'EDF
- Steve Ballmer, ex-CEO de Microsoft
- François-Henri Pinault, Président de Kering
- Pierre Louette, Directeur Exécutif, Secrétaire général et opérateur France, Orange
- Patrick Le Lay, Ancien PDG de TF1
- Grégoire Olivier, Directeur des Services
- de Mobilité du groupe PSA Peugeot-Citroën
- Didier Quillot, Directeur Général de la Ligue de Football Professionnel (LFP)
- Sir Martin Sorrell, Président de WPP
- Jean-Daniel Tordjman, Ambassadeur,
- Inspecteur Général des Finances
- Philippe Rodriguez, Trésorier
- Pierre Reboul, Secrétaire Général

### LE PÔLE ÉTUDES DE L'EBG

L'EBG édite cinq collections d'ouvrages uniques en leur genre, permettant de recueillir les témoignages les plus pointus et les visions de nos adhérents sur des sujets d'actualité.

#### Les Référentiels :

- étude de grande ampleur sur l'évolution d'un métier d'un secteur, ou une grande mutation des organisations
- 100 interviews de Directeurs
- de grands groupes
- pages d'analyses, cas concrets et citations

Sélection de titres parus : *Référentiels de la Transformation Digitale, Référentiels des Directeurs Achats, Référentiels des Directeurs Marketing...*



#### Les Livrets de synthèse :

- restitution des réflexions issues d'un cycle d'événements (ateliers ou conférences)
- événement par événement : synthèse des enjeux, interview, compte-rendu
- 60 pages d'analyses thématiques et de retours d'expériences

Titres parus : *Digital Insurance, Chief Data Officer, Data & Analytics, Intelligence Artificielle...*



### Les Livres Blancs :

- étude sur un sujet innovant
- interviews de Décideurs qui portent un projet lié à la thématique
- entre 30 et 150 pages d'analyses, cas concrets et citations

Titres parus : *Cloud et nouveaux usages de l'IT, Data Visualization, Big Data, Marketing comportemental, API : 10 témoignages-clés, Génération Y/Z : Panorama des nouvelles pratiques RH pour 2018...*



### Digital Marketing :

- 200 fiches pratiques
- 60 études de cas
- 20 infographies



### Les Baromètres :

- étude quantitative menée auprès de toute la communauté EBG pertinente
- entre 500 et 1 000 répondants par étude
- 40 à 50 pages d'analyses, de tableaux et graphiques

Titres parus : *Performance du Marketing Digital, État des lieux du Programmable en France, Data-Driven Entreprise, Innovation et Open Innovation...*

### POUR PLUS D'INFORMATIONS SUR LES ÉVÉNEMENTS OU LE PÔLE ÉTUDES DE L'EBG :



#### François Edom

Responsable des contenus

+ 33 (0)1 48 00 00 38  
francois.edom@ebg.net



#### Stella Gay

Assistante de Publication

+ 33 (0)1 45 23 05 12  
stella.gay@ebg.net



L' Auteur :

#### Reynald Fléchaux

+ 33 (0)6 08 73 56 82  
@rfléchaux

Reynald Fléchaux possède une expérience d'une quinzaine d'années dans la presse IT B2B. D'abord au sein du Monde Informatique, dont il a été le rédacteur en chef. Puis, au sein du MagIT, un titre qu'il a cofondé et dont il a piloté la conception éditoriale. Plus récemment, Reynald Fléchaux a été directeur des rédactions de Silicon.fr et l'Espresso.fr. Il est désormais analyste senior au sein du cabinet d'études IDC.

Ingénieur HEI (Hautes Etudes Industrielles), il est par ailleurs diplômé de l'École Supérieure de Journalisme (ESJ) de Lille.



Acteur européen de référence des services informatiques à valeur ajoutée et des logiciels, Gfi Informatique occupe un positionnement stratégique différenciant entre les opérateurs de taille mondiale et les acteurs de niche. Avec son profil de multi-spécialiste, le Groupe met au service de ses clients une combinaison unique de proximité, d'organisation sectorielle et de solutions de qualité industrielle.

- 25M€ de CA en 2017, 200 ressources, 60 projets réalisés : audit de maturité, cadrage Industrie 4.0, roadmap de transformation digitale, schéma directeur, accompagnement opérationnel
- Présence active au sein de l'écosystème : Alliance Industrie du Futur, Syntec Numérique, Comité Industrie Ile-de-France, French Fab, Collectif Continuité Numérique, Offreur de Solutions
- Couverture régionale forte avec 40 agences en France et 3 Fablab

Pour plus d'informations : [www.gfi.world](http://www.gfi.world)

#### VOS CONTACTS PRIVILÉGIÉS :



**Yann BEGUE**  
Directeur BL Consulting  
[yann.begue@gfi.fr](mailto:yann.begue@gfi.fr)



**Pierre MONTCEL**  
Directeur Business  
Développement et  
Marketing  
[pierre.montcel@gfi.fr](mailto:pierre.montcel@gfi.fr)



**Stéphane RAYNAUD**  
Global Practice Manager  
Industry 4.0  
[stephane.raynaud@gfi.fr](mailto:stephane.raynaud@gfi.fr)



**Stéphane BOSSY**  
Senior Manager – Gfi  
Business Transformation  
[stephane.bossy@gfi.fr](mailto:stephane.bossy@gfi.fr)

# Industrie

# 4.0

## De l'Usine France vers l'Industrie du futur



**Roadmap** : clarification de votre trajectoire Industrie 4.0 • **Digital Manufacturing** : fiabiliser et rendre plus flexible la production en numérisant davantage vos processus • **Continuité numérique** : intégrer de bout en bout votre chaîne de valeur, des opérations internes à vos clients et fournisseurs.

Impression : Imprimé en France par Grillet Impressions,  
78140 Vélizy-Villacoublay

Conception graphique / maquette : Julie Robert

Copyright © 2018 EBG-Elenbi – Gfi Informatique

Tous droits réservés. Cet ouvrage ne peut en aucune manière être reproduit en tout ou partie, sous quelque forme que ce soit ou encore par des moyens mécaniques ou électroniques, y compris le stockage de données et leur retransmission par voie informatique sans autorisation des éditeurs, EBG-Elenbi, Gfi Informatique

La citation des marques est faite sans aucun but publicitaire. Les erreurs ou les omissions involontaires qui auraient pu subsister dans cet ouvrage malgré les soins et les contrôles de l'EBG-Elenbi, Gfi Informatique ne sauraient engager leur responsabilité.

EBG-Elenbi – Gfi Informatique

Avec le soutien d'iStock by Getty Images  | 