

Evolution des techniques de fabrication additive – 2019

i Sirris
Fabienne Windels

Depuis 24 ans, le cabinet américain Wohlers Associates publie chaque année une étude très attendue sur les principales évolutions et tendances du marché des fabrications additives (AM, additive manufacturing) grâce à des données récoltées dans 32 pays auprès des professionnels du secteur - fabricants, fournisseurs de services ou distributeurs.

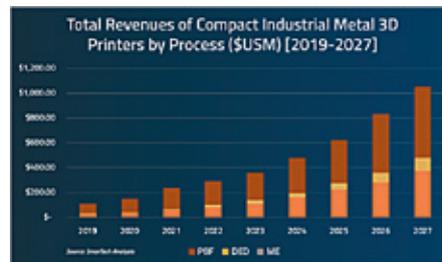
Parmi les faits saillants pointés cette année par Wohlers, il faut relever la forte croissance des matériaux d'impression 3D. Les métaux, notamment, ont généré des revenus 41,9% plus élevés qu'en 2017 (plus de 40%/an ces 5 dernières années). Les travaux de R&D sont nombreux aussi dans les thermoplastiques hautes performances.

LE MARCHÉ DE L'ADDITIVE MANUFACTURING

Après un creux en 2009, l'AM a repris sa progression. La croissance annuelle moyenne depuis 30 ans est de 26,9 %. Pour 2015 à 2018, elle est de 24,4 %.

En 2018, l'industrie de l'impression 3D (produits et services, machines low cost et industrielles) a progressé de 33,5 %, pour atteindre un chiffre d'affaires de 9,8 milliards \$, à comparer à une croissance de 21% en 2017. Ces chiffres auraient pu être meilleurs encore si les deux leaders de l'industrie, Stratasys et 3D Systems, qui représentent ensemble 18% du total, n'enregistraient pas de mauvaises performances, et ce depuis quelques années.

Ce chiffre recouvre le marché primaire de l'AM: imprimantes, upgrade des systèmes, matériaux, software, lasers, pièces vendues par les services providers, contrats de maintenance, formations... Il ne comptabilise pas les pièces fabriquées par les OEM. Il ne prend pas en compte non plus les investissements internes des entreprises, qui peuvent représenter pourtant des montants très importants comme c'est le cas chez Airbus, Adidas, Ford ou encore Toyota. Il exclut aussi les investissements



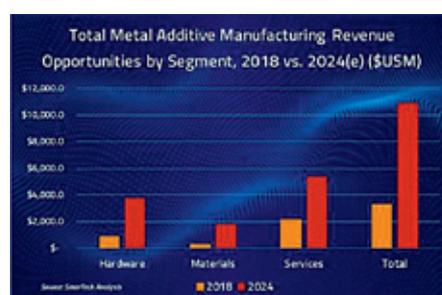
d'au moins 1 milliard \$ du venture capital et autres investissements privés.

Les revenus des produits AM sont estimés à 4,1 milliards \$ en 2018, soit 31,6 % de plus qu'en 2017. Les systèmes AM représentent 2,6 milliards \$ soit 31,4% de plus qu'en 2017. Les services ont connu une croissance de 35 % en 2018; ils atteignent une valeur de 5,7 milliards \$ en 2018.

En 2018, l'AM ne représente que 0,077% de l'économie du manufacturing, ce qui laisse une belle marge de progression. L'avenir est plus que jamais ouvert à de nouveaux produits et services.

Si on compte le nombre d'installations AM industrielles dans le monde, on constate que l'Amérique (surtout les USA) est toujours en première position avec 37,1% des machines, l'Asie-Pacifique (Chine et Japon en tête) arrive aujourd'hui à la deuxième place avec 29,9%, directement devant l'Europe dont la part est de 28,4%. Le reste du monde ne compte que 4,6% du parc machines. L'Allemagne est le quatrième pays en termes de machines installées (8,3% du total).

Depuis le début de l'additive manufacturing, le nombre de familles de brevets a grandi de manière assez linéaire jusqu'en 2013 mais a fortement augmenté ensuite. En 2018, on compte 19% de publications



de brevets de plus qu'en 2017. En juin 2019, on comptabilise près de 125.000 familles de brevets.

Si l'on en croit les statistiques de l'USPTO, en 2018, le pourcentage de brevets AM délivrés dans le secteur du hardware et des matériaux est passé de 7% à 13% et celui des machines industrielles et bureautiques de 9% à 14%. Les brevets dans le domaine du médical et du dentaire ont une part moins grande (12% au lieu de 16%). Aucun secteur n'est réellement prééminent, ce qui reflète bien la large gamme d'innovation dans les applications AM.

Les déposants de brevets - ceux qui innovent - sont à 83% des entreprises, à 8 % des inventeurs isolés et à 10% des universités et académiques; ces proportions sont stables depuis 10 ans.

LES APPLICATIONS

Les machines industrielles et bureautiques, l'aéronautique, les véhicules à moteur et les produits et l'électronique de consommation sont les segments phares depuis 11 ans. Selon Wohlers, pour la sixième année consécutive, le secteur industriel leader est celui des **machines industrielles/bureautiques**, malgré une chute de 0,2%; il comprend le matériel de bureau, notamment les ordinateurs, les imprimantes de documents et les routeurs, ainsi que les imprimantes industrielles, les machines comme les CNC et les robots.

Il est suivi de près par les **véhicules à moteur**, secteur qui connaît la croissance la plus forte, de 3,6%. Cette industrie a



investi très tôt dans l'AM, pour des usages de design et de prototypage. L'automobile continue à utiliser les techniques AM pour des validations de design, de fonctions et d'assemblages et pour de l'outillage. Sauf exceptions, les volumes des séries restent trop importants pour de la production AM.

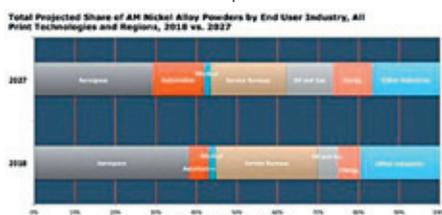
Deux exemples: BMW a imprimé un rail de guidage de vitre pour son roadster i8, par la technique Multi Jet Fusion (MJF) de HP. C'était sa millionième pièce AM en 10 ans. Par ailleurs, Daimler Trucks imprime des pièces de rechange pour ses camions. Le secteur aéronautique a perdu 1,8% en 2018 tandis que le secteur des biens de consommation et de l'électronique a gagné 1,9%.

Les **produits/électronique de consommation** concernent les GSM, électroménager, outils à main, jouets. Ce sont la plupart du temps des articles en très grande série et à durée de vie relativement courte. L'AM accélère ici le développement en permettant des itérations de design rapides.

La catégorie «autres» reprend les industries du gaz et du pétrole, les articles de sport autres que de consommation, la construction navale civile, etc.

Le médical a adopté l'AM pour des modèles et des guides chirurgicaux, des implants orthopédiques, des prothèses et d'autres applications. En octobre 2018, 100 dispositifs différents avaient reçu l'agrément de la FDA, dont des implants crâniens, des hanches, des genoux.

Le secteur dentaire fait l'objet de nombreuses innovations, que ce soit au niveau



des scanners, des logiciels ou de l'AM. Align Technologies fabrique chaque année 17 millions d'aligneurs orthodontiques sur mesure. Chaque année aussi, des millions de copings métalliques pour les couronnes et les bridges sont produits chez différents producteurs.

Carbon a lancé une plate-forme spécialisée pour la production de pièces pour la dentisterie. Prodways propose une machine qui peut fabriquer plus de 2000 aligneurs par jour. Nexa3D et Bego ont lancé Verseo XL, une machine spécifique pour le secteur dentaire.

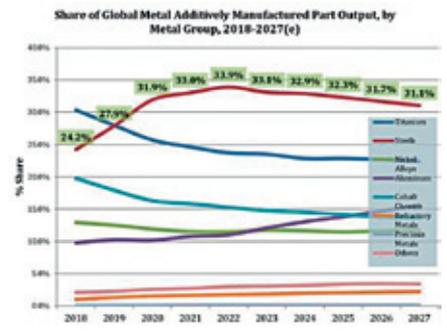
L'aéronautique est aussi un secteur qui a adopté précocement l'AM. Boeing et Bell Helicopters ont commencé à exploiter l'AM pour des pièces non structurales au milieu des années 90. Boeing a déjà en vol plus de 60.000 pièces de production représentant des centaines de designs pour 16 avions civils et militaires différents. Airbus, Honeywell Aerospace, Lockheed Martin, Northrop Grumman sont des utilisateurs majeurs de l'AM. La NASA, l'ESA et SpaceX et d'autres utilisent l'AM pour produire des allumages, des injecteurs et des chambres de combustion pour les moteurs de fusée.

Les entreprises utilisent plus que jamais l'AM pour produire des pièces finales et des prototypes fonctionnels (56,3% du total des applications). La troisième application des pièces AM est la production de modèles «cosmétiques», de présentation, et de support visuel.

Le concept modeling et le prototypage ont été historiquement les premiers usages de l'AM. Les modèles cosmétiques représentent 10,7% de toutes les applications. Ces modèles sont destinés à communiquer et à lever toute ambiguïté quant à la conception. Ils sont utilisés aussi comme modèles de présentation vers le management ou les clients. C'est le cas des maquettes d'architectures ou des modèles pour des procédures chirurgicales complexes.

Les prototypes fonctionnels (28% des applications) sont ceux qui sont utilisés par les ingénieurs pour tester des formes, des assemblages, des fonctions avant la mise en production.

L'application qui connaît la croissance la plus rapide est la fabrication de pièces finales. Par exemple, GE Aviation utilise l'AM



métal pour fabriquer des dizaines de milliers d'injecteurs de fuel pour son moteur LEAP. La firme en a vendu plus de 30.000 fin 2018. Avio Aero (GE) fabrique par AM des aubes de turbine basse pression en aluminure de titane. Airbus fabrique des milliers de supports, de clips, de systèmes de maintien en plastique et est en train de certifier des pièces métalliques en vol.

Les produits de consommation fabriqués directement par AM sont des bijoux, des éléments de décoration, des luminaires, des sculptures et statuettes, disponibles via des plateformes en ligne comme Shapeways, i-Materialise, Thingiverse.

Parmi les applications en développement, on peut citer:

- l'AM dans l'espace. Toutes les grandes agences spatiales travaillent sur l'AM, notamment sur l'AM métal dans l'espace.
- l'AM alimentaire commence à se frayer un chemin vers le marché.
- L'impression 3D de tissus humains laisse espérer des possibilités dans la fabrication d'organes implantables pour le futur.

LES MACHINES INDUSTRIELLES

Wohlers répertorie 177 entreprises dans le monde qui développent et vendent des imprimantes 3D industrielles (> 5000 \$), soit un tiers de plus qu'en 2018. Depuis 2014, le nombre de fabricants de machines industrielles a été multiplié par 3,6.



Ces entreprises se répartissent comme suit: 75 entreprises en Europe, 33 en Chine, 33 aux États-Unis, 12 au Japon et 5 en Israël, 4 en Australie, 4 en Corée du Sud, 3 au Canada, 3 à Taïwan et 1 au Brésil, en Inde, en Iran, à Singapour et en Afrique du Sud. Le nombre de fabricants américains a augmenté de 50% en un an.

Pour ce qui est des systèmes à lit de poudre métallique plus spécifiquement, 14 sont fabriqués en Europe et 21 en Asie. Les firmes européennes acquises par GE sont aujourd'hui catégorisées aux US. Les dépenses moyennes en R&D ont représenté 29,3 % des revenus de 2018, contre 22 % en 2016.

En 2018, 19.285 systèmes industriels (> 5000 \$) ont été vendus, soit 17,8 % de plus qu'en 2017.

Plus généralement, le nombre d'unités vendues avait augmenté de 28,3%/an entre 1989 et 2018 et de 11,2 %/an entre 2015 et 2018.

Le marché se partage comme suit:

- Stratasys a vendu 3710 systèmes industriels (FDM, Polyjet mais pas Makerbot et Solidshape) en 2018, soit 9,5% de moins qu'en 2017. Solidshape a été acquis par Prodways en 2018. Sa part de marché est tombée à 19,2% mais la firme reste leader pour la 17ème année avec 59.495 machines installées dans le monde.
- 3D Systems arrive derrière: 25.755 machines au total (y compris Phenix Systems, Z Corp, DTM...) sont installées. La firme occupe 12,3% du marché.
- Envisiontec est en troisième position en ce qui concerne les machines installées (8%) avec 10.752 imprimantes industrielles.

Le prix de vente moyen des machines professionnelles est de 97.609 \$ en 2018 (contre 94.252 \$ en 2017). Le niveau élevé de ce prix s'explique d'une part par l'introduction croissante sur le marché des machines métal qui sont coûteuses et par la disparition progressive du créneau des imprimantes à 10.000 – 30.000 \$ au profit d'imprimantes low cost qui gagnent en qualité.

La vente de machines métal est en forte croissance, avec une augmentation de 29,9% de machines vendues par rapport

à 2017. Au total, 2297 imprimantes 3D métal ont été livrées contre 1768 l'année précédente.

Le chiffre d'affaire mondial relatif à la vente de machines AM Métal est de 949 millions \$ en 2018. Le prix moyen d'une machine est de 413.043 \$.

FABRICATION DIRECTE DE PRODUITS

La transition entre l'AM pour le prototypage et l'AM pour la production s'est amorcée vers 2000 et de plus en plus de créneaux de marché sont concernés.

La production de pièces finales représente 29,2% de chiffre d'affaires de plus qu'en 2017.

LE MARCHÉ DES MATÉRIAUX POUR AM

En 2018, les ventes de matériaux (résines liquides, poudres, filaments... tous systèmes confondus, y compris les machines low cost) atteignent 1495 milliard \$, soit une croissance de 31,9 % par rapport à 2017.

Pour des raisons historiques et pour leur large utilisation dans le prototypage, les photopolymères restent en tête des ventes. Leur marché est de 491,5 millions \$ en 2018, soit 30,3 % de plus qu'en 2017. Ils représentent 32,9 % de toutes les ventes de matériaux en 2018. Les grands acteurs sont 3D Systems, Stratasys, DSM Somos, Envisiontec et CMET. La consommation des polymères frittés par laser vient en deuxième position. Elle représente un montant de 402,1 millions \$. Les filaments thermoplastiques occupent la 3ème position des ventes.

Stratasys domine les ventes avec ses machines FDM mais ne publie pas ses chiffres. Ces dernières années, des centaines de firmes ont lancé leurs imprimantes à filament ce qui a boosté le marché de ces matériaux. Beaucoup de machines acceptent des filaments de tiers et dès lors une large gamme de matériaux sont vendus à des prix compétitifs.

Wohlers estime le marché total des filaments à 308,6 millions \$ en 2018 soit 36,7% de plus qu'en 2017.

Les ventes de matières métalliques repré-

sentent 17,4% de l'ensemble des matériaux pour AM. Les revenus de ce créneau ont connu une croissance de 41,9 % en 2018 et atteignaient une valeur de 260,2 millions \$.

CONCLUSIONS

Le marché global de l'AM est toujours en progression et se caractérise par de nouveaux acteurs, des investissements de centaines de millions \$ et de nouveaux produits innovants.

L'AM est arrivé à un tournant où les développements dans les matériaux, dans la vitesse et la précision des machines et le soft disponible se combinent pour atteindre progressivement la maturité pour les applications de niche comme pour de grandes séries.

- Les avancées technologiques ne se limitent pas à de nouveaux procédés ou de nouveaux matériaux, mais il y a pléthore aussi de nouvelles applications.
- Les logiciels orientés vers la simulation et le manufacturing renforcent la fiabilité des procédés et permettent d'évoluer vers la fabrication de pièces de plus en plus critiques.
- Les développements des fabricants pour augmenter la vitesse des machines et l'automatisation des post-traitements commencent à être payants et permettront de réduire graduellement le coût des pièces fabriquées.
- Beaucoup d'entreprises ont compris aujourd'hui que l'AM demande, pour être efficace, des designs spécifiques.
- L'AM métal commence à être accepté pour la production économique de pièces exigeantes. Demain, le processus sera intégré dans les lignes ou dans des cellules de production et hybridé avec d'autres pour dépasser les limites actuelles.
- Le focus se déplace du développement de technologies au développement d'applications et de solutions.
- La maturité de la technologie impose une attention plus grande que jamais à la régulation, à l'automatisation des post-traitements, à l'économie des procédés.