



Pourquoi la fabrication additive et la métrologie sont très liées ?

Une nouvelle technologie n'est jamais une véritable révolution, même si c'est comme cela qu'on nous la présente parfois. C'est toujours une évolution basée sur une somme de connaissances établies auxquelles s'ajoutent des innovations, et les vérifications indispensables qui vont avec.

C'est le cas de la fabrication additive, grand sujet d'actualité, sur lequel Anne-Françoise Obaton, ingénieur de recherche au Pôle Métrologie mécanique du Laboratoire National de Métrologie et d'Essais, nous apporte son éclairage :

« Dans la presse, on parle d'impression 3D mais la dénomination, telle qu'elle est définie par le groupe de normalisation français UNM 920, est fabrication additive (FA). En anglais, le groupe de normalisation international (ISO TC 261) et le groupe américain (ASTM F42) utilisent le terme « additive manufacturing ».

En usinage, pour créer un objet, on part d'un bloc de matériau que l'on façonne en enlevant progressivement de la matière. Au contraire, en FA, on fabrique simultanément le matériau et l'objet en transformant, couche après couche, de la matière première se présentant sous forme de poudre, de liquide, de filament ou de feuille. La matière première n'ayant pas subi de transformation au cours du processus de fabrication peut être recyclée dans les suivants.

L'ensemble des procédés de fabrication additive sont regroupés en sept catégories par les organismes de normalisation :

- 1) Photopolymérisation en cuve (« vat photopolymerization »)
- 2) Projection de matière (« material jetting »)
- 3) Extrusion de matière (« material extrusion »)
- 4) Projection de liant (« binder jetting »)
- 5) Fusion sur lit de poudre (« powder bed fusion »)
- 6) Dépôt de matière sous flux d'énergie dirigé (« directed energy deposition »)
- 7) Stratification de couches (« sheet lamination »)

Les trois premières catégories consistent à solidifier un liquide ou un filament ramolli (polymère) ; les trois suivantes à congglomérer ou à fusionner de la poudre (polymère, céramique, métal) ; et le dernier à lier des feuilles de matière entre elles (papier, carton, bois). Cependant, les matériaux composites commencent à faire leur apparition.

La FA n'est pas une technologie nouvelle, elle existe depuis plus de vingt ans, mais était, jusqu'à aujourd'hui, principalement utilisée pour du prototypage (pièces en polymère). L'ampleur actuelle de sa médiatisation vient du fait que des brevets de machines de FA viennent d'expirer, ouvrant ainsi la porte à la commercialisation de machines à des prix plus compétitifs. Cela a pour conséquence de sensibiliser les industriels à l'utilisation de ce procédé pour la production d'objets fonctionnels. Cependant, la FA ne va pas évincer toutes les méthodes de fabrications traditionnelles. C'est une technique complémentaire permettant de réaliser des pièces monolithiques, pouvant même être articulées, d'une grande complexité et ce, sans aucune corrélation avec son coût. Ces pièces seraient irréalisables par des techniques traditionnelles ou alors nécessiteraient des assemblages et des soudures. La réalisation de formes gauches, de canaux internes, de structures alvéolaires est concevable en FA. Autre intérêt, la technologie permet la fabrication en masse de pièces personnalisées. En revanche, la FA n'est dédiée qu'à la production de petites séries. La complexité et la personnalisation sont les deux principaux atouts de la technologie.

Les secteurs industriels qui se tournent progressivement vers la FA pour la réalisation de pièces fonctionnelles sont l'aéronautique et l'aérospatial concernés par la production de petites séries. L'optimisation topologique leur permet de fabriquer des pièces en métal comportant des structures alvéolaires les rendant beaucoup plus légères. Le secteur médical s'intéresse également de plus en plus à la technologie pour la réalisation de pièces personnalisées, adaptées à chaque patient, en céramique et ou en métal. La réalisation de pièces comportant des structures alvéolaires leur permet de favoriser l'intégration des implants dans le corps humain.

Cependant, il subsiste des freins pour que la technologie soit adoptée plus massivement. La répétabilité et la reproductibilité des cycles de fabrication doivent être améliorées et la qualité des pièces doit être mieux

appréhendée. Quelque soit le procédé de fabrication (additif ou traditionnel) d'une pièce, si celle-ci est destinée à un usage fonctionnel, elle devra être contrôlée en procédant à des tests et des mesures. Les procédures de contrôle existantes pour qualifier une pièce réalisée par des techniques traditionnelles ne vont plus être exhaustives. **En effet, le principe de fabrication en additif étant radicalement différent, des contrôles supplémentaires vont être nécessaires.**

C'est la raison pour laquelle le Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE) en tant que laboratoire de référence chargé d'accompagner les industriels dans leur évolution et leurs progrès pour améliorer la compétitivité de leur entreprise en assurant la qualité et la conformité de leurs produits, s'intéresse de près à la FA.

De son côté, depuis plus de vingt ans, l'Association française de prototypage rapide (AFPR) rassemble les partenaires du prototypage rapide et aujourd'hui de la FA. Elle favorise la formation et le transfert de la technologie dans les entreprises. De part son statut, elle est parfaitement au fait des procédés et du marché de la FA. Un partenariat entre ces deux organismes a permis d'identifier les besoins supplémentaires en contrôle que la technologie engendre. Ces contrôles interviennent à tous les stades du processus de fabrication : sur la matière première, principalement les poudres, sur le matériau, sur la pièce finie, et sur la machine.

Sur les poudres, la taille et la sphéricité des grains de poudres ainsi que leur distribution en taille et en forme sont des paramètres importants pour la production de pièces dont les propriétés seront connues et prédictibles. Par ailleurs, les propriétés (chimiques, coulabilité,...) des poudres recyclées doivent être étudiées en prélevant des échantillons de poudre en différents endroits autour de la zone de fabrication pour définir le nombre de recyclage,...

L'éventail de caractérisations des matériaux ne diffère pas de celui pratiqué à l'heure actuelle sur des éprouvettes réalisées avec des méthodes traditionnelles. Cependant, la loi de comportement de ces matériaux se différencie de part le fait que des défauts peuvent survenir lors de la fabrication des couches (ex : poudre non-fusionnée) et le vieillissement de ces matériaux est encore mal connu. De plus, beaucoup de pièces réalisées en FA doivent subir un traitement thermique. L'influence de ce traitement sur les propriétés mécaniques du matériau doit être étudié.

Sur la pièce finale, leur complexité peut nécessiter l'utilisation de méthode de contrôle non-destructif volumétrique, de type tomographie, pour détecter d'une part les défauts internes et d'autre part pour comparer la géométrie de la pièce finale avec le modèle numérique initial. Ce dernier point permet de vérifier que les spécifications géométriques et dimensionnelles, définies dans le modèle numérique, ont été conservées lors de la fabrication.

Les machines devront être équipées à terme de système de contrôle, in situ et en ligne, de la fabrication de chaque couche. Elles doivent également être qualifiées soit en les instrumentant afin de réaliser des mesures directes et individuelles de leurs différentes composantes et de leurs caractéristiques, soit par la réalisation d'un échantillon témoin caractérisé ensuite métrologiquement.

Enfin, un gros travail de normalisation doit être poursuivi. »



Anne-Françoise Obaton
Ingénieur de recherche au LNE

La thématique de la fabrication additive, de l'évolution des processus de fabrication et de mesure seront traités lors du Congrès International de Métrologie qui se tiendra du 21 au 24 septembre prochain à Paris. Des interventions des grands laboratoires de référence sont planifiées : pour la France le LNE, le NPL pour le Royaume-Uni, la PTB pour l'Allemagne et le NIST américain.

En ce moment on parle beaucoup d'innovation de compétitivité et d'industrie 4.0.

C'est l'industrie de demain et la métrologie 4.0 qui va avec, que vous retrouverez au sein de ce Congrès, le CIM 2015.

Plus d'infos : www.metrologie2015.com