

D'une innovation en réponse à un besoin interne à la conquête d'un marché en émergence

par

■ **Bruno Bernard** ■

Ancien CEO, Fives Michelin Additive Solutions / AddUp

En bref

Sous l'impulsion visionnaire de certains acteurs de la direction industrielle de Michelin chargés de la fabrication des moules destinés à la fabrication des pneus, le Groupe s'est initié très tôt à la technologie de la fabrication additive métallique. De proche en proche, il a réussi, en dix ans, à maîtriser totalement la mise en œuvre de cette technologie dans la production, prenant ainsi une avance déterminante sur ses concurrents. Parallèlement, la technologie d'impression 3D développée en interne a été sélectionnée au titre d'un programme de diversification du Groupe. Une joint-venture a été lancée en 2015 avec la société française Fives, puis la société AddUp a été créée en 2016 avec deux actionnaires à 50 %. Les défis à relever sont cependant nombreux, dans un marché en pleine effervescence et au développement rapide, où se confrontent acteurs établis et nouveaux entrants dans une course à la recherche des meilleures technologies susceptibles de faire l'objet d'une diffusion industrielle à grande échelle.

Compte rendu rédigé par Élisabeth Bourguinat

L'Association des Amis de l'École de Paris du management organise des débats et en diffuse les comptes rendus, les idées restant de la seule responsabilité de leurs auteurs. Elle peut également diffuser les commentaires que suscitent ces documents.

Le séminaire Management de l'innovation est organisé avec le soutien de la Direction générale des entreprises (ministère de l'Économie et des Finances) et grâce aux parrains de l'École de Paris (liste au 1^{er} juillet 2018) :

Algoé¹ • Caisse des dépôts et consignations • Carewan¹ • Conseil régional d'Île-de-France • Danone • EDF • Else & Bang • ENGIE • FABERNOVEL • Fondation Roger Godino • Groupe BPCE • Groupe OCP • HRA Pharma² • IdVectoR² • IPAG Business School • La Fabrique de l'industrie • Mairie de Paris • MINES ParisTech • Ministère de l'Économie et des Finances – DGE • Renault-Nissan Consulting • RATP • SNCF • UIMM • Ylios¹

1. pour le séminaire Vie des affaires
2. pour le séminaire Ressources technologiques et innovation

Après avoir œuvré au service de l'État au sein du ministère de l'Industrie, puis du cabinet du Premier ministre Édith Cresson, j'ai travaillé pendant dix ans pour le Crédit Lyonnais. Ensuite, pendant cinq ans, je me suis occupé de la transformation du groupe Safran auprès de Jean-Paul Herteman. Il s'agissait essentiellement de déployer des méthodes d'amélioration continue et de mener quelques projets structurants. J'ai par la suite dirigé la filiale de services en ingénierie aéronautique de Safran, qui propose des prestations aux clients souhaitant développer eux-mêmes leurs produits.

En 2015, j'ai quitté ce groupe pour prendre la tête de la joint-venture Fives Michelin Additive Solutions, devenue en 2016 la société AddUp, qui exerce ses activités dans l'impression 3D métallique, et dont je vais parler aujourd'hui. J'ai quitté cette entreprise récemment, ce qui me donne une certaine indépendance dans mon propos, mais également l'obligation de respecter quelques précautions.

Qu'est-ce que la fabrication additive ?

La fabrication classique, désormais dite *soustractive*, consiste, à partir d'un bloc de métal généralement obtenu par fonderie, à enlever de la matière, par fraisage, par tournage ou par perçage, afin de lui donner la forme souhaitée. Elle se heurte à des limitations liées, notamment, à la géométrie des outils utilisés.

La fabrication *additive* a été inventée par des chercheurs français, à Nancy, en 1984. Elle commence par la modélisation en trois dimensions de l'objet à réaliser : celui-ci est décomposé virtuellement en tranches successives, et les coordonnées de chaque point composant ces tranches sont déterminées avec précision. Puis vient la fabrication proprement dite, qui se fait par dépôt de matière couche par couche, en suivant le modèle numérique, jusqu'à l'achèvement de l'objet.

Trois grandes technologies

Il existe trois grandes méthodes de fabrication additive.

La première est la stéréolithographie. Elle consiste à solidifier une résine photosensible sous l'effet d'un rayon laser ultraviolet. On procède couche par couche et on solidifie le film liquide très fin qui a été déposé sur la couche précédente. Cette technique est utilisée uniquement pour les polymères. C'est le procédé historique et il est parfaitement maîtrisé.

La deuxième méthode, le frittage laser sur lit de poudre, consiste à déposer de la poudre métallique très fine (de 15 à 20 microns de diamètre) et à la fusionner, toujours couche par couche, à l'aide d'un laser d'une puissance de quelques centaines de watts. Cette technologie peut également servir dans le domaine des polymères avec un laser moins puissant (quelques dizaines de watts).

La troisième méthode est le dépôt de fil fondu. Elle consiste à extruder un fil d'un diamètre de 0,1 à 3 millimètres à travers une buse chauffée et à le déposer ou à l'entrecroiser pour créer l'objet. Il s'agit généralement d'un fil thermoplastique, mais cette technique peut également être utilisée avec un mélange de polymère et de poudre métallique. Dans ce cas, une fois l'objet réalisé, on le chauffe, d'abord pour éliminer le polymère, puis pour faire fusionner la structure métallique. Au terme de l'opération, on obtient un objet métallique continu. Cette technique d'impression métallique, baptisée *binder jetting* (projection de liant), est en plein essor, car elle est moins coûteuse que la technologie dominante, le frittage laser sur lit de poudre.

Des techniques complexes

On se représente souvent l'impression 3D comme quelque chose de très simple : on pose la machine sur un coin du bureau, on appuie sur un bouton et l'objet sort un quart d'heure plus tard. En réalité, il s'agit de technologies relativement complexes. Une machine de frittage laser sur lit de poudre, par exemple, comprend les éléments suivants : un laser puissant, qui représente une grosse partie du coût total (environ 100 000 euros) ; un système d'optique sophistiqué permettant de dévier le rayon laser pour le déplacer à la surface de l'objet et sur lequel reposent la réactivité et la précision de la machine ; une chambre de fabrication parfaitement étanche et placée sous gaz inerte afin d'éviter l'oxydation des poudres de métal et les risques d'explosion qui peuvent survenir lorsque ces poudres sont mélangées à l'oxygène, sans parler des graves problèmes de santé que leur inhalation peut entraîner ; un système de nivellement des poudres afin d'éviter tout phénomène de vagues ou de grumeaux ; et enfin, une plateforme qui descend progressivement afin de permettre la fabrication des couches successives.

Pourquoi préférer la fabrication additive ?

Le premier grand atout de la fabrication additive est la liberté de conception et de personnalisation qu'elle permet, non seulement pour des objets de mode ou de décoration, mais plus largement pour les objets industriels et leur adaptation aux besoins du client.

La possibilité de réaliser absolument toutes les formes que l'on souhaite, même les plus subtiles, permet aussi d'enrichir la fonctionnalité des pièces fabriquées. C'est le cas, par exemple, pour un injecteur de fioul conçu par General Electric pour le moteur LEAP (*Leading Edge Aviation Propulsion*), auquel la fabrication additive a permis d'apporter des fonctions supplémentaires grâce à sa forme plus complexe et de le rendre ainsi plus performant. Cet injecteur est désormais fabriqué en série. De même, cette technologie a permis d'ajouter des canaux de refroidissement dans les moules industriels et Air Liquide s'en est servi pour accroître le rendement de la fabrication du gaz dans les réacteurs catalyseurs.

Par définition, cette technologie permet également de réduire, voire de supprimer les tâches d'assemblage. Dans le cas de l'injecteur, on est passé de plusieurs dizaines de pièces à une seule.

Un autre de ses avantages est l'économie de matière. Dans l'aéronautique, on estime qu'en fabrication traditionnelle, 90 % d'un bloc de titane part en copeaux. Le ratio *buy to fly* – qui indique le rapport entre la masse de matière achetée pour la fabrication et la masse de la pièce finale – est donc d'1 sur 10. En fabrication additive, on n'utilise que la matière nécessaire pour assurer la tenue de la pièce et répondre aux contraintes auxquelles elle sera soumise. Le ratio *buy to fly* passe pratiquement à 1 pour 1.

De surcroît, l'utilisation parcimonieuse de la matière permet de réduire parfois de moitié la masse des objets. Ce critère est décisif dans l'aéronautique mais devrait bientôt intéresser également le secteur automobile.

La fabrication additive permet aussi de raccourcir la durée des cycles de production, ce qui, dans certains cas, peut jouer un rôle déterminant. L'un de nos clients devait livrer des trains en Amérique du Sud dans le cadre d'un contrat de plusieurs centaines de millions d'euros. À la suite d'un problème chez un fournisseur, il n'avait pas reçu les marteaux permettant de briser les vitres du train en cas d'urgence. Nous avons réalisé ces pièces en impression 3D, ce qui a permis à notre client de respecter son délai de livraison. Le coût de production était plus élevé qu'en fabrication traditionnelle mais, compte tenu de l'enjeu, cela n'avait pas d'importance.

La rapidité de fabrication permet de réduire les stocks, ce qui peut avoir un impact considérable dans l'aéronautique, où les constructeurs sont tenus de conserver les pièces de rechange, avec toutes leurs variantes, pendant trente ans.

Du côté des inconvénients, le principal est le coût encore élevé de ces technologies. De fait, la fabrication additive ne touche pour l'instant que les industries générant des produits à forte valeur ajoutée. Cependant, comme le coût des pièces dépend à la fois de leur complexité et de la taille du lot, en dessous d'une certaine taille de lot et au-delà d'une certaine complexité, il est plus intéressant de recourir à l'impression 3D qu'à la fabrication traditionnelle.