191955-PAO Folio : q1 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Editorial

Industrie du futur
Un monde connecté, collaboratif et efficient

Dans les cinq ans qui viennent, le monde va connecter vingt fois plus d'équipements et de machines. Si à l'origine Internet permettait à des personnes d'échanger, demain ce sont les machines qui se parleront.

Ces 40 milliards d'objets connectés, annoncés pour 2020, impliquent des flux de données en augmentation et donc un impact sur le trafic, le stockage et bien entendu la consommation d'énergie.

Demain, le monde sera plus électrique (la consommation électrique devrait augmenter deux fois plus vite que toutes les autres consommations d'énergie), plus digitalisé (avec des machines connectées, les mondes de l'énergie, de l'automation et des softwares convergeront avec le monde de l'information et des opérations), plus décentralisé (machines et centres de décision des usines seront à l'image des smart-grid qui gèrent des systèmes renouvelables distribués).

Pour leur part, industrie et technologies ont avancé de concert, se préparant à répondre à ces ruptures. Je retiendrai quelques bouleversements :

Le premier, c'est l'utilisation des mobiles et des technologies mobiles qui amène dans l'industrie une interface utilisateur riche dans la main de tous les opérateurs.

La deuxième transition, c'est l'émergence du cloud sécurisé, avec comme conséquences de permettre l'agrégation de données et d'autoriser leur partage entre parties prenantes. Une transition qui implique des exigences accrues de sécurité pour garantir le bon fonctionnement des opérations de bout en bout.

Enfin, troisième mutation, le développement de logiciels d'analyse qui permettent d'augmenter les fonctionnalités et d'améliorer la performance.

Des bouleversements adoptés par les clients, dans leurs décisions d'achat ou dans leurs retours d'expériences poussant les industriels, que nous sommes, à définir l'usage avant de penser au développement produit.

Mais, n'oublions pas que l'industrie a toujours été pionnière que ce soit dans la connectivité, dans l'énergie, dans les softwares... Sans aucun doute, elle saura s'adapter à ce monde de la donnée lié à l'évolution numérique. Car n'oublions jamais que la finalité de ces transformations digitales est bien d'apporter une faculté décuplée d'adaptation instantanée aux besoins des clients, mais aussi une possibilité de rendre plus créatifs et compétitifs nos savoirs faire, et nos emplois.

Luc Rémont
Président du Gimélec

191955-PAO Folio : q2 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

Sommaire

Révolution de la donnée

5# **La Révolution de la donnée au service des Clients**
L'Industrie du Futur amène les industriels à travailler pour satisfaire le Client.

8# **La France se mobilise autour de l'Industrie du Futur**
Interview de Vincent Jauneau, Président de la Division Industrie du Gimelec.

12# **L'Industrial Data Space**
Le chantier de la Data.

Partie 1 - Manufacturing

18# **Innovation, conception... du futur seront connectées**
Avec le développement de l'IoT, ce sont les données utilisateurs qui se placent au cœur de l'innovation.

21# La data rend l'innovation encore plus collaborative

24# La donnée développe de nouveaux modes de conception

27# **La donnée pour optimiser l'appareil de production**
L'usine doit être connectée, les données fiables et les outils d'analyse adaptés.

31# L'opérateur augmenté facilite l'accès aux données sur le terrain

34# La flexibilité : un incontournable

38# **La continuité numérique : pilier de la logistique du futur**
Un échange de données de bout en bout, de la production à la livraison du produit

41# Logistique : l'intelligence des robots se développe grâce à la donnée

44# De nouvelles données pour la traçabilité du futur

191955-PAO Folio : q3 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Partie 2 - Data

48# Smart Data Management pour ne pas crouler sous la donnée
La gestion « intelligente » des données passe par une sélection des données pertinentes, un nettoyage des bases et l'utilisation d'outils d'analyse

52# La donnée au cœur de la problématique de cybersécurité
La donnée constitue le principal enjeu des cyberattaques visant des systèmes industriels.

Partie 3 - Services

58# Marketing Digital - La donnée pour gagner de nouveaux clients
Avec les blogs et les réseaux sociaux, les industriels se positionnent en référents pour attirer de nouveaux clients

60# Services commerciaux - La personnalisation des produits s'appuie sur le digital
Le numérique permet au consommateur de commander des produits personnalisés, et même de les co-construire sur internet.

62# Services industriels - Optimiser la consommation énergétique et la maintenance
Mieux gérer sa consommation énergétique et ses opérations de maintenance. Voilà deux enjeux de l'Industrie du Futur.

65# Économie circulaire - Exploiter les données pour produire autrement
Les outils PLM intègrent des fonctions d'éco-conception, l'avenir sera d'intégrer l'économie circulaire du MES à l'ERP.

Vision du Futur

36# Remettre le client au centre
Par Maurice Ricci, président d'AKKA technologie.

67# Et si le futur de l'industrie se dessinait dans l'expérience client ?
Par Olivier Lluansi et Arnaud Laroche - Associés EY.

191955-PAO Folio : q4 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Cyan Magenta

191955-PAO Folio : q5 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

La Révolution de la donnée au service des Clients

L'Industrie du Futur amène les industriels à travailler dans trois dimensions – Horizontale, Verticale et Temporelle. Le tout pour satisfaire le Client.

L'industrie du Futur bouscule le monde industriel depuis moins de dix ans. Un laps de temps court qui n'a pas empêché une prise de conscience très rapide.

Le client est au cœur de cette révolution, récemment Max Blanchet, senior consultant chez Roland Berger, expliquait en sept phrases l'impact de la digitalisation et les changements de paradigmes des stratégies industrielles :

– de la production de masse à la customisation de masse ;
– de l'effet d'échelle par le volume aux unités locales et flexibles ;
– du Make to stock au Make to order dynamique ;
– du produit à l'usage ;
– du prix de revient au ROCE ;
– du taylorisme aux organisations flexibles ;
– de la pénibilité à la qualité de vie au travail.

En termes de solutions, ces demandes des Clients se traduisent pour lui par cinq grandes solutions :

Jumeaux virtuels. Ils autorisent une réduction du temps de lancement des nouveaux produits et des temps d'immobilisation lors des modifications process. Un moyen d'anticiper les problèmes de charge/capacités.

Machines Intelligentes. Elles permettent un ajustement adaptatif des paramètres de production en temps réel pour améliorer la qualité et réduire les tolérances, la matière.

Assemblages assistés et digitalisés. De quoi apporter de la polyvalence à la ligne et réduire les risques d'erreur ; de réduire les tâches fastidieuses avec une diversité et une ergonomie des postes ; de réduire les erreurs (contrôles visuels, tests automatisés).

Traçabilité et qualité. L'objectif étant d'obtenir une traçabilité fine des produits et constituants, avec de moindre retours clients. Mais aussi, une compréhension des causes de non-qualité.

Flux digitaux et dynamiques. Pour obtenir un ordonnancement et un ajustement dynamique charge/capacité ; un contrôle et une visualisation des flux ; une facilité de lissages/taille des lots.

Trois dimensions

Une digitalisation qui impacte fortement les stratégies industrielles, et dont nous nous faisons l'écho depuis plusieurs années dans nos colonnes. Parmi les bouleversements, il en est un qui change fondamentalement les modèles établis depuis des années, celui des trois dimensions à prendre en considération.

Habituelle chez les industriels, la dimension horizontale permet, depuis déjà de longues années, aux diverses machines de communiquer. En quelques dizaines d'années les bus de terrain ont été remplacés par Ethernet et ses variantes déterministes. L'apport des évolutions, souvent venues d'ailleurs, comme la bureautique ou la domotique, ont ouvert la porte aux IIoT. L'Internet Industriel des objets, avec cette fois comme Objets, les capteurs, actionneurs et composants des machines. De quoi aller jusqu'aux machines cyber-physique.

191955-PAO Folio : q6 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigkita

Révolution Data

Classique également pour les industriels, la dimension verticale qui autorise les machines de terrain à échanger avec les couches hautes de l'entreprise et, réciproquement, aux ordres en provenance des clients d'aller, presque automatiquement, lancer les productions sur le terrain et impacter la logistique/transport du produit fabriqué. Cette dimension a, ces dernières années, « chamboulé » les organisations internes des entreprises, les blouses grises, blanches et bleues devant rester au vestiaire, ou tout au moins devenir interchangeables.

Troisième dimension, la temporalité. Une notion qui prend une importance prépondérante. Ce lien temporel a démarré avec la notion de gestion du produit tout au long de sa durée de vie, cette durée intégrant bien entendu les aspects de recyclage ou d'efficacité énergétique… Internet a rajouté la partie « Expériences clients », ce dernier fait remonter des informations tout au long de la vie du produit, en permettant à tous les clients de noter, par exemple, le produit via les réseaux sociaux… de quoi impacter conception et production.

Trois dimensions s'interpénétrant et qui, il n'y a même pas dix ans, n'étaient prises en compte par personne.

La révolution Data

Vous l'aurez compris, l'un des cœurs essentiel de cette révolution, c'est la Data. Qu'elle provienne des capteurs, des machines, du concepteur, du design ou du client, elle reste stratégique et ces datas en provenance de la dimension horizontale, de la dimension verticale et de la direction temporelle commencent à devenir nombreuses, voire très très nombreuses. D'où le terme de BigData.

À ce terme de Bigdata se substitue le plus souvent celui de SmartData. Trop longtemps, des masses de données ont été récoltées sans forcément être hiérarchisées, et même parfois utilisées. Aujourd'hui l'expansion du volume des données impose une organisation sans faille, une garantie de la qualité de la donnée, et une capacité à traverser tous les « tuyaux », aussi bien verticalement qu'horizontalement, sans subir de perte.

Pour expliquer le cheminement de la Data, et son importance, nous nous sommes inspirés de l'Industrial Data Space, une association allemande créée en 2014.

Pour ses débuts l'Industrial Data Space a été subventionnée à hauteur de 5 millions d'euros par les Fraunhofer tandis que ministère fédéral de l'Enseignement et de la Recherche (BMBF) la soutient, depuis 2016, en lui versant 6 millions d'euros par an.

191955-PAO Folio : q7 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Explications du schéma

Pour organiser ce document, nous avons adapté le schéma de l'Association Industrial Data Space.

Élément principal, les Clients. Ce sont ces derniers qui ont, avec l'utilisation massive du Digital dans leur quotidien, imposé cette révolution industrielle. Ils participent à la conception de leurs produits, suivent la fabrication et la livraison, et alimentent les réseaux de leurs expériences utilisateurs. Ils sont devenus la clé de voûte de tout le système. Et derrière le terme de clients, ne voyez pas que l'acheteur final, il en va de même des entreprises clientes entre elles via la sous-traitance par exemple. C'est le client, avec un grand C qui est au cœur.

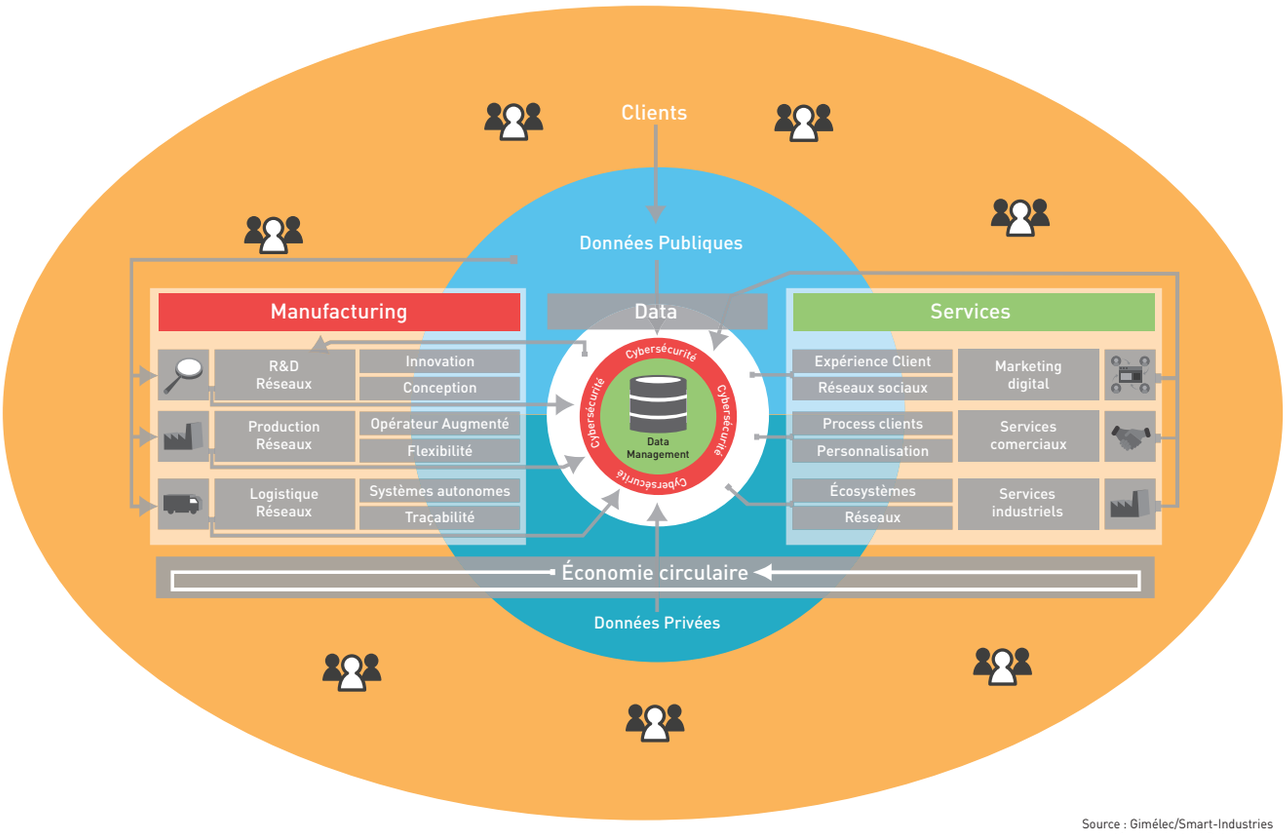
En vert, vous pouvez suivre le cheminement des données, aussi bien les Données Publiques que les Données Privées. En lisant l'article sur l'Industrial Data Space, vous noterez que l'association propose également des « Club Data », des données réservées à des membres déterminés, projet par projet.

L'ensemble des Data sont réparties en Data manufacturing et Data services. Les données issues du monde de la production ont été découpées en trois grandes parties, les données de R & D incluant les aspects innovation, conception, design..., les données de production allant de l'opérateur augmenté (maintenance, cobotique...) à la flexibilité de production, et enfin les données de logistique intégrant aussi bien la logistique interne au site de production qu'externe pouvant aller jusqu'au client final.

Côté Service, trois parties également distinctes, les données de marketing digital incluant les expériences clients et autres réseaux sociaux, les données des services commerciaux avec notamment la personnalisation, et enfin les services industriels.

En transverse, la notion d'économie circulaire est prise en compte. Il en va de même des aspects cybersécurité.

Un schéma qui permet de lier l'ensemble du processus, de la conception à la livraison. Nous nous attacherons à montrer les différents cheminements des données. Des données en provenance du terrain via les capteurs installés dans les usines, aux données émanant de l'acheteur via les réseaux sociaux. Des données différentes, qui utilisent des canaux de communication différents et, pourtant, toutes ces Data se doivent de communiquer, doivent se comprendre faute de quoi l'industriel coupera le lien qui le relie à son Client. ▲



Source : Gimélec/Smart-Industries adaptée de Industrial Data Space

191955-PAO Folio : q8 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

La France se mobilise autour de l'Industrie du Futur

Interview de ***Vincent Jauneau, Président du Comité Industrie du Gimelec***

Smart-Industries : Depuis le lancement du premier document de 2013, qui suivait l'annonce par nos voisins germaniques de l'industrie 4.0, que de chemin parcouru. Quels événements majeurs retenez-vous pour la France ?

Vincent Jauneau : Il y a un événement majeur qui dépasse tous les autres, c'est la création de l'Alliance Industrie du Futur – AIF. La France s'est dotée d'une entité représentative regroupant l'intégralité des intervenants de l'industrie mécanique aux automatistes, des softwares aux branches verticales, comme le Gifas.

Nous nous sommes dotées d'une entité apte à mettre en œuvre ce que nous nommons l'Industrie du futur, un outil pour industrialiser la France et démarrer sa réindustrialisation.

Le moment est unique. La France doit entreprendre un saut similaire à celui qu'ont effectué les Chinois en allant directement au sans-fil, sans passer par la case téléphonique filaire. L'AIF nous permet d'être en position, dans cette course de vitesse, pour réintégrer les nations leaders.

De cet événement majeur découlent tous les autres, avec une finalité commune, entamer sa réindustrialisation.

L'AIF a su trouver sa place par rapport aux régions, aux CCI, à Business France, à la BPI… à toutes les entités déjà existantes. Le président de l'AIF, Philippe Darmayan, a réussi à fédérer l'ensemble des interlocuteurs pour trouver le bon positionnement.

Je suis d'autant plus satisfait de l'AIF, car c'est en partie le résultat du travail que le Gimelec avait réalisé avec le Symop et le Cabinet Roland Berger. Nous ne voulions pas d'un Think Tank, mais un « Do Thank ».

Maintenant, nous entrons dans la phase de mise en œuvre, et devons y aller de manière accélérée.

Cette phase de mise en œuvre va se décliner comment ?

Cinq points d'actions vont être poussés : l'ingénierie financière, l'attractivité des métiers, la formation initiale, la formation continue et l'export.

Pour sa part, le Gimelec met en place, pour le compte de l'AIF, une structure pour le programme « ingénierie financière ».

Vous pouvez être plus concret ?

Aujourd'hui, un dirigeant de PME qui dispose d'un site de production, avec une centaine de salariés, et qui souhaite passer au 4.0 trouve déjà aujourd'hui toutes les solutions technologiques. Toutefois, il aimerait également le soutien des Régions, de l'État, de la BPI… Or, ces soutiens, rares auprès des PME, sont indispensables pour les aider à se développer.

Concrètement, nous allons créer des labels tels que « Digital Twin », « Data Analytics », « MoM », ou encore « PLM/BE ». Lorsqu'une PME décidera d'investir avec une offre labélisée AIF, le dossier sera remonté à la structure d'ingénierie financière. Cette dernière préparera et défendra le dossier à destination de l'État, de la BPI, des Régions mais aussi pour tout organisme. Il existait un manque flagrant que nous sommes en train de combler.

191955-PAO Folio : q9 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigkita

Techniquement, nous avons fait un appel d'offres et avons sélectionné la société InnoEco comme sous-traitant. De même, nous avons associé le Symop et le Syntec Numérique dans ce projet.

C'était le rôle d'un syndicat comme le Gimelec ?

Effectivement, nous transformons le Gimelec dans ses missions d'origine. J'ai toujours pensé que le travail d'un syndicat était de contribuer à la réindustrialisation de notre pays, à être apporteur d'idées et à en assumer la mise en œuvre. Notre initiative est très appréciée par les Régions. Ces dernières ont toujours souhaité traiter au mieux les PME, mais il était difficile de qualifier un projet technique. Maintenant, cette difficulté disparaît. De même, elles apprécient que dorénavant les dossiers arrivent structurés, conformément à leurs modèles.

Vous vous concentrez sur les OEM (environ 4.000) et la modernisation des PME (environ 25.000 entreprises) avec des outils technologiques de Data Intelligence, de PLM... Mais vous n'intégrez pas la notion de Business Model qui doit évoluer ?

Cette première étape va prendre un ou deux ans. Un des objectifs est d'avoir, pour les OEM, une offre française 4.0 prête pour l'export.

Bien entendu, il existe des entreprises qui ont déjà modernisé leurs outils, et qu'il faut aider à aller plus loin, notamment vers l'export. C'est ici que se situe la seconde partie de notre offre.

Il s'agit d'un travail sur cinq ans, avec étude de marché, étude de la concurrence, peut-être reingéniering complet d'une partie de la gamme de machines.

Au sein de l'AIF, nous parlons d'Industrie du Futur, mais si je reprends la notion de 4.0, l'idée sera d'aider les entreprises à construire des solutions 4.0 dès le départ, et non plus d'envisager un transfert d'une solution 3.0 vers une solution 4.0.

Le challenge de la France, ce sont ses PME. Vous les sentez se raccrocher ou à l'inverse se sentir un peu perdues ? À l'heure de l'IA, des blockchain... comment ne pas être dépassé ?

Il existe deux écoles, ceux qui pensent que la différence va s'intensifier, mais il existe aussi la possibilité de voir le fossé se réduire.

Le succès allemand, ce sont ses constructeurs de machines. Aussi, il est important d'avoir une offre française d'OEM de même niveau. Si vous interrogez les grandes entreprises françaises, elles sont prêtes à investir dans des machines françaises, pour autant qu'elles soient 4.0 et compétitives. Elles peuvent les « amener » à l'export. Il y a une vraie synergie à créer entre les grands groupes et PME, une PME qui ne va pas à l'export ne se développera pas.

Dans cette réflexion, vous partez du principe que tous les freins sont levés, que le cheminement de la Data est fluide, que la continuité numérique est totale, est-ce véritablement le cas ?

Vous avez deux flux de données. Le premier flux concerne l'usine de production : cette dernière doit aller vers la donnée intelligente et avoir une visibilité totale de ses données de production. L'industriel connectera ses machines récentes, retrofitera ses machines plus anciennes, installera des capteurs Wifi sur les plus vieilles machines et au final, il aura une visibilité sur la totalité de son outil de production. Il pourra ainsi améliorer sa maintenance prédictive avec un flux de données de production depuis le capteur vers le cloud.

Ensuite, vous avez un flux de données qui va de la conception à la réalisation et à la maintenance des produits. Un flux qui doit être cohérent et mener à la programmation/génération de codes automatiques.

Ces deux flux sont différents, mais interdépendants avec des données communes.

Pour répondre à votre question, ce cheminement fonctionne aujourd'hui. Certes, peu d'entreprises partent d'une feuille blanche, aussi l'un des rôles de l'AIF est de faire converger l'offre de machines françaises et la montée en digital des sites de production afin que les deux se retrouvent. Une fois ce pas franchi, la génération automatique de codes automate, par exemple, sera réglée.

À ce stade, il est important de noter que certaines étapes indispensables peuvent être franchies à des coûts réduits, par exemple en mettant en place un double numérique pour travailler sur des modèles virtuels peut se faire pour moins de 30 K€.

Mais ce lien entre le virtuel et le réel doit-il être bilatéral ? La limite n'est-elle pas le manque d'informations du réel pour implémenter le virtuel ?

Prenez le cas du process continu, il existe des solutions comme l'envoi de drones qui digitalisent le site. Ensuite, il reste à intégrer la réalité connue comme HMI, supervision et machines de production. Ce réel – devenu virtuel – autorise ensuite l'emploi de lunettes 3D ou de tablettes. Mais effectivement pour les sites existants, les industriels devront virtualiser le réel.

C'est la Data qui élargit ce champ d'action ? L'usine digitale doit aller du client (co-conception) au client (logistique) ?

Prenez une entreprise comme Gebo Cermex du groupe Sidel qui propose des machines de mise en carton, de palettisation, en plus de la fabrication des bouteilles. Chaque machine est différente, adaptée au client final.

Aujourd'hui, le client visualise un modèle virtuel de sa future machine et peut signer le bon de commande sur la machine virtuelle. Auparavant, la machine était montée dans l'atelier du concepteur pour y être testée (70 % des tests correspondant à du debug d'automatismes et de dévelop-

191955-PAO Folio : q10 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

pement), puis démontée et remontée chez le client. Entre la commande et la livraison, le délai était en moyenne de 6 à 8 semaines. Aujourd'hui, la machine virtuelle est la machine réelle : elle est testée, le code automate généré automatiquement et la machine est installée chez le client en deux semaines. Ce n'est plus de la théorie, c'est la pratique.

Et si le client veut faire des modifications comprenant un changement de programmation, le tout est testé en virtuel et téléchargé sur le réel.

Autre avantage, maintenant que le client dispose d'une machine intelligente, il peut donner accès à certaines de ses informations à son fournisseur, afin que ce dernier puisse être à même d'anticiper les maintenances et d'amener des conseils d'amélioration de production.

Dans ce monde de la Data, celui qui possède les données est le maître du monde. Comment les protéger ? Les sécuriser ?

C'est un sujet de plus en plus important. Il est vrai qu'en regardant cinq ans en arrière combien d'entreprises étaient connectées à l'extérieur ? Très peu. Le risque de piratage se limitait essentiellement à de l'intrusion physique.

Aujourd'hui, il existe un réseau IT et un OT. Les malwares rentrent le plus souvent par la partie IT, il est donc impératif de maîtriser le lien entre IT et OT, de prévoir les niveaux de sécurité nécessaire. Mais, combien de PC tournent encore sous Windows NT ? Avec souvent des mises à jour logicielles non faites par crainte d'incompatibilité avec certains applicatifs. Durant trop longtemps, les entreprises ont laissé s'installer des applicatifs qui n'ont pas évolué. L'une des solutions, c'est d'utiliser le Cloud avec des logiciels « Software as a Service », des logiciels automatiquement à jour. Les derniers malware n'ont pas touché les logiciels SaaS.

Tout mettre dans le Cloud, ne risque pas de créer des dépendances, voire de la non-pérennité avec des formats obsolètes ?

Les providers importants offrent, je pense, des services professionnels. Je n'ai pas de crainte sur cela.

Mais, les industriels devront apprendre à gérer leur volume de données, dans le Cloud. Aujourd'hui, beaucoup trop de données sont stockées et dans certains cas seulement 5 à 10 % sont utilisées. Il faut stocker de façon plus pertinente.

Vincent Jauneau

- Vincent Jauneau, Président du Comité Industrie du Gimelec (membre fondateur de l'Alliance pour l'Industrie du Futur) est aussi Vice-Président de Siemens France, en charge des divisions Digital Factory, Process and Drive.
- Vincent Jauneau, marié, 58 ans, est diplômé de l'école Estienne. Après trois années passées aux États-Unis en tant que chef de Projet dans les systèmes informatiques, il débute sa carrière chez Siemens France en 1986 où il est nommé responsable du département Systèmes Éditoriaux de la division Industrie Graphique de Siemens SAS.
- En 1993, il part en Allemagne au siège de la division Automation and Drive, pour assurer la coordination du lancement en Europe, aux États-Unis, en Afrique et en Asie, des Standard Drives.
- De retour en France en 1994, il prend en charge l'activité Drive puis, en 1998, il est nommé directeur Industrie de la région Nord. En 2001, Vincent Jauneau prend la fonction de directeur Marketing Automation pour la France.
- Puis à partir de 2006, il assure les fonctions de directeur du secteur industrie de Siemens SAS en France.

191955-PAO Folio : q11 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Le concept de massification, une seule usine, un seul produit et baisse du prix de revient est terminé ? Ou à l'inverse les cas de personnalisation Adidas et autres, ne sont que des écrans de fumée, du bon marketing ?

Effectivement, c'est du bon marketing. Si certains offreurs peuvent aller jusqu'à la personnalisation du produit, c'est qu'ils ont une usine flexible et performante. Si Adidas propose de la personnalisation, c'est qu'il a, avant tout, un outil de production flexible.

De là à dire que vous aurez demain, uniquement des usines mobiles en centre-ville, c'est plus du marketing qu'une réalité. Mais, à un moment donné, certains commerçants pourraient avoir, dans leurs boutiques, un outil de production. Ce n'est pas aberrant, c'est le cas de l'optique : tout est imaginable.

L'impression 3D, la personnalisation des produits ou encore la modernisation des machines permettent d'amener de la micro-production sur des points de vente, avec des services associés.

Le Taylorisme est fini, la production de masse aussi.

Avec la Data Intelligence, on ne prend pas le risque d'une machine qui décide ? Avec le risque de mal écouter les attentes clients et de rater des ruptures ?

Il faudra toujours des gens capables de traduire l'attente des clients. Quel que soit le mode de fonctionnement, il existera des innovateurs, des personnes qui anticiperont les besoins.

Avec la donnée, vous donnez à ces innovateurs – qui amènent de vraies ruptures – des moyens d'aller encore plus loin, plus finement dans leur réflexion.

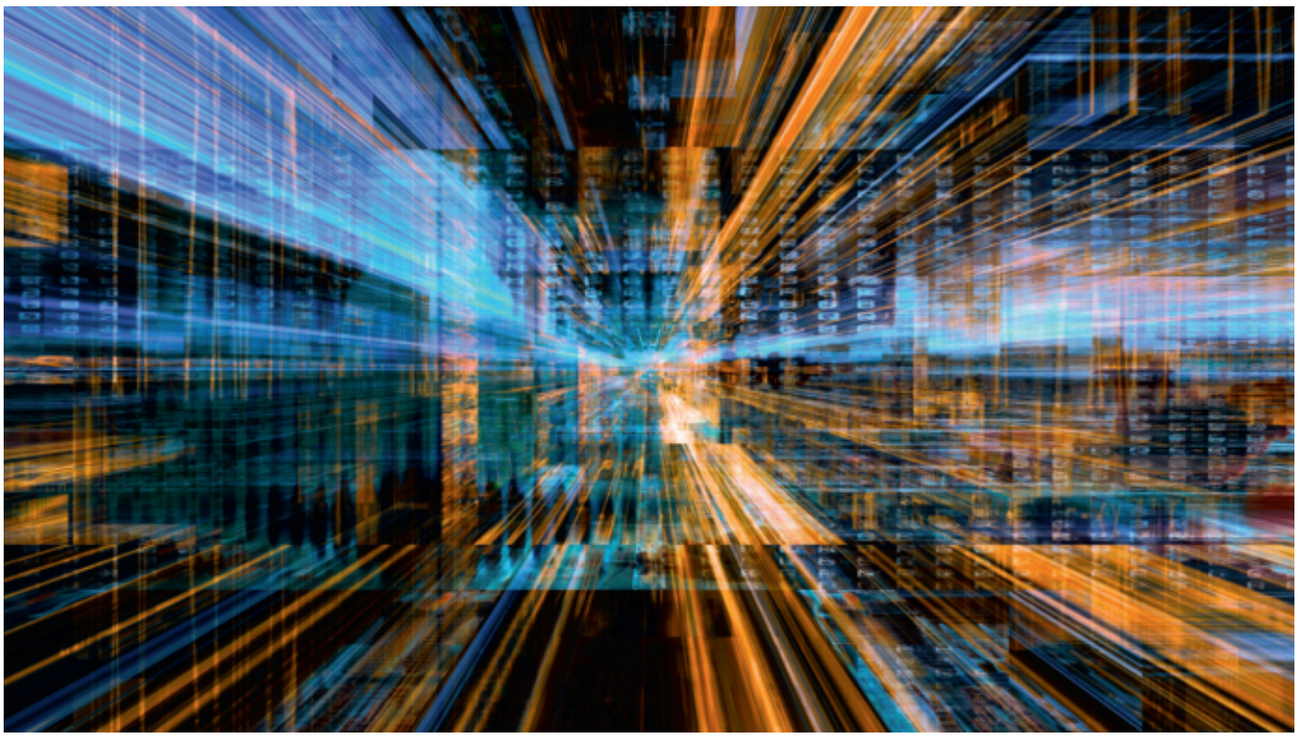
La question reste toujours la même : comment écouter mon client et traduire en produits et/ou services ? L'innovation sera favorisée grâce à la Data Intelligence.

Quelle place pour l'Homme ? Des jobs d'opérateurs transformés en robots de machines, la Data Intelligence prenant les décisions à sa place ?

Est-ce que le progrès est bon ? Je répondrai oui, je ne retournerai pas au téléphone à cadran. L'Industrie du futur apporte de la compétitivité et du développement à l'export. C'est une course. Le pays qui la perd, verra son taux d'industrialisation baisser et parallèlement ses emplois diminuer.

Les opérateurs de demain auront tous les éléments pour tirer le meilleur parti de la machine. Mais, il faut avant tout revenir aux fondamentaux évoqués au début de notre entretien. Nous devons attirer les meilleurs ingénieurs dans l'industrie et nous devons impérativement revoir notre modèle de formation continue pour éviter que les opérateurs ne soient marginalisés. ▲

Propos recueillis par Guy Fages



191955-PAO Folio : q12 - Type : qINT 17-09-11 08:27:53
L : 210 H : 297 - Couleur : Quadra

L'Industrial Data Space

Après l'Industrie 4.0 lancée en 2011, nos voisins germaniques ont décidé, en 2014, d'ouvrir un deuxième chantier, celui de la Data.

Trois ans après le lancement de l'Industrie 4.0, l'Allemagne a pris conscience de l'importance des données industrielles et de l'exigence d'organiser toutes les initiatives. C'est ainsi qu'ils ont créé l'Industrial Data Space en regroupant représentants des entreprises, du monde politique et de la recherche. Leur objectif étant clairement de prendre l'initiative en termes de développement.

L'Industrial Data Space est organisé en deux branches : un projet de recherche et une association d'utilisateurs à but non lucratif. Le projet de recherche est financé par le Ministère allemand de l'éducation et de la recherche (BMBF) et vise au développement et à la mise en œuvre d'un pilote de modèle d'architecture de référence. Le travail de recherche est étroitement lié aux activités de l'association d'utilisateurs nommée « Industrial Data Space eV ». L'objectif principal de cette association est d'identifier, d'analyser et d'évaluer les exigences des entreprises utilisatrices.

> *L'importance des données a connu une croissance constante, du traitement électronique des données à l'automatisation des processus de production.*

Digitalisation et rôle des données

Le processus de digitalisation est devenu central dans la société, les entreprises et la technologie. Les services intelligents fournis, via des applications mobiles, ne représentent pas seulement l'innovation technologique, ils ont changé notre façon de travailler et de vivre. Dans le milieu industriel, les impacts sont similaires.

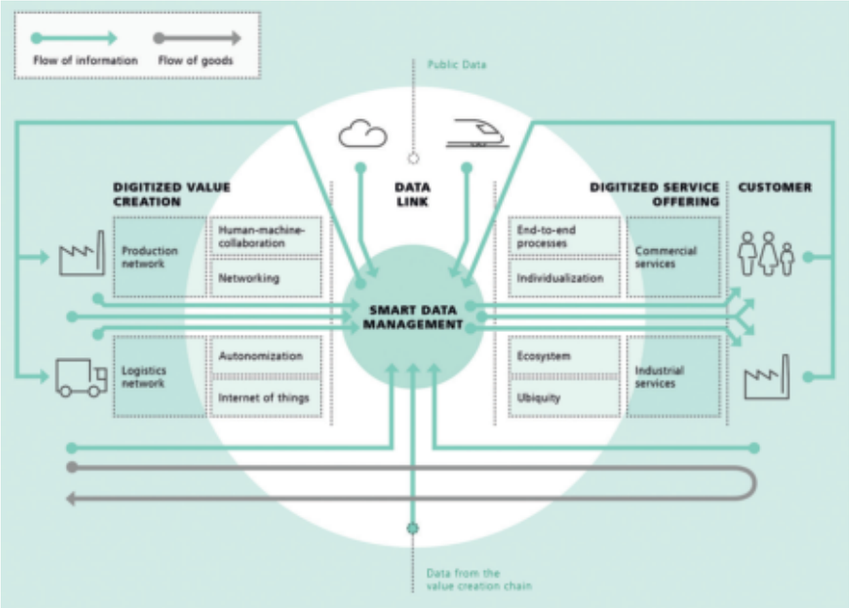
Pour les entreprises, la mondialisation n'est pas un phénomène nouveau. Elles opèrent depuis longtemps sur les marchés mondiaux, mais durant les années 1980/90, la mondialisation se référait essentiellement à des produits normalisés, échangés sur la base de relations clients/fournisseurs clairement définies. Aujourd'hui, la mondialisation se caractérise par l'existence de réseaux complexes de production et de service, mais aussi par une transparence de l'information.

À cette mondialisation se rajoute la mobilité : les fournisseurs souhaitent fournir des services (intelligents) à tout moment, et partout. Les restrictions ou limitations de quelque nature que ce soit ne sont guère acceptées.

La digitalisation généralisée a également eu un autre effet, celui de l'économie de partage, comme le partage des ressources. Une tendance qui a bouleversé des paradigmes de valeurs anciennes, comme la valorisation de biens matériels (posséder une voiture ou une maison) qui tend à la baisse.

Ensemble, ces développements changent fondamentalement l'industrie. Comme nous l'avions déjà évoqué dans d'autres articles, dans quelle mesure les constructeurs automobiles conserveront-ils leur rôle dominant en tant que tête de filière ? Ces entreprises se transformeront-elles en fabricants de « caisses » pour des fournisseurs de services mobiles ?

191955-PAO Folio : q13 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta



Smart data management

Lien « Smart Service World » et « Industrie 4.0 »

L'exemple ci-dessus montre que la numérisation remodèle l'interface entre fournisseurs et clients. Des entreprises comme AirBnB réussissent en raison de leur capacité à supporter l'ensemble du processus client, sans interruption de la data. Ce sont des entreprises qui ne produisent aucun matériel, n'ont aucune ressource… mais qui excellent simplement en coordonnant les processus de « fournisseurs ».

Parmi ces offres de services, que l'association Industriel Data Space nomme « Smart Service World », on retrouve l'individualisation des produits et services pour les besoins des clients ; la notion de service de bout en bout, et non plus uniquement sur une partie, du produit ; le terme d'offre hybride permettant de répondre à la discrimination impossible entre ce qui est produits de ce qui est services.

Pour parvenir à répondre à cette demande des clients, les entreprises n'ont d'autre choix que de collaborer entre elles. Et cela tout en étant capable de gérer les données comme tout autre actif de l'entreprise.

Les fonctionnalités de ces nouveaux services posent des défis en ce qui concerne les processus requis pour rendre lesdits services. L'individualisation croissante des services entraîne une complexité des processus de production et aussi de logistique. Par exemple, les constructeurs automobiles doivent gérer 1 030 variantes de produits théoriques (le nombre de variantes de composants simples tels les phares ou les miroirs extérieurs est supérieur à 40).

C'est justement dans ce contexte que l'Industrie 4.0 apporte un « + ». La complexité est telle qu'il devient vite impossible de répondre par des moyens de production/logistique traditionnels.

Par conséquent, ce sont les données qui représentent le lien entre la fabrication industrielle 4.0 et services intelligents. Dans le schéma de l'association, l'onglet central de « Smart Data Management » devient prépondérant.

Les données en tant qu'actifs économiques

L'importance des données a connu une croissance constante, du traitement électronique des données à l'automatisation des processus de production. Au fil du temps, les données ont joué différents rôles dans les processus métier et la performance globale d'une entreprise.

Dans les premiers temps de traitement des données (1960/70), les systèmes d'information et les données ont été essentiellement utilisés pour soutenir les fonctions commerciales. Par exemple, les systèmes de gestion des stocks ont simplement servi à soutenir les processus d'entreposage, ont permis de vérifier si les articles étaient en stock…. À cette époque, la valeur de l'entreprise n'était créée que par le produit physique, et non par les données.

Puis, avec la prolifération des Manufacturing Resource Planning (MRP) et des Enterprise Resource Planning (ERP) dans les années 1980/90, les données ont été transformées en un catalyseur de la gestion des processus métier dans l'entreprise. Sans l'existence de données cohérentes, mises à disposition en temps quasi réel, la mise en œuvre de processus normalisés n'aurait pas été possible. C'est durant cette phase que les données sont devenues une ressource stratégique pour l'excellence opérationnelle dans la production, la logistique et le service à la clientèle.

Au cours des dernières années, le marché des données a vu le jour, les demandes liées aux données sont facturées en volume ou au temps d'utilisation. Les données ne sont plus seulement des catalyseurs de produits, mais sont devenues des produits à part entière.

Au fil du temps les données ont vu aussi leur valeur évoluer, on distingue trois modèles de base : le coût de production/achat déterminé par le coût de production ou d'achat ; la valeur d'usage déterminée par sa contribution à un processus d'affaires et à la performance globale ; la valeur de marché déterminée par le prix vendu.

Pour clarifier le marché, l'association Industrial Data Space distingue trois types de données, et son objectif est clairement de cataloguer ainsi le marché :

– Les **Données privées** (Private Data) qui sont la propriété d'une entreprise. Cette entreprise pouvant proposer ses données à d'autres entreprises.

– Les **Données du club** (Club Data) qui sont disponibles et peuvent être utilisées par un groupe d'entreprises, ces dernières décidant conjointement de la gestion des données.

– Les **Données publiques** (Public Data) sont disponibles pour toute entreprise.

191955-PAO Folio : q14 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Des données Industrielles

Dans Industrial Data Space, il y a le terme d'Industrial, et l'association y tient, elle vise un « réseau de données fiables ».

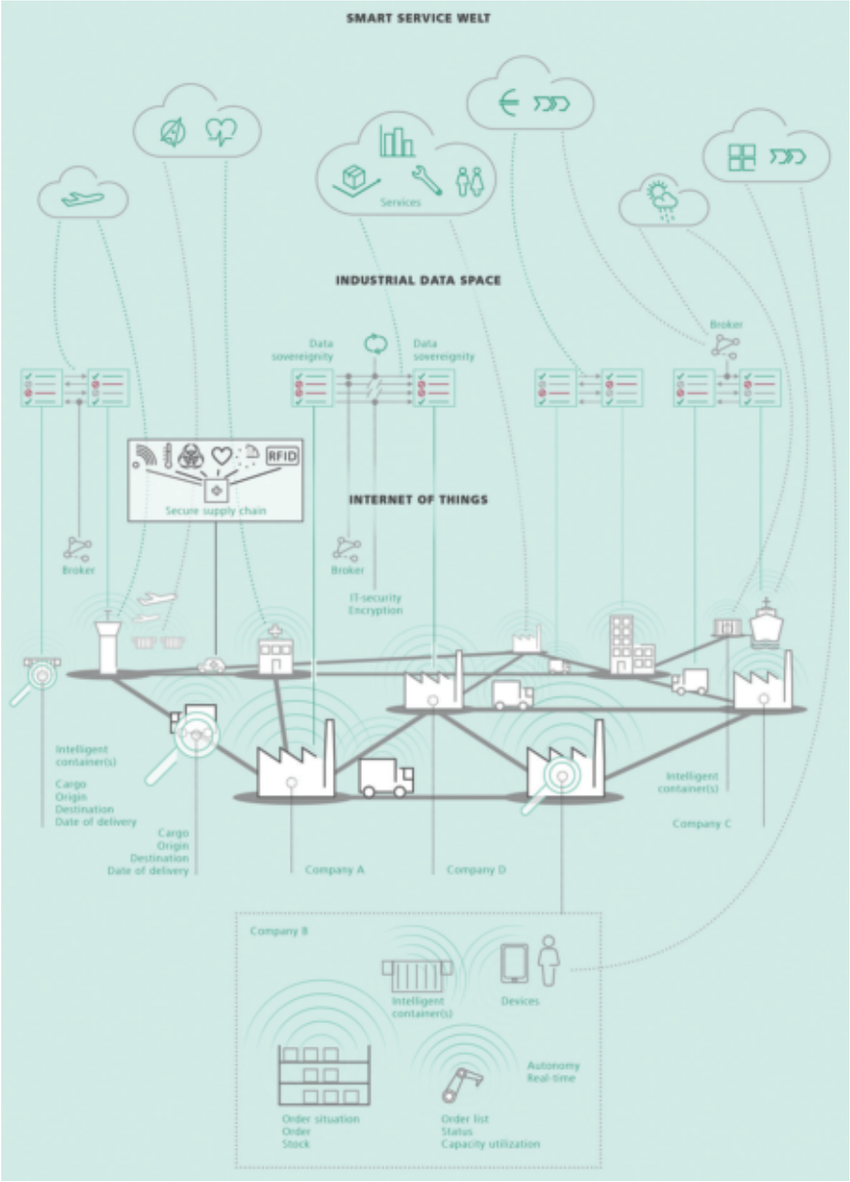
Parmi les critères indispensables à cette fiabilité, elle note la Souveraineté des données (propriété des données qui détermine les conditions d'utilisation).

Des Échanges sécurisés (avec différents niveaux de protection pour garantir un échange sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement de données – et pas seulement en échange de données bilatérales –).

Elle promeut une architecture distribuée, ce qui implique qu'il n'existe pas d'autorité centrale chargée de la gestion des données. L'espace de données représente une architecture alternative qui est différente des concepts centralisés de gestion de données et des réseaux de données décentralisés ; le choix de l'architecture finale dépendra de l'efficacité de chaque architecture en termes économiques, en fonction des scénarios d'application.

Un choix qui implique une Gouvernance des données, ce que l'association nomme – les règles du jeu –, des règles dérivées des exigences des utilisateurs et déterminant les droits et les devoirs requis pour la gestion des données.

Dans sa réflexion l'association intègre le fait que les fournisseurs de données vont devoir évoluer avec l'arrivée de l'Internet des Objets appliqués aux machines et autres composants industriels.



Industrial Data Space overview

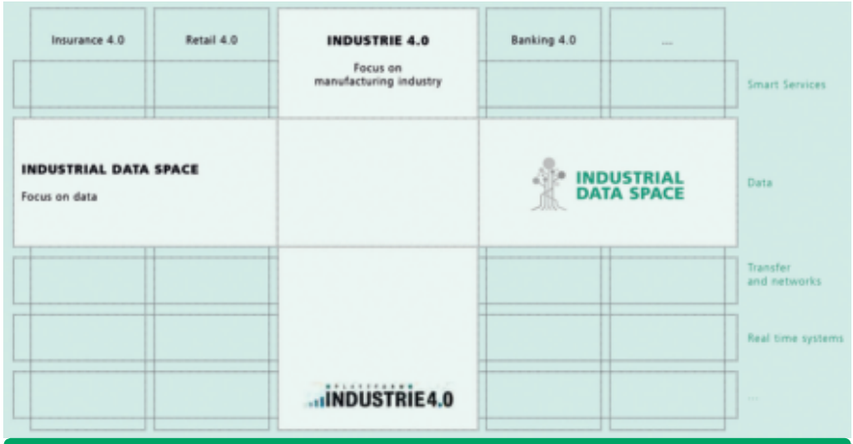
D'où, une recherche de certification, notamment des participants aux espaces de données, d'ailleurs chaque « point d'extrémités » qui permettra de se connecter à Industrial Data Space se fera via un logiciel certifié qui intégrera des fonctionnalités d'authentification et d'autorisation.

> *L'objectif principal d'Industrial Data Space est de faciliter l'échange de données entre les fournisseurs de données et les utilisateurs de données.*

L'objectif principal d'Industrial Data Space est de faciliter l'échange de données entre les fournisseurs de données et les utilisateurs de données. Pour que cet échange de données soit sécurisé et que la liaison des données soit basée sur un concept simple, il est indispensable de définir plusieurs rôles.

L'association en définit cinq : le Fournisseur de données qui possède des sources de données ; l'Utilisateur des données qui reçoit des données d'autres participants ; le Courtier qui agit comme un médiateur entre les fournisseurs de données et les utilisateurs de données, il sert de registre de source de données ; l'Opérateur d'AppStore qui fournit des fonctions par lesquelles les développeurs de logiciels peuvent décrire les services et mettre ces services à la disposition des autres participants ; l'Autorité de certification qui s'assure que les composants logiciels répondent aux

191955-PAO Folio : q15 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta



Collaboration between Industrial Data Space and Plattform Industrie 4.0

exigences et que les règles et normes sont respectées.

La collaboration

Bien entendu, le développement et la promotion de Industrial Data Space se fait en étroite collaboration avec la plateforme Industrie 4.0. Alors que cette dernière se focalise sur tous les aspects de la numérisation et a mis l'accent sur l'industrie manufacturière, l'initiative Industrial Data Space se concentre sur les données (architecture) et poursuit une approche transversale de l'industrie.

La collaboration entre les deux entités reste évidente notamment en ce qui concerne les travaux de normalisation.

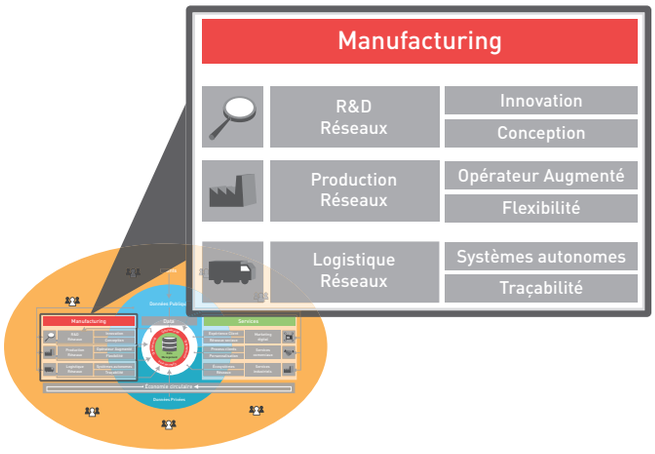
Vous l'aurez compris, nos voisins allemands ont décidé de passer la « surmultipliée », le projet est financé par le ministère fédéral allemand de l'éducation et de la recherche (BMBF) accompagné par douze instituts Fraunhofer.

Des travaux de recherche et de développement qui ont pour volonté de s'intégrer et d'intégrer, les travaux européens, voire internationaux, déjà en cours.

L'histoire du 4.0 et de la Data industrielle est en marche. Nos voisins allemands font figure de locomotive, nous allons monter en tête du train avec eux, plutôt que d'attendre et devenir simple wagon. ▲

191955-PAO Folio : q16 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 H : 297 - Couleur : Cyan Magenta

191955-PAO Folio : q17 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Sigma



Manufacturing

Savez-vous comment arrêter une voiture autonome ? Rien de plus simple. Sa programmation lui imposant de respecter le code de la Route, ce qui semble une évidence, peut se retourner contre elle assez simplement.

Tracez, à la craie blanche, un cercle tout autour de la voiture, et elle tournera en rond, sans pouvoir en sortir, pour cause de ligne blanche continue. L'utilisation du cloud, d'une gestion des données sophistiqués… ne peut rien face à une « ruse » humaine.

Ce chapitre « Manufacturing », vous montrera que les entreprises vont devoir gérer de la donnée à tous les stades de leurs processus de production, de l'innovation à la conception, du design à la simulation, de la réalité augmentée ou virtuelle à la cobotique, de l'impression 3D à la maintenance… et cela tout en gardant la « main » sur les savoir-faire. L'homme doit rester au cœur du processus et non devenir le robot de la Data.

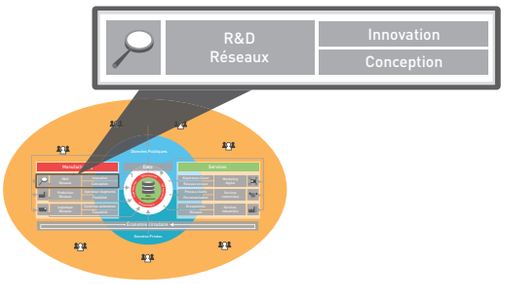
191955-PAO Folio : q18 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Quadra

Innovation, conception… du futur seront connectées

Du concept initial d'un produit, à sa conception et sa fabrication, la donnée prend une place prépondérante dans les projets R & D. Les outils PLM sont ainsi alimentés par des données de plus en plus nombreuses et en provenance de sources toujours plus larges. Et avec le développement de l'IoT, ce sont les données utilisateurs qui se placent au cœur de la R & D.

Avant la production ou la logistique, la R & D demeure la première activité à s'être digitalisée dans l'industrie. Durant les vingt dernières années, les outils de CAO (conception assistée par ordinateur) et de de FAO (fabrication assistée par ordinateur) se sont largement imposés dans les entreprises. Le support papier a cédé progressivement sa place au support numérique, ouvrant ainsi de nombreuses perspectives en matière d'exploitation de la data en R & D. La principale est sans conteste la « continuité numérique ». Son principe est d'exploiter, et de compléter, les informations numériques décrivant un produit tout au long de son cycle de vie, de sa conception à sa livraison, en passant par sa fabrication.

Pour mettre en place cette continuité numérique, tout commence en R & D. *« La première étape pour aller vers l'industrie du futur est de numériser la conception du produit. Il faut le produire dès le début sur ordinateur. Cela signifie, de dématérialiser le maximum d'opérations qui pourraient encore être réalisées sur papier afin de disposer de données numériques dès le démarrage d'un projet »*, rappelle Diego

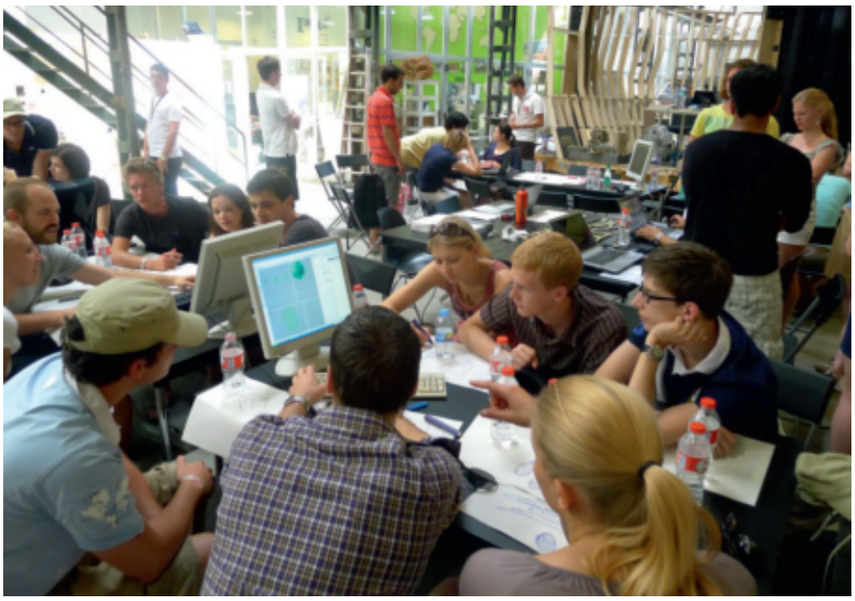


Tamburini, Design & Manufacturing Sr. Industry Strategist chez Autodesk. *« Ainsi, vous disposez d'un modèle 3D numérique, qui pourra plus facilement être intégré aux outils informatiques de production. D'un point de vue management, il faut que les équipes de design et celles de la production travaillent de manière plus étroite en partageant leurs données. Là encore, le digital peut aider à plus facilement travailler ensemble, grâce aux outils numériques de travail collaboratif, et même travailler à distance avec des équipes dans différents sites ou pays ».*

Un des principaux outils pour assurer cette continuité numérique reste le logiciel PLM (product lifecycle management). Cette plateforme permet de gérer les informations d'un produit,

191955-PAO Folio : q19 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

de son concept de départ jusqu'au à sa mise au rebus. Elle intègre de nombreuses fonctions servant à la R & D dont des technologies de CAO, de FAO, d'IAO (ingénierie assistée par ordinateur) et des modules de simulation 3D, le tout avec une forte dimension collaborative (lire ci-après). Apparus dans les années 80, les outils PLM ont considérablement évolué, notamment vers plus d'ergonomie et de simplicité. Initialement réservé aux grands groupes automobile et aéronautique, le PLM se démocratise dans les autres filières industrielles et auprès des PME.



Exploiter les données d'usage

L'une de plus importantes évolutions de ces outils concerne l'exploitation de nouvelles données pour la R & D. Traditionnellement, le PLM utilise des données de CAO et de FAO, complétées par des données de production, de maintenance ou de contrôle qualité. Le croisement de ces informations va permettre aux designers et ingénieurs d'améliorer les nouvelles générations de produit en tenant compte des historiques de fabrication des modèles précédents. *« Ce principe de "close the loop", permet dès la conception du produit de prendre en compte les contraintes de fabrication mais aussi de maintenance »*, souligne Pascal Naparty, directeur technique PTC France.

Au-delà des données issues de l'outil de production, une tendance de plus en plus forte consiste à alimenter le PLM avec des données d'usage, collectées sur le terrain après la livraison du produit.

« Nous avons par exemple ajouté des capteurs sur des éoliennes afin de mieux comprendre leur fonctionnement sur la durée. Ces données sont analysées par des outils de Data Analytics afin de faire évoluer la conception des nouveaux modèles », indique Franck Mercier, directeur exécution Plan Industrie du Futur chez Siemens.

Autre exemple cité par Siemens : un fabricant de cabines de lavage automobile, comme celles que l'on trouve dans les stations-service, a collecté pendant un an des données d'usages de ces équipements existants. Cela lui a permis d'identifier les fonctions les plus utilisées et d'adapter sa R & D en conséquence. *« Plutôt que de construire des cabines universelles, cette entreprise a réorienté sa conception produit pour se concentrer sur les fonctions les plus utilisées. Cela réduit les coûts et le temps de fabrication de l'équipement »*, poursuit Franck Mercier.

Cette exploitation des données utilisateur va bien entendu s'intensifier avec le développement de l'Internet des objets (IoT), dont l'un des objectifs est de garder une connexion avec les produits après leur commercialisation. Dans l'industrie automobile, un des enjeux de la voiture connectée est justement de récolter des données d'usage afin d'améliorer les modèles existant et même d'imaginer les prochains. La « connected car » permet déjà de proposer de nouveaux services (GPS évolué, assistance, Wi-Fi à bord, etc.). Mais des données de diagnostic sont également envoyées aux constructeurs automobiles et à leurs équipementiers. Ses données concernent par exemple la vitesse d'usure d'une pièce du moteur, la sollicitation de certains éléments mécaniques ou électroniques, ou même le comportement du conducteur via les systèmes de caméras embarqués.

Si les principaux constructeurs automobiles développent progressivement ce concept de voiture connectée, le fabricant Tesla en a fait sa base de travail en R & D. *« Pour améliorer la qualité de nos véhicules et de nos services, nous sommes susceptibles de collecter certaines données télématiques concernant la performance, l'utilisation, le fonctionnement et l'état du véhicule »*, indique-t-on chez le fabricant américain de berlines électriques. Parmi les données collectées à distance, via la connexion internet du véhicule : des informations concernant la vitesse, l'utilisation de la batterie, les fonctions des systèmes électriques, de courtes séquences vidéo des accidents et surtout : des informations concer-

> *Une tendance de plus en plus forte consiste à alimenter le PLM avec des données d'usage, collectées sur le terrain après la livraison du produit.*

191955-PAO Folio : q20 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

nant l'utilisation et le fonctionnement d'Autopilot, le système de conduite « semi-autonome » du constructeur américain. *« Cet Autopilot est régulièrement mis à jour, en tenant compte des retours terrain des véhicules Tesla déjà en circulation »*, explique-t-on chez Tesla France.

La donnée utilisateur reste encore difficile à collecter et l'IoT n'en est qu'à ses débuts. Mais dans l'usine du futur, l'exploitation des données d'usage sera centrale. *« Savoir quel usage est fait d'un produit, une fois entre les mains de l'utilisateur, est une information clé pour la R & D. Cette data va même rapidement devenir le nerf de la guerre. Les fonctions les plus utilisées sur un produit, et celles qui le sont moins, serviront à fixer les priorités des travaux de R & D »*, estime Diego Tamburini, d'Autodesk.

Pléthore de formats de R & D

Même si les données exploitées en R & D sont de plus en plus riches et nombreuses, un problème épineux subsiste dans l'industrie : la non-standardisation des formats. Cette problématique touche à peu près tous les outils numériques de R & D. Les logiciels de CAO exploitent souvent des formats propriétaires, incompatibles entre eux. Et même chez un éditeur unique, il subsiste des variations de formats entre les différentes versions d'une même application.

Même chose du côté de la FAO où chaque éditeur a développé son propre format de données. Faire communiquer toutes ces plateformes peut bien entendu s'avérer complexe. L'idée d'un format neutre facilitant notamment les échanges entre la CAO et la FAO avait été lancée il y a quelques années, autour du standard STEP-NC. Mais aujourd'hui, ce type d'approche ne fait plus beaucoup d'adeptes. *« Nous ne ressentons plus d'intérêt pour un format neutre aujourd'hui »*, confiait Antonio Paris, directeur général de VeroSoftware France, lors du salon Industrie 2017 de Lyon. La filière industrielle s'est donc organisée pour gérer ces différents formats, notamment en exploitant des outils de conversion.

Un autre manque de standardisation de la donnée concerne le nommage des pièces. D'un outil de conception à un autre, et même d'un catalogue fournisseur à un autre, la typologie du nommage est différente. Résultat : les designers ont plutôt tendance à concevoir de nouvelles pièces à chaque projet plutôt qu'à chercher à utiliser des modèles existants. *« Redisigner des pièces qui existent déjà coûte pourtant cher et ralentit le processus de conception. Mais pour les ingénieurs, il est souvent plus rapide de concevoir une nouvelle pièce plutôt que de chercher si un équivalent existe déjà. Les catalogues ne sont pas toujours au format numérique, et même si c'est le cas, ils n'intègrent pas nécessairement des fonctions suffisantes de recherche »*, explique Morgan Zimmerman, directeur général d'Exalead, marque de Dassault Systèmes.

Cette problématique serait cependant en passe de trouver une solution technique : l'analyse de formes. *« Grâce à des algorithmes proches de ceux de Google Photo, il est aujourd'hui possible d'identifier automatiquement des pièces d'après leur forme. Cette identification s'effectue notamment en analysant les modèles 3D présents dans les outils PLM. Cela permet à l'entreprise de rapidement construire un catalogue de pièces déjà existantes. Des outils permettent ensuite aux designers de se voir suggérer automatiquement une pièce standard, du moins celle qui remplira le mieux la fonction attendue. Cette suggestion est réalisée de manière dynamique alors même que le designer travaille sur son logiciel de CAO »*, poursuit Morgan Zimmerman. Selon Exalead, le futur de la R & D sera de réutiliser davantage de pièces déjà existantes afin de réduire sensiblement les coûts et le temps de fabrication. ▲

> *La donnée utilisateur reste encore difficile à collecter et l'IoT n'en est qu'à ses débuts.*

191955-PAO Folio : q21 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

La data rend l'innovation encore plus collaborative

Développer l'innovation grâce au travail collaboratif est un des atouts du digital. Autour d'une même maquette numérique, des équipes de différentes disciplines, et situées sur différents sites, peuvent avancer ensemble sur un même projet. Le numérique ouvre également la R & D vers l'extérieur de l'entreprise, selon le concept de l'open-innovation.

Un atout indéniable du numérique est de pouvoir facilement partager les informations. Les données numériques étant aisément duplicables, elles peuvent très simplement être communiquées à différents participants d'un même projet. En R & D, l'un des atouts du digital est donc de favoriser le travail collaboratif pour réaliser du « co-développement ». Avec l'émergence du Cloud et des applications en mode Saas (*Software as a service – application tournant sur un serveur sans installation locale*), cette dimension « communautaire » de la R & D prend de l'ampleur. Les données et services sont ainsi hébergés sur une infrastructure centralisée et mutualisée. La plateforme de développement est donc accessible, via le net, à tous les collaborateurs d'un projet, et ce : 24h/24 et partout dans le monde.

Un des principaux exemples de ce type de R & D dans le cloud est le programme BoostAeroSpace. Lancé en 2011 par Airbus, Dassault Aviation, Safran et Thales, son but est de faciliter les échanges d'informations au sein de la filière aéronautique via une plateforme web. Concrètement, il s'agit d'un ensemble d'outils en mode Saas, hébergés sur des serveurs de Thales. La plateforme intègre trois principaux services. Le premier est AirDesign. Opéré par Dassault Systèmes, il permet de partager des maquettes numériques et des configurations des produits. Le deuxième est AirCollab. Géré par Thales, il sert à partager des documents et organiser des réunions en ligne. Le dernier service est AirSupply, opéré par l'allemand SupplyOn, qui est utilisé pour la logistique et notamment le suivi des commandes.

Cette plateforme est aujourd'hui surtout utilisée pour l'échange de documents avec les fournisseurs. AirSupply est ainsi le service le plus développé, avec plus de 2 000 relations client/fournisseurs enregistrées. AirCollab est pour sa part utilisé par environ un millier de sociétés. Mais c'est avec AirDesign, aujourd'hui le service le moins avancé, que le potentiel collaboratif de la plateforme sera pleinement exploité. Il doit permettre une collaboration autour de projets R & D en intégrant des fonctions PLM, du transfert sécurisé de gros fichiers et des outils de conversion des différents formats de modélisation 3D (Katia, STEP, etc.).

« L'avantage de cette plateforme est de réunir une communauté d'acteurs qui vont partager les mêmes données, exploiter les mêmes outils et parler un langage commun. Cela permet de standardiser les échanges d'information et les méthodes de travail au sein de la filière pour gagner en efficacité », résume-t-on chez BoostAeroSpace.

> *Les outils PLM évoluent plus récemment vers l'intégration de technologies d'analyses avancées, inspirés de l'informatique décisionnelle ou Business Intelligence (BI).*

Le PLM connecte le bureau d'études et le bureau des méthodes

Sans aller jusqu'à d'aussi larges et complexes plateformes que BoostAeroSpace, les outils PLM possèdent déjà une forte dimension communautaire. *« Un logiciel PLM est un outil collaboratif qui va permettre de structu-*

191955-PAO Folio : q22 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigkita

rer les données correspondant aux différentes étapes de la réalisation d'un produit », résume Franck Mercier, de Siemens. Le modèle 3D sorti du bureau d'études va ainsi passer entre les mains du bureau des méthodes où des données de fabrications vont lui être ajoutées, notamment la nomenclature de fabrication. Après la CAO et la FAO, Le dossier numérique du projet va être envoyé à la production, vers le système MES s'il y en a un.

L'évolution récente de ces outils est de ne pas faire travailler les équipes en séquences successives mais en parallèle. L'ingénieur méthode va ainsi commencer son travail de modélisation des process sur le modèle 3D du bureau d'études alors qu'il n'est pas encore totalement finalisé. La collaboration va s'effectuer sur une partie du produit, puis sur une autre, etc. Autre tendance, faire collaborer des équipes à l'international. *« Vous pouvez répartir les efforts en confiant des tâches spécifiques à différents bureaux d'études qui travaillent chacun sur une partie du projet, avec uniquement les données nécessaires, qui sont ensuite rassemblées en phase de finalisation »*, explique Pascal Naparty, directeur technique PTC France.

Pour être collaborative, la plateforme PLM doit permettre à chaque équipe travaillant sur un même produit d'accéder aux données qui la concerne et dans son langage. *« Nos outils PLM intègrent des applications dédiées à chaque métier avec une interface et des sources de données spécifiques »*, poursuit Pascal Naparty.

Côté langage commun, les scientifiques en R & D et les ingénieurs n'ont pas toujours le même vocabulaire. Mais la technologie pourrait bientôt les aider à se comprendre. *« Nous travaillons sur des systèmes de traduction automatiques d'éléments de langage pour que les différentes disciplines puissent accéder aux informations dans leur propre vocabulaire. Il s'agit pour l'instant encore d'outils expérimentaux »*, confie Franck Mercier de Siemens.

Au-delà du travail sur la modélisation de produit et de process, l'outil PLM va aussi proposer de nombreuses fonctions pour organiser la collaboration entre les équipes. Il s'agit notamment du partage de documents et de fichiers, de la gestion de projet, de la communication par messagerie instantanée ou par conférences web, etc. Côté sécurité, les outils PLM intègrent en général des systèmes de gestion répartissant les accès aux données et des outils de traçabilité permettant de savoir qui a modifié tel élément, à quelle heure, etc.

Enfin, les outils PLM évoluent plus récemment vers l'intégration de technologies d'anlyses avancées, inspirés de l'informatique décisionnelle ou Business Intelligence (BI). Rappelons qu'une application de BI est un outil d'aide à la décision pour les dirigeants. Elle est basée sur une présentation des données les plus pertinentes par rapport à la problématique souhaitée, notamment au moyen de tableaux de bord spécifiques.

« Intégrer de l'analytic dans le PLM est complexe car il faut analyser des graphes et de la sémantique, alors que les outils de Business Intelligence ont été prévus pour analyser de données chiffrées de transactions, dans une perspective très orientée finances », indique Morgan Zimmerman, directeur général d'Exalead, marque de Dassault Systèmes. *« Nous avons donc développé de nouveaux algorithmes pour adapter le monde du BI au monde du PLM. Le bénéfice est de pouvoir disposer d'une R & D connectée aux autres instances de l'entreprise. Elle dispose ainsi d'une vision plus globale sur les projets de l'entreprise et notamment ses objectifs d'amélioration de performance. Grâce à des tableaux de bords spécialisés, la R & D peut suivre l'avancement du projet global de l'entreprise et trouver quelle sera sa meilleure contribution aux objectifs à atteindre »*, conclut-on chez Exalead.

La R & D s'ouvre vers l'extérieur de l'entreprise

Le numérique force bon nombre d'industriels à « ouvrir leur R & D » en allant chercher à l'extérieur de l'entreprise des compétences et méthodes de développement qui leur font défaut en interne. De plus en plus de grands groupes industriels misent ainsi sur l'« open-innovation », dont le principe est de collaborer avec des start-up pour développer ensemble de nouveaux produits ou services autour du digital, ou simplement trouver des solutions numériques à leurs problématiques de fabrication.

L'échange de data est central dans ce type de collaboration. L'open-innovation sous-entend en effet que l'industriel partage une partie de ses connaissances avec la jeune pousse avec laquelle il collabore. Les problématiques de propriété intellectuelle et de confidentialité des données sont donc au cœur de ce type de démarche. Le grand groupe va notamment devoir étudier en détail dans quelle mesure il va partager la propriété intellectuelle des produits ou services co-développés. Il doit également prévoir des clauses de confidentialité dans ses contrats de collaboration avec la jeune pousse. De nombreux cabinets de conseil se sont aujourd'hui positionnés sur ce créneau de l'innovation ouverte afin de faciliter la collaboration entre grands groupes et start-up.

191955-PAO Folio : q23 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

L'industrie pharmaceutique s'est également lancé dans l'utilisation d'outils collaboratifs pour casser les silos qui pouvaient exister au sein de leur R & D mais également avec leur CRO (sous-traitant R & D). *« Seule une plate-forme collaborative permet de fournir une continuité numérique entre les différents acteurs de la chaîne de valeur incluant les fournisseurs et partenaires »*, explique Franck Mercier.

L'industrie des transports est l'une des premières filières à avoir adopté l'open-innovation. Depuis 2010, la SNCF collabore par exemple avec plusieurs dizaines de start-up, notamment pour développer de nouveaux services autour de l'information voyageur. L'entreprise ferroviaire a également créé en 2014 son incubateur « Voyageur connecté » qui a accueilli près d'une dizaine de jeunes pousses. En 2015, elle a également créé un fonds Digital SNCF Ventures doté de 30 millions d'euros pour investir dans des entreprises innovantes.

> *De grands groupes industriels misent ainsi sur l'« open-innovation », dont le principe est de collaborer avec des start-up pour développer ensemble.*

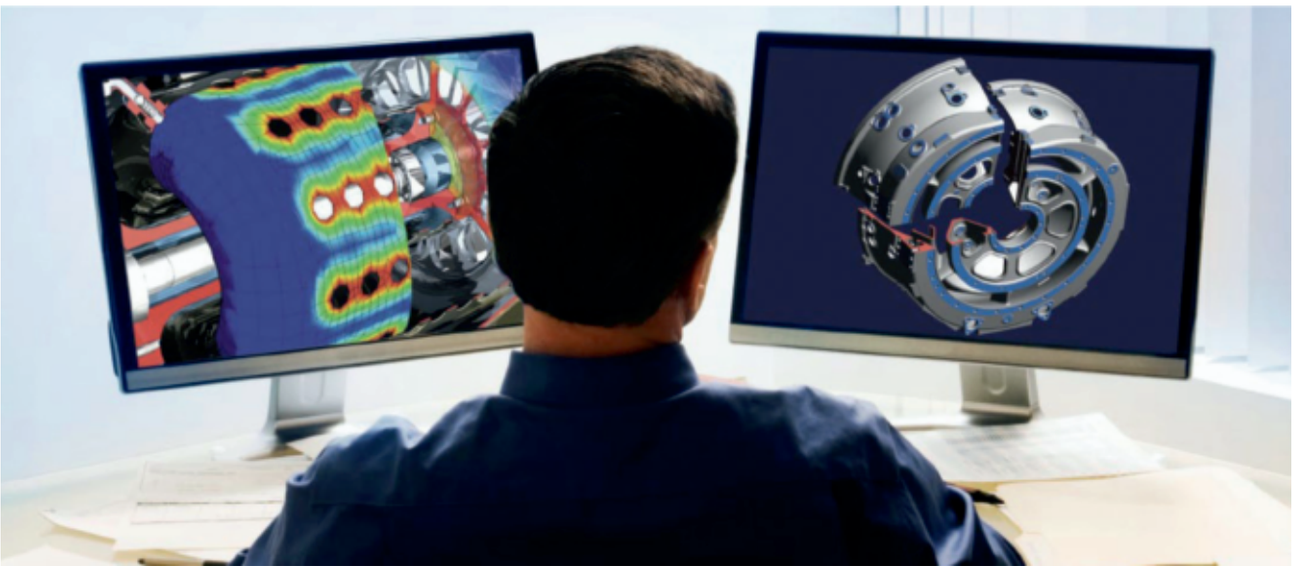
D'autres filières comme l'aéronautique et l'énergie mise également sur l'open-innovation. C'est le cas par exemple d'Airbus Safran Launchers (ASL) ou de Général Electric. Ils participent tous deux au projet DataPoC, mené depuis mars 2017, qui se présente sous la forme de 10 challenges technologiques lancés par des industriels à des start-up et PME. Les autres participants sont Alstom, Gemalto, Noriap ainsi qu'Intel en accompagnement des candidats et Teratec pour l'organisation générale du programme. *« Ces industriels ont des problématiques spécifiques et cherchent à l'extérieur de leur entreprise les compétences pour les résoudre »*, résume Karim Azoum, responsable de Data Poc chez Teratec. Parmi les challenges : Airbus Safran Launchers cherche une solution pour faire une évaluation rapide et une optimisation de la « printibility » d'une pièce en fabrication additive métallique. Selon les clauses du challenge, des clauses de confidentialités portent sur les données fournies par ASL et la propriété intellectuelle de l'application reviendra à la jeune pousse. *« Nous avons reçu 33 candidatures et sélectionné un lauréat par projet. Ils ont 12 mois pour travailler sur leur projet qui devraient être finalisés à l'été 2018 »*, poursuit Karim Azoum.

Selon le responsable : l'open-innovation commence à entrer dans les mœurs chez les industriels. *« Tous les grands groupes ont mis en place des incubateurs. Ils ont compris qu'ils ne pouvaient plus innover seuls. Collaborer avec des start-up leur donne notamment accès à des compétences pointues dans le numérique, à de nouvelles méthodes de développement plus agiles et plus simplement à de nouvelles idées. Les industriels qui ont pris le virage de l'innovation ouverte seront mieux placés pour gagner de nouveau marchés grâce à des produits innovants »*, conclut Karim Azoum. ▲

191955-PAO Folio : q24 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

La donnée développe de nouveaux modes de conception

Réalité virtuelle, fabrication additive, jumeau numérique… l'exploitation de la data en R & D ouvre de nouvelles possibilités en matière de conception de produits et de procédés. Et avec l'augmentation drastique de la data exploitée, le cloud apparaît de plus en plus comme une solution incontournable.



Le numérique favorise le développement de nouveaux procédés de conception produit comme de conception process. Le premier d'entre eux est sans conteste la simulation, qui prend une place de plus en plus prépondérante dans la R & D. Depuis les années 70, les industriels s'intéressent aux technologies de simulation pour leurs opérations de prototypage. Après les grands groupes du transport ou l'énergie, ce type de technologie se démocratise aujourd'hui vers des PME de tous types d'industries. Mais surtout, la maquette numérique a évolué pour simuler désormais tous les comportements d'un produit et devenir demain un « jumeau numérique ».

« Les maquettes numériques des anciens outils PLM étaient très orientées vers la mécanique, afin de vérifier par exemple qu'une pièce rentre dans une autre, qu'il n'y a pas un millimètre de jeu, etc. Aujourd'hui, avec l'industrie 4.0, on rajoute de l'électrique, de l'informatique, de l'optique… pour aboutir à une "maquette numérique étendue" », indique Serge Bonnaud, Responsable technique industrie pour l'Europe chez IBM.

Le modèle numérique intègre même désormais des notions de simulation « multi-échelles », c'est-à-dire la capacité de traiter parallèlement des éléments de grande taille et de petite taille. Il dispose également d'une dimension temporelle, en simulant l'évolution des comportements dans le temps, par exemple après plusieurs heures d'utilisation de l'équipement.

Les bénéfices de cette exploitation du jumeau numérique en R & D sont nombreux. *« La simulation permet globalement de réduire le temps et les coûts de conception. Elle favorise également la créativité, car il est plus facile d'apporter des modifications sur un prototype numérique que sur un prototype physique »*, résume Karim Azoum, direc-

191955-PAO Folio : q25 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

teur du Programme SiMSEO, chez Teratec. SiMSEO est un programme national d'accompagnement des TPE, PME et ETI à l'usage de la simulation numérique.

Un avis partagé par Jean-Baptiste de la Rivière, directeur R & D et Innovation chez Immersion. *« Le prototypage numérique est avant tout un gain de temps. Alors qu'il faut souvent des jours ou des semaines pour réaliser un prototype physique, l'équivalent numérique peut être généré en quelques minutes »*, explique-t-il. *« Et ce prototype numérique permet également de facilement explorer de nouvelles hypothèses de création »*.

La simulation exploite de grandes quantités de données, issues des outils de CAO et FAO, couplées à des données de contexte, notamment celles de comportements de matériaux. Bien entendu, plus les modèles 3D sont complexes et plus ils pèsent lourd. Face à cette problématique d'espace numérique, les outils de simulation s'orientent progressivement vers le cloud pour bénéficier de son infrastructure modulaire. Cela permet de cibler notamment les PME qui ne disposent pas toujours des ressources informatiques et de l'infrastructure nécessaire pour accueillir ce type de solution.

Cette tendance autour de l'informatique dans les nuages devrait se poursuivre car une bonne partie des données générées par la simulation n'est pas encore exploitée. Il faudra donc encore plus de ressources informatiques pour les prendre en compte. *« Sur un crash-test par exemple, ce sont aujourd'hui les données concernant l'impact sur le conducteur et les passagers qui sont utilisées. Mais il y a aussi des données sur des éléments mécaniques, par exemple des petits boulons, qui ne sont pas forcément utilisées. L'avenir sera de prendre en compte encore plus d'éléments, grâce à des outils de machine learning, afin d'améliorer encore le design des produits et par exemple alléger un véhicule »*, conclut Karim Azoum.

La VR pour un prototypage encore plus réaliste

Exploiter un environnement immersif pour visualiser le rendu 3D d'un produit est un procédé déjà adopté par l'industrie automobile. Le groupe Renault dispose ainsi de plus d'une dizaine de salles de réalité virtuelle, permettant à ses ingénieurs de présenter un prototype numérique d'un véhicule en 3D et surtout en taille réelle. Un écran géant est placé sur le fond de la salle afin d'afficher la maquette numérique. *« Cette échelle 1 est très importante. Cela permet de se rendre réellement compte du résultat »*, souligne Jean-Baptiste de la Rivière, directeur R & D chez Immersion.

Ce type de salle permet bien entendu de travailler à plusieurs sur le prototype en recueillant les commentaires des différents participants à cette séance de réalité virtuelle. *« La réalité virtuelle est utilisée pour réaliser de la revue de projet. Les équipes de R & D peuvent par exemple se réunir avec celles du marketing, de la production, etc.*

pour discuter du projet autour de la maquette numérique. Cela permet de confronter les points de vue, d'éviter des erreurs ».

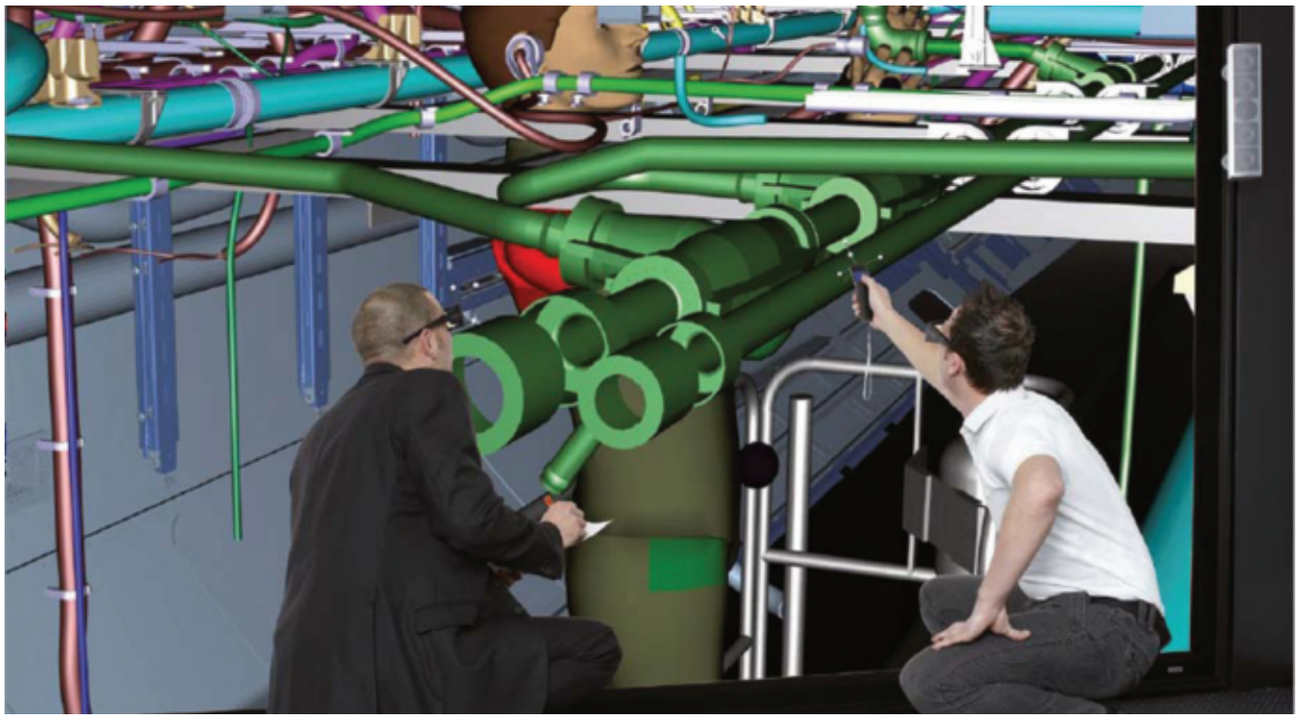
Comme les autres outils de simulation, l'évolution récente de ces salles VR est leur connexion au cloud. La réalité virtuelle est très gourmande en ressources informatiques. Elle nécessite surtout une latence réduite dans le transfert des données. Un traitement local reste donc toujours nécessaire, même avec des données envoyées sur le cloud. D'où un intérêt des acteurs de la VR pour les technologies de Edge Computing qui intègrent un traitement local de la donnée pour réduire les échanges avec des serveurs distants.

Grâce au Cloud et au Edge Computing, l'avenir serait de partager une même expérience immersive parallèlement sur plusieurs sites dans le monde. *« Nous travaillons à ce type de salles connectées notamment dans le domaine de l'industrie ferroviaire, par exemple pour valider un design de l'intérieur d'un matériel roulant par des équipes situées dans plusieurs pays »*, confie Jean-Baptiste de la Rivière.

La fabrication additive pour tester la conception ?

Depuis trois à quatre ans, l'impression 3D ou « fabrication additive » (FA) se développe dans l'industrie manufacturière où elle s'impose comme une petite révolution au niveau de la R & D. Déjà utilisée pour du prototypage dans l'industrie automobile ou aéronautique, l'exploitation de l'impression 3D s'oriente désormais vers la fabrication de pièces, avec une liberté de création encore jamais atteinte. Rappelons que son principe est de fabriquer une pièce par ajouts successifs de matière, d'où le terme « additive ». L'imprimante 3D exploite pour cela un modèle 3D de la pièce à fabriquer, réalisé par un outil de conception spécialisé. Les designers doivent donc maîtriser ces nouveaux outils et aussi appréhender de nouvelles approches de conception, comme par exemple l'optimisation topologique. Elle consiste à générer, via un outil logiciel, la meilleure géométrie d'une pièce en fonction de son cahier des charges. Le designer va par exemple entrer dans le logiciel des critères comme le volume ou la résistance attendue de la pièce. L'outil va ensuite calculer la quantité de matière optimale à placer à tel ou tel endroit de la pièce.

191955-PAO Folio : q26 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta



La fabrication additive offre de nombreux avantages, dont la rapidité de fabrication et la réduction des coûts, notamment en se passant sur des opérations de montage. Mais elle ouvre également le champ des possibles en matière de R & D. *« Vous pouvez imaginer des pièces qui ne sont pas possibles à fabriquer avec les méthodes conventionnelles »*, explique Éric Gautier, Director Manufacturing Business Development EMEA chez Siemens PLM Software. *« Par exemple, le designer peut concevoir une pièce monobloc complexe, possédant plusieurs fonctions, et qui serait impossible à monter si l'on devait imbriquer des composants les uns dans les autres »*. Autre perspective offerte par cette technologie : créer des pièces plus légères, avec donc moins de matière, grâce à l'optimisation topologique évoquée plus haut.

« L'exploitation de la data est au cœur de l'impression 3D dont l'épine dorsale est le modèle 3D envoyé à l'imprimante », poursuit Éric Gautier. La conception de ce modèle passe tout d'abord par une définition grossière de la pièce, en intégrant progressivement des données de contrainte physique, des caractéristiques de la matière utilisée, des méthodes de fabrication, etc. Une première forme, très organique, est ainsi obtenue. Il faut ensuite la travailler pour la rendre plus « mécanique ». Enfin, un fichier STL est produit et envoyé à l'imprimante. Il contient de nombreuses données de fabrication, comme la position optimale de la pièce pour faciliter son impresion.

Parmi les industriels ayant tenté l'aventure de l'impression 3D figurent Airbus. Le constructeur aéronautique européen a d'abord utilisé cette technologie pour son outillage puis l'a déclinée pour la fabrication de pièces finales. En juin 2016, Airbus a fabriqué son premier aéronef totalement conçu en impression 3D. Baptisé Thor (Test of High-tech Objectives in Reality), ce drone de 4 mètres d'envergure n'intégrait ainsi que des pièces réalisées par fabrication additive, à l'exception de sa partie électrique.

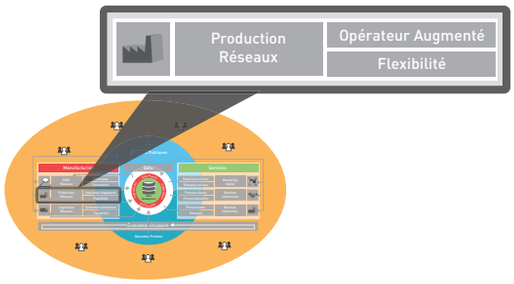
L'industrie des transports est également intéressée par cette nouvelle méthode de fabrication. *« Nous travaillons avec le constructeur américain de véhicules autonomes Local Motors qui a construit en 2016 le bus électrique Olli grâce à la fabrication additive »*, explique Serge Bonnaud, Responsable technique industrie pour l'Europe chez IBM. *« Ce véhicule a été réalisé sans prototype physique, avec uniquement une maquette numérique suivie par une fabrication additive au moyen d'imprimantes 3D. Sa conception et sa fabrication n'ont pris que 6 mois alors que ce type de projet se chiffre en général en années »*.

L'industrie du BPT est également sur les rangs. Le projet de recherche nantais « Batiprint 3D », vise ainsi à construire une habitation grâce à l'impression 3D. *« Nous avons créé une mousse spécifique qui peut être utilisée par un robot afin de construire les murs d'une habitation par une succession de couches »*, explique Benoît Furet, chercheur à l'Université de Nantes. Un bras articulé de 7 mètres de haut suit un tracé numérique élaboré par un architecte et, couche après couche, élever les murs porteurs de l'habitation. En septembre 2017, un habitat social de 95 m² sera ainsi construit dans Nantes grâce à ce système. Parmi les principaux bénéfices : un coût de construction sur le gros œuvre réduit de près de 40 %, une plus grande liberté de création pour les architectes, et des murs porteurs réalisés en trois jours au lieu de trois semaines. ▲

191955-PAO Folio : q27 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

La donnée pour optimiser l'appareil de production

Comment exploiter les innombrables données générées par l'outil de production ? L'usine doit être connectée, les données fiables et les outils d'analyse adaptés. L'objectif : trouver le meilleur scénario de production afin de le reproduire.



La plupart des entreprises industrielles seraient « assises sur une montagne de données de production » qui resterait encore largement inexploitée. C'est en tout cas ce qu'assurent les fournisseurs de solutions d'analyse de la data industrielle. Et l'une des principales raisons de prendre le chemin de l'Industrie 4.0 serait justement de libérer tout le potentiel de ces données. À la clé : une augmentation de la productivité. *« Les deux premiers bénéfices attendus par nos clients sont : l'amélioration des performances et l'augmentation de la disponibilité de l'appareil de production »*, résume Vincent Masztalerz, directeur de l'unité opérationnelle « Process Automation » de Siemens France.

Un avis partagé par Gilles Gomila, Chef de Produits Mécatronique & Robotique chez Omron Electronics. *« L'objectif est d'exploiter les données pour faire la chasse aux gaspillages, et ce dans tous les domaines. En ayant une meilleure connaissance de l'outil de production, il sera par exemple possible de réduire les temps d'attente entre les machines »*. Selon le responsable, exploiter des données d'une ligne complète permet notamment de créer des « flux harmonieux » entre les équipements. *« Augmenter simplement les cadences de trois machines est bien moins efficace que de trouver leur meilleur niveau de synchronisation. C'est grâce aux données que l'on peut trouver cette collaboration optimale »*.

Et améliorer sa productivité serait une obsession française. *« En France, le passage à l'usine du futur est d'abord synonyme d'augmentation de la performance de production. L'amélioration de la qualité "produit" vient en général après. C'est une approche différente de la Chine, de l'Allemagne ou des États-Unis, pour qui l'enjeu principal est d'améliorer la qualité de leurs produits, notamment pour développer les ventes à l'export, comme l'observe une récente étude de Roland Berger* »*, note ainsi Alain Greffier, directeur adjoint de la division digital factory de Siemens.

** « Industrie du futur : Nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique », Max Blanchet directeur associé senior chez Roland Berger, 13 avril 2016, 160 pages.*

191955-PAO Folio : q28 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

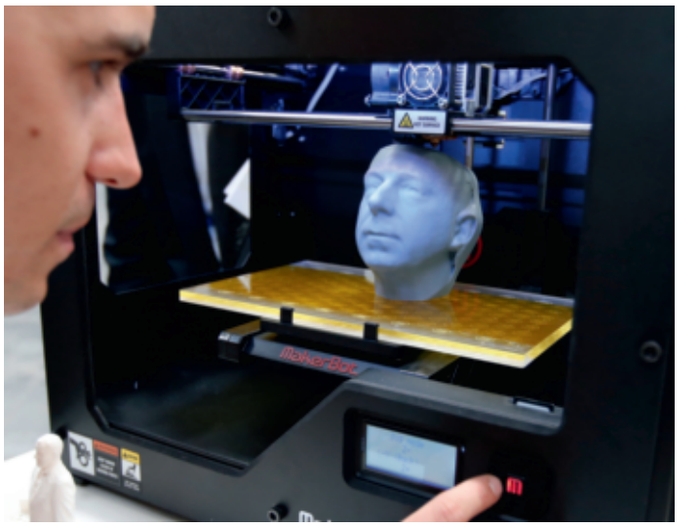
Des données de procédés, de diagnostic et de qualité

Quelles sont les principales données pouvant être exploitées au niveau de l'appareil de production ? Il y a tout d'abord les données de procédés, correspondant aux informations collectées par les équipements lors de la fabrication du produit. Il s'agit des données de température, de pression, de débits, de dosages des matières premières, etc.

Une deuxième famille de data correspond aux données de « conditions » (condition monitoring), qui indiquent l'état dans lequel se situe l'outil de production lorsque le produit est fabriqué. Il s'agit d'informations de diagnostic de moteurs, d'actionneurs, de cartes électroniques, de switch réseau, d'unité centrale d'automate, etc. Enfin, une troisième grande famille de data correspond aux données de qualité. Il s'agit de toutes les mesures et analyses visant à vérifier l'adéquation du produit avec les exigences de qualité de l'entreprise.

Des données complémentaires, non directement issues de l'appareil de production, peuvent également venir compléter ces principaux jeux de data. C'est le cas par exemple des relevés des compteurs électriques. *« Pour optimiser la consommation en énergie, nous commençons par exploiter ce que l'on appelle les données "Top 10 minutes", ces relevés réalisés toutes les 10 minutes au niveau du compteur de l'usine, qui servent de base à la facturation EDF »*, confie Thomas Leseigneur, responsable innovation chez Actemium. *« Nous les complétons notamment par les données de consommation issues de la supervision. Rien qu'avec ces données de base, nous pouvons déjà en quelques heures trouver des pistes d'amélioration. Près de 70 % de ces données sont déjà présentes dans l'entreprise »*.

Si bon nombre de ces données sont déjà disponibles, il peut tout de même être nécessaire de les compléter par des mesures ponctuelles ou par l'installation de nouveaux capteurs.



« La plupart des gros équipements disposent de données exploitables. Ils sont trop sensibles pour ne pas être contrôlés. Sur les plus petits équipements, où ceux isolés sur une ligne, il faut parfois rajouter des capteurs et de la connectivité », indique Vincent Masztalerz de Siemens France.

Selon Laurent Laporte, co-fondateur de Braincube : *« La moitié de nos clients disposent déjà d'une grande quantité de données qu'il suffit d'exploiter. L'autre moitié doit compléter les informations existantes par de nouveaux dispositifs de collecte »*.

Faire circuler la donnée

Avant d'analyser la donnée, il convient bien entendu de la collecter et de l'acheminer jusqu'aux outils de traitement. Pour réaliser ce passage vers l'« usine connectée », de nombreuses solutions techniques existent, avec différents degrés d'interopérabilité. Depuis les années 90, l'Ethernet Industriel s'est progressivement imposé comme un standard pour le transfert des données industrielles sur le site de production. Des technologies analogiques moins coûteuses, comme les bus industriels AS-I, restent encore utilisées. Dans ce dernier cas, une passerelle va traduire les informations analogiques en données numériques en bout de ligne. Cette data circulera ensuite sur de l'Ethernet Industriel, afin d'alimenter la supervision ou le MES.

L'analogique persiste donc sur les couches basses. Pour certaines applications une technologie pourrait rapidement accélérer leur passage au numérique. Il s'agit d'IO Link. Ce nouveau standard de communication numérique comble un manque entre les réseaux de communication industriels et les entrées-sorties des machines. *« Ce système permet aux capteurs et actionneurs d'aller au-delà des informations analogiques ou tout ou rien. Grâce au numérique, ils peuvent notamment envoyer des informations de diagnostic. Par exemple, un capteur peut indiquer qu'il est encrassé »*, résume Jan-Rémi Fromentin, président d'ifm electronic France.

Cette solution serait particulièrement adaptée aux « petites capteurs » pour lesquels une connexion numérique de type Ethernet Industriel serait techniquement trop lourde à intégrer et surtout : trop coûteuse. IO Link prend ainsi tout son intérêt sur des capteurs de pression ou de température. *« Tous nos clients s'y intéressent et nous intégrons désormais IO Link en standard sur l'ensemble de nos équipements. Et nous menons un nombre grandissant de proof of concept (POC) autour de ce système »*, poursuit Jan-Rémi Fromentin. Le déploiement d'IO Link reste cependant encore très embryonnaire, avec plus de 90 % des capteurs fonctionnant encore en analogique. Mais *« il ouvre de très nombreuses perspectives »*, assure ifm.

191955-PAO Folio : q29 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Sur la couche supérieure, afin de faire communiquer les automates entre eux, ou avec les autres équipements d'une machine, les constructeurs ont développé divers protocoles de communication basés sur Ethernet. Les principaux sont Ethernet/IP, Profinet, Ethercat et Powerlink. Ils sont hélas totalement incompatibles entre eux et promus par différents constructeurs. Une guerre des réseaux qui ne profite pas réellement aux industriels qui doivent choisir leur camp.

Profinet et Ethernet/IP sont basés sur le routage des données en TCP/IP et UDP/IP, hérité de l'univers IT. Profinet est compatible avec un réseau TCP/IP et peut atteindre des temps de cycle d'environ une milliseconde. Quant à Ethernet/IP : *« Une de ses forces est son interopérabilité avec les protocoles IT, ce qui est pertinent à l'heure de la convergence entre l'IT et l'OT »*, souligne Jérôme Poncharal, Solution Architect Automation & Software chez Rockwell.

Powerlink pour sa part n'intègre pas directement le routage TCP/IP et UDP/IP qui est plutôt « encapsulé » et secondé par d'autres dispositifs plus spécifiques au monde industriel, indique-t-on chez B & R. *« La machine va rafraîchir les informations environ toutes les millisecondes. On peut donc considérer que Powerlink est un protocole « déterministe », car le cheminement des informations s'effectue avec des délais connus, dont les variations sont faibles, de l'ordre de plus ou moins 1 microseconde »*, explique Stéphane Potier, Marketing Manager France chez B & R.

Enfin, EtherCAT se distingue par des performances de temps de cycles très élevés. *« EtherCAT est un protocole déterministe de par sa conception. Il reste aujourd'hui le bus Ethernet temps réel le plus rapide du marché »*, souligne Rombaut Keta, DG de Beckhoff Automation France. Il peut ainsi atteindre des temps de cycles de 30 microsecondes pour un millier d'entrées/sorties et 350 microsecondes pour 12 000 entrées/sorties. Une performance qui est notamment utile pour les industries nécessitant des temps de réponse très courts. *« Nous avons été largement adoptés par les fabricants de variateurs »*, indique Rombaut Keta.

Au-dessus des automates, le délai de livraison des données est moins crucial. La donnée peut donc circuler via un protocole non déterministe. *« La supervision et le MES sont aussi de plus en plus alimentés en données via OPC DA ou progressivement OPC UA »*, observe Philippe Allot PDG d'Ordinal Software. Rappelons qu'OPC Data Access (DA) est la principale spécification du protocole de communication OPC, apparu dans les années 90 pour faciliter les échanges entre l'automatisme et la supervision. OPC UA est la dernière évolution du standard OPC, qui a vocation à permettre au standard OPC de s'imposer au-dessus comme en dessous de l'automate.

OPC UA à la rescousse pour assurer l'interopérabilité

Pour dépasser les incompatibilités des protocoles réseaux, la Fondation OPC travaille depuis 2003 sur une « surcouche d'architecture unifiée », baptisée OPC UA (Open Platform Communication Unified Architecture). Rappelons que cette fondation regroupe les principaux acteurs du secteur des réseaux industriels, dont Siemens, Rockwell, B & R ou Beckhoff Automation. Ils ont tous accepté de jouer le jeu de l'interopérabilité, tout en continuant de maintenir la concurrence sur leurs technologies spécifiques. *« OPC UA représente l'avenir. D'ici 2020 il faudra que 100 % des équipements arrivant sur le marché soient compatibles. C'est incontournable pour aller vers l'usine du futur »*, assure Stéphane Potier de B & R, également représentant marketing de la fondation OPC pour la France. Aujourd'hui, déjà 50 % des machines neuves intègrent OPC UA.

Cette plateforme permet donc à des systèmes industriels hétérogènes de communiquer entre eux en s'envoyant des messages, suivant une structure client/server. *« Initialement OPC UA est basé sur TCP/IP et n'est donc pas déterministe, mais les récentes évolutions TSN (Time Sensitive Networking) et Publish/Subscribe ajoutent cette dimension temps réel. Les premiers prototypes OPC UA TSN arrivent sur le marché et devraient faire décoller cette plate-forme qui a vocation à être déployée à tous les niveaux dans l'outil de production »*, conclut Stéphane Potier.

Vérifier l'intégrité des données et trouver le meilleur scénario

Vers où vont transiter ces données ? Elles alimentent en général une ou plusieurs bases de données, le plus souvent au format SQL. Outre l'archivage, cette agrégation au sein d'une base de données va permettre d'« historiser » la data, c'est-à-dire capturer chacune de ses évolutions. L'intégrité des données va également y être vérifiée. *« Il faut commencer par construire un process qualité pour identifier et corriger les données aberrantes, sinon le résultat final pourra être erroné »*, explique ainsi Olivier Ouazana, Directeur Business Unit Industries de GreenFlex, société spécialisée dans les solutions en développement durable. Une fois les données vérifiées, il est possible de passer à la phase d'analyse. À ce niveau, l'objectif principal est de retrouver le meilleur scénario de production afin de le reproduire. Les données des historiques vont ainsi être analysées en détail afin d'identifier le moment où la production aura atteint son apo-

191955-PAO Folio : q30 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

gée, selon les critères recherchés. *« Nous identifions par exemple que tel jour à telle heure, la production a atteint son meilleur niveau de performance énergétique »*, poursuit Louis Jauneau de Greenflex. Retrouver ce scénario optimal va permettre d'en déduire, avec le plus de détails possibles, les paramètres à reproduire *(lire notre volet Smart Data Management pour plus de détails)*.

Cette analyse peut être réalisée par des outils dédiés. Mais le MES (Manufacturing Execution System) peut aussi jouer un large rôle. *« Le MES peut être au cœur de l'amélioration de la performance ou même de la qualité produit »*, estime ainsi Nicolas Stori, PDG de l'éditeur de MES : Astrée Software. *« Il va servir à optimiser la production avec une approche d'amélioration continue »*, poursuit-il.

Big Data or not Big Data ?

Faut-il utiliser toutes les données disponibles ou n'en sélectionner qu'une partie ? Les deux approches existent aujourd'hui. Les adeptes du Big Data cherchent à exploiter des gros volumes de données pour trouver des pistes d'optimisations grâce à des algorithmes mathématiques. Cette méthode a pour avantage de pouvoir traiter des données non structurées. Elle permet également de lancer des analyses sur de larges champs d'investigation de manière « intuitive », c'est-à-dire sans avoir des pistes de recherches extrêmement précises.

« Le Big Data permet de traiter de larges volumes de données et de déceler parfois des pistes inattendues. Il faut exploiter toutes les données possibles car le plus dangereux des gaspillages est celui qu'on ne voit pas, dixit Shigeo Shingo de Toyota », estime Gilles Gomila, d'Omron. *« Sur nos propres lignes de production, nous avons gagné 30 % de productivité grâce au Big Data. Nous avons notamment repéré un cumul insoupçonné de petits incidents dont l'ensemble affectait la fluidité de notre production »*.

Reste que pour analyser ces gros volumes de données, les fournisseurs de solutions exploitent en général la puissance du Cloud Computing. Or, le transfert des données vers une plateforme Cloud peut se révéler problématique lorsque les volumes de data deviennent trop importants. C'est pourquoi des solutions locales de prétraitement des données, selon les principes de Fog Computing et du Edge Computing, suscitent un intérêt grandissant. *« Un prétraitement de la data est réalisé en bout de ligne, sur des équipements informatiques locaux, afin d'envoyer uniquement les données nécessaires dans le cloud »*, résume Serge Bonnaud, responsable technique industrie pour l'Europe chez IBM. *« Techniquement, des boîtiers de traitement locaux de données sont ajoutés au plus près du bord de ligne et vont ainsi effectuer une partie des opérations d'analyse. Ils communiquent avec un concentrateur, qui transfère ensuite les données dans le Cloud »*.

Schneider Electric partage également cette vision d'une infrastructure distribuée, en phase avec l'évolution de la data industrielle. *« Une partie des données seront localisées dans des infrastructures dites "hyper scale" (grands datacenters multinationaux des acteurs du Cloud), une autre dans des datacenters plus nationaux, voire même régionaux (hébergeurs, ESN régionales) et enfin une dernière partie au plus près des usages "at the Edge" dans des micro-datacenters afin d'assurer la fluidité et la continuité de services des usages »*, prédit Damien Giroud, directeur solutions Datacenters & Secure Businesses chez Schneider Electric.

Pour l'heure, le Big Data ne remporte pas une très forte adhésion dans l'industrie qui lui préfère des solutions autour du concept de « Smart Data Management ». Ce dernier consiste à sélectionner les données pour ne traiter que les plus pertinentes. *« Une première analyse des données permet d'identifier les équipements au cœur de la problématique recherchée. Ensuite, l'optimisation va se concentrer sur les données générées par ces équipements »*, résume Nicolas Stori d'Astrée Software *(lire notre volet Smart Data Management)*.

Ensuite, rien n'empêche l'industriel d'étendre progressivement le périmètre d'étude pour réaliser un traitement de la data de plus en plus large. Une approche « progressive » promue par Automatique & Industrie. *« Tester d'abord l'exploitation de la data sur un périmètre restreint permet aux industriels d'évoluer progressivement vers ce type de solution. Ils vont pouvoir appréhender les bénéfices de ces systèmes et surtout affiner leurs besoins, avant de passer éventuellement à des déploiements plus larges »*, estime Matthieu Bourgain, chargé d'affaires. *« C'est une approche prudente qui convient bien aux petites structures, mais aussi aux grands comptes qui sont encore assez nombreux à s'interroger sur l'efficacité de ces outils »*, conclut le responsable. ▲

191955-PAO Folio : q31 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

L'opérateur augmenté facilite l'accès aux données sur le terrain

Pour gagner en performance et en qualité produit, de nouvelles solutions numériques permettent d'assister l'opérateur de production. Grâce à la réalité augmentée, à la réalité virtuelle, aux assistants audio ou encore à la robotique collaborative, le travail de l'opérateur se digitalise avec toujours plus d'exploitation de la data.

Au carrefour du virtuel et du réel, l'« opérateur augmenté » se développe progressivement dans l'industrie dans les domaines de la production, de la maintenance et du contrôle qualité. Il repose principalement sur des techniques de « réalité augmentée », dont le principe est la superposition d'images virtuelles sur des images réelles en provenance du terrain. Les indications virtuelles vont par exemple guider un opérateur dans les différentes étapes de fabrication d'un produit. C'est ce que teste depuis 2016 : Sunna Design, PME spécialisée dans la fabrication de lampadaires solaires. *« Le poste de travail est filmé par une caméra afin d'obtenir les images réelles. Les étapes d'assemblage sont présentées sous forme d'indications virtuelles ajoutées en temps réel aux images réelles »*, résume Laura Pargade, brand manager chez cette entreprise. *« Ce dispositif nous permet de réduire le temps de formation et de gagner en qualité produit, puisque si la pièce n'est pas installée au bon endroit, le système ne passe pas à l'étape suivante »*, poursuit la responsable.

Ces systèmes intègrent en effet de la reconnaissance de formes leur permettant d'analyser en détail les images de l'équipement et ainsi d'en déduire des indications. *« Une solution de VR peut aujourd'hui identifier visuellement l'absence ou la présence d'une pièce, ou encore un mauvais positionnement, et ainsi l'indiquer à l'opérateur »*, explique Lionnel Joussemet, PDG de Diota.

Outre l'usage sur un poste fixe, la réalité virtuelle peut également être exploitée sur un équipement nomade tel qu'une tablette ou un smartphone. Pour la maintenance, ce type de solution permettra ainsi à un technicien de visualiser toutes les étapes d'une réparation en plaçant sa tablette face à la machine. Il verra sur l'écran les séquences de manipulation à effectuer pour réaliser l'opération de maintenance.

Autre support nomade : les lunettes 3D. Il s'agit ici de travailler en « réalité-mixte », avec des images projetées directement dans le champ de vision de l'opérateur. C'est ce que proposent notamment Schneider Electric et Microsoft sur la base des lunettes 3D HoloLens de l'éditeur américain. *« Ce type de solution est actuellement en test chez plusieurs clients »*, a déclaré en mai dernier Christel Heydemann, présidente de Schneider Electric France. Outre l'aspect très immersif, un des avantages de ce système est de libérer les mains de l'opérateur. Et comme ses lunettes intègrent des micros, des commandes vocales peuvent aussi être énoncées. Pour le contrôle qualité, un technicien peut par exemple valider oralement les points de contrôle qui lui sont présentés dans ses lunettes.

Quel que soit le support, ces systèmes requièrent de disposer des modèles 3D des équipements. *« Tous nos clients possèdent déjà les modèles 3D de leurs systèmes, c'est incontournable pour pouvoir réaliser les applications de réalité augmentée »*, souligne Lionnel Joussemet. Les données de production, de maintenance et de contrôle qualité sont également exploitées pour élaborer les indications virtuelles présentées au technicien. *« Nous nous connectons notamment au logiciel PLM pour récupérer les instructions de préparation »*, poursuit-on chez Diota.

Côté infrastructure réseau, il faut bien entendu accéder aux données dans un environnement non connecté au net, comme c'est le cas dans la plupart des sites indus-

191955-PAO Folio : q32 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

triels. *« Le système se connecte aux serveurs locaux de l'entreprise, il n'y a donc pas nécessairement besoin de connexion externe »*, explique Christel Heydemann.

Enfin, pour identifier l'équipement face auquel se trouve le technicien, ces systèmes AR exploitent le plus souvent des technologies de reconnaissance de formes. Mais la lecture d'un QR Code peut également être utilisée. *« L'avenir sera d'identifier directement l'équipement au travers d'une communication sans fil avec la machine »*, précise-t-on chez Schneider Electric.

Un assistant virtuel intelligent pour épauler l'opérateur

La réalité augmentée est une forme de présentation visuelle des données industrielles. Mais ces informations peuvent également être présentées sous forme audio. C'est le principe des « assistants vocaux proactif », capables de dialoguer oralement avec l'opérateur. Ces assistants, issus de l'intelligence artificielle, sont censés comprendre le contexte de travail du technicien et lui fournir sur demande une information pertinente au moment où il en a besoin.

L'échange avec l'assistant virtuel s'effectue sous la forme d'un dialogue, comme avec un humain. EDF, Continental Automotive, Renault ou encore Michelin exploitent déjà ce type de dispositifs. *« Un technicien a besoin de ses dix doigts et de tout son champ de vision pour pouvoir travailler efficacement. Un dialogue vocal avec un assistant virtuel répond parfaitement à ces contraintes opérationnelles »*, explique André Joly, directeur général de Simsoft Industry, un des principaux acteurs de ce nouveau secteur. *« L'opérateur va par exemple demander vocalement à son assistant pourquoi tel voyant est rouge ou si un paramètre est correct. Il recevra une réponse en synthèse vocale de son assistant. Et pour un maximum d'efficacité, ce dialogue exploite un vocabulaire spécifique au métier du technicien grâce à des dictionnaires dédiés »*.

Pour proposer ce type de solution, des technologies de reconnaissance vocale ont été adaptées au milieu sonore industriel. Simsoft Industry a également développé un gestionnaire du dialogue homme-machine spécifique à l'industrie. Par ailleurs, face à la problématique de l'absence, ou de l'interdiction, de connexion au net sur la plupart des sites industriels, l'assistant est embarqué sur smartphone, sur PC ou sur une tablette. Ce support est connecté d'un côté au casque audio de l'opérateur et de l'autre aux serveurs locaux de l'usine, en général par connexion sans fils. *« Nous nous interfaçons notamment avec le MES pour puiser les données nécessaires à la fourniture du service, et stocker les données remontées par l'opérateur »*, précise André Joly. Tout comme la réalité augmentée, l'assistant vocal peut être utilisé pour la production (guidage des opérations d'assemblage), la maintenance ou le contrôle qualité.

La réalité virtuelle pour former les techniciens

Depuis une vingtaine d'années la réalité virtuelle est utilisée dans l'industrie, notamment l'aéronautique et l'automobile, pour la visualisation 3D des prototypes. Des éditeurs tels que Dassault Systèmes ou TechViz dominent ce marché historique de la « VR ». Mais depuis deux ans, la démocratisation des casques de réalité virtuelle à moins de 1 000 euros, a changé la donne. La réalité virtuelle sort des bureaux d'études pour se développer au niveau de la production.

Le principe est ici de plonger l'opérateur ou le technicien dans un environnement totalement reconstitué en images de synthèses. Ce type de solution reprend le principe de visualisation 3D d'un jumeau numérique industriel. Mais au lieu de diriger un avatar sur un ordinateur, grâce à la souris ou un joystick, l'opérateur évolue lui-même dans l'environnement simulé.

La VR est utilisée par exemple pour la formation de techniciens dans des environnements à risque. GRTGaz exploite ainsi ce type de solution depuis 2016 pour former ses opérateurs à des interventions sur des postes sensibles de détente et de livraison de gaz. *« Les techniciens apprennent des gestes de maintenance technique dans un environnement sécurisé et réaliste. Les gestes peuvent facilement être répétés jusqu'à en avoir une maîtrise complète »*, explique Sébastien Kuntz, président de Middlvr, fournisseur de la solution de GRTGaz. *« Avec ce système, l'industriel n'a pas à monopoliser une chaîne de montage pour former ses équipes, puisqu'elle peut être reproduite en VR. Et vous pouvez former des collaborateurs n'importe où. Il suffit de libérer une pièce, d'installer un ordinateur avec l'application de simulation et d'y connecter des casques VR »*. Outre la formation de techniciens, ce système est actuellement testé pour vérifier l'ergonomie de futures lignes de montage.

Pour fonctionner, la réalité virtuelle va bien entendu exploiter les modélisations 3D des équipements et infrastructures. *« Pour GRTGaz, nous avons exploité le modèle CAO du poste, complété par les données de comportement des gaz. Nous avons également réalisé des photos et vidéos sur place, pour que la modélisation 3D soit la plus réaliste possible »*, conclut Sébastien Kuntz.

Quand le robot assiste l'opérateur

Et si le meilleur assistant de l'opérateur devenait le robot ? *« La robotique collaborative reste encore embryonnaire, mais elle va se développer très rapidement car elle offre de réels bénéfices »*, prédit Serge Catherineau, directeur marketing automobile, aéronautique et système intégrateurs, chez Schneider Electric. Le principe : le robot assiste l'opérateur humain en automatisant une partie de ses tâches, notamment celles requérant une grande force

191955-PAO Folio : q33 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Sigma

physique ou un haut niveau de précision. Ce « cobot » est une cellule robotique spécifiquement conçue pour une interaction directe avec un opérateur humain dans un espace de travail partagé.

« Dans le secteur automobile, notre cobot YuMi est utilisé pour l'insertion délicate d'une pièce dans un moteur. La tâche de l'opérateur humain est d'approvisionner en pièces le robot », explique Serge Nadreau, directeur de l'activité robotique d'ABB France.

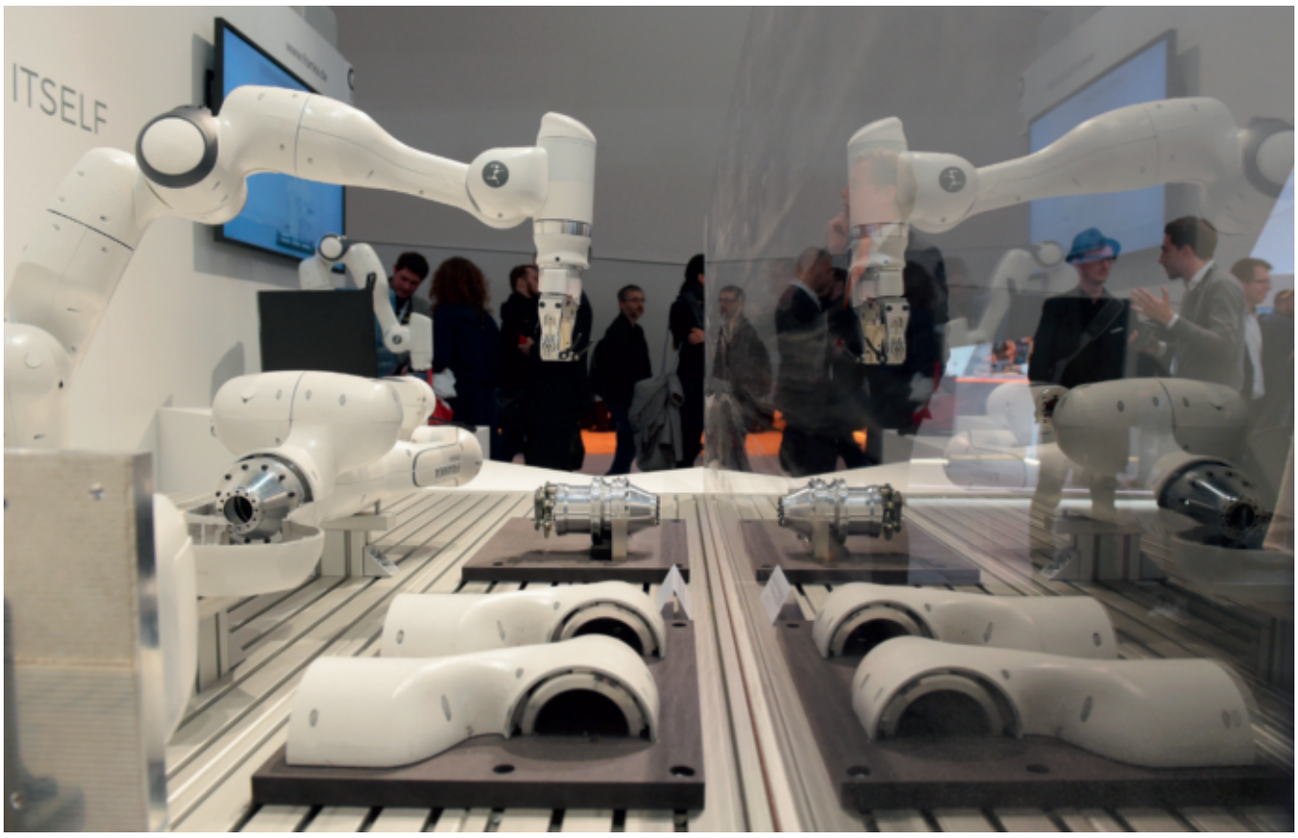
Chez BA Systemes, on donne un exemple exploitant la puissance physique du cobot. *« Le cobot peut placer une pièce de métal de plusieurs centaines de kilos sur un pipeline et laisser l'opérateur humain ajuster les derniers positionnements des pièces »*, confie Guy Caverot, directeur innovation.

La data est bien entendue cruciale pour le fonctionnement d'un robot collaboratif. Elle lui permet tout d'abord de se représenter son environnement. *« Nous fournissons des caméras de vision pour que le cobot puisse repérer et saisir une pièce. Les données exploitées concernent notamment la taille et le positionnement de la pièce »*, indique Didier Novat, Responsable Produit Sécurité chez Sick France.

La data est également utilisée pour sécuriser la collaboration entre l'homme et la machine. *« L'exploitation de la data est essentielle pour la sécurité de la robotique collaborative »*, poursuit Didier Novat. *« Pour assurer la sécurité de l'humain, le cobot peut exploiter des données de localisation de l'opérateur, mais aussi concernant la trajectoire du robot, sa vitesse, sa puissance, où se situe son bras, etc. Des capteurs sont intégrés au niveau du robot, mais aussi autour de lui, afin de contrôler l'ensemble de l'environnement de travail. Nous utilisons par exemple des scrutateurs laser de sécurité pour détecter si l'opérateur entre dans une zone dangereuse à un certain moment »*. En fonction des scénarios, le robot pourra s'arrêter ou ralentir son opération, afin d'éviter toute collision avec l'opérateur humain.

La plupart de ces systèmes sont aujourd'hui sédentaires. Mais ils devraient rapidement évoluer vers la mobilité. Entre 2013 et 2017, BA Système et le groupe PSA ont ainsi participé au projet européen de recherche Stamina (« Sustainable and Reliable Robotics for Part Handling in Manufacturing Automation »), dont l'objectif était de développer un cobot nomade. *« Le système est aujourd'hui presque opérationnel. Il repose sur un bras articulé placé sur un AGV. Ce système peut réaliser des opérations de préparation et de distribution de kits de pièces dans l'industrie automobile »*, indique Guy Caverot.

Outre le transport de pièces ou de matériaux, le cobot mobile pourra intervenir sur différents postes de l'usine. *« La mobilité va apporter de la souplesse à la robotique collaborative en permettant d'utiliser le cobot là où on en a besoin, en fonction de l'évolution de la ligne de production. C'est un levier de flexibilité »*, conclut Serge Nadreau d'ABB France. ▲



191955-PAO Folio : q34 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

La flexibilité : un incontournable

L'une des promesses de l'Industrie du Futur est d'offrir un plus haut niveau d'adaptation de l'outil de production à la demande. Cette flexibilité peut être obtenue grâce au digital, en exploitant des solutions telles que le jumeau numérique ou l'automatisation du paramétrage des machines. La donnée y tient une place centrale.

Disposer d'un appareil de production flexible, exploitant des procédés et des outils facilement reconfigurables, est un des principaux enjeux de l'Usine du futur. Avec davantage d'agilité et de réactivité, l'appareil de production peut répondre aux évolutions fluctuantes de la demande, fabriquer des produits plus variés et plus personnalisés. Un outil de production flexible permet également d'accélérer le « time to market » afin que l'entreprise puisse proposer de nouveaux produits plus rapidement sur le marché.

Hier, cette flexibilité était un atout face à la concurrence. Aujourd'hui, elle devient incontournable afin de suivre la digitalisation de l'économie, entraînant des cycles de développements toujours plus courts et un niveau de personnalisation des produits toujours plus élevé.

> *L'humain est également simulé. Des données sur les déplacements des opérateurs peuvent ainsi être intégrées dans le modèle virtuel.*

« La flexibilité vient avant tout de l'organisation de l'entreprise mais elle est aidée par deux facteurs clés : l'utilisation d'équipements de production faciles à reconfigurer et l'utilisation d'un modèle numérique de la ligne de production qui permet de tester différents scénarios virtuellement avant la mise en application d'une nouvelle configuration (introduction d'un nouveau produit, nouvel équipement de production, nouvelle configuration de la ligne) », résume le « Guide pratique de l'Usine du futur », publié en 2016 par la FIM et l'Alliance pour l'Industrie du Futur.

Les deux principaux piliers d'une « flexibilité 4.0 » sont donc : un outil de production aisément reconfigurable et l'exploitation d'un jumeau numérique pour tester ses possibles évolutions. Dans les deux cas, l'usage des données est crucial.

La data permet ainsi d'accélérer la reconfiguration de l'outil de production grâce au paramétrage à distance des machines. Dans une usine connectée, la commande numérique permet de reconfigurer automatiquement un maximum d'équipements en fonction des ordres de fabrication.

Le reparamétrage à distance de l'outil de production peut être traitée au niveau du MES. Mais des logiciels complémentaires, fonctionnant en parallèle du MES, peuvent également être ajoutés pour gérer les commandes numériques envoyées aux machines-outils. Pour les infrastructures les plus évoluées, l'ERP peut directement envoyer des instructions au MES qui va les traduire en commande numérique. Cela permet de disposer d'une continuité numérique entre l'activité commerciale et la production. *« Connecter l'ERP et le MES offre une grande flexibilité. L'ERP va par exemple traiter une demande client d'un produit personnalisé et l'envoyer en quasi temps réel au MES qui va générer automatiquement l'ordre de fabrication. C'est alors le produit qui appelle la configuration de l'outil de production»*, explique Philippe Geoffroy, directeur Industrie 4.0 chez SAP France.

L'une des tendances est également aujourd'hui de descendre encore plus bas dans les niveaux d'automatisation. *« Même en dessous de l'automate, il faut pouvoir automatiser le paramétrage à distance des capteurs afin qu'il ne soit plus réalisé manuellement. Cela devient possible avec la technologie IO-Link qui apporte du numérique à ce niveau »*, souligne Florent Poitrine, responsable produits identification et mesure chez Sick.

Le numérique accélère le paramétrage humain

Si une partie de la reconfiguration peut être réalisée de manière automatisée, il demeure bien entendu des opérations nécessitant une intervention humaine. Il s'agit notamment du nettoyage des machines, du changement d'outillage, ou encore du paramétrage des équipements non connectés. Mais là aussi, l'exploitation de la data peut accélérer les opérations. *« Nous développons des outils numériques à destination des opérateurs pour les aider dans leur travail de reconfiguration, notamment dans le changement d'outillages »*, confie Philippe Geoffroy de SAP France. *« Il s'agit d'applications pour tablettes donnant des instructions 3D, notamment en réalité augmentée. L'opérateur se place face à la machine*

191955-PAO Folio : q35 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

qui est reconnue par technologie RFID, QR Code ou encore par connexion Bicon Bluetooth. Il reçoit alors, en fonction des données de l'ERP et du MES, les instructions pour effectuer les différentes opérations, notamment la saisie des nouveaux paramètres. Nous menons plusieurs expérimentations en ce sens depuis le début de l'année ».

Enfin, les informations de reconfigurations ne transitent pas uniquement de manière verticale, du MES vers les machines. Les équipements peuvent également communiquer entre eux. *« Désormais les machines-outils doivent devenir intelligentes et communiquer entre elles pour pouvoir produire en bout de chaîne deux produits différents sur une base commune, comme par exemple deux modèles de voiture proches de marques différentes (Nissan/Renault) »* confie Steve Péguet, Directeur Innovation France chez Atos.

Au final, cette reconfiguration aisée de l'outil de production, grâce au numérique, doit réduire sensiblement le « setup time ». *« L'idée de la flexible channel est de pouvoir changer rapidement les paramètres d'une ligne de production pour fabriquer un autre produit. Jusqu'alors un setup time pouvait prendre par exemple environ 8 heures dans l'industrie automobile. Nous réalisons désormais des POC (Proof of concept) avec des changements de ligne en moins de deux heures »*, conclut-on chez Atos.

Jumeau numérique : la flexibilité grâce aux tests virtuels

Le jumeau numérique offre une représentation virtuelle de l'outil de fabrication. Il peut donc être utilisé pour tester numériquement les modifications à apporter sur une ligne avant de les porter dans le réel. Les avantages sont multiples : plusieurs scénarios peuvent facilement être testés et il n'y a plus de prototypage physique à réaliser.

« Le jumeau numérique permet d'adapter rapidement l'outil de production. Au lieu de faire des essais mécaniques sur des prototypes, le jumeau numérique permet de réaliser des simulations de ce que seraient les aménagements de la ligne. Cela permet d'aller beaucoup plus vite et pour moins cher, puisqu'il n'y a pas besoin de faire du prototypage de ligne et des tests mécaniques », résume Alain Greffier, directeur adjoint de la division digital factory de Siemens.

Le « digital twin » permet en effet aujourd'hui de simuler un outil de production avec un niveau de détail allant jusqu'aux procédés de fabrication. De la maquette numérique d'une usine, les modèles virtuels ont ainsi considérablement évolué pour aller au-delà de la surface. Ils intègrent bien entendu une représentation virtuelle de la topographie de l'usine, avec les emplacements des différents éléments, dont les machines. Cela permet déjà de tester l'ergonomie d'une nouvelle ligne et son intégration dans l'espace de production. Mais le jumeau numérique intègre également des données de production pour simuler le comportement des machines, en intégrant des éléments mécaniques, électriques, chimiques, optiques, etc. Et tous ces éléments sont dynamiques. *« Depuis 6 mois, nous arrivons aujourd'hui à simuler un automate dans le monde virtuel quasiment à la même vitesse de cycles que dans le monde réel. Les données de la simulation prennent ainsi encore plus de valeur lorsque vous travaillez à la même vitesse dans le virtuel et dans le réel »*, poursuit Alain Greffier.

L'humain est également simulé. Des données sur les déplacements des opérateurs peuvent ainsi être intégrées dans le modèle virtuel.*« Pour localiser les opérateurs, nous utilisons des systèmes de géolocalisation in-door, avec notamment des tags radio portés par les opérateurs. Sinon c'est du déclaratif, les employés indiquent lorsqu'ils passent par tel en tel endroit »*, confie Serge Bonnaud, Responsable technique industrie pour l'Europe chez IBM.

Reste que cet usage du jumeau numérique dans une optique de flexibilité est encore loin de s'être démocratisé dans l'industrie. Tous ces éléments à virtualiser nécessitent en effet d'importantes quantités de données numériques, dont ne disposent pas toujours les entreprises. La plupart des jumeaux numériques sont donc encore partiels. Pour Siemens, le développement du digital twin va donc de pair avec celui de l'usine connectée, prérequis indispensable pour générer les importantes quantités de data servant à la construction du modèle virtuel.

Pour faciliter la collecte de certaines données de base, des nouvelles techniques de relevés arrivent cependant sur le marché. Parmi elles : les relevés topographiques par drones. *« Nous allons mener une première opération de modélisation d'une usine par drones cette année en Allemagne »*, confie Stéphane Morelli directeur général d'Azur Drones. *« Le drone va prendre des photos de l'usine qui seront traitées par reconstruction photogrammétrique pour réaliser le modèle 3D complet. L'opération est très rapide puisqu'elle ne devrait prendre qu'un jour et demi pour une usine de 7 500 m² de surface »*, conclut le responsable. ▲

> *Le jumeau numérique offre une représentation virtuelle de l'outil de fabrication.*

191955-PAO Folio : q36 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

Remettre le client au centre

Par ***Maurice Ricci – Pdg Akka Technologie***

L'industrie de demain ne sera plus le simple système segmenté que nous connaissons aujourd'hui mais une chaîne continue de la conception à la livraison aux clients. Sa morphologie va être profondément modifiée par de nouveaux usages en perpétuelle évolution. Emportées par la révolution numérique, les entreprises gagneront en agilité, atout indispensable dans le marché peu prévisible dans lequel elles évolueront. Les entreprises, aidées par de nouvelles méthodes de travail émergeantes, pourront accroître la valeur de leur produit. Le client retrouvera peu à peu sa place au centre des préoccupations.

Au fil des ans, l'industrie s'est saisie des opportunités que lui offraient les technologies pour accélérer, automatiser et lier ses processus en vue d'optimiser ses activités. Le numérique ouvre aujourd'hui de nouveaux horizons. Grâce aux nouveaux usages et technologies – plateforme de partage d'information en ligne, mobilité, internet des objets, intelligence artificielle, cloud, big data, médias sociaux, etc. – les entreprises industrielles, y compris les PME, disposent de puissants leviers pour se transformer en profondeur et relever leurs défis.

Transformation des process

Nous allons d'abord vivre une transformation des process de conception. En phase de conception les enjeux majeurs auxquels sont confrontés les industriels, sont les coûts et le time-to-market. La création d'une chaîne numérique couvrant toutes les étapes de la conception d'un produit, un procédé ou une installation entière, permettra de progresser sur ces plans.

Le développement et la conception d'un produit sera suivie sur une plateforme qui permettra de visualiser le double numérique du produit et rassemblera toutes les informations relatives à chaque élément en un seul endroit. Pour cela la première étape est la mise en réseaux des outils de la modélisation 3D à la simulation numérique, en passant par la fabrication additive pour le prototypage rapide.

La conception, jusqu'alors « assistée par ordinateur », est maintenant « guidée par calculs » au travers notamment l'émergence de logiciels d'optimisation topologique et les possibilités offertes par la fabrication additive. Le conversationnel, l'interface homme machine et l'intelligence artificielle vont se renforcer en même temps que se développera la conception virtuelle, devenant ainsi le stimulant de l'imagination et de l'innovation.

La production sera optimisée dans les moindres détails. La révolution de la production sera marquée par le retour en force de la robotique, à laquelle les jeunes générations sont particulièrement sensibles. Les cobots s'adaptant de plus en plus au savoir-faire et à l'expérience de l'être humain, les interactions avec les machines « classiques » seront réduites. L'homme sera évidemment toujours indispensable dans l'industrie du futur mais la façon dont ses compétences sont mises en œuvre évolue d'ores et déjà. En plus des gains de productivité s'ajoutent des gains en qualité de vie et en sécurité au travail : ergonomie, accès à l'information en temps réel, manutention réduite au minimum, remplacement des tâches répétitives par des missions d'analyse, de supervision et de recherche de solutions. Le digital se mettra au service de l'homme pour lui donner un accès rapidement aux informations pertinentes au regard de sa tâche.

L'industrie future va être plus déterministe que probabiliste. Avec l'internet des objets et la science des données, les données invisibles qui sont généralement retirées par le mot « expérience » seront remplacées par une approche beaucoup plus déterministe en ayant les chiffres et analyses accessibles. Les outils de production pourront être suivis de près et la maintenance prédictive permettra leur optimisation et assurera les gains d'exploitation, tout comme la gestion des flux d'énergie permettra de réduire la consommation d'électricité.

La réorganisation et l'optimisation de la supply chain – connectée et analysée – et le renforcement des productions locales, grâce à de nouveaux procédés de fabrication comme la fabrication additive, garantiront un accès plus rapide au client.

Le client au centre

L'industrie du futur remet le client au centre dans le sens où l'analyse de données des produits permet de mieux le connaître et ainsi d'amélio-

191955-PAO Folio : q37 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Maurice Ricci

- Après des études d'ingénieur, Maurice Ricci intègre Renault Automation. Ensuite, c'est la création de la société HYSYS, société à l'origine du groupe AKKA.
- 1999 : Naissance du groupe AKKA Technologies et diversification dans l'aéronautique.
- Dix ans plus tard, c'est le développement en Allemagne. Suivi rapidement par la création du centre de recherche d'AKKA à l'origine de la Link and Go.
- 2011 : Achat d'Aéroconseil et l'année suivant Maurice Ricci finalise l'achat de 65 % de MB Tech.
- En 2014, AKKA devient leader européen en Technologies et d'Ingénierie. 879 millions € de chiffre d'affaires. Et Maurice Ricci est élu au Conseil d'Administration du Syntec Numérique.

rer son expérience. Les industriels pourront faire participer le client aux phases de conception via des plateformes collaboratives et ainsi produire au plus juste pour répondre au mieux au besoin avec une production à la demande. L'industrie du futur ne consiste pas à davantage automatiser mais à synchroniser en temps réel tous les éléments de la chaîne de valeur en partant du client.

La transmission instantanée de l'information devient la clef de voûte de tout le système. L'industrie du futur devra donc être protégée pour pouvoir exister. La connectivité grandissante des équipements offre une surface d'attaque importante aux individus malveillants. Les solutions que nous développons seront des systèmes « secure by design » pour garantir aux industriels la sécurité de leurs données.

Là où l'emportait la capacité analytique à segmenter, à hiérarchiser, à réduire la complexité, primeront dorénavant la capacité de résolution de problème en temps réel, l'aptitude à faire converger les savoir-faire de différents métiers et à coupler les dimensions réelles et virtuelles. Il faut faire évoluer les métiers avec les technologies à travers la formation, un vecteur important de la révolution numérique dans l'industrie. Constamment de nouveaux métiers émergent et un grand nombre de compétences sont à faire éclore, développer ou transformer. Il est nécessaire d'anticiper cet aspect pour accélérer en même temps que les technologies arrivent à maturité. Les data scientists, experts en cyber-sécurité ou encore spécialistes des bâtiments à énergie positive participeront évidemment à la transformation de nos entreprises. Il est essentiel également de faire évoluer ouvriers et techniciens, qui représentent plus de la moitié des effectifs dans l'industrie mécanique, vers des rôles de supervision de production.

Nous, acteurs du numérique évoluant dans le monde industriel, constatons malheureusement trop souvent le retard des acteurs de l'industrie face à ces changements. La compréhension de ce phénomène, qui détient le potentiel de renouveau de ce secteur et de croissance de notre pays, est primordiale pour l'accompagner et l'anticiper au mieux, avec l'ensemble des acteurs de l'entreprise.

Dans ce mouvement, on peut constater les grandes distorsions apparues entre les entreprises en fonction de leur taille. Nos grands comptes, disposant de relais et de capacités financières supérieures, ont su se mobiliser sur cet enjeu davantage que notre réseau de PME / ETI industrielles, plus traditionnelles. Si la révolution numérique a cette capacité à mettre les objets et machines en réseau, elle doit également participer à renforcer les liens entre les entreprises de toutes tailles pour pouvoir progresser ensemble. ▲

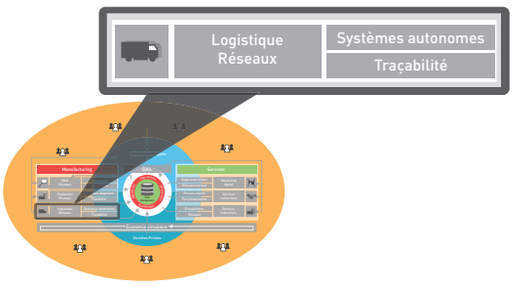
191955-PAO Folio : q38 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Cyan Magenta

La continuité numérique : pilier de la logistique du futur

Un échange de données de bout en bout, de la production à la livraison du produit. Telle est l'une des principales évolutions de la logistique dans une perspective d'Industrie du Futur. Tous les acteurs de la chaîne suivent ainsi l'évolution de la commande et alimentent la plateforme en données. De son côté, le client est informé en temps réel de la fabrication, puis de l'acheminement de son produit. Pour assurer cette continuité numérique, les outils doivent s'interconnecter.

Depuis le milieu des années 90, la transformation numérique de la logistique s'est accélérée avec le déploiement des solutions de Supply Chain Management (SCM) qui se sont peu à peu démocratisées dans l'industrie. L'informatisation des flux et l'automatisation de la logistique interne ont également progressé, grâce au développement des outils de GPAO, de PLM et à l'exploitation de nouvelles technologies d'identification comme le RFID.

« La logistique interne est un élément clé de la productivité. Digitaliser l'intra-logistique doit donc apporter un gain de productivité et également améliorer la qualité des produits, en réduisant les éventuelles erreurs d'assemblable », résume Marc Fromager, Directeur Process Automation France de Schneider Electric. Outre l'automatisation, cette digitalisation de la logistique interne passe également par la mise en place d'outils d'aides aux opérateurs. *« Nous développons ainsi depuis deux ans des plateformes numériques qui accompagnent les techniciens en les guidant, sur écran interactif, dans le choix des composants à assembler. L'outil indique par exemple dans quelles boîtes ou paniers prendre les pièces, avec la séquence de prise optimale. Cela est rendu possible grâce à l'interconnexion de ces outils avec le MES pour recevoir les données de commande »*, poursuit-on chez Schneider Electric. *« La technologie RFID permet également de valider que le bon composant a été pris à chaque étape de cette séquence. Ce type de solution augmente la rapidité d'opération et garantit que les bons composants circulent du poste de logistique vers le poste d'assemblage »*.



Pour aller encore plus loin, c'est aujourd'hui la logistique externe qui se digitalise afin de pouvoir s'interconnecter avec le reste de la chaîne. L'idée est ainsi d'interfacer les systèmes GPAO au MES, mais aussi au WMS (WareHouse Management Systems), à l'ERP et même à une solution CRM (outil de gestion client).

Ces outils sont tous en train d'évoluer pour pouvoir s'interfacer en exploitant des standards d'échanges de données tels que la nomenclature interna-

191955-PAO Folio : q39 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

tionale eclass. Dans cette interconnexion des plateformes, le MES joue un rôle central. *« Le cheminement des lots dans l'atelier ou l'usine, a été identifié dès le départ comme une des onze fonctions du MES »*, rappelle Philippe Allot, PDG d'Ordinal Software. *« D'abord centré sur la production proprement dite, le MES a été aussi conduit par ses utilisateurs à s'intéresser aux stocks d'atelier, à la fois pour être à même de gérer en temps réel les ressources matières disponibles (limitation des stocks en cours), de les optimiser et d'en assurer la traçabilité. Certains logiciels MES sont aussi capables d'optimiser les chemins suivis par les produits en fonction de contraintes : cadence de production, consommation d'énergie optimale. On parle souvent de MOM (Manufacturing Operation Management) pour ces différentes extensions de périmètre »*.

La logistique du futur sera basée sur une exploitation des données à toutes les étapes, de l'approvisionnement à la livraison chez le client, en passant par la gestion des entrepôts. C'est bien cette continuité numérique de l'ensemble de la logistique qui va permettre de réduire drastiquement les coûts de production, d'accélérer les délais de livraison, mais aussi d'améliorer la communication auprès des clients.

« Cette continuité numérique permet une plus grande transparence avec le client qui peut suivre en direct la logistique de son produit », conclut Marc Fromager. *« Par exemple : un constructeur automobile peut informer, via un site internet, que le véhicule commandé par un client est à telle phase de sa fabrication et qu'il lui sera bien livré à la date prévue. Cela est encore embryonnaire, mais développer ce suivi en temps réel représente résolument l'avenir de la logistique »*.

Quand la logistique s'intègre à la production

Le numérique permet d'échanger facilement des informations de la fabrication du produit vers sa livraison. Mais la circulation de la donnée peut également s'effectuer en sens inverse : de la livraison vers la production. Cela nécessite la mise en place d'une continuité numérique entre les outils commerciaux du réseau de distribution, où sont réalisées les prises de commande, et le MES. L'idée est de synchroniser la production sur la livraison, en suivant en temps réel l'avancée des opérations.

Un des exemples les plus probants de ce type d'approche est celui de Schmidt Group. Cette entreprise alsacienne fabrique et distribue des meubles pour cuisines et salles de bains (Cuisines Schmidt, Cuisinella entre autres). Chaque cuisine ou salle de bains étant unique, Schmidt travaille « à la commande ». Le groupe lance donc sa production en fonction des meubles réalisés avec le client final dans ses magasins et aussi en fonction du planning de logistique qui en découle. *« C'est notre logistique externe qui pilote la production, grâce à une interconnexion entre le LES (Logistic Execution System) et le MES qui échangent d'énormes quantités de données »*, explique Olivier Offner, Directeur Technique.

Concrètement, un vendeur va réaliser la cuisine ou la salle de bains avec son client sur un logiciel de design 3D. Le modèle numérique des meubles va ensuite être envoyé au LES qui va établir un planning de la logistique, notamment la tournée des camions de livraison. Le LES va également générer un délai de livraison. Toutes ces informations, le modèle numérique des meubles et le planning logistique, sont ensuite envoyées au MES. *« Le MES est le chef d'orchestre qui synchronise tout ce qui se passe dans l'usine. Il permet de mettre à jour notre planning de production tous les quarts d'heures, en réinjectant éventuellement des commandes. Il peut en effet y avoir des délais de livraison très courts demandés par le client »*, poursuit le responsable.

Côté production, le groupe a largement automatisé ses procédés. Il a notamment robotisé l'ensemble de ses opérations de tri de composants à assembler. Pour le suivi de sa logistique externe, Schmidt a déployé une application mobile, utilisable sur PDA, à destination de ses équipes comme de ses partenaires. Elle permet de partager les données de fabrication puis de livraison entre tous les acteurs de la chaîne, du site de production jusqu'au point de livraison. Cette solution offre une plus grande réactivité en cas d'incident, comme la perte d'un colis ou la détérioration d'un produit durant son transport, indique le groupe.

Depuis deux ans, ce pilotage de la production par la logistique a été généralisé sur l'ensemble des usines du groupe, qui en compte une en Allemagne et quatre en France.

191955-PAO Folio : q40 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Amazon mise sur une organisation « aléatoire » de ses entrepôts

L'exploitation avancée de la donnée en logistique permet également d'imaginer de nouveaux modèles de gestion des entrepôts. Pour réduire ses délais de livraison, Amazon a ainsi mis en place depuis deux ans un système assez atypique d'organisation de ses sites. Un système notamment déployé en France sur le site de Montélimar du géant américain de l'e-commerce. *« Nous avons 200 millions de références sur notre site et nous disposons en France de 240 000 m² d'espace de stockage dans nos quatre centres logistiques. Nous essayons constamment d'optimiser les opérations de picking. Ce qui étonne souvent les visiteurs, c'est notre mode de stockage aléatoire »*, expliquait Olivier Pellegrini, directeur du site drômois d'Amazon, lors du dernier salon Industries de Lyon. *« Le principe est de mélanger dans une même zone tous types d'articles, par exemple des livres, des téléphones, des sachets de bonbon, etc. Cela permet de mélanger des gros et des petits articles et ainsi d'optimiser au maximum l'occupation du volume de stockage. Cela suppose que derrière, nous exploitions des systèmes capables de gérer des données complexes. Des algorithmes vont indiquer au préparateur de commande qu'il doit se rendre à tel ou tel endroit, en fonction de ce rangement aléatoire »*.

Le fait d'organiser ses entrepôts avec des produits variés, répartis à différents endroits, permet également à Amazon de réduire les distances parcourues par les préparateurs. Au final, l'objectif est bien entendu d'accélérer au maximum les délais de livraison, ce qui est un des principaux arguments commerciaux du numéro un mondial de l'e-commerce.

« Le client veut aujourd'hui des articles livrés en quelques heures. Depuis 2016, nous proposons un service à Paris qui garantit une livraison en moins de deux heures. Pour parvenir à ces délais de livraison très courts, il faut être capable de remettre en cause ses process et de traiter beaucoup de données », conclut-il. ▲

191955-PAO Folio : q41 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Logistique : l'intelligence des robots se développe grâce à la donnée

Des AGV aux robots mobiles « intelligents », les systèmes autonomes dédiés à la logistique évoluent vers toujours moins de programmation humaine. Capables de prises de décisions évoluées, ils s'orientent désormais sans infrastructure spécifique et développent de nouvelles fonctions au-delà du transport.

L'idée d'optimiser la logistique grâce à la robotique date du siècle dernier. Dans les années 50, l'industrie automobile a commencé à exploiter des véhicules à guidage automatique (AGV) pour acheminer des pièces de véhicules dans les lignes de production et d'assemblage. Le principal bénéfice étant d'accélérer les cadences de production. L'évolution de ces engins autoguidés a ensuite permis de décliner leur usage dans d'autres industries comme l'agroalimentaire, l'aéronautique ou la santé.

Outre l'appareil de production, ces robots se sont également développés en entrepôts, améliorant là aussi la cadence de traitement des commandes, tout en réduisant la pénibilité du travail des magasiniers. Un domaine d'application qui connaît un essor encore plus important avec le développement du commerce en ligne. Le leader du secteur, Amazon, exploite ainsi plus de 15 000 machines dans ses entrepôts, après le rachat en 2012 de la société de robotique Kiva pour 777 millions de dollars.

Parallèlement, l'offre s'est considérablement étendue, passant de l'AGV acheminant des pièces de tailles réduites à de larges plateformes dédiées au transport de charges lourdes, en passant par des chariots élévateurs autonomes ou les robots mobiles intégrant un bras articulé *(lire notre volet sur l'opérateur augmenté et le projet européen de recherche Stamina).*

D'une manière générale, ces engins ont gagné en autonomie, avec de moins de programmation humaine et des capacités de décisions plus évoluées. D'engins autoguidés, ils évoluent ainsi vers des systèmes « intelligents ». Les AGV cédant ainsi la place aux AIV (Autonomous Intelligent Vehicles). Ces derniers sont capables de s'adapter à des environnements changeants, d'évoluer en toute sécurité au milieu d'opérateurs et de travailler sur plusieurs cellules de production (chargement de pièces à plusieurs points et livraison à plusieurs points en une seule boucle).

Mais toutes ces évolutions sont rendues possibles grâce à la donnée. Les machines de dernière génération exploitent une plus grande variété de data, qu'elles traitent avec des technologies inspirées de l'intelligence artificielle.

La donnée réduit les infrastructures de guidage

Le premier défi est de permettre aux engins de s'orienter dans un environnement complexe, composé de stocks de produits, d'opérateurs humains et d'autres machines. Les premiers AGV évoluaient sur un parcours fixe en suivant un repère au sol comme un fil électrique ou une bande magnétique. Progressivement, cette infrastructure de guidage s'est allégée en exploitant des repères optiques, telle qu'une bande peinte sur le sol. Dans les deux cas, l'engin suit un parcours établi, comme un train sur ses rails, sans pouvoir s'en écarter.

Pour plus de flexibilité, des systèmes dits de « navigation libre » permettent au porteur de s'écarter ponctuellement de son parcours, avant d'y revenir. Il peut ainsi, par exemple, contourner un obstacle, plutôt que de s'arrêter. Pour appréhender son environnement, il peut repérer des réflecteurs placés sur les murs grâce à un scanner laser. Des capteurs sur les roues vont également lui permettre de mesurer la distance parcourue et ainsi de se positionner sur son parcours.

> *Les dernières générations de robots se passent totalement d'infrastructure dédiée pour se repérer dans l'espace.*

191955-PAO Folio : q42 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigkita

Les robots mobiles peuvent travailler ensemble et développer de nouvelles fonctions de groupe.

Les dernières générations de robots se passent totalement d'infrastructure dédiée pour se repérer dans l'espace. La donnée remplace ainsi toute balise physique. C'est le principe du SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), navigation libre basée sur la « reconnaissance des contours ». Le robot utilise notamment son scanner laser pour appréhender son environnement et le comparer en temps réel avec une carte numérique. C'est cette comparaison, entre ce qu'il perçoit et la carte existante, qui lui permet de se repérer. *« Le robot peut par exemple reconnaître des formes, comme celle d'un mur, qui vont lui servir de repères »*, explique Guy Caverot, directeur innovation & robotique chez BA Systemes.

La carte du terrain est quant à elle réalisée en amont avec la possibilité d'intégrer plusieurs niveaux de hauteur. *« Nous réalisons la carte 2D en déplaçant manuellement le robot une première fois dans l'usine, afin de réaliser ce repérage »*, indique Christian Verbrugge, directeur Conseil et Innovation chez Kuka. Le tracé de la carte est également complété par d'autres informations. *« Le premier passage du robot permet d'obtenir un nuage de points de l'environnement. Ce nuage est édité dans un outil dédié où nous ajoutons des données complémentaires comme par exemple les vitesses autorisées sur chaque portion, des zones interdites ou encore des lignes virtuelles à suivre. C'est un peu comme intégrer un code de la route à la carte »*, explique Jean-Michel Bombar, Country sales manager chez Omron (ex-Adept).

Au final, le robot logistique ressemble donc de plus en plus à une voiture autonome, comme celle en cours de développement chez Google. À l'instar de cette voiture du futur, les robots logistiques possèdent de plus en plus de capteurs pour exploiter un plus grand nombre de données. Outre le scrutateur laser, les codeurs sur les roues ou l'accéléromètre, le robot peut aussi embarquer des caméras couplées à des applications d'analyse d'images. C'est le croisement de toutes ces données qui lui permet de s'orienter avec un maximum de précision. *« C'est aujourd'hui grâce à la fusion des données multiples, un principe issu des analyses mathématiques, que les robots s'orientent dans un environnement complexe. Nous sommes passés de l'ère de la mono-data à celle de la multi-data »*, résume Guy Caverot.

Une connexion au superviseur, au MES, au WMS, à l'ERP...

Les robots logistiques échangent très régulièrement des données, environ toutes les 2 secondes, avec leur « superviseur ». Cette plateforme logicielle gère à distance le trafic entre les différents véhicules, afin d'éviter les embouteillages et les collisions. Le superviseur va par exemple déterminer des engins prioritaires et indiquer à certains de changer d'itinéraire, de ralentir, etc. La ten-

191955-PAO Folio : q43 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Sigma

dance est aujourd'hui de réduire l'utilisation de ces superviseurs pour intégrer un maximum de prises de décision au niveau du robot lui-même. *« Au lieu de lui donner toute la marche à suivre, nous indiquons simplement au robot qu'il doit réaliser telle ou telle opération. C'est lui qui décide ensuite comment s'organiser, en optimisant notamment son parcours »*, indique Christian Verbrugge.

Autre tendance : connecter le robot à d'autres plateformes logicielles. Il peut ainsi échanger des données avec le MES, avec une solution de gestion des entrepôts (Warehouse Management System – WMS) ou même l'ERP de l'entreprise. Ces échanges peuvent s'effectuer sous la forme de messages en mode texte, selon le protocole Telnet. *« Avec ce type de connexions, les tâches de robots peuvent être organisées automatiquement en fonction d'informations collectées en temps réel sur les pièces à déplacer, les matériaux à utiliser, les stocks à gérer, etc. En sens inverse, le robot peut aussi envoyer des comptesrendus au MES, au WMS ou à l'ERP, pour assurer la traçabilité des produits et matériaux »*, souligne-t-on chez BA Systems. Tous ces échanges de données sont assurés par communication radio, via un réseau Wi-Fi installé dans l'usine ou l'entrepôt.

Vers des robots multifonctions

Outre gagner en autonomie dans son orientation, le robot logistique développe également de l'intelligence au niveau de tâches plus complexes qui lui sont confiées. *« Depuis un an, nous menons des travaux de recherche avec l'École nationale supérieure des arts et métiers (Ensam) de Lille, autour du développement du machine learning sur les robots, et notamment les AGV. L'idée est de permettre au robot d'apprendre à reconnaître des pièces, grâce à la reconnaissance de formes, pour être capable de les trier tout seul et ainsi de préparer les commandes avant de les livrer »*, confie Christian Verbrugge.

Le robot peut également vérifier la charge qu'il doit porter. Pour son fret, Air France Cargot utilise ainsi des AGV capables de lire des tags RFID sur des palettes. Ces étiquettes électroniques intègrent des informations sur la

charge que contient la palette (type de produits, poids, volume, etc.). *« Ces informations permettent de s'assurer que l'AGV prend la bonne charge, au bon moment et l'emmène au bon endroit »*, résume Guy Caverot.

Au-delà du transport, le robot peut servir d'opérateur de mesure pour collecter des données sur le terrain, comme un degré d'hydrométrie ou une température ambiante. Cela est déjà utilisé dans l'industrie agroalimentaire pour vérifier le maintien de la chaîne du froid. Grâce à l'évolution des technologies de reconnaissances de forme, il peut également assurer des opérations de contrôle qualité. Dans sa toute nouvelle usine de Méaulte (Somme), inaugurée cette année, le groupe Stelia Aeropsace exploite des robots logistiques vérifiant la qualité des pièces. Ils scannent au laser les pièces à assembler et comparent le résultat avec le modèle 3D d'origine, afin de repérer un éventuel défaut.

Enfin, les robots mobiles peuvent travailler ensemble et développer de nouvelles fonctions de groupe. C'est le principe du « drone industriel autonome » Atlas, développé par Segula Technologies. Ces robots sont principalement destinés à remplacer les lignes d'assemblage traditionnelles dans l'industrie automobile. Quatre Atlas vont ainsi porter une voiture durant sa fabrication en l'acheminant d'une cellule de production à une autre. Plutôt que de faire avancer un châssis sur une ligne de production, les drones peuvent transporter le véhicule de manière non linéaire dans un bâtiment. Cela permet d'alléger l'infrastructure de production et de gagner en flexibilité. *« Ce type de produit devrait arriver sur le marché d'ici un à deux ans »*, nous confiait récemment Franck Vigot, président du département automobile, chez Segula Technologies. ▲

191955-PAO Folio : q44 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

De nouvelles données pour la traçabilité du futur

Avec le développement des technologies Data Matrix et surtout RFID, la traçabilité dispose de nouvelles données, au-delà du simple identifiant de lot. Il est désormais possible de suivre un produit individuel et d'intégrer dans une étiquette électronique les étapes de sa fabrication, puis de sa distribution. Et grâce à l'IoT, la localisation des produits à l'international devient de plus en plus simple.

Savoir en détail où, quand et comment a été fabriqué chaque produit. Telle est l'ambition de la traçabilité de l'Usine du futur. Cela signifie la mise en place d'outils d'identification individuelle, en alternative à une traçabilité par lot, et de solutions de contrôles de sécurité et de qualité tout au long de la fabrication. Et l'accès à l'ensemble de ces données doit tendre vers le temps réel. À la clé : la possibilité de retrouver plus facilement un produit, par exemple pour le rappeler en cas de défaillance.

Par essence, cette traçabilité évoluée exploite de grandes quantités de donnée, celles servant à identifier chaque produit et celles servant à indiquer ses conditions de fabrication et son parcours de distribution. Côté plateforme informatique, c'est le MES qui va servir à orchestrer cette traçabilité en centralisant les informations collectées sur sa base de données. Ensuite, les systèmes logistiques, comme les outils de WMS (Warehouse Management System) et de SCM (Supply Chain Management), peuvent prendre le relais. Et en bout de chaîne, l'IoT offre de nombreuses perspectives pour savoir précisément où est le produit après sa livraison (lire ci-après).

Mais cette digitalisation de la traçabilité passe également par une évolution des supports d'identification, qui délaisse le code-barres historique, pour s'orienter vers le code 2D « Data Matrix » et ensuite la RFID (Radio Frequency Identification).

« La grande tendance du marché est déjà d'évoluer vers le Data Matrix, même si c'est la technologie RFID qui offre le plus de potentiel dans une perspective d'Usine du futur », indique Florent Poitrine, responsable produits identification et mesure chez Sick. La principale évolution réside dans la quantité de données pouvant être stockées sur ces différents types d'identifiants. Un code-barres permet ainsi simplement de stocker un identifiant de lot. En passant au Data Matrix, il est déjà possible d'ajouter d'autres informations, notamment un numéro de série et une date de fabrication. Cette capacité à embarquer des données spécifiques à chaque pièce ou produit, est le principal atout des codes Data Matrix. De plus, ce type de code intègre les informations en redondance, c'est-à-dire que les données sont imprimées à plusieurs endroits du code. Si une partie du code est altérée, où s'il y a une perturbation lumineuse dans la lecture, l'information pourra donc être lue sur une autre partie. Cela n'est pas le cas avec un code-barres classique.

La technologie RFID, basée sur des étiquettes électroniques radio (tags), permet de stocker encore davantage d'informations. Un tag RFID classique dispose ainsi d'une mémoire capable d'accueillir jusqu'à 4 000 caractères. Et comme il s'agit d'une mémoire électronique, ces informations peuvent être facilement mises à jour durant toute la vie du produit, en enregistrant des données complémentaires sur cette mémoire. *« Par rapport au code-barres, même en Data Matrix, l'un des avantages de la technologie RFID est sa capacité d'écriture sur l'identifiant. Chaque opération de fabrication peut ainsi être aisément ajoutée dans la mémoire du tag, au fur et à mesure de sa production. Par exemple : à telle heure, à tel jour, cette pièce est passée dans tel bain… La RFID permet d'élaborer une véritable carte d'identité de chaque produit »*, poursuit Florent Poitrine.

Lecture à distance, en aveugle et en volume

La technologie RFID représente le support idéal pour la traçabilité du futur également pour ses avantages en matière de lecture des données. *« La technologie RFID permet de lire des étiquettes électroniques (Tag) placées sur des objets avec trois principaux avantages : la lecture en aveugle, à distance et en volume »*, résume Jean-Christophe Lecosse, Directeur Général du Centre National RFID (CNRFID). La « lecture en aveugle » signifie que l'étiquette peut être lue sans contact visuel direct, par exemple à travers un carton ou une palette. Par lecture à distance, on entend la possibilité de lire les étiquettes avec un capteur situé à plusieurs mètres.

191955-PAO Folio : q45 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

La technologie RFID étant une technologie de communication radio, les ondes radio peuvent bien évidemment traverser la matière, comme le carton ou le bois. Initialement, des dérèglements du signal pouvaient survenir si le tag était en contact avec du métal ou de l'eau. *« Ces contraintes sont largement en train de disparaître. Des tags spécifiques pour le métal sont désormais disponibles. Concernant l'eau, les technologies comme l'UHF ou la HF sont fortement perturbées, par exemple il est encore difficile de faire fonctionner un tag RFID accroché sur une charge à forte concentration d'eau »*, précise Florent Poitrine.

La lecture en volume signifie que le lecteur RFID peut traiter plusieurs centaines de tags en même temps. *« Cela permet de gagner beaucoup de temps en logistique et surtout de l'automatiser. Un portique RFID pourra, par exemple, identifier de manière instantanée tous les colis stockés sur une palette allant dans un camion, sans devoir les manipuler »*, souligne Jean-Christophe Lecosse.

Parmi les principaux exemples de déploiement de la technologie RFID figure : Decathlon. Après des premiers tests réalisés en 2010, l'enseigne française de distribution d'articles de sport a généralisé l'usage de la RFID en 2014 dans l'ensemble de son réseau. *« La technologie RFID nous permet d'améliorer le contrôle qualité par une lecture instantanée de cartons fermés. Par ailleurs, elle améliore la vitesse et le confort de travail des opérateurs en logistique, qui n'ont plus à manipuler les colis à la recherche du code-barres »*, explique Charles de Lachaise, chef de projet et solutions RFID chez Decathlon.

Aujourd'hui près de 95 % des produits de l'enseigne sont tagués en RFID et l'objectif est d'atteindre *« dès que possible »* les 100 %.

La traçabilité grâce à l'IoT

L'Internet des objets offre de nombreuses perspectives en matière de suivi du produit après sa commercialisation. Contrairement à la technologie RFID, il n'est pas nécessaire de déployer un réseau de communication sur site pour connecter des objets via un réseau IoT. Les réseaux dédiés à l'internet des objets couvrent des pays entiers, comme les réseaux de téléphonie mobile.

« Une couverture radio internationale est un atout pour développer l'IoT pour la logistique et la traçabilité. Vous pouvez ainsi facilement suivre un produit transitant entre plusieurs sites dans plusieurs pays », explique Patrick Cason directeur commercial France de Sigfox, spécialiste français des réseaux bas débits pour l'IoT. Son réseau couvre aujourd'hui 32 pays, avec comme objectif d'atteindre les 60 pays en 2017.

Comme pour la RFID, des limites techniques existent autour des réseaux IoT, mais elles sont totalement assumées par les opérateurs. Les réseaux de l'IoT, qu'il s'agisse de celui de Sigfox, ou de ceux basés sur la technologie concurrente LoRaWan, sont des réseaux bas débits à longue portée et à faible coût. Ils ne sont donc pas prévus pour acheminer de grandes quantités de données.

> *L'Internet des objets offre de nombreuses perspectives en matière de suivi du produit après sa commercialisation.*

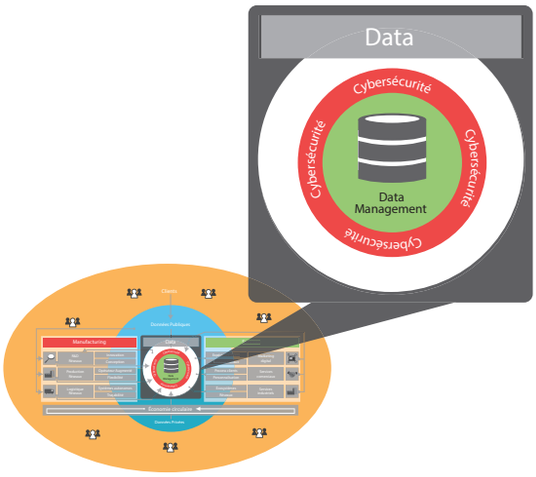
Sur le réseau Sigfox, il est ainsi possible d'échanger chaque jour jusqu'à 140 messages, soit un message toutes les dix minutes, d'une capacité de 12 octets montant et 8 octets descendants. *« Cela est suffisant pour transmettre l'identifiant de l'objet, sa position GPS, le niveau de sa batterie et un relevé de mesure d'un capteur, par exemple la température ambiante »*, souligne Patrick Cason. *« Pour certains produits sensibles à la température, notamment dans l'aéronautique, cette mesure de contexte peut être très intéressante pour vérifier qu'il n'y a pas eu d'écart de température sur la chaîne logistique »*.

Autre mesure pouvant être transmise : l'accélération de l'objet. *« Cela permet d'identifier une accélération non conforme à la manipulation normale du produit, par exemple de savoir qu'un colis a été lancé un peu trop violement dans un camion à tel endroit à telle heure »*, poursuit le responsable.

Parmi les cas clients de Sigfox figure Airbus. Depuis le printemps 2017, le groupe aéronautique exploite l'IoT pour suivre en temps réel une dizaine de milliers d'emballages recyclables contenant des pièces détachées d'avions. Les paquets transitent entre plusieurs entrepôts répartis sur 16 sites en Espagne, en France, au Royaume-Uni et en Allemagne. Le système logistique va repérer les colis à distance que ce soit en in-door ou en out-door avec une précision d'une vingtaine de mètres, précise-t-on chez Sigfox. *« Airbus peut ainsi visualiser où sont ses pièces détachées, en recevant trois informations : l'identifiant du colis, sa localisation et le niveau de batterie du capteur que nous envoyons systématiquement pour s'assurer du bon fonctionnement du dispositif. Cela permet de limiter les pertes de pièces et d'optimiser les flux »*, conclut Patrick Cason. ▲

191955-PAO Folio : q46 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
Couleur : Sigokta

191955-PAO Folio : q47 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta



Data

Le CD devait être l'aboutissement de la numérisation, après les vinyles. Un nouveau monde était né, celui de la musique numérique, des 0 et 1 pour The Rolling Stones et Richard Wagner. Et puis, quelques petites dizaines d'années plus tard, difficile de trouver/maintenir un lecteur de CD. Et en 2020, il reste possible que soient encore commercialisées quelques platines vinyles, et aucun lecteur de CD.

Une révolution qui aura néanmoins permis de revendre les mêmes musiques, de Satisfaction au Vaisseau Fantôme en format CD à ceux qui possédaient les vinyles, et qui maintenant payent une version dématérialisée…

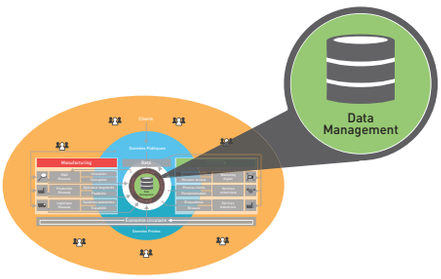
Un exemple pas très éloigné des contraintes industrielles. Les entreprises se retrouvent face à un volume exponentiel de données, à traiter, à sauvegarder, à lire… et à devoir pouvoir relire dans des années.

En route pour le « Data Management ».

191955-PAO Folio : q48 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Cyan Magenta

Smart Data Management pour ne pas crouler sous la donnée

Qu'est-ce qu'une gestion « intelligente » des données industrielles ? Elle passe par une sélection des données les plus pertinentes à traiter, un nettoyage des bases de données et l'utilisation d'outils d'analyse en phase avec le projet de l'entreprise. Une approche pragmatique qui n'interdit pas d'étendre progressivement le périmètre d'exploitation de la data.



La digitalisation de l'appareil de production entraîne une croissance exponentielle du volume de données à gérer. Se contenter d'archiver l'ensemble de la data, en vue d'un traitement ultérieur, se révèle donc rapidement une impasse. De son côté, l'approche Big Data, basée sur l'analyse de gros volumes de données, ne suscite pas encore une adhésion massive dans l'industrie. Parmi les freins : le transfert de données dans le Cloud qui reste souvent incontournable pour faire tourner les technologies Big Data. Or, les industriels restent assez peu enclins à externaliser leurs données.

Dans ce contexte, le « Smart Data Management » s'impose comme une réponse pertinente à cette problématique de la gestion de la donnée industrielle. Son principe général est de n'exploiter que les données les plus pertinentes. Reste à savoir comment les sélectionner.

Selon les fournisseurs de solutions, une première étape consiste à préciser clairement le projet de l'entreprise, en définissant un ou plusieurs axes prioritaires : réduction de la consommation énergétique, augmentation de la disponibilité, amélioration de la qualité produit… L'industriel peut également choisir de tester une technologie spécifique comme par exemple la maintenance prédictive. Pour fixer les priorités du projet, il est également recommandé de prendre en compte les données déjà disponibles chez l'industriel. *« Nous allons explorer les données disponibles en identifiant les plus exploitables, par exemple celles qui sont structurées, historisées et où il sera relativement facile d'estimer des valeurs manquantes »*, explique Samuel Blanquet, « manufacturing lead » chez SAS Software.

Cette première étape va permettre de se concentrer sur certaines données prioritaires, avant d'étendre le périmètre d'analyse. *« Pour améliorer la performance énergétique et la compréhension du procédé industriel,*

191955-PAO Folio : q49 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Sigma Digital

nous allons commencer par traiter les données issues des équipements les plus énergivores et les pans de process les plus sensibles puis nous allons étendre progressivement le périmètre d'étude », explique ainsi Olivier Ouazana, Directeur Business Unit Industries de GreenFlex, société spécialisée dans les solutions en développement durable.

Même principe chez Braincube, éditeur solution de de management de la performance industrielle. *« Nous commençons par exploiter les données des lignes de production, puis nous étendons le traitement à l'ensemble de la data disponible, le contrôle qualité, les données du MES, du contrôle commande, de la supervision ou même les comptes rendus d'inspection des techniciens de maintenance »*, explique Laurent Laporte, co-fondateur.

Dans le cas d'une amélioration de la disponibilité de l'outil de production, une analyse des historiques de maintenance permet d'identifier les équipements à surveiller en priorité. Les fabricants d'équipements peuvent aussi conseiller leurs clients sur les données les plus pertinentes à exploiter sur leurs équipements. *« Les fabricants possèdent une connaissance approfondie des données critiques permettant de surveiller le bon fonctionnement de leurs équipements. Ils peuvent par exemple indiquer de suivre certaines données de température, de courant ou de vibration, afin de vérifier que la machine ne dérive pas par rapport à son fonctionnement normal. Cela est particulièrement utile dans le cadre de services de maintenance prévisionnelle »*, explique Laurent Mismacque, directeur Plant Data Services MindSphere, chez Siemens France.

Nettoyer les bases de données

Une gestion « intelligente » de la data passe également par une phase de vérification de la data. L'objectif est ici d'identifier les données erronées ou manquantes, pour les corriger ou les compléter. Parmi les données aberrantes, il y a par exemple celles dont la valeur est excessive, c'est-à-dire très éloignée des valeurs moyennes enregistrées dans les historiques. Il y a également les valeurs normalement impossibles à atteindre, comme par exemple une consommation en énergie qui dépasse la capacité de l'usine. Autre exemple : des données de température qui restent constantes pendant plusieurs jours alors qu'elles sont toujours variables. Cela signifie en général que le capteur était bloqué sur cette période. Parmi les causes d'altération des données : des opérations de maintenance, un capteur mal installé ou encrassé, une saturation du réseau de communication qui bloque ponctuellement la collecte.

> *« L'humain pourrait voir son rôle évoluer rapidement à mesure que les technologies d'intelligence artificielle (IA) évoluent, »*

Des outils logiciels permettent d'analyser les bases de données afin de repérer ces data erronées ou manquantes. *« Nous allons travailler par rapport aux historiques afin de déterminer des règles de bon fonctionnement et ainsi repérer les écarts avec ces règles »*, résume Samuel Blanquet. Ensuite, les données peuvent être corrigées ou reconstruites. Ce travail complexe est réalisé par des analystes spécialisés dans le traitement de la data (data analyst, data scientist, etc.). Mais des outils de plus en plus évolués devraient rapidement automatiser cette tâche. C'est notamment l'objectif du projet de R & D : « Tideme » (Traitement intelligent des données énergétiques manquantes ou erronées) mené par Automatique & Industrie avec le soutien de l'Ademe.

Lancé en 2016, ce projet vise à créer une brique logicielle qui va détecter et corriger automatiquement les données énergétiques absentes ou faussées. *« Des algorithmes vont étudier automatiquement les historiques de données afin de déceler des variables suspectes. Ensuite, ces données peuvent être corrigées ou reconstruites, grâce à des outils de Data Mining »*, explique Matthieu Hauck, Ingénieur Docteur R & D / Datasciences, chez Automatique & Industrie.

Surveiller le bon fonctionnement des machines

Après la collecte sélective et la validation des données, un traitement « smart » de la data passe par un choix pragmatique du niveau de complexité des outils d'analyse. Autrement dit, il n'est peut-être pas nécessaire de se lancer dans de l'« analytique avancée », si l'on cherche simplement à mieux monitorer sa production. Les fournisseurs de solutions recommandent en effet d'avancer étape par étape et d'exploiter des outils adaptés à leurs besoins.

Une première étape peut être d'exploiter simplement les données pour réaliser du « condition monitoring ». *« Le principe est de définir des seuils correspondant au bon fonctionnement des machines. Par exemple la quantité de courant réclamée par un moteur. Si ce seuil est dépassé, une alerte est lancée automatiquement permettant à l'industriel d'être plus réactif et d'éviter une éventuelle panne »*, rappelle Laurent Mismacque, de Siemens France. Ce premier niveau de traitement des données va déjà

191955-PAO Folio : q50 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

permettre d'améliorer la disponibilité de l'outil de production. Il peut aussi améliorer la qualité du produit. *« Lorsqu'il y a une dérive trop importante d'un équipement par rapport à un fonctionnement normal, la qualité des produits est impactée ainsi que l'usure de la machine »*, souligne-t-on chez Siemens.

Un second niveau d'analyse consiste à exploiter ces données pour de la maintenance prédictive. Il s'agit d'une analyse encore plus fine des données en provenance des équipements, en traitant notamment des signaux très faibles, comme des petits à-coups mécaniques. Ces données vont être croisées avec les historiques de maintenance, notamment ceux des logiciels de GMAO, afin d'identifier les prémisses d'une panne. Le dysfonctionnement peut ainsi être prédit plusieurs jours, voire plusieurs semaines à l'avance, selon les types d'industries. Les modèles prédictifs, d'abord construits sur les historiques, sont régulièrement mis à jour avec des données nouvelles afin de maintenir leur performance (lire notre volet sur la maintenance prédictive).

Les algorithmes mathématiques pour améliorer la performance

Un niveau d'analyse encore supérieur consiste à optimiser l'appareil de production en cherchant le meilleur scénario de fabrication, selon les critères choisis (le moins consommateur en énergie, le plus productif, la meilleure qualité produit, etc.). Les algorithmes mathématiques sont au cœur de cette recherche. Par exemple : pour déceler des anomalies, un algorithme de « régression linéaire » est très souvent utilisé. Il va travailler sur les corrélations entre différents états d'une même mesure. Pour le traitement des vibrations, les « séries de Fourier » sont régulièrement employées, car elles permettent d'analyser des phénomènes périodiques.

Concrètement, ces solutions d'optimisation sont installées sur le système d'information industriel et vont surveiller l'outil de production en continu pour trouver des pistes d'optimisation. *« Très rapidement nous détectons les premières pistes d'améliorations et nos algorithmes s'affinent, mois après mois, en améliorant leur connaissance du procédé de nos clients »*, indique Louis Jauneau de Greenflex. Ces systèmes vont donc comparer les nouvelles données collectées avec celles des historiques disponibles, pour trouver le moment où la production a été optimale. Ils vont également agréger des données externes, comme la température ou l'humidité atmosphérique, qui peuvent avoir un impact sur les conditions de production.

« Nos algorithmes étudient les données en cherchant les facteurs qui ont le plus d'influences sur la performance et en les classant par ordre d'importance », explique Laurent Laporte de Braincube. *« Un simulateur de l'appareil de production, ou jumeau numérique de performance, sert ensuite à tester des optimisations possibles. Ce sont les ingénieurs qui sélec-*

Source Braincube

191955-PAO Folio : q51 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

tionnent les facteurs qui leur semblent les plus pertinents. Et, ensuite, nous leur envoyons des recommandations sur les meilleurs réglages. L'ingénieur garde son rôle d'interprétation des résultats, mais nous l'aidons à traiter les données et à analyser les résultats ».

L'humain reste incontournable... pour l'instant

Ces outils d'optimisation sont basés sur une « approche combinée », mêlant le traitement humain et celui de la machine. Pour être performants, les outils de data mining et de data analytics doivent en effet être bien paramétrés. Une partie importante du travail d'un data analyst ou d'un data-scientist consiste à trouver les bons algorithmes pour chaque cas de figure. *« Le data-scientist travaille avec les équipes du métier afin de bien comprendre le contexte dans lequel les données ont été collectées. Cela lui permet d'orienter ses travaux d'analyse, mais aussi ses conclusions »*, souligne Samuel Blanquet de SAS Software.

Même son de cloches chez Greenflex. *« C'est une co-construction basée sur une collaboration étroite entre les data-scientist et les acteurs industriels »*, confirme Louis Jauneau. *« Nous travaillons avec des ingénieurs spécifiques à chaque filière (agroalimentaire, automobile, aéronautique, santé, etc.). Chaque métier est différent, et il faut donc en tenir compte pour l'analyse des données ».*

Pour appliquer les recommandations d'optimisation, l'humain reste aussi incontournable. En fin de parcours, ce sont toujours les opérateurs et les techniciens qui mettent en place les consignes sur l'outil de production. L'avenir serait cependant d'envoyer directement aux équipements les ordres de fabrication, ou certains paramètres de maintenance. L'humain n'aurait alors plus qu'un rôle de supervision. *« Il s'agira vraiment de l'usine intelligente, avec des instructions envoyées directement par notre plateforme au contrôle-commande. Des premiers prototypes vont être mis en place dès cette année dans plusieurs grands groupes internationaux »*, confie Laurent Laporte de Braincube.

Quand l'intelligence artificielle donne la marche à suivre

Même au niveau de l'analyse des données, l'humain pourrait voir son rôle évoluer rapidement à mesure que les technologies d'intelligence artificielle (IA) évoluent, ces dernières permettant d'augmenter les capacités humaines, en particulier dans la prise de décision et l'analyse de cas complexes. *« Les techniques d'analyse de données exploitant l'intelligence artificielle vont rapidement s'imposer car le traitement mathématique traditionnel ne suffira plus »*, prédit ainsi Serge Bonnaud, responsable technique industrie pour l'Europe chez IBM.

L'IA apporte un niveau de raisonnement capable de déduction. Elle est ainsi censée pouvoir générer elle-même des instructions de maintenance ou des recommandations d'optimisation. *« Nous exploitons déjà des moteurs prescriptifs, basés sur notre plateforme cognitive Watson, capables de proposer des recommandations pour les activités de diagnostic et de réparations dans le métier de la maintenance »*, poursuit-on chez IBM. Le groupe américain développe ainsi des « assistants virtuels intelligents » à destination des opérateurs de maintenance. Ces outils vont notamment analyser la documentation technique des équipements et les historiques de maintenance pour proposer des recommandations en fonction du problème rencontré, le tout en langage naturel grâce à des assistants conversationnels *(lire notre volet sur la maintenance prédictive)*.

L'IA va également servir à surveiller l'outil de production et détecter les problèmes de qualité au plus tôt, maximiser la performance des usines ou la disponibilité des équipements. Depuis avril 2017, IBM et plusieurs fournisseurs d'équipements industriels se sont ainsi rapprochés pour développer des applications industrielles exploitant Watson afin de détecter des défauts de qualité sur une ligne industrielle ou détecter des patterns au plus tôt pouvant amener à une panne. Concrètement, des images en temps réel des produits en cours de fabrication sont fournies pour être analysées par la plateforme. La solution peut ainsi alerter le fabricant sur des défauts visuels, même non visibles par l'œil humain, lors des phases de fabrication ou d'assemblage.

« Ces technologies cognitives dans l'industrie combinent trois grands principes : l'apprentissage autonome (machine Learning), une interaction homme-machine basée sur le langage naturel et la gestion d'un corpus de connaissance, par exemple la manipulation de données complexes décrivant un équipement pour assurer sa maintenance », résume Serge Bonnaud.

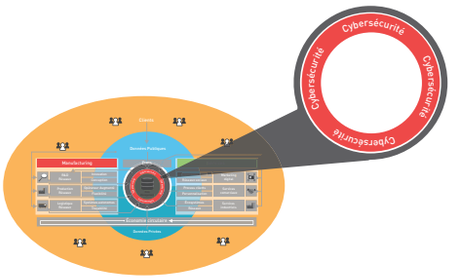
Même si elle offre un niveau de raisonnement supérieur, l'IA ne s'oppose pas forcément aux autres types d'analyses, conclut-on chez IBM. *« Nous pouvons compléter les solutions existantes industrielles et ajouter par exemple des capacités cognitives pour traiter une grande quantité de données non structurées en temps-réel ».*

Siemens partage également cette vision d'une exploitation grandissante de l'IA pour l'analyse de données industrielle, avec cependant quelques bémols. *« L'IA va en effet permettre à la machine de trouver des solutions et ainsi de dépasser la simple analyse des problèmes »*, explique Laurent Mismacque. *« Mais l'IA doit apprendre à trouver ces solutions. Et cela passe par le traitement de larges historiques de production ou d'état de l'équipement pour étudier toutes les possibilités ».* Et pour l'heure, les industriels ne disposent pas toujours de ces historiques sur les périodes nécessaires. Mais cela devrait être le cas d'ici quelques années, à mesure que se digitalise l'appareil de production. *« L'IA pourra alors déployer tout son potentiel »*, conclut-on chez Siemens. ▲

191955-PAO Folio : q52 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Quadra

La donnée au cœur de la problématique de cybersécurité

Elle peut être volée, altérée, rançonnée ou envoyée en gros volumes pour bloquer un système. La donnée constitue le principal enjeu des cyberattaques visant des systèmes industriels. Tour d'horizon des risques et des solutions pour protéger l'usine du futur.



La plupart des systèmes industriels n'ont pas été construits pour se protéger des cyber-attaques. Tant qu'ils n'étaient pas connectés, que ce soit entre eux ou vers l'extérieur, ils restaient relativement à l'écart des problématiques de sécurité informatique, bien connues de l'univers IT. Mais la transformation numérique de l'industrie change la donne. L'interconnexion des systèmes industriels, et surtout leur ouverture vers internet, les exposent aux cyber-attaques, comme tout autre système d'information (SI). Même les systèmes non connectés ne sont désormais plus à l'abri. Une simple clé USB branchée sur un ordinateur de supervision peut inoculer un virus. Rappelons ainsi que le support amovible reste le principal mode de propagation du tristement célèbre ver Stuxnet, qui a notamment saboté le programme nucléaire iranien en 2010.

S'ils sont de plus en plus exposés, les systèmes industriels s'avèrent également bien plus vulnérables que les autres SI. *« Les premiers protocoles de communication des machines industrielles, qui ont parfois 20 à 25 ans d'existence, ont été développés sans intégrer le concept de sécurité des données (Modbus TCP/IP, Profinet, Powerlink, etc.). Or, ils sont encore largement utilisés pour transmettre des informations »*, souligne Thierry Lecœur, Automation Marketing Manager chez Phoenix Contact.

La mise à jour des systèmes industriels est également plus complexe que dans d'autres secteurs, car elle peut nécessiter un arrêt ou un ralentissement de la production, le temps de réaliser l'« upgrade ». Même sur les postes de travail informatiques encadrant la production, les patchs de sécurité sont loin d'être aussi souvent appliqués que dans d'autres filières.

Résultat : le volume d'attaques visant des systèmes industriels ne cesse de croître. Selon le dernier rapport « IBM X-Force Threat Intelligence »*, le nombre de cyberattaques ciblant les systèmes industriels SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

** Rapport IBM X-Force Threat Intelligence 2017, « The year of the mega breach », mars 2017.*

191955-PAO Folio : q53 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigekta

est en croissance de 636 % en 2 ans. *« Le secteur du manufacturing est une cible très attirante car les systèmes sont perçus comme faiblement sécurisés, de par leur conception et leur non-conformité avec les standards traditionnels de la cybersécurité »*, souligne le rapport.

Toujours selon IBM, en 2016 plus de 71 % des attaques visant les systèmes de « manufacturing » étaient de type injection SQL (attaque visant les bases de données pour manipuler, voler ou détruire la data), 7 % de type « Abuse Existing Functionality » (attaque saturant de requêtes une fonctionnalité d'un processus industriel pour le bloquer), et l'espionnage industriel (Collect and Analyze Information) représentait quant à lui environ 6 % des attaques. La donnée est donc au cœur des menaces de cybersécurité pesant sur ces systèmes industriels, qu'il s'agisse de la voler, de la modifier ou simplement de l'effacer.

Du sabotage au rançonnage des données

Quelles sont les conséquences de ces attaques ? *« Ce qui caractérise les attaques sur des systèmes industriels c'est qu'elles peuvent avoir des conséquences immédiates dans le monde réel, car ces systèmes pilotent des équipements physiques. Cela peut donc aller jusqu'à des accidents humains »*, souligne Stéphane Meynet, référent pour la région Auvergne-Rhône-Alpes de l'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information (ANSSI) et spécialiste de la sécurité des systèmes industriels.

Le type d'attaque le plus préoccupant reste aujourd'hui le sabotage de l'outil de production. Il s'agit ici d'altérer des données, par exemple en modifiant les commandes reçues par les machines. En sens inverse, l'attaquant peut modifier les données envoyées par les équipements terrain pour faire croire à un dysfonctionnement, comme par exemple une surchauffe. C'est alors l'opérateur dupé qui va mettre l'équipement en mode sécurité, alors qu'il fonctionne parfaitement. Dans les deux cas, l'objectif est de détériorer l'outil de production. *« C'est aujourd'hui le type d'attaques que craignent le plus les industriels »*, relève Jean-Christophe Mathieu, products and solutions security officer chez Siemens.

De son côté, le vol de données industrielles peut mettre en danger la stratégie commerciale de l'entreprise. *« L'attaque peut, par exemple, cibler les données de design d'un produit, comme les plans d'un nouveau véhicule dans l'industrie automobile »*, souligne Serge Catherineau, directeur marketing automobile, aéronautique et système intégrateurs, chez Schneider Electric. L'attaque peut aussi viser les données de configuration des équipements, car ils permettent de connaître les « recettes » des produits, comme les dosages des matériaux. *« Dans l'industrie pharmaceutique, les recettes de fabrication sont hébergées au niveau des automates. Récupérer ces données revient à voler le savoir-faire de l'industriel »*, poursuit-on chez Siemens.

Enfin, une récente tendance consiste à rançonner les données, selon le principe du ransomware (rançongiciels). La dernière attaque notable de ce type est survenue en mai dernier et est de loin la plus large jamais observée au niveau mondiale. Le virus WannaCry a été utilisé pour attaquer plus de 200 000 ordinateurs, dans au moins 150 pays. En France, le groupe Renault a été l'une des victimes, aux côtés de plus d'une dizaine d'entreprises. Plusieurs usines du constructeur automobile ont été mises à l'arrêt pendant le week-end du 14 mai 2017.

Le principe du ransomware est de chiffrer des données du système pour les rendre inaccessibles. Pour les déchiffrer, il faut verser une rançon à l'attaquant qui promet d'envoyer une clé de décodage. Notons que ce type d'attaque cible aujourd'hui les postes de travail informatisés, notamment ceux de la supervision, et non les équipements industriels. WannaCry exploitait ainsi une faille dans Windows. Le virus arrive le plus souvent sous la forme d'un e-mail piégé.

La conséquence de ce type d'attaque est donc le blocage de l'outil de production. Selon les experts en sécurité, la meilleure parade contre un ransomware reste de sauvegarder régulièrement les données sur une infrastructure isolée, afin de récupérer la data en cas d'attaque. Car le paiement de la rançon ne garantit, que dans moins de 50 % des cas, de pouvoir réellement récupérer les données.

Des solutions humaines plus que techniques

Quelles mesures pour se protéger de ces cyberattaques ? *« 80 % des mesures ne sont pas techniques. Nous préconisons d'abord de se poser les bonnes questions, notamment de se demander : Qu'est-ce que je crains le plus ? Le vol de données, l'indisponibilité de l'outil de production… Cette analyse de risques sera la base de la politique de cybersécurité de l'entreprise »*, indique Stéphane Meynet de l'Anssi. *« Ensuite, nous recommandons de nommer un responsable en charge de la sécurité des systèmes industriels qui va construire et piloter cette politique. Enfin, la formation du personnel aux bonnes pratiques est essentielle. Outre leur expliquer les menaces et les moyens de s'en prémunir, il faut leur indiquer comment réagir en cas d'attaques et notamment qui prévenir. Ces formations vont également permettre de rapprocher les équipes "industriels" et "IT" et de partager un même vocabulaire »*.

Un point de vue partagé par Yves Gaël Billet, expert systèmes connectés chez Automatique et Industrie (AI). *« La formation et la sensibilisation des employés aux bonnes pratiques sont déterminantes. Il faut également faire évoluer l'organisationnel, afin que les équipes IT et celles dédiées aux systèmes industriels travaillent ensemble autour des problématiques de cybersécurité, et non de manière cloisonnée »*.

Pour compléter ces mesures humaines, des solutions techniques peuvent être appliquées. Depuis deux à trois ans, la demande est ainsi grandissante pour la fourniture de pare-

191955-PAO Folio : q54 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

feu spécifiques au contexte industriel, indiquent les fournisseurs de ce type de solutions. Même chose pour les VPN (Virtual Private Network) qui permettent de créer un « tunnel » sécurisé entre deux réseaux avec une intégrité des données assurée. Ils vont par exemple permettre à un technicien de maintenance d'accéder à distance au système via une connexion sécurisée.

Ces équipements intègrent des fonctions de chiffrement, qui restent cependant encore assez peu utilisées. Chiffrer des données avec un algorithme AES 256 bits IPsec va pourtant assurer la confidentialité des données pour la quasi-totalité des attaques. Mais le chiffrement peut entraîner des ralentissements sur des équipements anciens. Il est donc recommandé d'utiliser le codage en bout de ligne ou d'investir dans des automates de nouvelle génération qui intègrent nativement des fonctions de chiffrement. Il est également possible de ne chiffrer qu'une partie des données industrielles et non l'ensemble. Un audit de sécurité pourra définir les data les plus sensibles sur lesquelles appliquer le chiffrement.

Outre les pare-feu et VPN, le déploiement de solutions de protection du poste de travail (antivirus, liste blanche, etc.) sur les PC de supervision, ainsi qu'un filtrage des ports USB, offrent une protection supplémentaire. Par ailleurs, la mise en place d'un système de surveillance « intelligent » des réseaux peut également s'avérer une solution simple et efficace pour les grandes structures. C'est ce que propose notamment l'éditeur Sentryo. *« Nous allons écouter ce qui circule sur l'ensemble du réseau industriel, de manière passive, un peu comme une caméra de surveillance. Et en cas de signe d'attaques, nous envoyons une alerte »*, explique son directeur général Laurent Hausermann. *« Nous plaçons des sondes entre les SCADA et les automates programmables car c'est là que le risque d'attaque est le plus préoccupant. Une attaque à ce niveau peut permettre une prise de contrôle sur des processus ayant des conséquences dans le monde réel »*, souligne le responsable.

Reste à savoir comment choisir ces solutions techniques. Pour aider les industriels, l'Anssi travaille sur la qualification des produits de cybersécurité ainsi que des prestataires. *« Le principe est de traduire dans ce programme de qualification le degré de confiance et de sécurité à accorder à tel produit ou tel fournisseur de solutions »*, explique Stéphane Meynet. En 2016, l'Anssi a qualifié un premier automate industriel ainsi qu'un premier pare-feu. Dans les deux années à venir, de premiers prestataires devraient également être reconnus par ce programme.

Le Cloud ne simplifie pas la situation

Avec l'externalisation des données vers le Cloud la sécurisation des systèmes industriels se complexifie encore davantage. Où sont stockées les données ? Comment sont protégés les serveurs hébergeant ces données ? Les communications vers les data centers sont-elles sécurisées ?

Ces questions, bien connues dans l'univers IT, vont se poser de plus en plus dans l'industrie car les services de nouvelle génération requièrent bien souvent la puissance du Cloud pour analyser les données. Et les solutions sont de plus en plus proposées en mode Saas (Software as a service), c'est-à-dire sans installation en local. Elles tournent sur un Cloud et sont accessibles par le client via une interface web. C'est le cas par exemple du service d'optimisation de performances industrielles Braincube, qui est uniquement commercialisé en mode Saas. *« La flexibilité et la puissance du Cloud sont incontournables pour proposer notre service. Bien entendu la question de la sécurité est centrale. C'est pourquoi nos données sont chiffrées et hébergées de manière compartimentée pour chacun de nos clients »*, explique Laurent Laporte co-fondateur. *« Chaque client bénéficie de données hébergées sur un cloud étanche vis-à-vis des autres clients »*.

La question de la localisation des données est également centrale. Rappelons que des données hébergées aux États-Unis tombent sous le coup du Patriot Act. Cette loi américaine, promulguée en 2001, permet aux autorités américaines d'accéder à toute donnée stockée sur des serveurs installés aux États-Unis à des fins de lutte contre le terrorisme. La plupart des industriels préfèrent donc que leurs données soient stockées sur des serveurs localisés en France, ou du moins en Europe. C'est un des arguments de la solution MindSphere de Siemens, qui traite ses données dans le Cloud et est proposé en mode Saas. *« Les industriels nous demandent régulièrement si les données sont bien hébergées sur des serveurs en France »*, observe Jean-Christophe Mathieu, de Siemens. *« Notre partenaire SAP HANA dispose de centres de données en Europe qui répondent déjà à cette problématique de la localisation des données. Nous allons également bientôt proposer un fonctionnement de Mindsphere en local sur Cloud privé du client »*, confie le responsable. Braincube met également en avant le fait que ses serveurs sont installés dans les data centers d'un hébergeur français, basés à Lyon et en Île-de-France.

Chez ABB France, on tempère les dangers du Cloud. *« Nos clients souscrivent surtout à des services dans le Cloud pour visualiser des informations, comme l'état de la production, mais pas pour lancer des commandes sur les processus. Il n'y a pas d'automatisation directe d'un processus via le Cloud ou de modification de paramètres »*, indique Éric Dubois, Sales & Marketing Control Technologies.

191955-PAO Folio : q55 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Sigma

De son côté, l'Anssi précise que les prestataires cloud font partie des prestataires entrant dans le cadre de son programme de qualification.

L'Internet des objets ouvre de nouvelles brèches

Connecter des capteurs industriels au net, pour pouvoir analyser des données dans le cloud et consulter des rapports en ligne, sont les principaux bénéfices de l'Internet Industriel des objets (IIoT). Même s'il n'en est qu'à ses prémisses, l'IIoT devrait constituer un volet incontournable de l'industrie 4.0. Et il n'est pas sans poser de nouvelles questions en matière de sécurité des données.

« Avec l'IoT les produits communicants sortent du périmètre de l'appareil de production. Il devient donc difficile de sécuriser des données de bout en bout. Le périmètre n'est plus totalement sous contrôle », résume Jean-Pierre Hauet, président d'ISA-France. La sécurisation de l'IIoT est cependant en marche. Un des grands principes est d'ajouter un composant de sécurité ou « secure element », qui va stocker les clés et certificats de chiffrement des données en local dans un coffre-fort, rappelle ISA-France. Cela rend beaucoup plus difficile le décodage des données échangées avec l'objet connecté.

Autre piste : développer des systèmes de détection de comportements suspects grâce à l'intelligence artificielle (Sentryo, CyberX, Nozomi Networks, Claroty...). Elles vont notamment analyser les échanges de données entre les équipements pour identifier un fonctionnement « normal » grâce à du machine learning. Ensuite, toute déviation vis-à-vis de cette référence lancera une alerte.

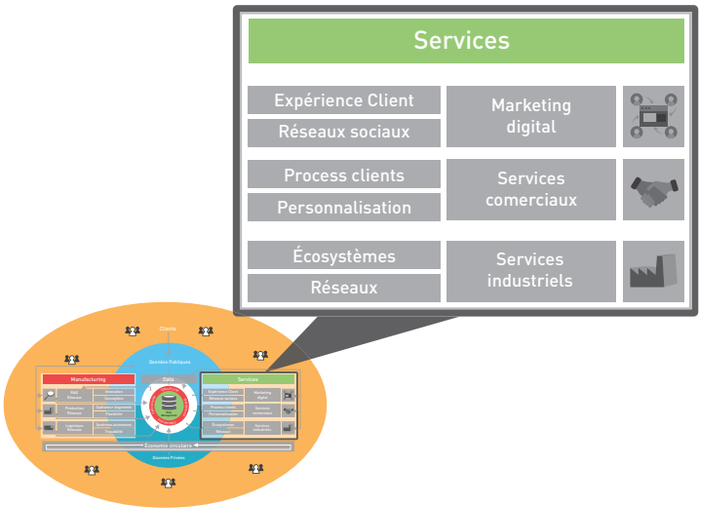
Enfin, la sécurité des réseaux spécifiques à l'IoT est bien entendu une question centrale. Sans surprise, les acteurs du secteur se veulent rassurants. *« De base, chaque capteur utilisant notre protocole de communication intègre un identifiant unique chiffré qui protège contre l'émulation d'objet. Sans cet identifiant, il est ainsi impossible de simuler un objet reconnu par le réseau »*, assure Patrick Cason, directeur commercial France de Sigfox, qui déploie aujourd'hui le plus large réseau IoT au monde. *« Nous sécurisons également nos antennes avec des pare-feu. Notre infrastructure Cloud exploite quant à elle des data center hautement sécurisés hébergés à Paris et Toulouse »*, conclut-il.

La cybersécurité : une opportunité pour l'industrie

Selon les observateurs du secteur, la cybersécurité entre progressivement dans la culture industrielle. Mais elle est encore trop souvent vécue comme une contrainte. *« Il faut la percevoir au contraire comme une opportunité qui permet de gagner de nouveaux marchés »*, estime Stéphane Meynet. *« C'est une nécessité qui ouvre de nouvelles perspectives de business. Car un client confiera plus aisément sa production à une entreprise bénéficiant de protections contre les cyberattaques »*, conclut-on à l'Anssi. ▲

191955-PAO Folio : q56 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 Couleur : Cyan Magenta

191955-PAO Folio : q57 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta



Services

Parlons photos. Vous en êtes encore aux boîtes à chaussures, remplies de tirages papiers, qui se baladent de déménagement en déménagement, ou vous avez sauté le pas en saturant de Teraoctets des serveurs pour stocker des milliers de clichés jamais regardés ?

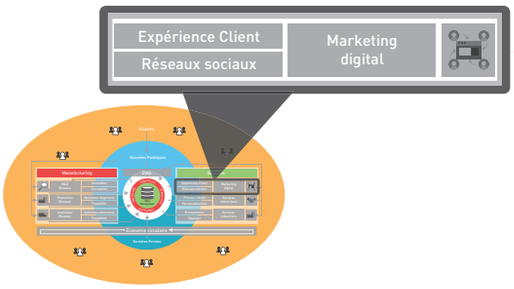
Ouf, les fournisseurs de services arrivent pour vous enlever une épine du pied. Vous allez pouvoir demander, en un clic à revoir la photo du petit dernier lors de son voyage en Afrique il y a 5 ou 6 ans. Pour éviter toute mésaventure, on vous proposera même de l'imprimer sur papier photo, ou dans un ouvrage relié que vous pourrez stocker dans une boite à chaussures. Et si vous souhaitez en faire profiter la terre entière, pas de soucis, le cliché se retrouvera sur la toile avec les commentaires de milliers d'anonymes.

Pour les industriels, c'est la même chose, les fournisseurs de services vont permettre de maintenir préventivement leurs machines, vont autoriser des calculs de folie, vont recueillir les retours clients, les fameuses Expériences clients pour développer LE produit demandé par les clients.

191955-PAO Folio : q58 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Sigma

La donnée pour gagner de nouveaux clients

En communiquant sur les blogs et les réseaux sociaux, les industriels peuvent attirer de nouveaux clients. Une approche qui permettrait de faire progresser les ventes jusqu'à 20 %. Mais il faut être patient.



« *Le marketing 4.0 ce n'est finalement ni plus ni moins que de la gestion de données* », résume Stéphane Ronteix, président de Force Plus, agence digitale et commerciale dédié au bâtiment et à l'industrie. De la recherche de prospects à leur transformation en clients, la data est en effet le « moteur » du marketing digital.

Rappelons que le premier principe du marketing numérique est de miser sur une communication ciblée, moins massive que le marketing traditionnel, mais avec une audience plus qualifiée. Cela requiert une meilleure connaissance des prospects, en identifiant notamment ses centres d'intérêts, sa fonction précise dans l'entreprise, les problématiques auxquelles il fait face, etc.

Comment obtenir ses informations ? « *L'idée n'est pas d'aller chercher les clients potentiels mais de les laisser venir à vous, en les attirant par des contenus informatifs publiés sur le net. Ces contenus, non promotionnels, doivent offrir des réponses pertinentes aux questions que se posent les clients potentiels, sur des sujets qui les concernent* », explique Gwendoline Mehault, directrice associée de l'agence de communication Cezame Conseil. Un avis partagé par Stéphane Ronteix. « *Le marketing digital, ce n'est pas de la chasse au prospect. Le principe est d'attirer le client potentiel grâce à un article de blog, une livre blanc ou une infographie publiée sur le net. Si ce contenu lui a été utile, il va ensuite prendre directement contact avec vous et partager des informations le concernant* ».

Publier du contenu sur un blog et relayer l'article sur les réseaux sociaux

La première étape consiste donc à publier du contenu sur le net, et ainsi de se positionner en tant qu'expert référent sur un domaine. Pour choisir des sujets porteurs, qui vont donc générer de l'audience, il faut d'abord sonder le marché afin d'identifier les problématiques les plus en vogue. Cela passe par une analyse des réseaux sociaux (principalement Linkedin pour l'industrie) et des mots clés les plus utilisés dans les moteurs de recherche. « *Dans l'univers industriel, des sujets comme l'IoT ou l'exploitation de l'intelligence artificielle sont très porteurs depuis plusieurs mois. Pour trouver ces sujets, des outils d'analyse des réseaux sociaux sont utilisés. Des indicateurs comme Google Trends, qui permet de connaître les mots les plus recherchés sur le moteur de Google, peuvent également être exploités* », indique Stéphane

191955-PAO Folio : q59 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigkita

Ronteix. Bien entendu, les médias, dont la presse spécialisée, sont également une source d'information pertinente pour connaitre les « sujets tendance », poursuit-on chez Force Plus.

Une fois les sujets identifiés, il faut produire le contenu. Les agences de communication se chargent en général de cette production, en collaboration avec des rédacteurs spécialisés. Ensuite, l'article va être diffusé sur le net. Le support de publication le plus couru reste le blog, intégré au site vitrine de l'entreprise. *« C'est le support idéal du marketing digital. Mais il faut y publier du contenu très régulièrement, au moins trois à quatre fois par semaine, et bien entendu ce contenu doit être de qualité »*, souligne Gwendoline Mehault. Pour donner de la visibilité à ce contenu, et augmenter son référencement dans les moteurs de recherche, il convient de le relayer sur les réseaux sociaux. Il peut également être promu via des campagnes d'e-mailing, selon une méthode marketing plus traditionnelle.

Cette exploitation d'un blog se généralise auprès des grands industriels. C'est le cas notamment de Rockwell Automation. *« Notre blog d'entreprise est un outil clé pour rester au plus près de nos clients qui peuvent y trouver des réponses concrètes aux nouvelles questions posées par la transformation digitale de l'industrie »*, explique Nathalie Thifinau, Field Marketing Specialist de Rockwell. *« Le blog est davantage qu'une vitrine de notre expertise, il est un espace d'expression plus informel, plus humain. Et nous savons que la proximité est l'un des leviers de la relation client »*.

Transformer les « leads » en clients

Durant la lecture d'un article de blog, le comportement de l'internaute est suivi à la trace par les plateformes de publication de contenu telles que le CMS (Content Management System) ou par des outils de « marketing automation » spécialisés dans ce type de traçage. À chaque adresse IP se connectant sur le blog, ces outils vont associer un temps de visite, référencer les autres articles qui ont été lus, enregistrer les éventuelles recherches effectuées sur le moteur interne du blog, etc. Cela va permettre de générer des données de trafic qualitatives, qui vont renseigner le client sur les contenus les plus prisés sur le blog. Il pourra ainsi optimiser sa communication.

Pour susciter le partage d'informations auprès des prospects, le plus simple reste de proposer des contenus complémentaires en lien avec l'article du blog. *« À côté de l'article, vous pouvez par exemple intégrer un bouton permettant de télécharger du contenu complémentaire, comme un livre blanc, lié au sujet. En échange de l'accès à ce contenu à valeur ajoutée, il est demandé à l'internaute de communiquer des informations sur son identité : nom, prénom, adresse mail, entreprise pour laquelle il travaille, son poste dans cette société, etc. »*, poursuit Nathalie Thifinau.

Cela permet de constituer une base de données qualifiée de prospects. Ces derniers sont alors transformés en « leads », dans le jargon du marketing. Ces leads peuvent alors être « nourris » par d'autres publications personnalisées, envoyées à leur adresse mail. Et au bout d'un certain temps, le lead va peut-être prendre contact directement avec l'entreprise. *« Dans l'industrie : 60 % des prises de contacts s'effectuent par téléphone et 40 % par e-mail ou formulaires web. Il faut donc que le site affiche très clairement ces deux moyens de prendre contact »*, précise Stéphane Ronteix.

Après ce premier contact spontané de la part du lead, tout doit aller très vite. Selon les agences spécialisées, un lead doit être traité dans les 24 h après sa prise de contact, ou alors il est « périmé ». Pour assurer ce traitement rapide, des outils numériques tels que les plateformes CRM (logiciels de gestion de la relation client) peuvent être utiles. *« Dans l'industrie c'est souvent cette étape qui n'est pas réalisée assez rapidement. Accélérer le traitement des données pour transformer les leads en clients est LE grand chantier du marketing 4.0 dans l'industrie »*, estime-t-on chez Force Plus.

Pas de retours sur investissements immédiats

Combien de temps faut-il patienter avant que les premiers effets d'un marketing digital se fassent sentir ? Selon Cezame Conseil, il faut être en mesure d'attendre au moins 6 mois pour avoir des premiers retours significatifs. Force Plus estime même qu'une attente de 9 et 12 mois est souvent nécessaire. Mais à la clé, les résultats seraient non négligeables. Force Plus évoque des gains sur les ventes chez ses clients industriels allant jusqu'à 20 %. Selon le cabinet de recherche américain CSO Insight, les entreprises industrielles qui utilisent des solutions de gestion des leads avancées constatent en moyenne une augmentation de leurs ventes de l'ordre de 9 %.

Malgré ces résultats plutôt prometteurs, le marketing digital est loin de s'être massivement imposé dans l'industrie. Il reste en effet encore l'apanage de grands groupes ayant lancé un projet global de transformation digitale. Les PME restent souvent à convaincre.

Le marketing digital dans l'industrie n'en est donc qu'à ses premières armes. Il pourrait évoluer vers l'exploitation des nouvelles données, internes aux entreprises industrielles. Car toutes les données évoquées ci-dessus sont collectées ou générées à l'extérieur de l'entreprise, sur le net. Pourtant, les industriels disposent de nombreuses données sur leurs produits et leur fabrication, qui restent encore largement sous-exploitées. *« Les industriels doivent partager davantage leurs données pour mieux promouvoir leurs produits et services »*, conclut ainsi Nathalie Thifinau. Un avis partagé par Stéphane Ronteix : *« Les industriels ne vont pas partager les détails de production de leur produit, pour des raisons concurrentielles. Mais ils pourraient mettre davantage en avant certaines informations plus générales, comme par exemple des modes de fabrication plus respectueux de l'environnement »*.

L'argument écologique est déjà exploité par certains industriels, comme l'indique Sébastien Petithuguenin, directeur général de Paprec, spécialiste de la collecte et du recyclage de déchets industriels et ménagers. *« Les industriels communiquent désormais largement sur leur utilisation de matières recyclées. Cela est devenu un argument marketing. Alors qu'il y a encore quelques années, ils préféraient le taire »*, confie ainsi le responsable *(lire notre volet sur l'économie circulaire).* ▲

191955-PAO Folio : q60 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Digitale

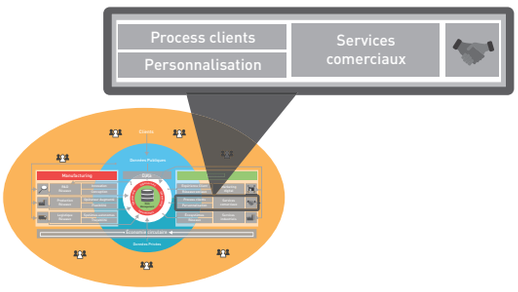
La personnalisation des produits s'appuie sur le digital

Le client est roi ! Cet adage commercial prend une nouvelle dimension avec le développement du numérique, qui permet au consommateur de commander des produits personnalisés, et même de les co-construire sur internet. Côté production, la continuité numérique et l'impression 3D offrent des réponses à cette demande croissante pour des produits personnalisés.

Choisir le type de carrosserie de son véhicule, personnaliser les logos de sa paire de basket, imprimer son nom sur une bouteille de soda… Les consommateurs veulent aujourd'hui des produits sur-mesure et bénéficier d'une expérience client qui leur donne le sentiment d'être unique. L'automobile a été parmi les premières industries à proposer de nombreuses options sur ses produits tout comme les fabricants d'ordinateurs, qui permettent depuis plus d'une décennie de choisir en détail la configuration de son PC ou de son Mac. Mais la tendance s'étend aujourd'hui à l'ensemble des filières. Le développement de l'e-commerce renforce le phénomène avec la mise en ligne d'outils de design permettant aux consommateurs de « co-créer » leur produit.

> *Pour répondre à cette demande de personnalisation, il faut bien entendu un outil de production flexible.*

La production de masse standardisée, même si elle est loin de disparaître, cède tout de même progressivement du terrain à la production personnalisée, dans des volumes plus restreints. Cela



peut être perçu comme une source d'opportunités pour l'industrie européenne. *« Tout ce qui est production de masse est aujourd'hui parti à l'étranger, principalement en Chine. Ce qui nous reste dans les usines européennes, ce sont des productions de lots en plus faibles volumes mais plus personnalisés »*, estime Antoine Pris, Information Solutions Sales Executive EMEA, chez Rockwell Software.

Pour répondre à cette demande de personnalisation, il faut bien entendu un outil de production flexible. *« Les opérateurs doivent gérer des changements de lots assez importants et c'est là que l'outil informatique comme le MES, et donc la data qu'il exploite, deviennent incontournables »*, poursuit Antoine Pris. Un avis partagé par Stéphane Lannuzel, directeur des opérations numériques du groupe L'Oréal. *« La personnalisation est une grande tendance, les consommateurs veulent leur gel douche ou gommage*

191955-PAO Folio : q61 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigkita

> *L'impression 3D semble donc s'imposer comme une des solutions numériques facilitant la personnalisation des produits.*

personnalisé. Pour y répondre, nous devons traiter cette demande au niveau de l'usine en développant des solutions modulaires », nous confiait récemment le responsable. *« L'industrie du futur [...] doit être orientée client. Tout ce que nous faisons doit enrichir l'expérience de nos consommateurs »*.

Miser sur la continuité numérique

Pour bâtir cette expérience utilisateur sur-mesure, l'exploitation de la donnée est incontournable. Techniquement, cela se traduit par une interconnexion maximale entre les différents outils, de ceux servant à personnaliser le produit aux solutions internes encadrant l'activité commerciale et la production : l'ERP et le MES principalement. L'ERP peut ainsi traiter la demande client d'un produit personnalisé, avant de l'envoyer au MES qui génère automatiquement l'ordre de fabrication. Cette continuité numérique est la base du service de personnalisation du Groupe Schmidt *(lire notre volet sur la flexibilité)*. Elle est également au cœur des outils de personnalisation du groupe Adidas.

« Sois un créateur », indique l'enseigne allemande aux utilisateurs de son site internet. Elle y propose un outil de personnalisation d'une grande simplicité. L'utilisateur part d'un modèle vierge, sur lequel il va appliquer des coloris sur les différents composants de la chaussure (semelle, languette, lacets, tige, talon, doublure intérieure, etc.). Des motifs préconfigurés, par exemple inspirés des films Star Wars, et l'impression du nom de l'utilisateur, sont également possibles. Une fois le modèle réalisé sur la plateforme en ligne, les informations sont transmises à l'ERP du groupe puis au MES qui lance la fabrication. Les chaussures personnalisées sont livrées en 4 à 6 semaines.

« Aujourd'hui, la personnalisation chez Adidas porte principalement sur la couleur et l'ajout de texte, comme le nom du client. Mais la prochaine étape sera de proposer des chaussures encore plus spécifiques, correspondant par exemple au style de course (vitesse, de fond...), au terrain le plus régulièrement utilisé (zone urbaine, forêt...) et même à des caractéristiques physiques du client comme son poids », indique une porte-parole de l'enseigne allemande. *« Nos équipes de R & D rassemblent aujourd'hui d'importantes quantités de données pour pouvoir prochainement proposer ces options de personnalisation. Des premières concrétisations de ces travaux devraient arriver sur le marché d'ici la fin de l'année »*.

Outre la « continuité numérique », Adidas mise également sur l'impression 3D pour développer des produits personnalisés. Une technique de fabrication qu'il intègre de plus en plus dans sa production depuis 2015. Le groupe allemand a notamment signé en 2016 un partenariat avec la start-up californienne Carbon 3D. Cette jeune pousse a développé une technologie de fabrication additive basée sur une solidification de la matière en continu plutôt que par couches successives. Dans le cas d'Adidas, cette méthode d'impression permettrait de réduire le temps de production de la semelle d'une chaussure à 90 minutes, en visant même les 20 minutes dans un futur proche. À titre de comparaison, il fallait 10 heures pour imprimer en 3D les premiers prototypes lancés par Adidas en 2015.

La santé et l'automobile s'intéressent aussi à la fabrication additive

Adidas n'est pas seul à miser sur l'impression 3D pour développer la personnalisation des produits. Ses concurrents tels que Nike et Under Armour étudient cette technique. L'industrie de la santé exploite également la production additive pour fournir des produits spécifiques aux patients. *« Nous fournissons des technologies d'impression 3D au centre de production dentaire Dreve, basé en Allemagne, afin qu'il produise plus facilement des modèles dentaires »*, explique une porte-parole de Prodways, spécialiste français de l'impression 3D. Concrètement, le dentiste réalise un scan 3D de la bouche du patient, grâce à une caméra intra-orale. Ce scan 3D est ensuite envoyé au centre de production Dreve qui réalise les modèles dentaires sur imprimante 3D, en alternative à une production manuelle en plâtre. Rappelons également qu'Optic 2000 propose depuis 2014 le service « La Mezzanine de Lissac » basé sur la création de lunettes personnalisées haut de gamme grâce à la fabrication additive.

L'automobile, secteur historique de la fabrication additive, diversifie également l'usage de cette technologie au-delà du prototypage et de la fabrication de pièces. Le constructeur japonais Daihatsu Motor a ainsi développé un service permettant de personnaliser ses véhicules avec des plaques de plastiques à motifs, imprimées en 3D. Plus précisément, ces motifs sont imprimés sur les pare-chocs et les ailes avant et arrière des véhicules.

Au final, l'impression 3D semble donc s'imposer comme une des solutions numériques facilitant la personnalisation des produits. *« Le potentiel des technologies de fabrication additive, en termes de personnalisation des objets produits et de réduction de l'impact environnemental, est considérable »*, conclut ainsi le guide pratique de l'Usine du futur, publié en 2016 par la FIM et l'Alliance Industrie du futur. Reste que cette technique nécessite des outils spécifiques, de la conception à la production. *« L'exploitation industrielle de l'impression 3D nécessite de maîtriser l'ensemble du processus [...] au cours duquel la data est continuellement enrichie »*, souligne ainsi Éric Gautier, Director Manufacturing Business Development EMEA chez Siemens PLM Software *(lire notre volet sur la R & D)*. ▲

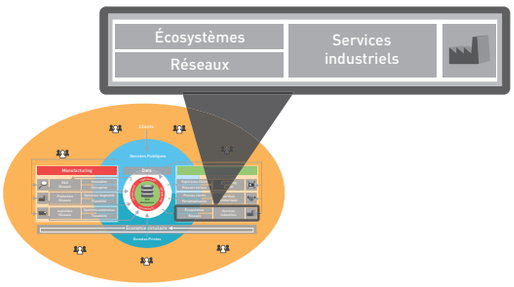
191955-PAO Folio : q62 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigokta

Optimiser la consommation énergétique et la maintenance

Mieux gérer sa consommation énergétique et ses opérations de maintenance. Voilà deux enjeux majeurs de l'Industrie du Futur. Ces optimisations de l'outil de production passent par l'exploitation de technologies comme le data mining ou l'intelligence artificielle. Elles vont donner un nouveau sens aux données de consommation électriques ou aux comptes rendus d'intervention. À la clé : des baisses de coûts non négligeables.

L'exploitation de la data issue de l'outil de production ouvre de nouvelles possibilités en matière de services industriels. Parmi eux, deux types de solutions connaissent un fort développement : la maintenance prédictive et l'optimisation de la performance énergétique. Dans les deux cas, ces outils commencent par analyser les historiques de données déjà présentes dans l'entreprise. Ils vont ensuite collecter régulièrement de la data pour enrichir leurs modèles et participer ainsi à l'amélioration continue de l'appareil de production.

Rendre la maintenance plus efficiente est sans conteste un des enjeux majeurs de l'Industrie 4.0. Près de 66 % des industriels qui utilisent, ou envisagent d'utiliser, des solutions « connectées » dans leur usine en attendent ainsi une réduction des coûts de maintenance et de réparation *(Étude Bosch Software Innovations – 2015)*. Si le « condition monitoring » permet déjà de suivre en direct l'état de l'outil de production pour être alerté en cas de dysfonctionnement, c'est bien la maintenance prédictive, aussi appelée « maintenance prévisionnelle », qui offre le plus de perspectives d'optimisation.



Rappelons son principe : analyser des données, principalement issues de l'appareil de production, pour y déceler des signes avant-coureurs de pannes et ainsi pouvoir anticiper une intervention avant un éventuel arrêt de production. Ces outils sont en général interfacés aux systèmes GMAO pour envoyer les alertes et collecter des données. Ils peuvent aussi collecter des données en provenance du MES ou même de l'ERP.

Sans surprise : plus il y a de données disponibles, plus le modèle prédictif est efficace. « *Nous exploitons les documentations techniques des équipements, les comptes rendus des techniciens de maintenance, les données d'événements répertoriant les incidents et bien entendu les données télémétriques relevées*

191955-PAO Folio : q63 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

en continu sur l'outil de production : température, vibrations, etc. », indique Serge Bonnaud, Responsable technique industrie pour l'Europe chez IBM. Des données de contexte peuvent également être ajoutées pour enrichir le modèle prédictif. Il s'agit notamment de données météorologiques. *« L'influence de la température extérieure peut être un facteur important. Un actionneur à midi ne fonctionne pas dans le même contexte de perturbations extérieures qu'à minuit »*, explique Aleksandar Maksimovic, Responsable Technique Maintenance & Services chez Actemium.

Chercher une dérive par rapport au comportement normal

Ces données vont tout d'abord servir à modéliser le fonctionnement standard d'un équipement pour pouvoir ensuite en mesurer les écarts. Elles vont également être traitées par des algorithmes cherchant des corrélations, notamment des liens de cause à effet, entre des séquences d'événements et des dysfonctionnements. *« Les algorithmes prédictifs cherchent une dérive, même très faible, par rapport au comportement habituel d'un équipement. Par exemple : on va suivre les dérives des cadences d'une machine comme les actions d'un piston à la milliseconde. S'il y a un écart par rapport à la moyenne, c'est qu'il y a sans doute un problème. On analyse l'écart entre le demandé et le réalisé »*, explique Gilles Gomila, Chef de Produits Mécatronique & Robotique chez Omron Electronics. Ces outils analysent notamment des signaux faibles, comme les petits à-coups mécaniques, impossible à identifier par une mesure ponctuelle, mais qui deviennent repérables avec une mesure continue.

> *L'évolution de la maintenance prédictive sera de disposer de modèles de plus en plus efficaces, basés sur un volume toujours plus important de données.*

Enfin, l'outil va déduire une prévision. Cette prévision donne une estimation du délai avant lequel la panne risque de se produire et un pourcentage de confiance. Par exemple : *« Attention, il y a 75 % de chances que dans quatre heures ce moteur risque de ne plus fonctionner »*. Dans tous les cas, une collaboration entre les Data analysts et les équipes de maintenance sur le terrain est nécessaire pour que le système donne des prévisions efficaces. *« Il faut toujours connecter le virtuel à la réalité du terrain »*, résume-t-on chez IBM.

Des prévisions à plusieurs jours

Même si certaines prévisions peuvent être faites à plusieurs mois, la plupart se comptent en jours. Le principe est de planifier une intervention en fonction des cycles de production. *« Parfois, certaines prédictions arrivent quelques heures avant la panne, ce qui est plus compliqué. Dans tous les cas, le technicien reçoit une alerte et se rend sur place pour réaliser des mesures complémentaires afin de confirmer l'alerte qu'il a reçue »*, précise Aleksandar Maksimovic d'Actemium.

L'évolution de la maintenance prédictive sera de disposer de modèles de plus en plus efficaces, basés sur un volume toujours plus important de données. D'autres approches de traitement de la data sont également envisagées. Parmi elles : réaliser les prévisions grâce à une simulation numérique de l'usine. *« L'idée est de prédire l'impact environnemental des rejets polluants de grosses unités industrielles sur ce modèle virtuel grâce à des technologies d'intelligence artificielle autour des réseaux neuronaux. Cela est déjà opérationnel dans certains sites au Moyen-Orient et testé en Europe, notamment en Italie. L'avantage est qu'il n'y a plus de capteurs à ajouter sur les équipements puisque le suivi est réalisé virtuellement sur le modèle numérique »*, confie Cyrille Nolot, Directeur – LBU Measurement and Analytics chez ABB France.

La data pour optimiser la performance énergétique

Que ce soit pour des motifs écologiques ou plus pragmatiquement pour baisser certains coûts de production, améliorer la performance énergétique est un des enjeux de l'Industrie du Futur. Cette optimisation passe le plus souvent par une approche résolument Big Data, avec la collecte puis le traitement de gros volumes de données issues de sources complémentaires. *« Notre plateforme logicielle va exploiter environ un tiers de données énergétiques et deux tiers de données de production et de maintenance »*, confie Arnaud Legrand, CEO fondateur d'Energiency. Son outil de « mana-

191955-PAO Folio : q64 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

gement de l'énergie » va ainsi traiter des données énergétiques telles que les consommations en électricité des équipements, mais aussi leur consommation en fluides et matières premières. Elles vont être croisées avec les données de maintenance, notamment les informations sur les pannes ou les changements de pièces. La consommation globale du compteur général de l'usine est bien entendu également prise en compte.

Même son de cloche chez GreenFlex, société spécialisée dans les solutions en développement durable. *« Nous jouons sur tous les paramètres en exploitant toutes les données disponibles, celles du MES, de la supervision, des factures EDF, etc. et si besoin, nous demandons aux industriels d'ajouter des capteurs sur certains équipements énergivores »*, explique Louis Jauneau, responsable marketing. *« Mais le plus important est ensuite l'analyse de toutes ces données pour trouver le scénario de production qui a offert la meilleure performance énergétique, et d'en déduire les recommandations pour le reproduire »*, poursuit-il *(lire également notre volet sur le Smart Data Management)*.

Ces solutions vont ainsi permettre d'établir des réglages plus efficaces de l'outil de production, mais aussi peut-être amener à changer de matières premières ou en faire évoluer les équipements. *« Notre solution permet de réaliser jusqu'à 25 % d'économies d'énergie aux usines »*, conclut Arnaud Legrand d'Energiency.

Profiter des évolutions de marché de l'électricité

Cette optimisation de la performance énergétique passe également par une recherche de meilleures offres et formules proposées par les acteurs de marché de l'énergie, notamment les fournisseurs d'électricité. Energiency intègre par exemple un comparatif des offres d'énergies dans sa plateforme d'optimisation. Les acteurs de l'énergie développent également des services en ce sens. C'est le cas de RTE (Réseau de Transport d'Électricité), le gestionnaire du réseau public français de transport d'électricité à haute et très haute tension. *« Nous allons lancer en septembre 2017 un projet pilote, en partenariat avec le Gimelec et le Symop*, autour de l'exploitation des données du réseau électrique pour optimiser la consommation des sites industriels »*, explique son directeur commercial, Hervé Mignon. *« L'objectif est d'apporter plus de flexibilité dans la consommation énergétique de nos industries et ainsi d'améliorer leur compétitivité »*.

Concrètement, RTE va fournir des données, sous la forme d'API (Application Programming Interface), issues notamment de son portail « Data » mis en ligne en 2016. Il s'agit par exemple de données sur les évolutions des prix de l'électricité, qui sont très volatils, mais aussi des « mécanismes de marché », ces dispositifs d'équilibrage, d'effacement ou d'échanges d'énergies qui permettent de faire baisser la facture électrique. *« L'idée est de créer des synergies, grâce aux échanges de données numériques, entre les procédés industriels et le système électrique. Avec ces nouvelles potentialités offertes par le numérique, une usine pourra par exemple aménager son planning de production pour qu'il soit optimal par rapport aux évolutions du marché de l'énergie »*, conclut Hervé Mignon. Un premier bilan de ce projet pilote sera réalisé en mars 2018. Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'adhésion de RTE à l'Alliance Industrie du Futur (AIF), effective depuis la rentrée 2017, dans une perspective plus globale d'*« aider à la modernisation du tissu industriel et d'accueillir l'Industrie du Futur sur le réseau électrique français »*. ▲

** Gimelec (Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés) / Symop (Syndicat des machines et technologies de production).*

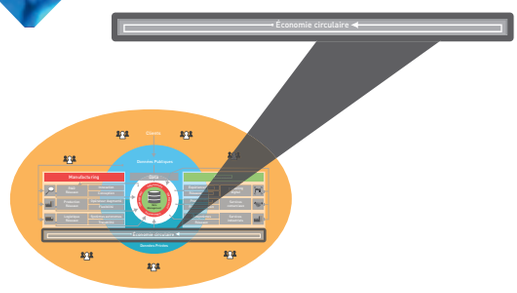
La maintenance assistée par IA

Dans l'Usine du futur, les techniciens de maintenance seront épaulés par des assistants virtuels intelligents, capable de communiquer vocalement avec eux et d'étudier en quelques secondes d'énormes volumes de données techniques. C'est en tout cas la vision d'IBM qui développe ce type de solution basée sur sa plateforme d'intelligence artificielle Watson. *« L'opérateur énonce vocalement, ou par écrit, sur sa tablette l'opération de maintenance à réaliser. L'assistant va alors traiter sa demande en consultant une base de connaissances très large, reconstituée grâce à notre technologie d'IA sur la base notamment des rapports de maintenance et des documentations techniques des constructeurs »*, explique Serge Bonnaud d'IBM. Ensuite, l'assistant virtuel va extraire des passages clés de cette base de connaissances en y pointant les éléments documentaires les plus importants et ainsi donner une marche à suivre pour résoudre le problème du technicien. *« Cela n'a rien à voir avec un simple moteur de recherche où l'on tape un code erreur. L'IA analyse ici des données de langage non structurées, comme le texte de rapports d'intervention, ce qui est bien plus complexe »*, conclut-on chez IBM. Ce système est déjà utilisé depuis 2016 par les ingénieurs de Woodside Energy, principal producteur de pétrole et gaz australien.

191955-PAO Folio : q65 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 H : 297 Couleurs : Quadra

Exploiter les données pour produire autrement

Les outils numériques de CAO et de PLM intègrent de plus en plus de fonctions d'éco-conception en exploitant notamment des données sur les matières premières secondaires. Ils permettent ainsi d'anticiper le recyclage et la valorisation d'un produit dès son design. Et l'avenir sera d'intégrer l'économie circulaire dans des suites logicielles, du MES à l'ERP, en passant par les applications de logistique.



Le concept d'économie circulaire a officiellement fait son entrée dans la législation française en août 2015 avec la « loi de transition énergétique pour la croissance verte ». Le texte a en effet reconnu la transition vers une économie circulaire comme un objectif national et comme l'un des piliers du développement durable. Cette loi a donné la définition suivante pour l'économie circulaire : *« La transition vers une économie circulaire vise à dépasser le modèle économique linéaire consistant à extraire, fabriquer, consommer et jeter en appelant à une consommation sobre et responsable des ressources naturelles et des matières premières »*.

Cette loi a par ailleurs défini des objectifs ambitieux liés à l'économie circulaire, comme celui d'une augmentation de 30 % d'ici 2030 du rapport entre le PIB et la consommation intérieure de matières premières.

Comment cela se traduit-il au niveau industriel ? *« Non seulement il faut anticiper le recyclage des produits dès leur conception mais il convient également d'intégrer un maximum de matières premières recyclées dans leur production »*, résume Sébastien Petithuguenin, directeur général de Paprec, spécialiste de la collecte et du recyclage de déchets industriels et ménagers. *« Cette révolution n'a pas encore réellement eu lieu dans les usines. Mais l'économie circulaire est entrée dans la mentalité des consommateurs, désormais très sensibles aux questions de développement durable. Et les industriels tiennent de plus en plus compte de cette demande du marché. Par exemple, ils communiquent désormais largement sur leur utilisation de matières recyclées. Cela est devenu un argument marketing. Alors qu'il y a encore quelques années, ils préféraient le taire »*, poursuit le responsable.

Selon Paprec, le verre est la matière qui atteint aujourd'hui le plus haut taux de recyclage dans l'industrie, soit plus de 80 %. Le papier, le carton et certains métaux comme le cuivre ou l'aluminium, dépassent les 50 %. Le plastique reste en retard, avec environ 20 % de taux de recyclage.

191955-PAO Folio : q66 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Bigkita

Le digital pour faciliter l'éco-conception

Un des piliers de l'économie circulaire est donc de concevoir des produits en intégrant les notions de recyclage, d'utilisation de matières recyclées et de traitement en fin de vie. Dans ce domaine, le numérique offre de nombreuses possibilités d'optimisation. Les outils de CAO et de PLM intègrent ainsi de plus en plus de fonctions permettant de réaliser des produits davantage respectueux de l'environnement.

« Nos outils de CAO, notamment ceux dédiés à la conception mécanique, intègrent des fonctions de conseil, permettant de choisir plus facilement des matériaux écologiques. Nous exploitons pour cela une vaste base de données, fournie par notre partenaire Granta Design, intégrant les caractéristiques techniques des différents matériaux », indique Diego Tamburini, d'Autodesk.

Les matières recyclées ont en effet des propriétés physiques spécifiques et il peut exister des contraintes de design, par exemple les couleurs disponibles pour ces matériaux. *« Il est donc important de disposer d'informations précises sur les matières recyclées au niveau de la CAO »*, indique Sébastien Petithuguenin de Paprec.

Autodesk intègre également des fonctions d'« évaluation du cycle de vie » dans ses outils de CAO. Le principe est ici de calculer l'impact environnemental global d'un produit. Le logiciel prend notamment en compte : l'extraction des matières premières, leur traitement durant la production, la distribution du produit, la quantité d'énergie consommée en utilisation, sans oublier bien entendu le niveau de recyclage et de valorisation des matériaux, ainsi que la possible réutilisation de certains composants.

Les logiciels PLM offrent également des fonctions permettant de calculer l'empreinte carbone et de l'impact environnemental d'un produit durant l'ensemble de son cycle de vie. C'est le cas chez PTC, Siemens ou également Autodesk. Leur évolution prochaine sera d'exploiter davantage de données utilisateurs, notamment grâce à l'IoT, afin de pouvoir proposer des solutions de reprises, avant que le produit ne soit plus fonctionnel.

« Si vous savez qu'un client possède un produit qui arrive en fin de vie, vous pouvez le contacter pour lui proposer de le lui reprendre. Vous pourrez alors mettre à jour le produit et le lui reproposer dans une mouture plus récente en lui ayant apporté des évolutions hardware ou software. Cela dans une approche de commercialisation de produits en tant que services », poursuit Diego Tamburini.

Concevoir des produits réparables

Le concept d'économie circulaire intègre également la notion de rallongement de la durée de vie des produits. À contre-courant de principes tels que l'obsolescence programmée, les produits de l'économie circulaire doivent donc être conçus pour durer, ou du moins pour être plus facilement réparés. C'est l'approche retenue par le groupe SEB. Depuis 2012, l'enseigne d'électroménager (Moulinex, Rowenta, Calor...) a mis en place une stratégie industrielle basée sur la fin des produits jetables. Le taux de « réparabilité » de ses produits atteint désormais les 97 %. Et cette réparabilité est pensée dès la conception du produit. *« Par exemple, sur une station vapeur, lors du démontage il faut éviter de casser les clips, aussi nous avons modifié une partie du produit tout en gardant le moulage, un choix qui permet en SAV d'utiliser des vis lors de la réparation »*, nous confiait récemment Alain Pautrot, directeur de la satisfaction consommateurs du groupe français. *« Notre objectif est clairement de ne pas proposer un produit réparable uniquement durant la durée de la garantie, mais sur 5/10/15 ans »*, poursuit-il.

Comme Autodesk, SEB estime que l'avenir sera de récupérer des produits arrivant en fin de vie afin de les mettre à jour et ainsi rallonger leur durée de vie. *« Nous venons de commercialiser un Robot Moulinex connecté qui permet d'avoir des recettes à partager avec d'autres utilisateurs... mais nous avions, rien qu'en France, 80 000 consommateurs qui possédaient l'ancien modèle. Aussi, nous avons conçu le nouveau modèle en tenant compte de la possibilité de proposer aux consommateurs des appareils existants de mettre à niveau leur appareil au travers d'un kit. Pour les clients intéressés, nous prenons le produit à domicile, le mettons à niveau et le client à la nouvelle version »*.

Des logiciels qui doivent globalement encore évoluer

Outre la conception des produits, le concept d'économie circulaire doit également s'intégrer dans les autres plateformes logicielles dont les MES, MRP, ERP ou même les outils de logistique. L'évolution de ces outils est en cours. *« Il est aujourd'hui nécessaire d'adapter l'ensemble des suites logicielles pour faciliter le développement de l'économie circulaire dans l'industrie »*, explique Pascal Le Nahédic, responsable d'une initiative interne de SAP autour de l'économie circulaire. Lancée début 2017, cette initiative a pour objectif d'analyser les demandes et contraintes du marché liées à l'économie circulaire, afin de développer ou mettre à jour les produits de l'éditeur de progiciels. *« Nous avons identifié trois grandes priorités. La première est la nécessité, au niveau des outils de gestion, de faciliter la symbiose industrielle en gérant des contrats entre partenaires intégrant la vente de produits mais aussi le rachat de matières secondaires »*, poursuit Pascal Le Nahédic.

Deuxième priorité : améliorer la visibilité au sein de la supply chain, notamment au niveau de l'usure des composants et matériaux, afin de mieux anticiper le recyclage et la valorisation. Enfin, dernière priorité : aider les industriels à optimiser leur production en intégrant un mix de matières premières recyclées et non-recyclées. *« Les algorithmes d'optimisation de la production doivent gérer ces deux sources, en prenant en compte leurs spécificités afin de trouver la meilleure combinaison. Ils pourront notamment comparer en temps réel les cours des matériaux »*, conclut Pascal Le Nahédic. ▲

191955-PAO Folio : q67 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Et si le futur de l'industrie se dessinait dans l'expérience client ?

Par ***Olivier Lluansi & Arnaud Laroche – Associés EY***

Le Livre Blanc EY *Croire à l'industrie du futur et au futur de l'industrie* publié en juin 2017 présente un état des lieux de la transformation du secteur industriel français à l'heure de l'industrie du futur.

Un nouveau cap dans les feuilles de route

Puisque, historiquement, la valeur ajoutée des entreprises industrielles est centrée sur le processus de fabrication, on aurait pu s'attendre à ce qu'elles focalisent leurs feuilles de route sur la performance de l'outil de production. Avec des projets pilotes réalisant des gains de productivité de l'ordre de 20 %, l'apport des nouvelles technologies aux processus industriels est en effet loin d'être négligeable, voire pourrait même devenir une question de survie dans un univers particulièrement concurrentiel.

Or, près d'une entreprise industrielle sur deux inscrit désormais l'expérience client au cœur de son plan de transformation.

Une recherche buissonnante, des maturités hétérogènes

Certaines entreprises industrielles ont ainsi d'ores et déjà intégré les outils d'écoute de leurs clients directs et de leurs clients finaux : enquêtes, baromètres, *Net Promoter Score*, écoute des réseaux sociaux, analyse des verbatims, etc. D'autres ont choisi d'engager une démarche de co-construction de leurs offres et services, en faisant collaborer équipes internes, clients et leaders d'opinions. D'autres enfin, ont adopté une approche ouverte de leur chaîne de valeur pour analyser les *business models* en disruption et identifier d'éventuelles opportunités de nouveaux produits et services. Une expérimentation multiforme qui témoigne d'un champ en pleine évolution. C'est pourquoi, bien que minoritaires, les entreprises les plus avancées sont celles qui ont développé et formalisé un outil stratégique itératif pour intégrer l'ensemble de ces actions dans leur feuille de route. Cette stratégie leur permet de pérenniser la capture des opportunités et de développer leur offre, notamment en matière de services associés.

> *La collecte de données, secondée par le lancement de services complémentaires devrait constituer un avantage compétitif pour les entreprises industrielles qui l'entreprennent.*

Une brique essentielle : le traitement de la donnée

Le paysage technologique de la recherche de performance industrielle se compose d'une quarantaine de briques technologiques matures, industrialisées et disponibles. Or si une entreprise industrielle sélectionne habituellement une dizaine de ces briques pour améliorer la performance de son outil de production : réalité augmentée, robotique, cobotique, jumeaux digitaux, simulation numérique, etc., transformer l'expérience client repose *a contrario* sur une brique technologique dominante : la donnée, qu'il faut maîtriser de sa capture à son analyse.

De nombreux acteurs en sont l'exemple, à l'instar des filières ferroviaire et aéronautique. Les données recueillies au cours des voyages sur les usages des clients et le fonctionnement des équipements sont en effet de nature à transformer radicalement à la fois l'expérience des voyageurs et la proposition de valeur des entreprises. Dans un cas, elles se font le support de nouveaux services (divertissement, géolocalisation), dans l'autre, elles améliorent la maintenance, le suivi de la performance et la disponibilité.

191955-PAO Folio : q68 - Type : qINT 17-09-11 08:27:54
L : 210 - H : 297 - Couleur : Magenta

Olivier Lluansi

Si l'émergence de ces nouveaux services prolonge naturellement la chaîne de création de valeur de l'entreprise, elle induit également une transformation bien plus profonde : car en introduisant de nouvelles méthodes de valorisation, elle confine à faire pivoter le modèle d'affaires. C'est le cas des entreprises – petites et grandes- qui ne vendent plus comme hier ni moteurs ni compresseurs d'air, mais des heures-moteurs, des volumes d'air comprimés et de la fiabilité.

Antidote à une croissance atone ?

Aujourd'hui la croissance en Europe est modeste, en particulier celle des biens d'équipement et de consommation, car limitée à la fois par la saturation de nos marchés et la tendance à l'éco-consommation, voire à la sobriété. Nombreuses sont les entreprises à avoir cherché de nouvelles sources de croissance à l'international, mais ce cycle macro-économique engagé depuis près de 30 ans est parvenu à un stade de maturité avancé. De même, bien qu'il soit prévu que les usines du futur gagnent en moyenne 20 % de productivité dans les 5 années à venir et améliorent ainsi leur rentabilité, cette hausse de performance ne devrait pas nécessairement bouleverser le paysage concurrentiel. Aussi les taux de marge se maintiendront-ils probablement – toutes choses égales par ailleurs – au même niveau.

C'est sans doute une des raisons pour lesquelles les entreprises industrielles sont toujours plus nombreuses à s'intéresser à l'expérience client, car la création de services associés aux biens industriels constituera certainement l'un des plus importants gisements de croissance disponible dans les années à avenir. Dans ce contexte, la collecte de données, secondée par le lancement de services complémentaires devrait constituer un avantage compétitif pour les entreprises industrielles qui l'entreprennent. Une tendance qui devrait renforcer la convergence entre biens et services.

> *Les biens industriels ont une complexité souvent supérieure à un bien de consommation courante.*

Pizzas vs moteurs : profiter de la connaissance intime du produit industriel

Monter une plateforme pour livrer des pizzas dans toute la France en s'associant à des pizzaiolos est le terrain de jeu d'excellence des start-up numériques. Une pizza n'est pas un bien de grande complexité, surtout pour la transporter. En revanche, vendre une heure-moteur d'avion suppose d'en connaître intimement le fonctionnement, connaissance pour laquelle son fabricant a certes une longueur d'avance... Ce raisonnement s'applique également aux voitures connectées. Les constructeurs traditionnels et les GAFA se sont ainsi engagés dans une course effrénée, en partant d'avantages concurrentiels très différents : la connaissance des usagers d'une part et la connaissance des véhicules d'autre part. C'est pourquoi, il est fort à parier que ces dynamiques se rencontreront prochainement.

Pour reprendre l'exemple évoqué plus haut : vendre des volumes d'air comprimé est nettement plus facile lorsque l'on est également le fabricant de ces équipements.

Les biens industriels ont une complexité souvent supérieure à un bien de consommation courante. La connaissance de cette complexité constitue donc un avantage concurrentiel très significatif pour proposer des services *« on-top »*.

Au-delà de la recherche de productivité induite par l'introduction des nouvelles technologies, l'industrie du futur sera donc aussi celle de la connaissance intime des clients, des usages qu'ils font des produits, et des services proposés en complément des biens industriels. Cela implique de maîtriser en temps réel l'intégralité du processus de création de valeur par la donnée, de sa capture *via* les objets connectés, à sa restitution sous la forme de services intelligents et packagés, en passant par son traitement avancé. En la matière, les acteurs industriels ont une vraie carte à jouer : ils sont les seuls à disposer d'une connaissance intime de leur produit. En l'associant à une approche *data-driven*, il ne tient qu'à eux de devenir les leaders de cette nouvelle économie de services. ▲

Arnaud Laroche