

À quoi l'usine du futur ressemblera-t-elle ?

Par Karine GOSSE
et Michel DANCETTE
Groupe Fives

L'usine du futur s'inscrit dans une dynamique faite d'évolutions économique, sociétale et environnementale, qui en définissent les contours et les objectifs. Elle devra notamment répondre à de forts enjeux en matière de compétitivité économique des organisations et des territoires et en matière d'évolution des modes de consommation, ainsi qu'à des enjeux sociétaux en termes d'attractivité et d'intégration dans son environnement. Cette évolution est en marche dans tous les secteurs industriels (traditionnels ou non), mais elle est amplifiée actuellement par le développement accéléré d'un grand nombre de technologies, notamment numériques. Au-delà des technologies et des équipements, cette évolution affecte les modèles d'affaires, le travail et les organisations. Fives, en tant que groupe industriel bicentenaire, inscrit ses activités dans cette évolution et participe ainsi pleinement aux réflexions actuelles sur ce sujet.

L'histoire du groupe Fives Ses activités

Fives, qui conçoit et réalise des usines depuis plus de deux cents ans, naît en 1812, lorsque Napoléon I^{er} demande à une petite équipe d'entrepreneurs de réfléchir à l'extraction industrielle de sucre à partir de la betterave en réponse à l'impossibilité pour la France, en raison de sa politique de blocus continental, de s'approvisionner en canne à sucre auprès des colonies britanniques. Parmi ces industriels, se trouve Jean-François Cail, qui sera à l'origine du procédé d'extraction du sucre de betterave : il donnera son nom à la filiale Fives Cail, qui fabrique aujourd'hui encore des équipements pour la production de sucre (tant à partir de betteraves que de cannes à sucre).

Dans ce domaine de la conception et de la construction d'usines, il existe deux catégories d'acteurs : les sociétés technologiques, qui développent et réalisent des machines industrielles, et les intégrateurs, qui assemblent ces machines au sein d'ateliers et d'usines. Fives mène ces deux activités de front : l'entreprise se positionne donc au croisement du développement de technologies de pointe, de la mise au point de procédés industriels et de la conception de systèmes de production complets.

L'activité de fabrication d'équipements et de machines industrielles représente environ 25 % des effectifs du groupe.

Les ateliers de Fives Cryo, par exemple, fabriquent des échangeurs cryogéniques qui servent à la séparation des différents gaz. Composés de centaines de plaques de mé-

tal assemblées à la main, ils sont ensuite traités dans un four où leur brasage est piloté au degré près.

Fives Landis est leader dans la fabrication de rectifieuses de vilebrequins pour l'automobile ; il utilise des équipements qui lui permettent de produire des vilebrequins de 12 mètres de longueur, avec une précision d'un micron !

Fives Intralogistics est, pour sa part, à la pointe du marché des trieurs de paquets automatisés : il dispose d'équipements capables de trier plus de 60 000 paquets à l'heure pour des acteurs de l'e-commerce. Enfin, Fives Lund met au point des prototypes innovants d'équipements pour la réalisation de pièces en matériaux composites (destinés notamment à l'aéronautique).

Le reste (majoritaire) de l'activité du groupe réside donc dans la conception et la construction d'usines « clés en main » pour des secteurs tels que la transformation des matériaux, l'énergie et, depuis une vingtaine d'années, l'industrie manufacturière et l'intra-logistique. Ainsi, Fives est spécialisé dans l'intégration de techniques de combustion : il maîtrise la conception de fours de cimenterie, de fours de réchauffage d'aluminium ou encore de fours verriers.

Cette transversalité permet au groupe Fives de développer des programmes de R&D communs à plusieurs filiales afin de leur permettre de conserver le meilleur niveau technologique nécessaire à la réalisation d'équipements innovants aux performances optimales. Les services R&D emploient 300 personnes et comptent à leur actif plus de

150 innovations brevetées au cours des trois dernières années. Au total, le portefeuille des innovations de Fives se compose de 1 900 brevets avec un effort particulier mené dans le domaine de la performance énergétique et de l'empreinte environnementale des industries de procédé et, plus récemment, l'introduction de technologies numériques toujours plus avancées dans les processus industriels.

Le groupe emploie huit mille trois cents personnes (pour moitié en France et pour l'autre à l'étranger, avec une forte présence aux États-Unis). Ses filiales – de petites structures entrepreneuriales très spécialisées – sont proches de leurs marchés. Elles maîtrisent parfaitement leurs technologies et font preuve de réactivité et d'agilité tout en bénéficiant de l'appui du groupe, ainsi que de synergies développées entre elles autour d'un grand nombre de métiers qui permettent au groupe, notamment, d'accélérer le développement des applications industrielles de sa R&D.

L'Observatoire Fives des usines du futur

Dès 2012, à l'occasion du bicentenaire du groupe, Fives a fondé un cercle de réflexion qu'il a baptisé « Observatoire Fives des usines du futur ».

Celui-ci a pour objectif de favoriser une réflexion positive sur l'industrie et de mieux appréhender les évolutions des usines. Cet observatoire a organisé des événements très variés : interviews d'experts, sondages quantitatifs sur l'image de l'industrie en France, en Chine et aux États-Unis, ou encore une conférence de citoyens qui a permis d'interroger la société civile sur des questions liées à l'acceptation et à l'intégration de l'activité industrielle



CAHIER DE L'OBSERVATOIRE FIVES DES USINES DU FUTUR

4^e édition - 2016

L'industrie à la manoeuvre
pour une économie plus durable

Photo © Fives

dans la société actuelle. Les résultats de cette enquête révèlent notamment que les Français estiment être insuffisamment informés sur les enjeux de l'industrie et sur les projets industriels, ce qui constitue probablement l'un des freins à la réconciliation de la société civile française avec son industrie.

De multiples défis à relever pour l'usine du futur

L'émergence de « l'usine du futur » est le fruit de l'évolution d'une industrie qui doit répondre à de multiples défis :

Compétitivité économique et performance

La plupart des programmes consacrés à l'usine du futur dans le monde émanent de pays développés qui cherchent à conserver sur leur territoire une production industrielle compétitive. C'est notamment le cas des États-Unis, avec leur *Advanced Manufacturing Program*, de l'Allemagne avec son programme *Industrie 4.0* et, désormais, de la France avec *l'Alliance Industrie du futur*.

Toutefois, les pays émergents commencent eux aussi à faire évoluer leur industrie afin de « monter en gamme » : c'est le cas par exemple de la Chine, avec son programme *Made in China 2025*.

Dans ce cadre, l'usine du futur doit présenter les meilleurs taux d'utilisation et de performance de ses outils de production, ce qui nécessite de s'intéresser à la fois à la machine elle-même, mais aussi à l'interface utilisateur, à l'organisation du travail, à la ligne de production, et plus largement à l'usine dans sa globalité et à son insertion tant dans sa chaîne de valeur que dans son écosystème.

L'évolution des modes de consommation : diversification, ultra-personnalisation et servicialisation

Avec l'évolution rapide des gammes de produits et la diminution de leur durée de vie, les outils de production doivent être aussi polyvalents et reconfigurables que possible.

Ainsi, par exemple, les usines de production de tôles d'acier, dont la durée d'exploitation est de trente ans, ont une visibilité sur la demande en termes de qualité des aciers qui ne va pas au-delà de trois ans.

Ces outils doivent également permettre de fabriquer simultanément des produits très variés : une même ligne de fabrication doit pouvoir fournir des tôles aussi bien pour l'automobile que pour des carrosseries de lave-vaisselle, et ce en dépit de cycles thermiques très différents. C'est ainsi que Fives vient de construire, pour le constructeur automobile Jaguar, une ligne de production lui permettant d'assembler à la fois des « mini », des 4x4 et des voitures de sport, ce qui a nécessité d'adapter les convoyeurs et de prévoir en bord de ligne l'approvisionnement en flux tendu de toutes les pièces nécessaires.

Ce besoin de reconfigurabilité est décuplé par l'apparition de produits (chaussures de sport, lunettes, mobilier, automobiles, etc...) à la vente offrant de plus en plus d'options, voire correspondant à du « sur-mesure », qui peuvent aujourd'hui être produits à des coûts compétitifs

Photo © Fives



grâce aux progrès technologiques réalisés en matière de robotique et de logistique.

Cette personnalisation des produits – et donc la flexibilité et l'agilité attendues des équipements de production – s'accompagne nécessairement d'un fort développement de l'offre de services à l'industrie par différents acteurs, notamment par les fabricants d'équipements eux-mêmes, qui assortissent désormais leurs produits d'une offre de services en matière d'installation, de maintenance, ou même d'exploitation.

Deux évolutions sociétales : l'intégration de l'usine dans la société et l'importance croissante de sa performance environnementale

En dépit du phénomène de la délocalisation de sites industriels, certains postes d'ingénieur, de technicien et d'ouvrier ne sont pas pourvus en raison du manque d'attractivité des emplois industriels, lesquels souffrent d'une image très dégradée (héritée du passé) qu'il est impératif de faire évoluer.

Mais au-delà de cette image dévalorisée, l'idée selon laquelle l'automatisation exclurait l'homme a également suscité de nombreuses réflexions et publications, qui tendent à montrer qu'à tout le moins dans la perspective de nouveaux modèles d'affaires et de nouveaux marchés rendus possibles par cette automatisation (croissance de la valeur ajoutée industrielle), l'usine du futur peut et doit permettre de redonner aux hommes toute leur place dans l'usine, et ce, dans les meilleures conditions possibles.

Enfin, cette intégration de l'usine du futur dans la société ne pourra se faire que si elle répond à des enjeux de performance environnementale et que si elle s'inscrit dans les objectifs nationaux définis en matière de transition énergétique.

Ainsi, par exemple, deux marchés sur lesquels le groupe Fives est très présent, ceux du ciment et de l'acier, sont responsables de près de 30 % des émissions industrielles mondiales de gaz à effet de serre ⁽¹⁾. L'impact positif d'une réduction de la consommation d'énergie dans ces deux secteurs peut donc être considérable. Devenant plus flexibles, plus petites et plus responsables sur le plan environnemental, les usines vont pouvoir se rapprocher des villes, et réduire ainsi le problème crucial posé par les transports de matériaux et de produits finis (et, de manière générale, par la logistique).

De nouvelles technologies pour répondre aux enjeux

Les développements technologiques actuels permettent de rebattre complètement les cartes de la compétitivité et d'ouvrir de nouvelles opportunités aux pays développés, à la fois dans des industries émergentes et dans leurs industries plus traditionnelles.

La révolution numérique

La révolution numérique est une composante essentielle et même fondatrice de l'usine du futur, car elle contribue fortement à apporter des réponses aux enjeux détaillés plus haut. Les capteurs embarqués sur les machines et sur les produits permettent de connaître en temps réel l'état de l'outil de production. Les moyens de calcul et la transmission des données *via* Internet, ainsi que des terminaux mobiles de plus en plus conviviaux, permettent de « virtualiser » l'usine et d'en optimiser la conception, le fonctionnement, l'éventuelle reconfiguration et la maintenance.

Dans l'usine du futur, les machines sont connectées à leur chaîne d'approvisionnement, ce qui permet une mise à jour en permanence de la production.

Mais elles sont aussi connectées entre elles, ce qui assure la gestion en continu de la production de l'usine où elles sont installées, ainsi qu'avec les autres usines du groupe de façon à optimiser les consommations et les maintenances. Et puis, bien entendu, elles sont connectées avec les hommes, ce qui contribue à l'amélioration continue des processus grâce à l'interaction homme/machine et à la capitalisation numérique des savoirs. Ainsi, le numérique permet d'optimiser la performance de systèmes de production intégrés couvrant l'ensemble des processus de l'entreprise et de ses chaînes de valeur, et ce tout au long du cycle de vie de l'usine.

Ainsi, afin d'optimiser les consommations d'énergie et de ressources, les fours de réchauffage Stein Digital Furnace® de Fives (qui sont destinés à réchauffer les tôles d'acier avant leur laminage à chaud) comportent trois cents brûleurs pilotés de façon numérique. L'ordonnement intelligent de l'allumage et de l'extinction de ces brûleurs est optimisé en fonction de la charge thermique, de l'uniformité de température et de l'efficacité de la combustion ; les émissions d'oxydes d'azote en sont ainsi fortement réduites.

Au-delà du pilotage optimisé des équipements individuels grâce à l'exploitation de données, c'est donc également l'ensemble des flux de matières et de produits qui peut être également géré.

Dans le domaine de l'intra-logistique, Fives a développé un système de pilotage de systèmes de tri automatisés (pour les messageries, la grande distribution ou l'e-commerce), le *Warehouse Control System (WCS) Trace®*, lequel permet d'optimiser le parcours des colis et d'infor-

(1) Greenhouse gases emissions from industry, including electricity : World Resources Institute, 2005 data.



Photo © Fives

mer en temps réel de l'avancement de l'activité et de sa productivité.

Les solutions logicielles et l'exploitation de données permettent également un contrôle de qualité et une traçabilité-produit sur l'ensemble d'une ligne de production.

Ainsi, pour assurer le suivi qualité de sa production de tôles d'acier, Fives a développé l'application *Web Eyeon™*, qui offre une visualisation claire et intuitive des données, une analyse rapide des situations et une traçabilité des opérations.

La simulation numérique couplée à l'analyse de données permet finalement d'affiner le pilotage économique.

Ainsi, les usines de canne à sucre produisent à la fois du sucre, de l'éthanol (par fermentation du jus sucré ou des mélasses) et de l'électricité (grâce à la combustion de la bagasse (résidu fibreux résultant de la production de sucre)). Les cours du sucre, de l'éthanol et de l'énergie variant de façon importante dans certains pays, le pilotage numérique permet d'optimiser la production de l'usine au jour le jour, en mettant l'accent soit sur le rendement en sucre, soit sur la production d'éthanol, soit enfin sur l'efficacité énergétique.

Les nouveaux matériaux

Les « nouveaux » matériaux, qu'il s'agisse de composites ou de nanomatériaux, offrent eux aussi des opportunités à l'usine du futur. Actuellement, les avions sont fabriqués à plus de 50 % en matériaux composites. C'est encore

loin d'être le cas dans l'automobile, un secteur à haute cadence de production, mais les constructeurs y travaillent, conjointement aux concepteurs d'outils de production, avec pour objectif d'alléger les véhicules et donc d'en réduire la consommation de carburant.

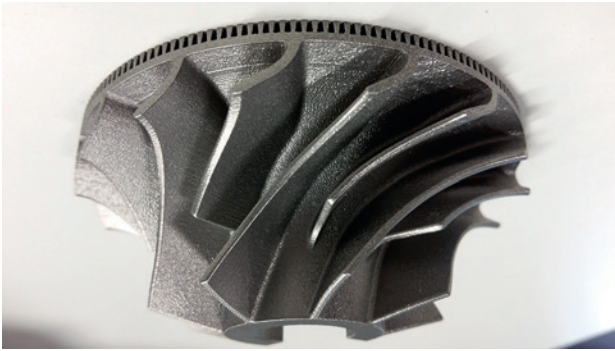
La fabrication additive

La fabrication additive (ou impression 3D) permet de s'affranchir de nombre des contraintes de l'usinage classique. Ce nouveau procédé de fabrication connaît actuellement un très fort développement. L'objectif actuel est de passer à la fabrication industrielle de pièces en acier, en aluminium ou en titane, qui présenteront des caractéristiques physiques équivalentes à celles obtenues par les techniques de production classiques, mais avec des formes plus complexes, inédites et irréalisables par les moyens classiques par enlèvement de matière.

Les étapes restant à franchir avant d'atteindre cet objectif ne manquent pas, l'enjeu étant de garantir la qualité des pièces produites à haute cadence en générant un minimum de rebuts : cela exigera du *design thinking* et l'optimisation conjointe des pièces et du *manufacturing*, l'automatisation de l'environnement de la machine, un contrôle non destructif en ligne, des recherches sur la composition des poudres destinées à alimenter les « imprimantes 3D métal », l'intégration de ces dernières dans les lignes de production... En France, cette question fait actuellement l'objet d'une concertation entre les acteurs de l'ensemble de la filière, en vue de la publication d'une feuille de route partagée. Sur ce sujet d'une brûlante actualité, Fives et

Michelin ont créé une co-entreprise, Fives-Michelin, qu'ils ont lancée en septembre 2015.

Photo © Michelin



L'écoconception

L'écoconception est en train de devenir la norme dans le domaine de la fabrication de machines. Ainsi, par exemple, Fives a développé un système de broyage destiné aux cimenteries, qui fonctionne par compression de lit de matière et qui permet d'économiser 30 % de consommation d'énergie par rapport aux méthodes classiques, et ce, sans pratiquement utiliser d'eau ; ce système peut ainsi être installé dans des cimenteries de régions désertiques.

Autre exemple, celui des tôles d'acier à haute limite élastique utilisées dans l'automobile : les tôles sont réchauffées, puis trempées de façon à figer certaines caractéristiques métallurgiques intéressantes. Ces tôles ultralégères, mais tout aussi résistantes que les précédentes, permettent d'économiser 15 % sur la consommation de carburant des véhicules. Cette qualité est obtenue grâce aux nouveaux procédés, mais aussi grâce au contrôle automatique des commandes de lignes de production qui mesurent parfois un kilomètre de long.

Les marges de progrès sont encore grandes dans le génie des procédés, y compris pour des procédés classiques de récupération d'énergie, de recyclage ou d'économie circulaire (impliquant plusieurs usines).

Les assistances physique et cognitive aux opérateurs

Aujourd'hui, l'usine *des Temps modernes* (le film de Charlie Chaplin) est heureusement révolue. De nombreuses technologies sont actuellement développées pour trouver un juste milieu entre le tout automatique et le tout manuel, et la France est en pointe dans ce domaine.

La cobotique (coopération entre l'homme et le robot) allège la pénibilité du travail et la réalité augmentée permet

de guider l'opérateur dans sa recherche d'informations, dans les gestes à accomplir ou dans la vérification de pièces et dans leur montage. Sur une ligne d'assemblage automobile, par exemple, l'opérateur est assisté par des robots pour faire entrer la planche de bord d'un véhicule dans son habitacle en évitant tout choc qui pourrait l'endommager. Le confort de l'opérateur en est amélioré et le taux de rebuts en est réduit d'autant.

Schmidt Groupe fabrique des panneaux destinés aux cuisines Schmidt et Cuisinella, qui sont complètement personnalisables (emplacement des portes, couleurs, etc.). La découpe des planches est optimisée en fonction des commandes à satisfaire afin d'éviter les chutes (perte de matière première), puis ce sont des robots qui récupèrent les panneaux et préparent les commandes et l'emballage afin que les clients reçoivent leur commande en un temps record. Grâce à cette automatisation, l'entreprise Schmidt a gagné en compétitivité : elle a ainsi développé son chiffre d'affaires et créé des emplois qualifiés.

Dans l'usine du futur, on continuera à... travailler !

La mise en œuvre de ces nouveaux procédés et de ces nouvelles technologies ne pourra se faire qu'avec le concours de l'homme, dont les qualités en font un indispensable chef d'orchestre de l'usine du futur.

Dans celle-ci, les opérateurs deviennent aussi des superviseurs. Libérés des tâches pénibles ou aidés par des robots pour les réaliser, ils peuvent se consacrer à la vérification de la qualité finale des produits et du bon état de fonctionnement des machines. Entre dans leurs attributions une nouvelle tâche, celle de contribuer à des démarches d'amélioration continue et d'innovation.

Mais, pour cela, les opérateurs/superviseurs doivent acquérir de nouvelles compétences et intégrer de nouvelles méthodes de travail liées au déploiement des outils numériques (connectivité sans fil, terminaux mobiles, visualisation de données 3D, réalité augmentée) et contribuer également à la conception de nouvelles « interfaces utilisateur », notamment dans le domaine de la cobotique.

Le développement de nouvelles techniques de formation, d'auto-apprentissage, de capitalisation des connaissances pour tous les acteurs de l'organisation et de la chaîne hiérarchique est la clé du succès de la mise en œuvre de l'usine du futur et de l'attractivité de notre appareil productif.