

Fabrication additive

Quels bénéfices concrets ?
Comment les exploiter ?



INTER ACTION
CONSULTANTS

INNOVATE · ACCELERATE · CHALLENGE

Fabrication additive / Introduction

Mise en oeuvre dès les années 1990 pour des fabrications rapides d'outillages, la fabrication additive dédiée à des applications industrielles a atteint un stade de maturité permettant des productions en petites voire moyennes séries. Les principes de cette technologie sont désormais largement appréhendés et les grands groupes communiquent activement au sein de la presse spécialisée sur des démonstrateurs et des success stories ponctuelles. Au-delà des effets d'annonce, nous constatons néanmoins que la mise en oeuvre effective de la fabrication additive reste en réalité extrêmement marginale car ses bénéfices concrets ne sont pas clairement identifiés.

Toute société industrielle devrait en revanche se préoccuper du potentiel de cette innovation, qui mérite d'être qualifiée de « stratégique » au sens de Geroski et Marksides⁽¹⁾, en ce qu'elle constitue une avancée technologique majeure qui impacte fortement l'organisation et les compétences internes de l'entreprise.

1. Markides, C.C. and Geroski, P.A. (2005) *Fast Second: How Smart Companies Bypass Radical Innovation to Enter and Dominate New Markets*, London, Jossey-Bass Inc Pub.

Olivier Saint-Esprit



Olivier est le référent du cabinet IAC sur le sujet de la fabrication additive. Il supervise des projets qui déploient cette technologie dans des secteurs industriels variés : aerospace et défense, médical, transport ferroviaire...

Références clients :

THALES  SAFRAN



ZODIAC
AEROSPACE 


AREVA

Partner
olivier.saint-esprit@iac.fr
+33 (0)6 28 72 07 67

Trois précautions à prendre

Dans l'exploration des potentialités de la fabrication additive

Évaluer à priori les bénéfices de la technologie

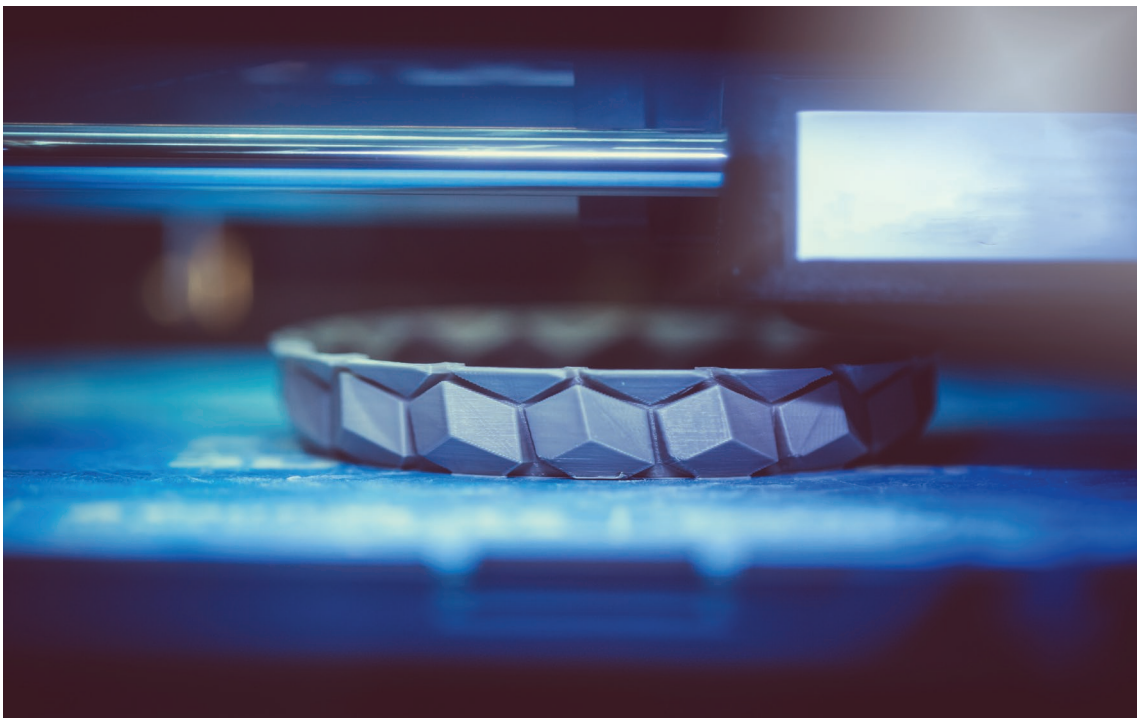
L'échec de l'impression 3D grand public et son corollaire de faillites retentissantes est venu rappeler qu'un **raisonnement sur les usages et la valeur créée par la fabrication additive est indispensable** préalablement à toute démarche d'investissement.

Certains industriels installent en libre accès une machine d'impression plastique dans une salle estampillée « créativité » : les résultats constatés (mugs, figurines,...) sont généralement à la hauteur du degré de réflexion ayant présidé à l'initiative.

Ne pas se faire exclusivement conseiller par les vendeurs de machines et de poudres

Les bénéfices concrets de la fabrication additive n'étant pas encore bien cernés, le discours prédominant reste techno push : la fabrication additive devrait être adoptée car elle est innovante.

Ce message commercial est actuellement porté par les fabricants de machines et de poudres, qui présentent les capacités techniques de leurs produits sans **explicitement le potentiel de création de valeur associé** chez leur client.



Protéger son portefeuille de produits

A l'inverse des technologies de fabrication dites conventionnelles, les procédés de fabrication additive actuellement disponibles ne sont pas « ouverts », dans le sens où le couple [procédé ; matière] est généralement imposé : le fabricant de la machine ne met en oeuvre que sa technologie « maison », en utilisant un seul type de poudres dont il est fréquemment le seul distributeur.

Pour un industriel non expérimenté, le risque est alors de concevoir de nouveaux produits autour d'un procédé spécifique, et de se retrouver ainsi pieds et poings liés avec le fabricant.

Les grands groupes ne s'y sont pas trompés, investissant en propre dans des parcs machines pour **mettre au point et maîtriser leurs propres procédés** et idéalement valider des matériaux alternatifs disponibles en open source.

Pour éviter ces écueils et engranger l'ensemble des bénéfices de la fabrication additive, il convient de s'interroger sur la valeur que ce nouveau procédé apporte à une activité industrielle. Pour cela, nous verrons qu'il est nécessaire de ne pas se focaliser sur les performances atteignables par le procédé mais plutôt d'examiner de façon méthodique son potentiel de création de valeur au regard d'un portefeuille de produits.

Ainsi, après avoir expliqué et illustré que les bénéfices de la technologie sont aujourd'hui majoritairement indirects ou induits, nous expliciterons les 3 grandes familles d'apport de la fabrication additive. Les typologies d'approche permettant d'identifier et de capter ces bénéfices au sein d'une activité industrielle seront ensuite détaillées.

Enfin, nous décrirons la démarche structurée qu'IAC déploie auprès de ses clients industriels pour construire leur roadmap fabrication additive.

La priorité:

Évaluer le potentiel de création de valeur

Dans la phase d'enthousiasme actuelle où se situe cette nouvelle technologie, les articles de la presse professionnelle consacrés à la fabrication additive se répartissent en 2 catégories :

- l'annonce de nouvelles machines ou de nouveaux procédés plus performants, articles généralement (co)rédigés par les fabricants de machines ou de matières premières ;
- des exemples de prouesses techniques réalisées par quelques grands groupes : citons par exemple la fabrication indirecte des moules du nouveau pneu Cross Climate de Michelin ou Thales Alenia Space pour la réalisation de supports d'antenne de très grande dimension en aluminium pour Koreasat 5A et 7.

De l'intérêt économique du procédé, il n'est que très rarement question et lorsque c'est le cas, toujours en termes imprécis, pointant sur le potentiel de la technologie à terme. Pour tout industriel curieux du potentiel de cette technologie, la démarche la plus fréquemment initiée consiste à interroger un fournisseur

en fabrication additive sur la base du plan d'une pièce existante. Quelle que soit la technologie consultée (plastique, métal), la déception est systématiquement au rendez-vous, le prix obtenu outrepassant le prix constaté avec le procédé conventionnel. Aujourd'hui et pour encore quelques années, le coût de fabrication unitaire en fabrication additive excèdera celui des procédés dits conventionnels.

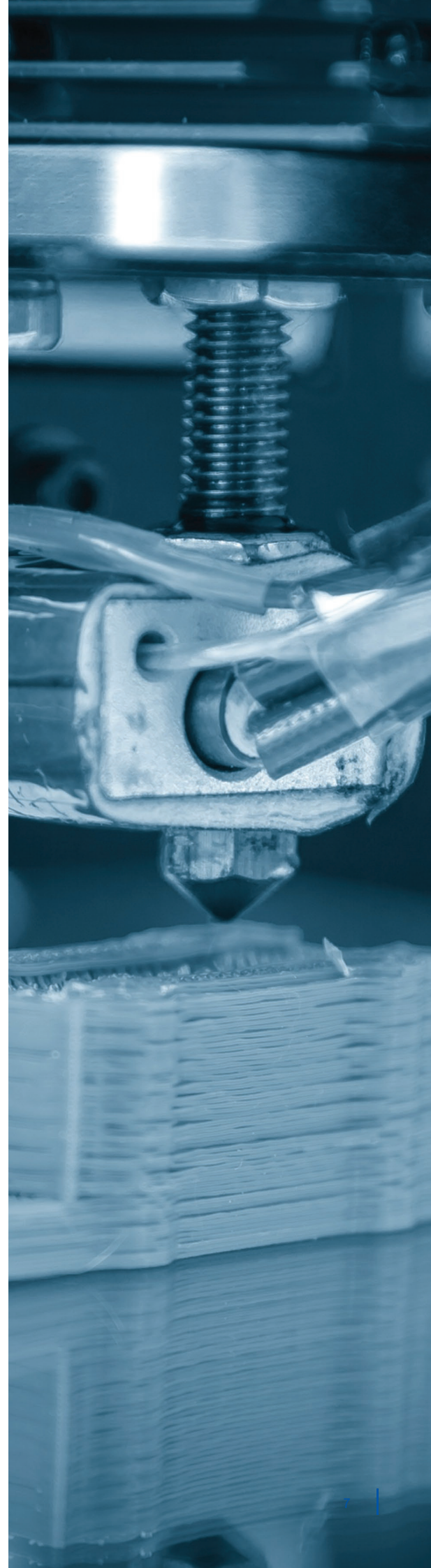
En raisonnant sur le seul coût de revient d'une pièce dessinée pour être fabriquée par un procédé conventionnel, la fabrication additive n'est pas aujourd'hui compétitive.

Les projets de compétitivité récemment animés par IAC confirment que les bénéfices de la fabrication additive sont principalement des bénéfices indirects ou induits, que l'indicateur du coût de revient des produits, tel qu'il est habituellement calculé, ne matérialise pas.

En effet, nous détaillerons par la suite que la fabrication additive vient bouleverser le paradigme industriel de la production de masse qui est la recherche d'un effet d'échelle, dont l'indicateur quasi exclusif est le coût de revient récurrent des produits.

La valeur apportée par le procédé n'en est pas moins réelle et significative, comme l'illustrent les 2 exemples ci-après tirés de cas concrets rencontrés par IAC.

Les industriels récemment accompagnés par IAC se concentrent sur les bénéfices indirects de la fabrication additive.



Deux cas pratiques

Le contexte

Développement d'un équipement médical au planning très contraint.

Des montants d'investissement élevés à engager rapidement pour des moules d'injection aluminium sous pression.

Un historique commercial défavorable avec le mouliste asiatique.

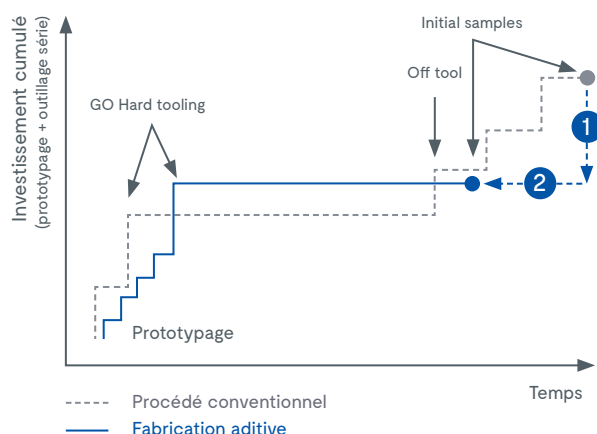
Mise en œuvre de la fabrication additive

Plusieurs prototypes de moules sable sont successivement réalisés en fabrication additive.

Ces itérations permettent la mise au point conjointe du moule et de la pièce série.

Les pièces obtenues en prototypage sont en tout point identiques aux pièces série, ce qui n'était pas le cas avec l'usinage traditionnel.

Le GO Hard tooling peut donc être retardé, et les essais de certification avancés.



1 Le montant des dépenses cumulées est réduit de 20%.

2 Le Time-to-Market est amélioré :
· Moins 1 mois sur le délai d'obtention de la 1^{ère} pièce série
· Lancement de la certification avec 1,5 mois d'avance

Les risques du projet sont minimisés : conflit avec le mouliste, frais de déplacements en Asie pour définir les évolutions de moule, ...

Le contexte

Un corps de munition très précis en titane. Procédé actuel : usinage masse de l'enveloppe et ailettes en tôle rapportées par soudure.

Un schéma industriel actuel complexe :

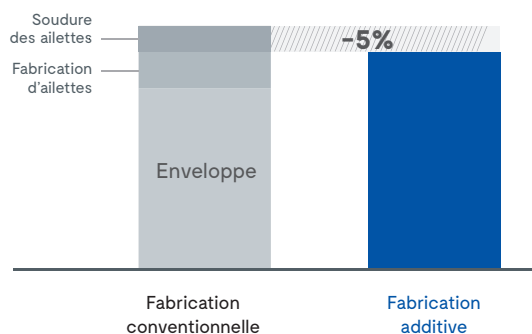
Fournisseur n°1 : usinage de l'enveloppe

Fournisseur n°2 : fabrication des ailettes

Fournisseur n°3 : soudage & contrôle dimensionnel de la pièce finale

Mise en œuvre de la fabrication additive

Le procédé additif permet d'obtenir la pièce « bonne » avec un gain récurrent de 5%.



Le procédé permet de réaliser 2 optimisations de design :

- Paroi évidée via un treillis : gain de 30% sur la masse.
- Découplage thermique plus performant : échauffement interne fortement réduit.

2 gains indirects significatifs sont induits par le changement de procédé :

- Suppression des rebuts occasionnés par la déformation de l'enveloppe lors de la soudure des ailettes.
- Schéma industriel fortement simplifié : 1 seul partenaire au lieu de 3.

Les 2 exemples présentés ci-avant explicitent les bénéfices induits par la fabrication additive et démontrent que le seul examen du coût de revient des produits ne parvient pas à caractériser la valeur apportée par ce nouveau procédé.

Ils ne constituent en revanche que des illustrations ponctuelles, non nécessairement transposables à d'autres secteurs industriels et qui ne révèlent pas toutes les potentialités de gain de cette technologie.

Pour expliciter le potentiel de celle-ci, l'utilisation du ROCE* comme indicateur clé, tel que proposé par Max Blanchet dans son ouvrage Usine 4.0(2), est pertinente.

Nous allons voir que la fabrication additive est un levier puissant d'augmentation du ROCE, vrai indicateur de la compétitivité d'une entreprise industrielle.

**Le ROCE (Return On Capital Employed) est un indicateur financier qui rapporte le taux de marge d'une entreprise au montant du capital qu'elle engage pour obtenir ce résultat. Il est donc représentatif de son efficience et de sa compétitivité.*

Il peut se décomposer en deux ratios clés : la rentabilité et la rotation du capital.

La fabrication additive impacte directement tous les leviers d'amélioration du ROCE, listés ci-dessous de manière générique pour l'ensemble des technologies de l'industrie 4.0 :

Les leviers économiques de l'industrie 4.0⁽²⁾

ROCE =	Rentabilité	×	Rotation du capital
	· Personnalisation des produits · Produits à plus forte valeur ajoutée · Coût rendu total inférieur · Coût de complexité négatif/ numérique · Flux lean, meilleure qualité, moins de rebuts		· Flexibilité de l'actif · Transfert du coût de complexité vers le numérique · Meilleure utilisation des actifs (TRS) · Réduction des stocks

2. Blanchet M. (2016) Industrie 4.0 : nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique, Lignes de Repères

3 grandes familles d'apport identifiables

A l'examen des leviers d'amélioration du ROCE

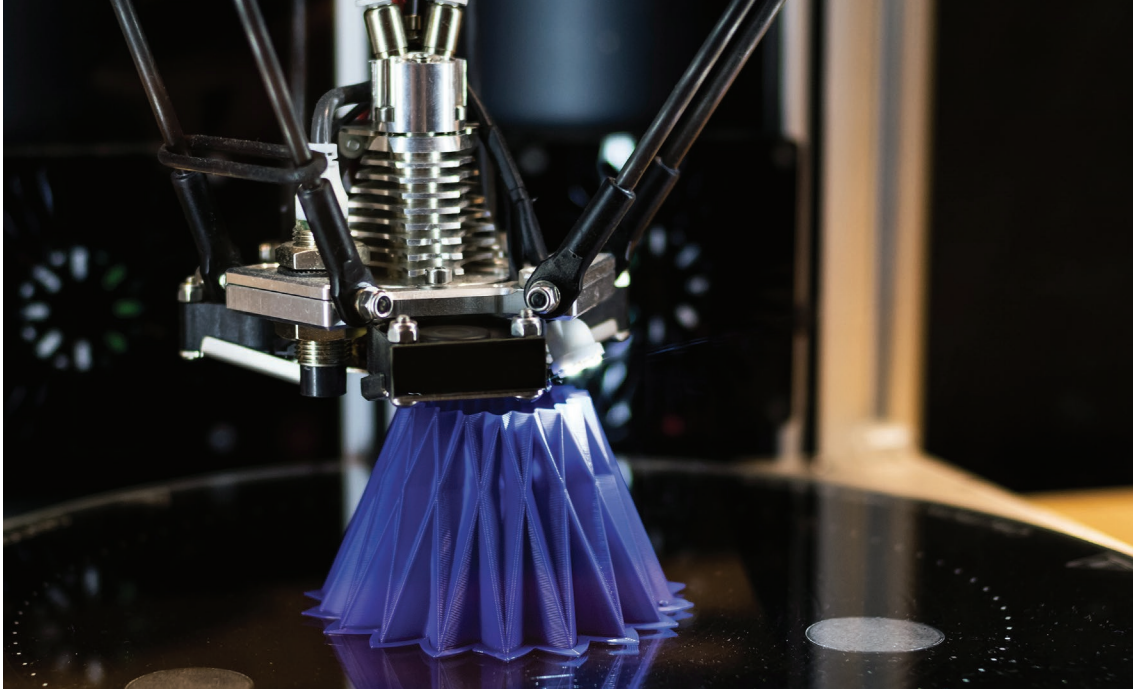
La fabrication additive augmente la valeur des produits : designs optimisés, performances accrues

Des produits aux **performances améliorées** peuvent être proposés aux clients : résistance mécanique accrue via des structures en treillis, pertes de charges réduites dans le cas de réseaux de canaux irréalisables en procédé conventionnel, échanges thermiques optimisés, ... Ces améliorations permettent d'augmenter la valeur des produits et parfois de **concrétiser des innovations** qui n'auraient pu être obtenues via les procédés conventionnels (exemple du pneu Cross Climate de Michelin).

La rotation des actifs peut également être puissamment optimisée par l'emploi de la fabrication additive

Au-delà de la fabrication indirecte d'outillages, la fabrication additive offre de très nombreuses opportunités **d'action sur les coûts indirects « cachés »** de l'entreprise.

- Optimisation des stocks grâce à un lancement à la commande.
- Remplacement des stocks de pièces physiques destinées à la maintenance par des fichiers numériques de pièces imprimables à la commande.
- Réduction des non qualités sur les pièces complexes multi-procédés faisant intervenir plusieurs fournisseurs :
 - Optimisation du leadtime global d'obtention
 - Réduction du nombre d'acteurs impliqués et donc simplification du schéma logistique, des risques de renvoi de responsabilité, des coûts de transport
 - Élimination des procédés spéciaux trop contraignants
 - Réduction des rebuts



La fabrication additive ouvre de nouveaux horizons commerciaux : des marchés de plus petite taille deviennent accessibles, le catalogue de produits peut être étoffé à coût minimal

La fabrication additive permet de s'affranchir de la réalisation d'outillages de fabrication spécifiques et coûteux, comme les moules d'injection, tout en garantissant un design identique à celui qui aurait été obtenu avec des moyens de fabrication série.

Ce faisant, elle permet de réduire les coûts fixes de développement d'une nouvelle gamme et d'optimiser le délai d'atteinte du point mort économique d'un projet, tout en réduisant l'engagement financier et donc le niveau de risque.

De nouveaux marchés pérennes ou d'opportunité peuvent ainsi être captés et le catalogue d'offre produits peut être élargi à moindre frais.

Poussée à son optimum, la fabrication additive permet de personnaliser les produits en fonction des clients individuels, en mettant en oeuvre les principes du Platforming : la plateforme générique reste alors fabriquée à moindre coût selon un procédé conventionnel, la fabrication additive prenant en charge les pièces customisées.

La recherche de la taille de lot économique, paradigme de la production en masse induisant à ne cibler que des marchés de taille importante pour amortir de gros coûts fixes, est invalidée.

Identifier les gains concrets au sein d'une activité

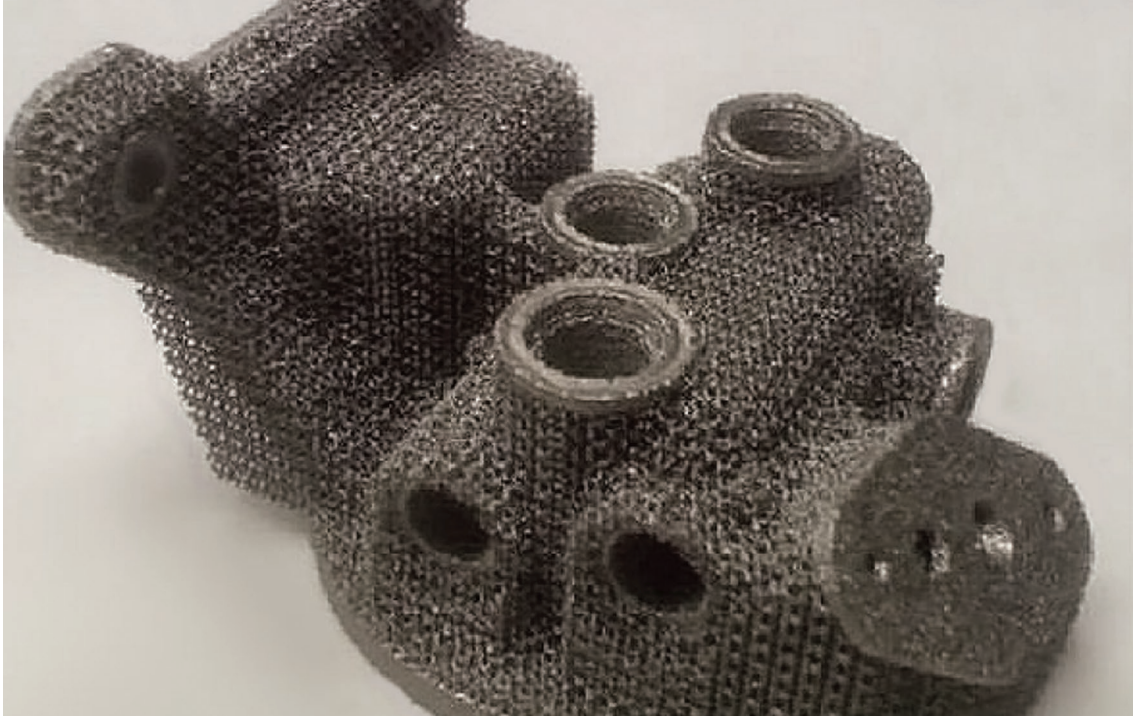
Nous avons vu dans les sections précédentes que les potentiels que recèle la fabrication additive ne se laissent pas trivialement révéler en consultant en fabrication additive des designs actuellement fabriqués via des procédés conventionnels.

3 approches complémentaires doivent donc être suivies, assorties d'outils adaptés :

Approche valeur des produits : Designs optimisés, performances accrues.

L'outil à mettre en œuvre est logiquement l'analyse fonctionnelle, qui permettra d'identifier :

- des regroupements de fonctions au sein d'une pièce unique
- des pistes d'améliorations sur les performances clés du produit (tenue mécanique, thermique, ...) grâce à l'optimisation topologique des designs ou grâce aux structures de type treillis simple ou évolué (Lattice).



Pièce de moteur en titane Ti6Al4V fabriquée en EBM (Electron Beam Melting) utilisant une structure lattice. ⁽³⁾

Approche rotation du capital

Les optimisations réalisables selon cet axe resteront pour la plupart cachées des clients, mais elles n'en sont pas moins fondamentales, car en améliorant la rotation du capital, elles vont permettre à l'entreprise d'améliorer la performance opérationnelle de ses activités, ce qui se traduira par une capacité accrue à lancer de nouveaux projets.

Les outils à privilégier sur cet axe seront :

- l'analyse du **cycle de vie des produits**, notamment lors des phases de développement et prototypage, pour cibler l'accélération du Time-to-Market et la réduction des investissements
- l'analyse et l'optimisation d'**indicateurs financiers** :
 - montant et taux de rotation des stocks
 - coûts de transport exceptionnels (appro en urgence par avion)
 - mise à la benne de stocks de pièces pour cause d'évolution de définition
 - coût des équipes internes de support aux fournisseurs en LCC ou d'analyse des non qualités.

Approche marché

Une réflexion est à mener pour identifier quels nouveaux marchés peuvent être captés et selon quels axes il devient rentable d'élargir le catalogue d'offre produits.

Pour découvrir ces opportunités, 2 outils complémentaires sont pertinents :

- **une matrice de découverte**, tableau à double entrée permettant le croisement de deux types d'information, les cases vides constituant des « fenêtres d'innovation » sur lesquelles orienter la recherche.
- **une stratégie océan bleu⁽⁴⁾**, consistant à sortir de la logique de compétition en favorisant l'innovation et l'originalité afin d'accéder à un secteur de marché complètement libre de concurrence.

3. Ming C. LEU, Nannan GUO. Additive manufacturing: technology, applications and research needs[J]. Front Mech Eng, 2013, 8(3): 215-243.

4. CHAN KIM W., MAUBORGNE R., Blue Ocean Strategy, Harvard Business School Press, 2005.

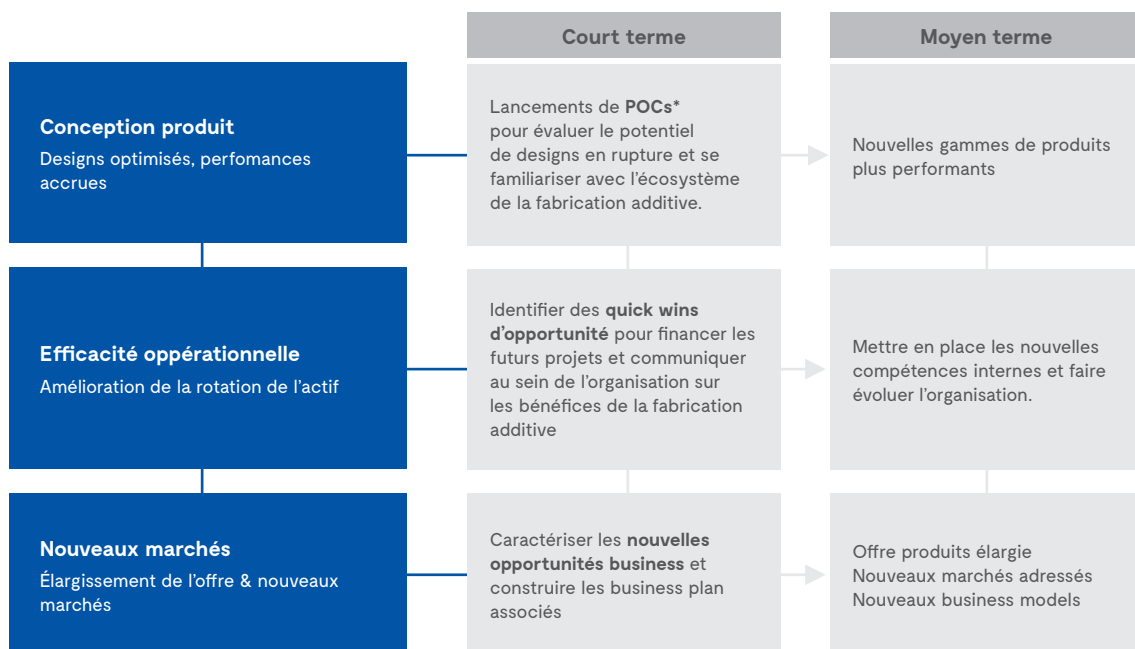
Démarche IAC :

Deux étapes pour recenser et quantifier les potentiels

L'élaboration d'une roadmap fabrication additive vient formaliser les objectifs court et moyen termes sur les 3 axes de création de valeur explicités précédemment.

01 Recenser les gains sur 3 axes

02 Construire et animer la roadmap fabrication additive



(*) Proof of concept

D'une durée de 3 à 4 mois, la phase 1 est dédiée à l'identification et la caractérisation des potentiels de gain.

La seconde phase, cadencée sur 6 mois environ, précise la roadmap et fixe les objectifs court et moyen terme. Les économies quick-wins réalisées sur l'axe Efficacité opérationnelle permettent de communiquer positivement sur les bénéfices tangibles du procédé, et d'entamer sereinement la phase de conception de nouveaux produits en rupture.

En abordant la fabrication additive sous l'angle de la création de valeur, cette démarche structurée en 2 étapes fournit des résultats concrets.

Elle permet d'envisager sereinement la mutation stratégique que constitue la future adoption généralisée de ce procédé de fabrication révolutionnaire.

www.iac.fr

IAC Paris

21, rue Fortuny
75017 Paris
FRANCE

+33 (0)1 56 62 32 00
contact@iac.fr

IAC Düsseldorf

Rather Straße 110a
40476 Düsseldorf
ALLEMAGNE

+49(0) 211 469 775-0
kontakt@iac-de.com

IAC Lyon

4, Place Amédée Bonnet
69002 Lyon
FRANCE

+33 (0)4 28 29 86 41
contact@iac.fr

