# MG01 – Management de l'innovation et de l'entrepreneuriat

#### Département humanités

A2019

Durée de l'examen : 02h00

## Consignes d'examen

- 1. Lire attentivement <u>l'ensemble du sujet.</u>
- 2. Veillez à la présentation générale de votre copie, à sa lisibilité, ainsi qu'à sa qualité orthographique.
- 3. Aucun document n'est autorisé

#### **QUESTIONS:**

Vous répondrez de façon claire et structurée à l'ensemble des questions ci-dessous, <u>en justifiant</u> vos réponses.

#### 1- Courbe de valeur (5 points) :

- a. Identifier et comparer, à l'aire d'un graphique, les éléments de valeurs de la fabrication additive et de la fabrication traditionnelle (Canevas stratégique).
- b. Quels sont les éléments les plus importants pour la production des pneus ? Justifiez votre réponse.

#### 2- L'organisation de la recherche chez Michelin (6 points)

- a. Comment Michelin a-t-il organisé sa recherche pour développer la fabrication additive métallique ?
- b. Cette organisation a-t-elle évolué ? Si oui, comment et pourquoi ?
- c. Précisez les avantages et inconvénients de l'organisation actuelle.

#### 3- Fives Michelin Additive Solutions / AddUp (9 points) :

- a. Quelle est sa proposition de valeur?
- b. Quelles sont les ressources clés de l'entreprise ?
- c. Le développement de la Joint-venture repose-t-elle sur une/des innovation(s) ? Si oui, caractérisez les.
- d. Commentez et/ou complétez la réponse de Bruno Bernard à la question **(débat)** : Comment identifiez-vous les marchés potentiels ?

<u>Document 1 :</u> Management de l'innovation : D'UNE INNOVATION EN RÉPONSE À UN BESOIN INTERNE À LA CONQUÊTE D'UN MARCHÉ EN ÉMERGENCE - Bruno Bernard - Ancien CEO, Fives Michelin Additive Solutions / AddUp.

Association des amis de l'Ecole de Paris | « Le journal de l'école de Paris du management » -

### 2018/6 N° 134 | pages 14 à 21

Article disponible en ligne à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-le-journal-de-l-ecole-de-paris-dumanagement-2018-6-page-14.htm

Michelin s'est initié très tôt à la fabrication additive métallique et 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. Une joint-venture a été lancée en 2015 avec Fives, puis, en 2016, la société AddUp a été créée. Dans ce marché au développement rapide, où acteurs établis et nouveaux entrants font la course aux meilleures technologies pour une diffusion industrielle à grande échelle, les défis sont nombreux.

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.

# Le marché de l'impression 3D

Le marché de l'impression 3D (plastique et métal) connaît une croissance de 30 % par an. Il représente 10 milliards d'euros à l'heure actuelle et ce chiffre devrait doubler d'ici 2020. La part de la fabrication métallique est actuellement de 3 milliards. Ce marché devrait atteindre 5 milliards en 2020 et 10 milliards en 2025.

L'un des premiers domaines d'application est l'aéronautique, mais nous n'en sommes encore qu'aux balbutiements : la plupart des pièces déjà utilisées en vol sont non critiques du point de vue de la navigabilité. Les premières pièces critiques sont en train d'être certifiées, aussi bien chez Airbus que chez Boeing. Dans le domaine médical, l'impression 3D peut permettre de fabriquer des substituts d'os ou différents types de prothèses. Dans ces deux secteurs, la certification représente toutefois un frein important à la pénétration de ces technologies.

Dans l'automobile, l'impression 3D est utilisée essentiellement pour le prototypage ou pour des séries très personnalisées, qu'il s'agisse de véhicules de course, de collection, ou de très haut de gamme. Elle peut servir également pour la fabrication d'outillage à la demande et en boucle courte. L'avenir de l'impression 3D dépendra beaucoup de la capacité à produire en grande série pour ce secteur.

Cette technologie est également très utilisée pour la fabrication des moules et des outils industriels, ainsi que dans le monde de l'énergie, qui requiert des pièces souvent complexes, chères, d'un niveau de qualité et de subtilité exigeant.

Dans le secteur de l'éducation, on s'en sert pour fabriquer toutes sortes de maquettes et d'outils pédagogiques. Enfin, l'impression 3D est utilisée pour la réalisation de produits destinés au grand public, en raison des possibilités de personnalisation qu'elle offre mais également de ses délais de livraison très rapides.

#### Les défis

La fabrication additive métallique est confrontée à deux grands défis.

Le premier est la réduction des coûts, indispensable si l'on veut toucher des industries de masse comme l'automobile. Cette réduction est difficile à envisager pour le procédé actuellement dominant (le frittage laser sur lit de poudre) en raison du coût du laser et du dispositif mécanique. C'est ce qui a conduit à développer des procédés alternatifs comme le binder jetting.

Le deuxième grand défi est la taille des objets fabriqués. Pour le moment, cette technologie ne peut s'appliquer qu'à des objets tenant dans un cube de 70 centimètres de côté. General Electric vient de mettre sur le marché une machine capable de fabriquer des objets d'1 mètre de côté, mais elle n'est pas encore parfaitement au point. Pour des pièces d'une taille supérieure, la seule solution consiste à les produire en plusieurs morceaux que l'on assemble, ce qui n'est pas optimal.

#### La démarche de Michelin

Dans les années 2000, époque où les technologies d'impression 3D en étaient à leurs balbutiements, des membres de la direction industrielle de Michelin ont pressenti les immenses opportunités qu'elle allait offrir.

La qualité des pneus dépend de la façon dont la surface de la gomme est sculptée. On utilise pour cela des moules métalliques qui sont des objets industriels très complexes, composés de centaines de petites pièces. Les ingénieurs de l'unité dédiée à la fabrication de ces moules ont rapidement compris que la fabrication additive allait leur apporter deux avantages vraiment déterminants : une bien plus grande liberté dans la conception des sculptures et des délais de réalisation beaucoup plus courts. Traditionnellement, la fabrication d'un moule mobilisait plusieurs sous-traitants et durait cinq mois. Avec la fabrication additive, ce délai est tombé à un mois.

Les ingénieurs de Michelin ont d'abord essayé de coopérer avec un fabricant situé dans le Puy-de-Dôme. Le résultat n'ayant pas été concluant et l'entreprise en question ayant été cédée à des Américains, ils ont décidé de tout faire en interne. Pour cela, ils ont constitué une équipe multidisciplinaire comprenant des scientifiques, des métallurgistes, des spécialistes de l'interaction laser matière, des techniciens de machines, des experts de l'optimisation des pièces, des programmeurs, etc.

Le résultat est assez spectaculaire : quinze ans plus tard, le groupe Michelin a conçu sa propre machine dans un domaine qui n'a rien à voir avec son cœur de métier, la fabrication additive métallique. Le Groupe possède deux ateliers de vingt machines, situés l'un en France, l'autre aux États-Unis, qui fonctionnent en continu, avec un temps d'ouverture supérieur à 80 %. Ces deux ateliers fabriquent, chaque année, un million de petites ailettes placées à l'intérieur du moule et permettant de sculpter le pneu.

Ce nouveau procédé a permis plusieurs innovations, comme le pneu Cross Climate, utilisable aussi bien en hiver qu'en été, ou encore le pneu Premier qui, même usé, reste plus efficace que les pneus neufs des concurrents. Ces derniers ont compris l'avantage que Michelin avait tiré de la fabrication additive et tous sont en train de se lancer dans cette nouvelle technologie.

# Un quatrième pilier stratégique

Le groupe Michelin a longtemps été connu pour sa capacité à tout fabriquer en interne et pour sa propension à conserver ses technologies pour lui-même. Il y a quelques années, Jean-Dominique Senard a commencé à faire évoluer cette culture. Aux trois piliers de la stratégie du groupe (le pneu, le service autour du pneu, la mobilité), il a ajouté une quatrième dimension, la valorisation des procédés internes dans des activités économiques.

Parmi les sujets retenus figurait en bonne place la fabrication additive, pour laquelle le Groupe possédait un portefeuille de brevets. Partant du principe que la fabrication de

machines n'était pas son cœur de métier, Michelin a décidé de s'associer à un partenaire ayant une meilleure connaissance de cette activité, et son choix s'est porté sur Fives.

Ce vieux groupe industriel français offre aujourd'hui des services d'ingénierie de moyens industriels et peut aussi bien réaliser une ligne de fabrication sur mesure pour l'automobile qu'un entrepôt automatisé pour Amazon. Il ne s'agit pas à proprement parler d'un spécialiste de la fabrication additive, il a été choisi surtout pour son réseau mondial et sa proximité avec les clients industriels. Sur le plan de la taille, Fives est dix fois plus petit que Michelin (2 milliards d'euros de chiffre d'affaires, contre 20 milliards pour Michelin).

# La création de Fives Michelin Additive Solutions / AddUp

Une joint-venture a été créée, Fives Michelin Additive Solutions, dont chacun des deux groupes possède la moitié des parts et dans laquelle ont été transférés des salariés des deux entités, ainsi que le portefeuille de brevets de Michelin et quelques machines pour aider au démarrage. Cette joint-venture a donné naissance, le 1/04/16, à la société AddUp.

L'ADN industriel des 2 actionnaires est assez différent. Fives se consacre essentiellement à la fabrication de machines, alors que Michelin est davantage tourné vers les utilisateurs, avec le souci de permettre à d'autres industriels de suivre un peu le même parcours et de devenir capables de fabriquer des pièces pour leur propre usage. Cette double orientation s'est retrouvée dans la stratégie de la nouvelle société, qui est un peu "attrape-tout", avec à la fois de la fabrication de machines, de la production pour compte de tiers et une offre de services variée.

La première étape a néanmoins été le développement d'une machine destinée à permettre à la nouvelle société d'exister sur le marché. Cette machine s'inspire fortement des technologies de Michelin, mais a été redessinée. La technologie est celle du frittage laser sur lit de poudre, avec une taille maximale des pièces de 35 centimètres de côté. Elle ne présente pas d'innovation majeure par rapport à ce qui existe sur le marché, mais AddUp met en avant de meilleures performances que ses concurrents en termes d'efficacité et de robustesse, ainsi qu'une meilleure protection de l'environnement et des travailleurs – dimension à laquelle Michelin est très attaché – grâce à des solutions de confinement. Les premiers modèles ont été livrés fin 2017, deux ans après la création de l'entreprise. [...]

#### [...] Extrait du débat : La culture Michelin et Identifier les marchés potentiels

**Un intervenant**: Le groupe Michelin est connu pour sa culture du secret. Le fait qu'il ait accepté de partager ses secrets de fabrication avec d'autres me paraît constituer une petite révolution.

**Bruno Bernard**: Ce genre de transformation culturelle ne peut se faire que si elle est portée par une volonté très forte au plus haut niveau de l'entreprise et, en l'occurrence, tel était le cas. Cela dit, une entreprise de cette taille peut parfaitement se montrer "schizophrénique", au bon sens du terme, c'est-à-dire s'ouvrir pour les sujets jugés pertinents et conserver les

précautions habituelles pour le reste... Le processus dont nous parlons n'a été possible que parce que Michelin, à l'origine, avait décidé de concevoir ses propres machines en interne. Son principal concurrent, Continental, s'appuie au contraire sur un réseau de fournisseurs qui lui apportent les innovations, ce qui conduit à des situations industrielles très différentes.

**Un intervenant** : Comment identifiez-vous les marchés potentiels ?

**B. B. :** Certains sont déjà connus : l'aéronautique, le médical, les outillages industriels. Pour le moment, AddUp s'est concentrée sur l'aéronautique et les outillages industriels. À l'usage, on s'aperçoit que c'est ce dernier secteur qui offre le plus d'opportunités car, contrairement aux deux autres, il n'est pas soumis à des contraintes réglementaires. De plus, dans l'aéronautique, en attendant les futurs programmes, on doit se contenter de fabriquer en impression 3D des pièces déjà produites en fabrication traditionnelle, ce qui non seulement empêche de les optimiser mais suppose de payer une deuxième fois pour leur certification. À mon sens, c'est avec la nouvelle vague de grands programmes, attendue pour 2025, que la fabrication additive pourra véritablement se développer dans l'aéronautique.

# <u>Document 2</u>: AddUp s'est imposé en 3 ans comme un acteur incontournable de l'impression 3D Métal

Source: https://www.usinenouvelle.com\_ - PUBLIÉ LE 01/06/2019 - Consulté en 01/2020.

Créé en 2016, AddUp est en passe de réussir son objectif : devenir l'un des leaders mondiaux dans la conception, réalisation et commercialisation de machines et ateliers d'impression 3D métallique. Sa croissance est exponentielle. Effectif multiplié par 10.

L'effectif de la société auvergnate créée par les groupes industriels Fives et Michelin est ainsi passé en l'espace de 3 ans de 35 à 350 personnes. Cette progression s'explique en partie par le rachat au printemps 2018 de l'alsacien BeAM, le leader de la technologie DED (Directed Energie Deposition), et par l'acquisition au mois de septembre suivant de Polyshape, acteur incontournable Européen en impression 3D Metal. « AddUp bénéficie à la fois de l'expérience de Michelin (qui imprime un million de pièces par an) dans la mise au point et l'utilisation de machines d'impression 3D métal et du savoir-faire de Fives, un groupe français spécialisé dans la conception et la fabrication d'équipements industriels » confirme Jean-Luc Laval, son directeur marketing. S'adressant à tous les domaines industriels (Aéronautique, Automobile, Energie, Luxe, Médical, Outillage...), la société propose une offre globale organisée autour de 3 pôles d'activités. Les 2 premiers sont : AddUp Think pour le conseil et la formation (de la découverte de la fabrication additive jusqu'au déploiement industriel, en passant par l'identification des pièces éligibles) et AddUpStart dédié à la réalisation de pièces Preuves de Concept (POC). La troisième activité concerne la production de machines de technologies LBM FormUp (Laser Beam Melting) et DED BeAM (Directed Energy Deposition) ainsi que l'aménagement de lignes de production automatisées avec une solution HSE unique sur le marché.