

## La fabrication additive et ses états de surface



**i** Sirris  
Julien Magnien

Quand on découvre les technologies additives pour la première fois, on se retrouve avec un enthousiasme sans borne, on y voit une manière de résoudre tous les problèmes de conception que l'on peut rencontrer. Tout paraît si simple, il suffit de placer sa pièce dans un software qui génère les supports en automatique et applique les paramètres de fabrication par défaut qui fonctionnent pour toutes les géométries de pièces que l'imagination humaine puisse produire.

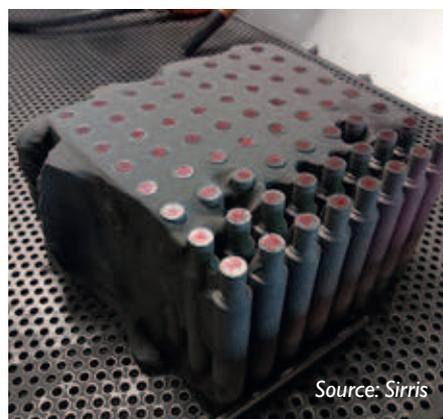
En surfant sur le net, on découvre un foisonnement d'exemples, dans toutes les matières, formes et couleurs, des pièces artistiques ou utilisées dans des applications aussi critiques que des aubes de turbines. Tant de cas qui concrétisent l'énorme potentiel de ces technologies pour résoudre les problèmes de liberté de design, de réduction de masse ou de raccourcissement de délais de développement.

Bien que le coût de fabrication d'une pièce par ces technologies peut sembler extravagant, un designer au fait des contraintes liées aux procédés peut en tirer un bénéfice tel qu'il contrebalance largement le coût de fabrication par une amélioration substantielle, à l'échelle du cycle de vie, des fonctionnalités de la pièce. Un allègement réduit la consommation énergétique d'un composant structurel, un prototype rapide atténue les risques d'investir dans un design inadéquat, un re-design d'un ensemble de pièces permet d'amoinrir les étapes d'assemblage qui en découlaient... Ou parfois le design optimal n'est simplement pas réalisable par des techniques conventionnelles.

Mais en investiguant plus profondément, on se rend compte qu'atteindre ce nirvana n'est pas si simple. Certaines technologies faisant intervenir la thermique peuvent se révéler capricieuses et sortir des pièces aux déformations réhhibitoires.

L'utilisation de poudre conduit inévitablement à un état de surface granuleux, dû aux grains de poudre partiellement fondus qui se fixent sur la surface. Cela peut représenter un zone poreuse jusqu'à 0,2 mm d'épaisseur. Cet état de surface

peut être partiellement amélioré par des paramètres machine optimisés, mais il est encore loin des tolérances d'étaanchéité ou de connexion requises pour les applications critiques. De plus, la poudre entourant les pièces peut aussi être altérée par le procédé au point de former un «gâteau» compact (frittage de la poudre - voir photo ci-dessous), également présent dans les canaux et autres cavités du design. Ce gâteau peut s'avérer très compliqué à enlever après fabrication.



Source: Sirris

Bien entendu, les supports utilisés avec les technologies à base de poudre métallique ne sont pas tendres avec la surface de contact. Bien que nécessaires pour empêcher les déformations et évacuer la chaleur résiduelle de fusion, les supports laissent une zone sinistrée sur les surfaces qui y sont connectées une fois la pièce détachée de sa plaque de fabrication. Cette zone est constituée de petits bouts de matière soudés, distribués à intervalle régulier sur toutes surfaces faisant un angle inférieur à 45° (en moyenne) avec l'horizontal. L'épaisseur de couche, paramètre caractéristique des techniques de fabrication additive, affecte également l'état de surface. Une épaisseur de couche élevée permet une vitesse de fabrication accélérée, donc souvent un coût réduit, mais donnera bien évidemment un effet de «marche d'escalier» d'autant plus marqué sur les surfaces qui s'approchent de l'horizontal. Un exemple concret de cet impact est la différence qu'il y a entre les pyramides égyptiennes et les pyramides incas.

En conséquence, caractériser l'état de surface en additive manufacturing s'avère plus complexe qu'en usinage, qui est un pro-

cedé dont le profil de rugosité est maîtrisé et pour ainsi dire identique d'une période à l'autre. En AM, la notion de «Ra» n'est plus suffisante. En effet, chacun sait que des profils de rugosité présentant de hauts «pics» ou des profondes vallées espacées, ou un mix de pics et de vallées moyens, peuvent tous avoir le même «Ra» qui les caractérise. Mais celui qui sera responsable de la finition aura bien plus facile d'écrêter de hauts pics fins que d'éroder toute la surface affleurante jusqu'au fond de la plus profonde crevasse, ce qui peut représenter nettement plus de matière à enlever, et donc d'effort à fournir. De plus, en additive manufacturing, chaque technologie peut avoir son propre profil parmi les trois mentionnés en fonction de son principe de fonctionnement.

Bien qu'un état de surface de faible rugosité peut présenter un intérêt esthétique (brillance), il s'avère que toute pièce technique soumise à des efforts mécaniques répétés pourra grandement augmenter sa durée de vie si son état de surface est le plus lisse possible, ceci dans le but de réduire les amorces de rupture, les défauts en surface par lesquels les fissures commencent à se propager jusqu'au cœur de la pièce.

Pour traiter les surfaces de pièces issues de la fabrication additive, il convient de combiner les techniques de finitions. Il est par exemple difficile de traiter de grandes surfaces fines très rugueuses sans en arrondir les bords, comme sur une aube de turbine, avec des techniques «automatiques» comme la tribo finition. De même, usiner des pièces élancées et légères se révèle très ardu pour un opérateur habitué à usiner un bloc très rigide bien ancré et référencé. De nombreuses recherches effectuées chez Sirris depuis le début des années 90 démontrent qu'un choix judicieux d'une bonne combinaison de technologies de fabrication/finition, dont chacune peut également avoir un impact sur le design de pièce initial, peut résoudre le problème. De nombreux apprentissages dans le domaine ont pu être effectués dans le cadre du projet CORNET TCAM financé par l'Europe, la Région Wallonne et la Région Flamande.