

La fabrication additive métallique : Marché et métiers

—
18/02/19

Document élaboré par :

Katalyse 
STRATÉGIE & DÉVELOPPEMENT

 **Erdyn**
Engaging Innovation



Observatoire paritaire, prospectif et analytique
des métiers et qualifications de la Métallurgie



INTRODUCTION

Fabrication additive et FAM

Le principe de fabrication additive par fusion laser est breveté en 1977, la recherche et la commercialisation de cette technologie se développant dans les années 1990, sous plusieurs noms (pour des questions de brevets notamment).

La fabrication additive métallique (FAM) se développe à partir de 1995 (premiers brevets déposés) et commence à se commercialiser dans les années 2000. Cette technologie appliquée au métal doit alors en principe constituer une réponse aux enjeux de réduction des coûts de production de pièces complexes (par rapport à l'usinage), de leur poids et de l'utilisation de matière première.

Depuis 2015 les industriels prennent plus fortement conscience de son potentiel. Elle est aujourd'hui essentiellement introduite dans les secteurs de l'aéronautique et du médical, qui nécessitent un nombre important de pièces complexes.

À fin 2018 on constate que les développements s'accélèrent mais que l'introduction de la FAM dans l'industrie n'est pas encore massive et présente encore des limites techniques... et financières (*cf. analyse du marché*)

» Zoom : fabrication additive et métallurgie

Les entreprises qui intègrent des activités industrielles de métallurgie sont les premières clientes de la fabrication additive (aéronautique, automobile...). Son application concrète mobilise aussi bien des matériaux polymères que métalliques, ces derniers tendant à se développer.





INTRODUCTION

Cadrage sur les principaux procédés de fabrication additive métallique

◇ PROCÉDÉS DE FUSION SUR LIT DE POUDRE

Principe : *“procédés de fabrication additive selon lesquels les particules de poudre des régions particulières d'un lit de poudre sont fusionnées entre elles par énergie thermique »* (source : farinia.com)

» Procédé de fusion par laser

Principaux procédés : selective laser melting (SLM), direct metal laser sintering (DMLS)

Procédé adapté pour les métaux ferreux et non ferreux

Nombreux constructeurs de machines positionnés sur cette technologie

» Procédé de fusion par faisceau d'électrons (EBM “electron beam melting”)

Moins diffusé mais offrant des spécificités intéressantes : plus grande productivité, pièces ne nécessitant pas de traitement thermique de détensionnement...

◇ PROCÉDÉ DE DÉPÔT DE MATÉRIAU ET FUSION (DED “DIRECT ENERGY DEPOSITION”)

Principe : *“procédé de fabrication additive selon lequel les particules de poudres sont projetées dans un faisceau d'énergie vers un bain de métal fondu, auxquelles elles s'ajoutent et fusionnent lors du refroidissement.”* » (source : farinia.com)

Source d'énergie directe le plus souvent par laser mais pouvant également se faire par faisceau d'électrons

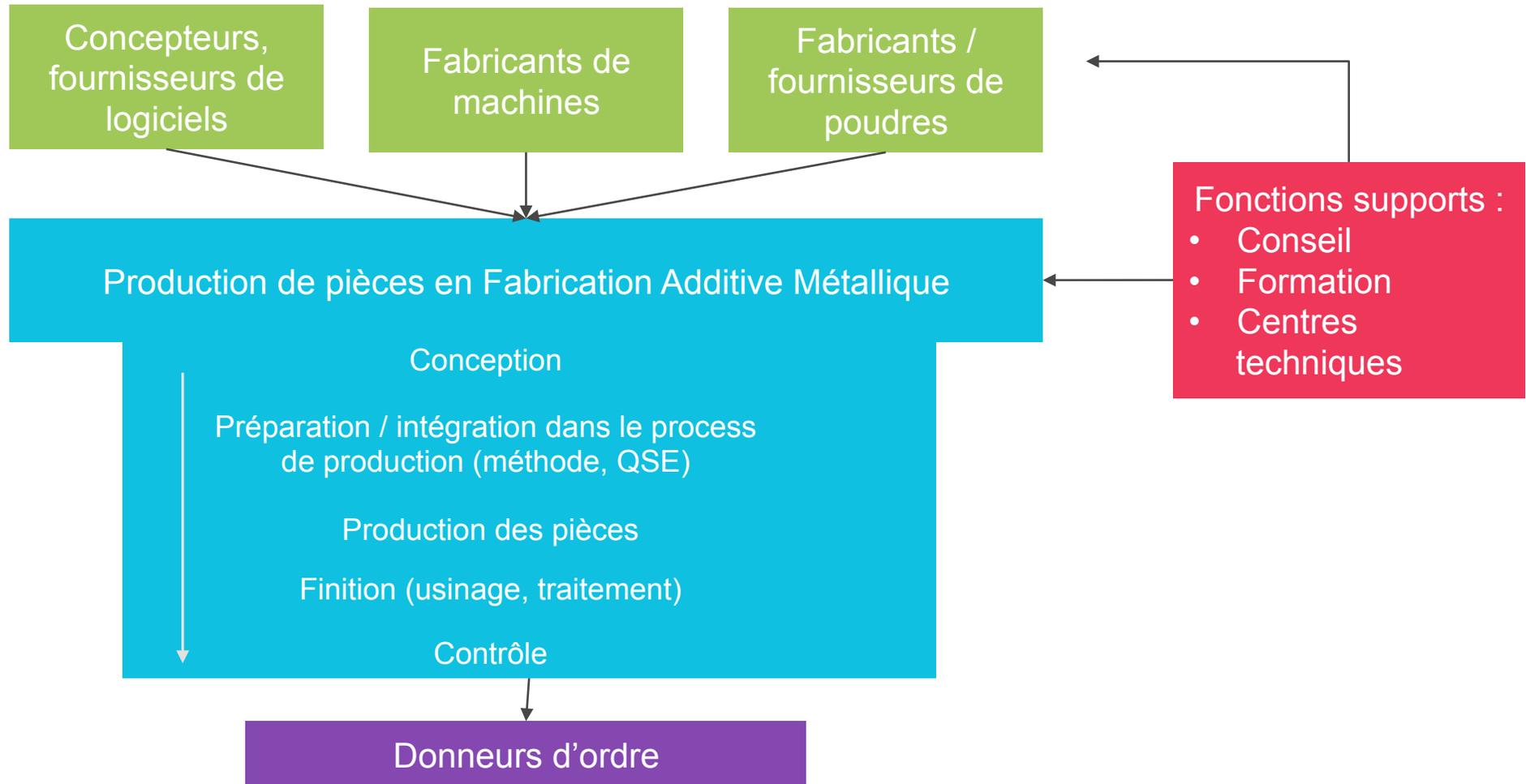
Technique adaptée pour la production de pièces ou la réparation de composants

Technique qui convient particulièrement à l'hybridation avec l'usinage à commande numérique traditionnel (très peu de solutions de fabrication hybrides aujourd'hui mais un axe de réflexion)



INTRODUCTION

La chaîne de valeur de la fabrication additive métallique



Le marché et les acteurs de la FAM

01





DONNÉES DE CADRAGE SUR LE MARCHÉ

Quelques actualités de la filière en France (1/3)

◇ UNE FILIÈRE FRANÇAISE QUI SE STRUCTURE

En matière de **fabrication de machines**, les acteurs commencent à se regrouper comme l'illustre le rachat de BeAM et Poly-Shape par Addup, coentreprise de Fives et Michelin, qui ambitionne de capter 10% de part du marché mondial des équipements de fabrication additive d'ici 2023. La France compte aujourd'hui 4 sites de production de machines de fabrication additive métallique.

Dans la **fabrication de pièces par fabrication additive métallique** comme pour les autres matériaux, la tendance se tourne progressivement vers la production en série. Le développement des équipements de fabrication permet une production jusqu'à 4 fois plus rapide et une division du coût de production des pièces par 2 ou par 3.

D'importants progrès ont été réalisés sur les poudres mais pas d'innovation de rupture par rapport à 2016. MetaFensch par exemple a réalisé la première fusion/atomisation de titane début 2017.

Principaux sites de fabrication de machine de fabrication additive métallique en France

- 3D Systems à travers sa filiale Phenix Systems : Riom (63), région de Clermont-Ferrand
- Addup : Cebazat (63), région de Clermont-Ferrand
- BeAM (Addup) : Strasbourg
- Initial (Prodways) : Annecy (74)





DONNÉES DE CADRAGE SUR LE MARCHÉ

Quelques actualités de la filière en France (2/3)

◇ DU PROTOTYPAGE À LA PRODUCTION EN SÉRIE

Les prototypistes s'allient avec des acteurs de l'aéronautique comme l'association de Poly-Shape (Addup) avec Lisi Aerospace pour créer la coentreprise Lisi Aerospace Additive Manufacturing dédiée à la fabrication de pièces aéronautiques et spatiales. Freyssinet AeroEquipement est entré au capital de Fusia en 2017, permettant à l'entreprise de signer un premier contrat série.

Volum-e compte un des plus grands parcs de machines de fabrication additive tous matériaux en France avec 31 machines.

Les grandes entreprises ont dépassé le stade de la preuve de concept. Michelin utilise des machines d'Addup pour produire des lamelles de moules de pneus à l'échelle industrielle et Safran a obtenu la certification d'un distributeur de turbine fabriqué par fusion laser sur lit de poudre métallique, ouvrant la voie vers la production en série.





DONNÉES DE CADRAGE SUR LE MARCHÉ

Quelques actualités de la filière en France (3/3)

◇ UNE CONCURRENCE INTERNATIONALE FORTE

Cependant, la France n'est pas toujours le pays choisi par ces industriels. Certains se tournent vers des prestataires étrangers comme PSA qui a choisi de travailler avec la start-up américaine Divergent. De même, Thalès a inauguré un centre de production spécialisé dans la fabrication additive métallique au Maroc en 2017. Airbus s'est associé avec le fabricant de machine allemand EOS et le constructeur Daimler.

Quelques acteurs de la métallurgie se sont également positionnés sur le secteur de la fabrication additive métallique. Ainsi, Mecachrome s'est associé avec Norsk Titanium, un fournisseur norvégien de composants en titane par fabrication additive pour développer des processus de fabrication permettant de réaliser des composants structurels en titane par fabrication additive pour le Boeing 747. Dans le secteur de la forge, les acteurs sont intéressés par la technologie qui pourrait être utilisée en substitut.





DONNÉES DE CADRAGE SUR LE MARCHÉ

Les secteurs d'application

◇ LES SECTEURS D'APPLICATION MAJORITAIRES RESTENT INCHANGÉS :

L'**aéronautique** et le **spatial** (prévision de croissance annuelle de 25% jusqu'en 2024), ont rapidement compris les usages de la fabrication additive métallique et adapté leurs plans de développement. Elle fait partie des axes principaux de développement d'Airbus. La fabrication additive métallique permet de réparer des pièces, d'obtenir des pièces plus légères (jusqu'à 50% de réduction de poids pour une aube de turbine). Les pièces fabriquées sont néanmoins non critiques au sens de la sûreté de fonctionnement aéronautique. Par exemple le distributeur de turbine certifié de Safran est 35% plus léger et de constitution plus simple (4 pièces au lieu de 8).

Le médical (prothèses), et plus particulièrement celui du **dentaire** (+35% de chiffres d'affaires dans le secteur dentaire en 2017 pour la fabrication additive) est un domaine d'application important. Les pièces issues de la fabrication additive métallique restent des pièces peu sollicitées mécaniquement (couronnes, bridges).

L'**automobile** figure également parmi les secteurs clés du domaine pour la réalisation de prototypes, de moules et de pièces personnalisées en petites séries comme les enjoliveurs. Actionnaire d'Addup et acteur de longue date dans la fabrication additive, Michelin utilise la fabrication additive métallique pour la fabrication de moules pour les pneus.





DONNÉES DE CADRAGE SUR LE MARCHÉ

Les secteurs d'application

◇ DES MARCHÉS EN FORTE CROISSANCE

La fabrication additive métallique est pertinente pour le secteur des moules et des outillages pour la réparation d'outillage et le renforcement localisé de la surface mais aussi pour la fabrication directe comme des pièces comportant des canaux de refroidissement interne.

3. DES SECTEURS ENCORE ÉMERGENTS

Le **luxe**, très en marge actuellement, se développera pour des impressions utilisant des métaux précieux (or, argent, bronze, platine).

Une multiplication d'applications plus ponctuelles de mécanique classique sera à prévoir comme en **énergie** pour la conception d'échangeurs thermiques et la fabrication de moteurs.





MARCHÉ DE LA FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE

Un marché mondial toujours en croissance

◇ UNE CROISSANCE DU MARCHÉ DE LA FABRICATION ADDITIVE (TOUTES MATIÈRES CONFONDUES)

Le marché mondial de la fabrication additive – toutes matières confondues – a connu une croissance d'environ 20% par rapport à 2017 pour atteindre un chiffre d'affaires de 9,3 milliards de dollars en 2018 (source : SmarTech Publishing). Ce chiffre devrait s'élever à 11,2 milliards de dollars en 2019 et pourrait représenter 32 milliards en 2023 (source : Markets and Markets).

Ces données de marché incluent l'ensemble des revenus générés par la fabrication additive, qu'il s'agisse des équipements (machines, logiciels), des matériaux élaborés en fabrication additive et des services.

Elles intègrent par ailleurs tous les matériaux (plasturgie, composites, céramique, métallique...)

La France, malgré quelques fabricants de machines phares, ne représente que 3% du parc mondial contre 40% pour les Etats-Unis et 9,4% pour l'Allemagne. Les fabricants français sont néanmoins prometteurs avec des entreprises positionnées sur tous les segments de marché comme Prodways Group.





MARCHÉ DE LA FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE

Un marché mondial toujours en croissance

◇ L'ESSOR DE LA FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE :

Le chiffre d'affaires mondial de la fabrication additive *métallique* est estimé à 1,15 milliards de dollars en 2017, soit environ 12% du marché de la fabrication additive dans son ensemble. Ce chiffre d'affaires a augmenté dans les mêmes proportions que le marché de la fabrication additive dans son ensemble, avec une hausse de 20% par rapport à 2016 (source : SmarTech Publishing).

Toutefois, la vente de machines pour la fabrication additive métallique a connu un bond de 80% en 2017 avec près de 1800 machines vendues (source : Wohlers 2018) ainsi que le nombre de fabricants de machines (+39%). Cette forte hausse en matière d'équipement laisse présager un développement plus important du marché des pièces élaborées par fabrication additive métallique.



MARCHÉ DE LA FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE

Estimation du marché français actuel

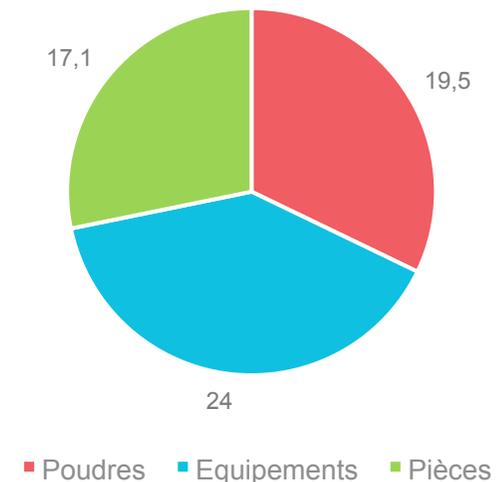
◇ UN MARCHÉ FRANÇAIS DE 60,6 M€ EN 2018

Le marché de la fabrication additive métallique est estimé à 60,6 M€ en France, avec une répartition par segment qui a encore peu évolué au regard des répartitions observées en 2013 ; les activités de la fabrication additive métallique répondaient alors à la répartition suivante : 30% pour les poudres, 40% pour les équipements, et 30% pour la fabrication des pièces (source : rapport du Pipame 2017). Cette répartition montre une activité encore peu structurée pour la production de série, avec des équipements produisant peu de pièces (équipements pour R&D, centres de formation...).

La croissance sur le segment métal en France suit la tendance mondiale grâce à des donneurs d'ordres importants en aéronautique et en automobile.

Répartition du chiffre d'affaires de la fabrication additive métallique en France en 2018

Total : 60,6M€



Sources : Rapport Wohlers 2018, Etude prospective Pipame sur les matériaux métalliques 2017, Xerfi Impression 3D Horizon 2020 – Traitement par Erdyn



MARCHÉ DE LA FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE

Estimation du marché français actuel

◇ UN MARCHÉ FRANÇAIS QUI DEVRAIT DOUBLER ENTRE 2018 ET 2025, NOTAMMENT PAR L'ESSOR DE LA FABRICATION DE PIÈCES

La croissance sur le segment métal en France suit la tendance mondiale grâce à des donneurs d'ordres importants en aéronautique et en automobile.

Le chiffre d'affaires de la fabrication additive métallique devrait dès lors atteindre 122M€ en 2025

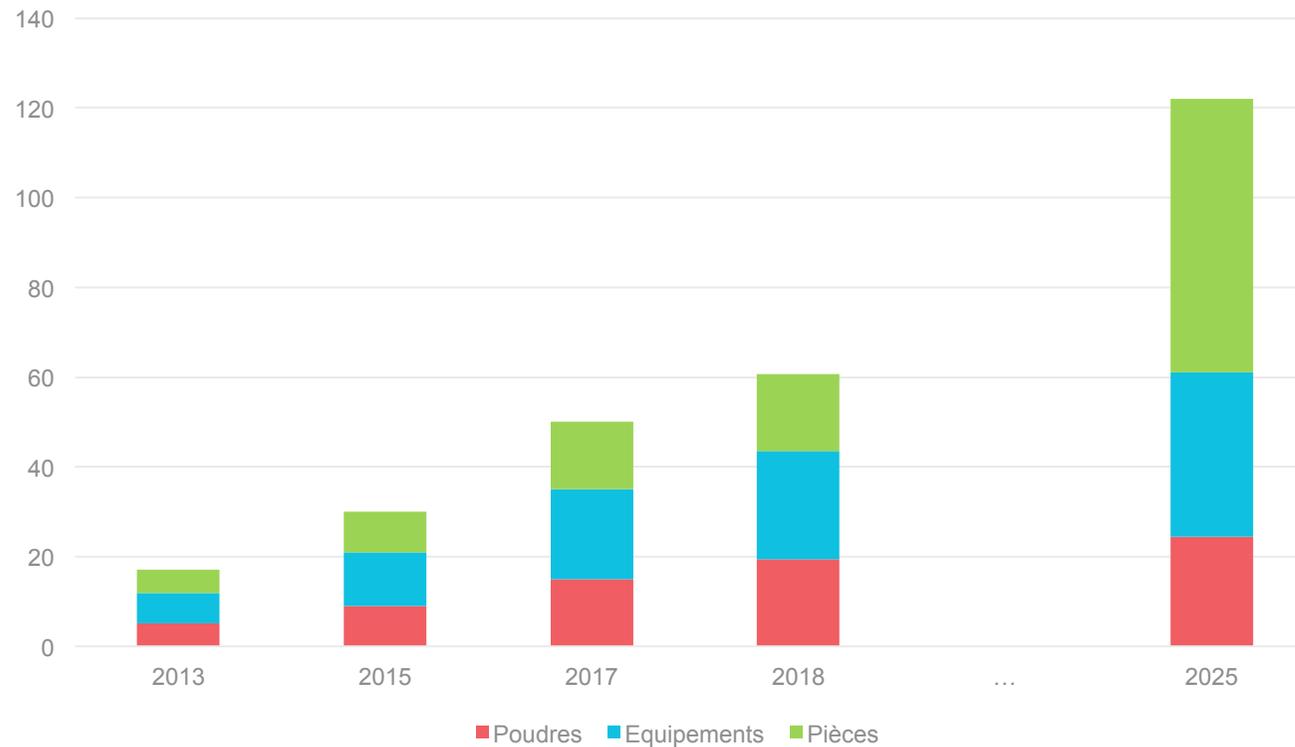
Cette répartition s'ajusterait suite au développement de la filière dans les années à venir pour atteindre les ratios suivants : 20% pour les poudres, 30% pour les équipements et 50% pour la fabrication de pièces.



MARCHÉ DE LA FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE

Le marché français : estimation actuelle et prospective

Chiffre d'affaires
de la FAM



Sources : Rapport Wohlers 2018, Etude prospective Pipame sur les matériaux métalliques 2017, Xerfi Impression 3D Horizon 2020 – Traitement par Erdyn





MARCHÉ DE LA FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE

Principaux acteurs intervenant sur le marché français

1. Fournisseurs de poudre :

Aubert & Duval – Erasteel
(groupe Eramet)
Cookson (Royaume-Uni)
Metalvalue
Praxair (Etats-Unis)
Tekna

2. Fabricants de machines :

3D Systems (Etats-Unis)
Addup
BeAM (Addup)
Concept Laser (Allemagne)
Digital Media (Suède)
EOS (Allemagne)
Prodways – Rapid Additive Forging
Realizer (Allemagne)

3. Concepteurs/fournisseurs de logiciels :

3DYOURMIND (Allemagne)
Altair
GE (Etats-Unis)

4. Fabricants de pièces :

3A
Actuaplast
AFU
AGS Fusion
Asap Koncept
BV Proto
Cresilas
EAC
Erpro
Fusia
GM Prod
Hyperion Laser

I3D Concept
Initial (Prodways)
Lisi Aerospace Additive
Manufacturing (LAAM)
Medicrea
Nexteam
OMG
Poly-shape
Prismadd
Spartacus 3D
Turbomeca (Safran)
Volum-e
...

5. Centres techniques et instituts :

CETIM
CTIF
MetaFensch
...

Retrouver les offreurs de solutions pour la fabrication additive sur <https://www.la-fabrication-additive.com>



DES FREINS À LEVER

Un besoin de recherche amont et appliquée

1. Pour maîtriser les procédés :

- Comprendre et caractériser la métallurgie (contrôle et modélisation de la thermique)
- Assurer une répétabilité et une maîtrise des pièces produites
- Possibilité d'intégrer des capteurs dans les pièces en cours de fabrication par stratoconception

2. Sur les poudres :

- Fiabiliser les sources d'approvisionnement des poudres pour la fabrication additive métallique afin d'assurer des résultats d'impression maîtrisés. Peu de fournisseurs de poudres sont dédiés à la fabrication additive, leur capacité de production est présente mais pas adaptée à cette technologie.
- Développer de nouvelles générations de poudres et savoir les caractériser
- S'affranchir des poudres propriétaires : certains fabricants de machines fournissent des poudres uniquement pour l'utilisation sur leurs équipements.

3. Sur les machines :

- L'augmentation la productivité devra permettre d'abaisser les coûts de production, qui restent encore élevés. Les pièces fabriquées doivent gagner en fiabilité.
- La reprise des états de surface est toujours nécessaire pour la finition des pièces : la rugosité obtenue minimale est de 10 µm, insuffisante pour des pièces soumises à des frottements l'une sur l'autre
- L'automatisation de la fabrication additive, de l'approvisionnement en matières premières jusqu'au post-traitement, ne concerne que les grands acteurs comme Michelin, les acteurs plus modestes étant encore dans une phase d'acquisition d'équipements d'impression.

4. Sur les aspects réglementaires et sécuritaires :

- Absence de normes spécifiques aux procédés et aux matériaux d'impression
- Réglementations existantes inadaptées ou contraignantes
- Problématiques de contrôle qualité des produits imprimés
- Processus de certification des pièces finies longs
- Niveau de sécurité sur l'utilisation des équipements par les techniciens à définir





DES FREINS À LEVER

Un besoin de formation

◇ UN BESOIN DE RE-CONCEPTION TOUJOURS PRÉSENT

Le principal enjeu exprimé par les entreprises en matière de formation est un besoin urgent de formation en re-conception mécanique pour apprendre à identifier les pièces où la fabrication additive métallique est adaptée et apporte une valeur ajoutée par rapport aux procédés traditionnels d'élaboration de métaux.

◇ UN BESOIN D'ACCOMPAGNEMENT POUR LES TPE-PME

Les PME peuvent bénéficier de programmes d'aide à l'identification des cas d'usage pour l'intégration de la fabrication additive métallique dans leurs procédés de fabrication (exemple : 3D Start PME, programmes régionaux). Cet effort de sensibilisation et de formation est important pour les industriels, notamment de TPE-PME. La mise à disposition de plateformes mutualisés permettant la réalisation preuve de concept (POC) ou prototype rend la technologie plus accessible aux industriels.



UNE ÉVOLUTION DU MODÈLE ÉCONOMIQUE QUI SOULÈVE DES QUESTIONS

◇ LA NÉCESSITÉ DE CONSOLIDER LE CHAINAGE NUMÉRIQUE

La chaîne numérique actuelle pouvait être suffisante pour la réalisation de pièces de prototype, mais elle n'est pas conçue pour supporter un procédé mature de fabrication de pièces industrielles. Le passage du modèle CAO (Conception Assistée par Ordinateur) à l'imprimante 3D entraîne des pertes de données et la multiplicité des fichiers créés pose la question de l'interopérabilité des données numériques. Des travaux et réflexions sont en cours pour consolider cette chaîne numérique, de la conception à la simulation et même jusqu'à la capitalisation des connaissances, un enjeu essentiel pour la diffusion de la FAM.

◇ LA CRÉATION DE VALEUR AJOUTÉE ET LA NOTION DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

La question de la propriété intellectuelle émerge fortement en fabrication additive, en lien notamment avec le développement de plateformes de mise en ligne de fichiers 3D et la démocratisation des imprimantes 3D. Ce phénomène vaut aujourd'hui plutôt en fabrication additive plastique, les machines de fabrication additive métallique n'étant pas accessibles au grand public. Toutefois, les évolutions sont rapides et il semble pertinent de proposer dès aujourd'hui des solutions normées en la matière (des travaux sont conduits à l'INPI). Par ailleurs, la création de valeur ajoutée est associée à la conception de la pièce et à sa traduction numérique. La question de la localisation de cette valeur ajoutée (donneurs d'ordre vs fabricant) dépendra en partie de la capacité des fabricants de pièces à disposer des compétences en interne.



Les besoins en emplois et compétences en FAM

02



ESTIMATION DU NOMBRE D'EMPLOIS EN FAM CHEZ LES FABRICANTS DE PIÈCES

02 Une évolution quantitative faible

- » Une estimation quantitative conduite à partir des estimations et évolutions de chiffres d'affaires en fabrication de pièces par fabrication additive métallique
- » Un chiffre exprimé en ETP qui ne reflète pas la réalité, aujourd'hui les entreprises intègrent les machines FAM en complément d'autres machines, les salariés sont polyvalents.

◇ EN 2018 :



◇ EN 2025 :

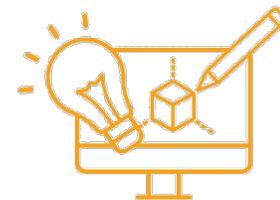


◇ LA FABRICATION ADDITIVE MÉTALLIQUE IMPACTE PARTICULIÈREMENT LES FONCTIONS EN AMONT DE LA PRODUCTION :

Deux familles de métiers sont particulièrement impactées :

- » Les métiers de la **conception** (de pièces ou de machines) sont ceux qui vont être amenés à évoluer le plus fortement en termes de compétences et savoir-faire, la fabrication par FAM impliquant une re-conception de la pièce
- » Les métiers de la **préparation / organisation** (chez les fabricants de pièces) devront bien connaître le procédé, ses limites et contraintes, ses impacts en matière de sécurité pour intégrer au mieux ce mode de production nouveau (et complémentaire aux modes traditionnels).

En amont également l'ensemble des métiers de la R&D évoluent pour accompagner la maturation de la filière, identifier des nouveaux alliages, valider la résistance des matériaux...



IMPACTS SUR LES COMPÉTENCES

Bilan des impacts sur les métiers

◇ UN FAIBLE IMPACT SUR LES MÉTIERS DE LA PRODUCTION

Les métiers de la **production** (de pièces ou de machines) nécessitent d'intégrer quelques compétences complémentaires sans fondamentalement transformer le contenu des tâches (il s'agira toujours de conduite de ligne de production).

Pas de nouveaux besoins en compétences pour les **métiers en aval** mais une hausse des besoins exprimés en matière de :

- » Parachèvement des pièces
- » Rôle clé du contrôle et notamment non destructif.



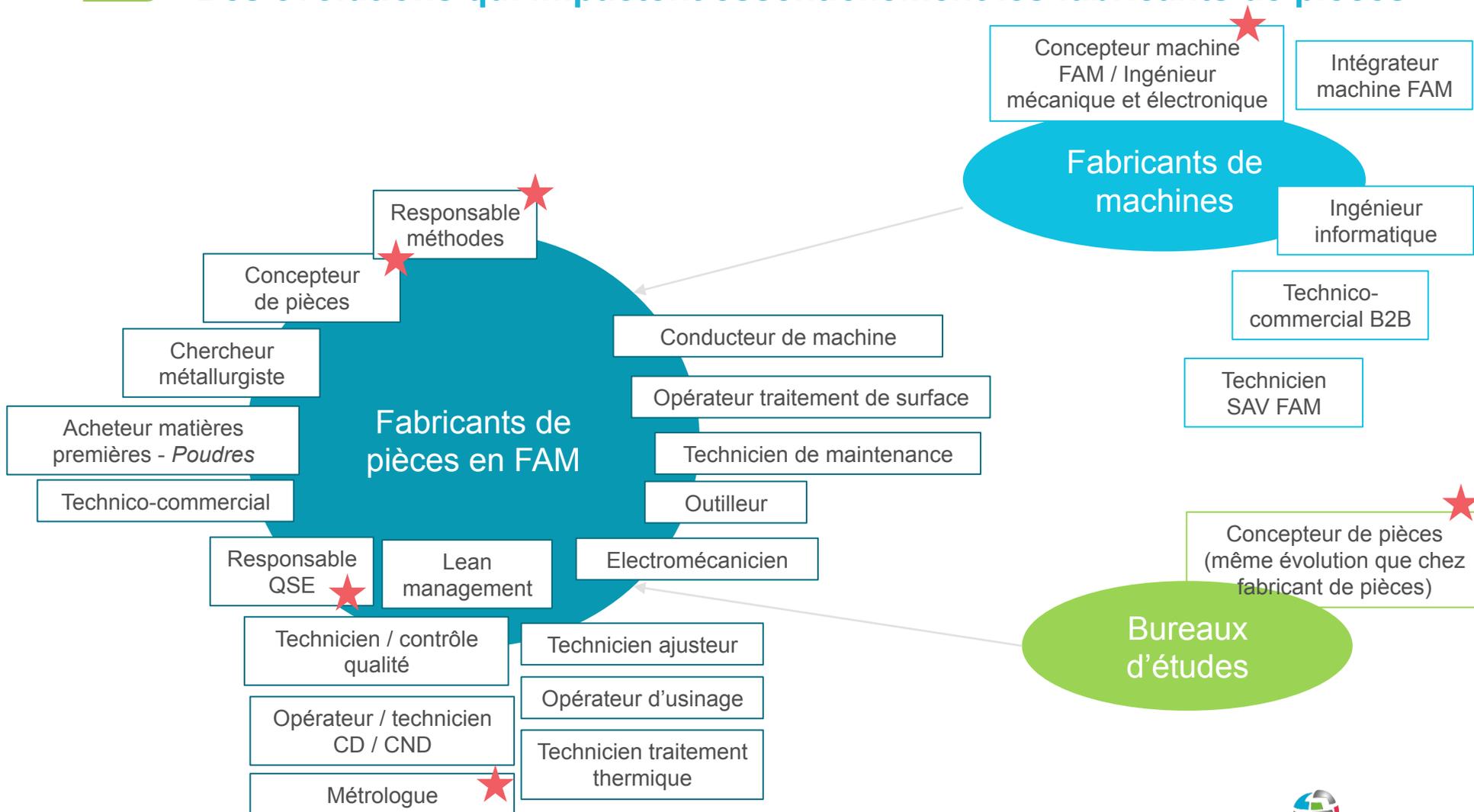
La fabrication additive métallique impacte par ailleurs l'ensemble des fonctions de l'entreprise utilisatrice en intégrant une nouvelle technologie et de nouveaux process → l'intégration d'une machine dans l'entreprise par conséquent nécessite la formation / a minima la sensibilisation de tous.

◇ DES IMPACTS IMPORTANTS CHEZ LES FABRICANTS DE PIÈCES INTÉGRANT DES MACHINES FAM

◇ PEU DE BESOINS EXPRIMÉS PAR LES FABRICANTS DE MACHINES.

PANORAMA DES MÉTIERS IMPACTÉS PAR LA FAM

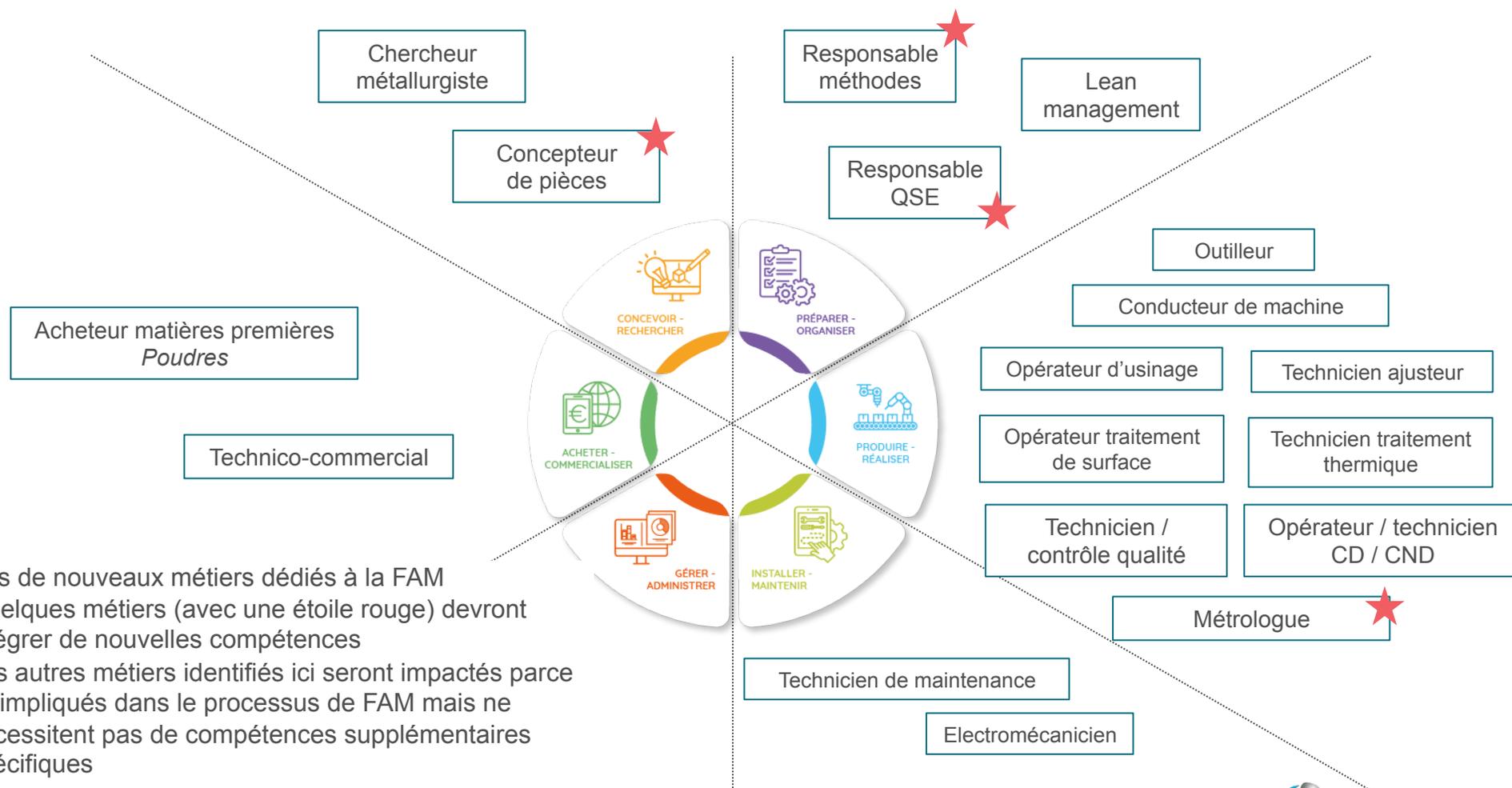
Des évolutions qui impactent essentiellement les fabricants de pièces



FABRICANTS DE PIÈCES

Cartographie des métiers impactés

★ Métiers nécessitant une évolution des compétences



- Pas de nouveaux métiers dédiés à la FAM
- Quelques métiers (avec une étoile rouge) devront intégrer de nouvelles compétences
- Les autres métiers identifiés ici seront impactés parce qu'impliqués dans le processus de FAM mais ne nécessitent pas de compétences supplémentaires spécifiques

FABRICANTS DE PIÈCES

Evolutions et impacts sur les compétences (1/3)

FACTEUR D'ÉVOLUTION

L'accélération de l'introduction de la fabrication additive métallique pour différentes pièces, conçues avec différents alliages (et même multi-matériaux)

CONSÉQUENCES SUR LES COMPÉTENCES

Sur les métiers de la **R&D pour optimiser les procédés, offrir de nouveaux produits en fonction de la technologie utilisée**

- Travaux sur les poudres (nouveaux alliages, caractérisation, modélisation...)
- Compréhension du comportement de la matière à l'échelle macroscopique, capacité à prouver la résistance de la pièce dans le temps
- Recherche sur l'optimisation du parachèvement

Sur les métiers de la **conception de pièces** pour proposer des pièces en fabrication additive = création de pièces en fonction de la fonctionnalité attendue

- Capacité à proposer plusieurs modalités de conception et à proposer la technologie la plus adaptée → nécessite une bonne connaissance métallurgique
- Optimisation topologique, intégration de fonctionnalités (logique différente de la production « en soustraction de matière), analyse rhéologique
- Capacité à intégrer les spécificités de la fabrication additive métallique, ses possibilités mais aussi ses contraintes
- Maîtrise outils de modélisation / conception / pilotage machine

Sur les métiers de la **préparation / organisation :**

Responsable méthode : en charge de l'industrialisation du process d'élaboration → maîtrise du procédé et des logiciels de fabrication additive métallique (pour la définition du plan de process) : limites, contraintes, vitesse d'impression, post production nécessaire...

Responsable QSE : définition des procédures QSE en lien avec les spécificités de la FAM, formation et sensibilisation du personnel → maîtrise du procédé FAM

Lean management : intégration de la machines de FAM dans la chaîne de valeur de l'entreprise pour optimiser le process

MÉTIERES IMPACTÉS

- Chercheur métallurgiste
- Ingénieur R&D

- Concepteur de pièces
- Ingénieur produit
- Ingénieur process

- Responsable méthode
- Responsable QSE
- Lean management



FABRICANTS DE PIÈCES

Evolutions et impacts sur les compétences (2/3)

FACTEUR D'ÉVOLUTION

CONSÉQUENCES SUR LES COMPÉTENCES

MÉTIERS IMPACTÉS

L'intégration progressive de machine de fabrication additive métallique dans les outils de production

La production des pièces « en une fois » et sans possibilité de refonte en cas de problème

Sur les métiers de la **R&D** :

- Des fabricants de pièces qui se rendent de moins en moins dépendants des fabricants de machines pour l'achat des poudres métalliques → capacité à déterminer le spectre granulométrique des poudres métalliques adapté aux usages et aux machines

- Chercheur métallurgiste

Sur les métiers de la **production** :

- Développement des besoins en conduite de ligne des machines spécifiques dont le coût est encore très élevé → des industriels qui envisagent de confier ces machines à des salariés expérimentés
- Suivi des instruments et mesures, compréhension des signaux d'alerte → capacité de contrôle *in situ*
- Importance de la polyvalence : frontière floue entre les métiers

- Conducteur de ligne

Sur les métiers de la **maintenance** :

- Des machines récentes, au fonctionnement très spécifique, avec peu de retour d'expérience encore → à court terme une maintenance qui impactera surtout le fabricant de machine mais la nécessité d'une montée en compétences progressive des équipes dans l'usine
- Compétences en électromécanique
- Connaissance de la machine et de son fonctionnement

- Technicien de maintenance

Sur les **métiers de l'outillage** (à moyen terme) : les entreprises équipées de machines de FAM pourront élaborer leurs outils par cette technique

- Outilleur



FABRICANTS DE PIÈCES

Evolutions et impacts sur les compétences (3/3)

FACTEUR D'ÉVOLUTION

CONSÉQUENCES SUR LES COMPÉTENCES

MÉTIERS IMPACTÉS

Des attentes clients pour des produits livrés « clés en main » et une technologie FAM qui nécessite aujourd'hui un important travail de finalisation de la pièce (granulosité...)

Sur les métiers de **l'usinage, rectification** → pas d'évolution de compétences, mais une recherche de personnel qualifié pour ces postes :

- Capacité à usiner des pièces complexes qui ne ressemblent pas aux pièces produites jusqu'alors
- Procédé FAM encore relativement couteux avec des pièces qui ne sont pas refondues
→ « pas le droit à l'erreur sur l'usinage »

- Opérateur d'usinage
- Technicien ajusteur
- Tourneur-fraiseur
- Traitement de surface / traitement thermique

Procédé de fabrication appliqué à des pièces complexes, de valeur et aujourd'hui particulièrement diffusé en aéronautique et santé (deux secteurs très exigeants en terme de qualités des pièces)

Sur les métiers du **contrôle, de l'instrumentation** :

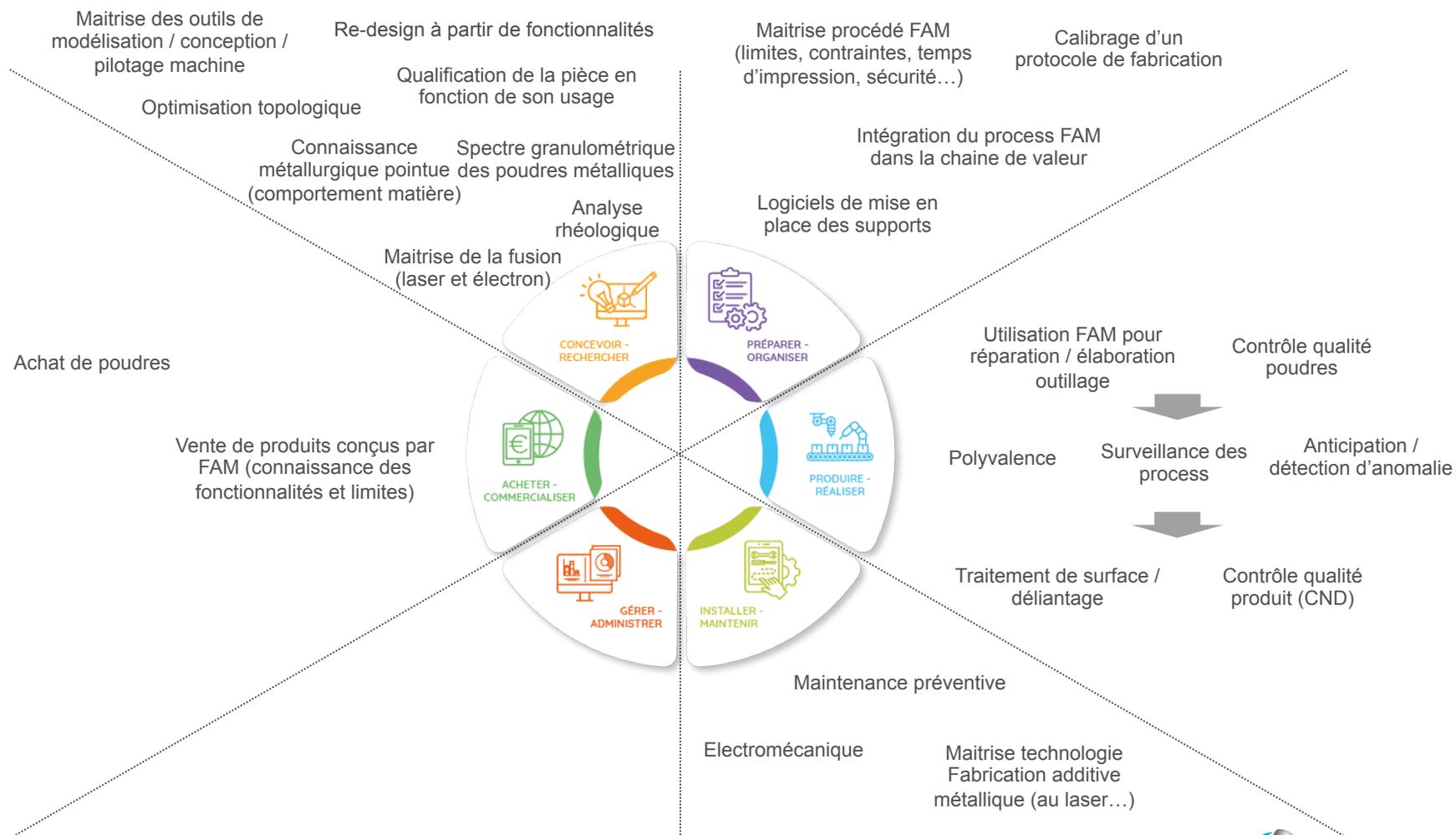
- Hausse des besoins en contrôle non destructif
- Compétence en contrôle préalable des poudres

- Technicien contrôle/qualité
- Métrologue



FABRICANTS DE PIÈCES

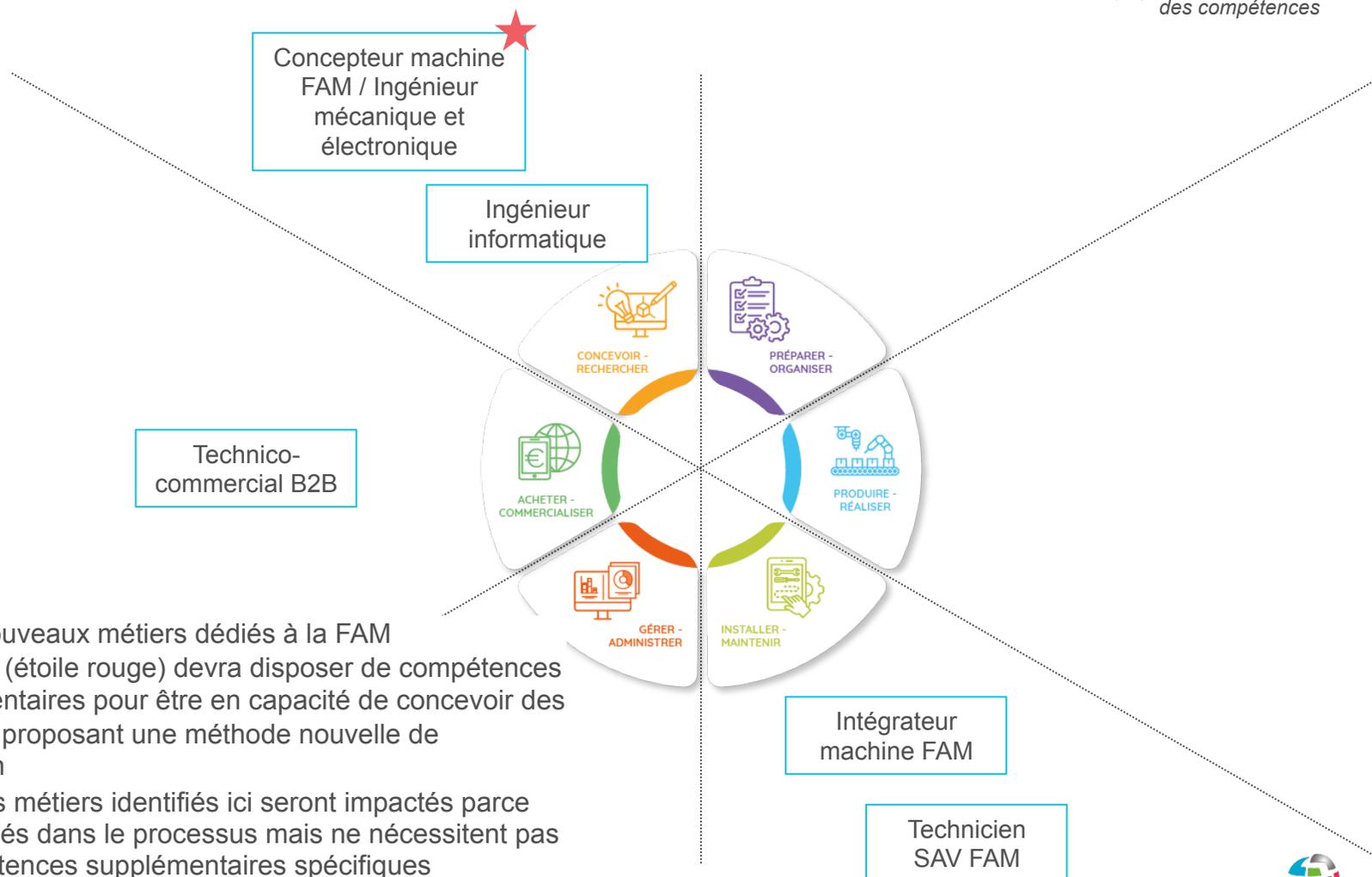
Compétences nouvelles ou en progression



FABRICANTS DE MACHINE

Cartographie des métiers impactés

★ Métiers nécessitant une évolution des compétences



- Pas de nouveaux métiers dédiés à la FAM
- Un métier (étoile rouge) devra disposer de compétences complémentaires pour être en capacité de concevoir des machines proposant une méthode nouvelle de production
- Les autres métiers identifiés ici seront impactés parce qu'impliqués dans le processus mais ne nécessitent pas de compétences supplémentaires spécifiques

La fabrication additive métallique : Marché et métiers - Rapport



FABRICANTS DE MACHINES

Evolutions et impacts sur les compétences

FACTEUR D'ÉVOLUTION

CONSÉQUENCES SUR LES COMPÉTENCES

MÉTIERS IMPACTÉS

Des attentes clients pour des produits livrés « clés en main » et une technologie FAM qui nécessite aujourd'hui un important travail de finalisation de la pièce (granulosité...)

Sur les métiers de la **conception** :

- Capacité du fabricant à faire évoluer ses machines rapidement, pour répondre en particulier aux exigences croissantes en matière d'état de surface en sortie de production par fabrication additive métallique

Sur les métiers de la **commercialisation** :

- Parfaite connaissance des possibilités des machines conçues en interne pour être en capacité de répondre au cahier des charges client et être force de proposition

- Concepteur machine FAM
- Technico-commercial BtoB

Enjeu majeur de sécurité quant aux installations de machines de fabrication additive métallique (risque physique, sanitaire)

Sur les métiers de la **conception** :

- Capacité à proposer des solutions sécurisées pour la future utilisation des machines (ex. : utilisation de poudres liées pour limiter le risque sanitaire, assurer l'étanchéité des machines qui utilisent du gaz...)

Sur les métiers de la **maintenance** :

- Maintenance généralement assurée par le fabricant de machine FAM (premier niveau assuré directement par l'entreprise cliente), qui doit être en capacité de contrôler et garantir la sécurité de l'utilisateur

- Concepteur machine FAM
- Technicien SAV FAM

FABRICANTS DE MACHINES

Compétences nouvelles ou en progression

