

# TECHNOLOGIES ET INNOVATIONS

**MATÉRIAUX** | Issue du prototypage rapide, la fabrication directe de pièces métalliques par fusion laser peut s'adapter à la production industrielle. Ses avantages sont multiples et les premières applications existent. Mais les procédés devront d'abord être fiabilisés et stabilisés. **p** PAR OLIVIER JAMES

## Fabriquer au laser des pièces en métal

### Les applications les plus en vue

- > Implants dentaires (santé).
- > Conduites d'aération, longerons de voilure, ailettes de moteur (aéronautique).
- > Pièces de moteur (aéronautique, automobile).
- > Carrures de montre (horlogerie).
- > Bijoux (joaillerie).

**L**e faisceau laser ultrarapide dessine des trajectoires sur le lit de poudre métallique et s'attarde sur certains points. La poudre, portée à plusieurs centaines de degrés, fond puis se solidifie en quelques secondes, pour donner, dans les zones traitées par le laser, une couche dense dont l'épaisseur varie de quelques microns à quelques millimètres. Une deuxième couche de poudre est déposée et le ballet du laser recommence. A la fin du processus, la matière superflue est aspirée et la pièce de géométrie complexe apparaît, construite couche par couche dans l'alliage voulu par ses concepteurs : ce n'est pas un prototype, mais une pièce fonctionnelle. Et la machine se prépare à produire la pièce suivante.

Un scénario de science-fiction ? Sans doute plus pour longtemps. Car les procédés dits de fabrication rapide (« rapid manufacturing ») quittent les laboratoires pour investir les chaînes de production. Leur particularité face aux procédés classiques (usinage, moulage...) réside dans le passage direct entre le fichier numérique d'une pièce et sa réalisation grandeur nature. « Après quatre années de R&D, nos machines sont mûres pour construire des pièces de série

### de la résine au métal

1984 Brevet de prototypage rapide en résine.

1986 Les machines de prototypage rapide en résine arrivent sur le marché.

1988 Premières ventes de machines en Europe.

Années 1990 Machines de prototypage rapide avec des poudres métalliques, d'abord sur lit de poudre puis par projection de poudre.

2000 Première commercialisation, en France, de machines avec poudre métallique.

2005 Première production d'implants dentaires à partir des équipements commercialisés par Phenix Systems. •

fiables », affirme François Raymond, le président de Phenix Systems, une PME de Riom (Puy-de-Dôme) spécialisée dans la production de systèmes de fabrication rapide. Reste à convaincre les industriels...

### UNE TECHNOLOGIE DEVENUE UN PEU PLUS ABORDABLE

Pour le moment, c'est le médical qui se montre le plus en pointe. Des implants dentaires (couronnes, bridges...) sont déjà fabriqués via cette technologie émergente. Phenix Systems réalise d'ailleurs la moitié de son chiffre d'affaires sur ce marché. Une

trentaine de machines ont été vendues depuis 2005 pour la production d'implants en alliage chrome/cobalt (une fabrication jusqu'ici manuelle). Le procédé repose sur la fusion laser sur un lit de poudre métallique. La technologie, en se diffusant, est devenue un peu plus abordable : 137 000 euros pour une machine, contre 278 000 euros voilà quatre ans. Mais la PME ne veut pas se cantonner au dentaire. Elle lance cette année des équipements destinés à séduire l'aéronautique ou l'automobile.

A l'heure actuelle, deux procédés sont bien positionnés pour l'industrie. Leur fonctionnement est basé sur l'utilisation d'un laser : la fusion sur lit de poudre, évoquée plus haut, et la projection de poudre, qui consiste à diffuser, à l'aide d'une buse, de la poudre au niveau d'un faisceau laser. La première méthode est nettement plus mûre.

Les deux procédés possèdent de sérieux avantages sur l'usinage classique, notamment une grande liberté dans la géométrie des pièces. Ainsi, quand l'usinage impose des perçages rectilignes, la fabrication rapide permet la réalisation des formes les plus contournées à l'intérieur même des pièces. Par exemple, des canaux de refroidissement qui épousent parfai-

ÉGALEMENT DANS CETTE PARTIE

451 La modélisation traque les nuisances olfactives

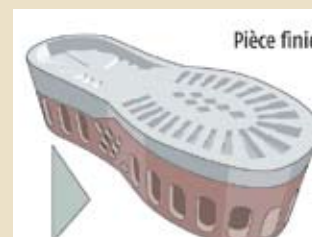
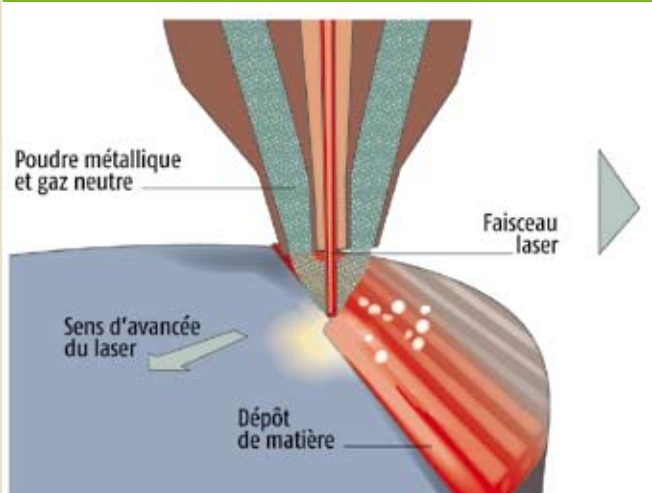
461 Plastic Omnium injecte sous contraintes

491 La semaine en bref

501 Unités autonomes de toiture monobloc

## Deux candidats à l'industrialisation

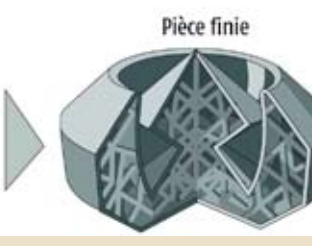
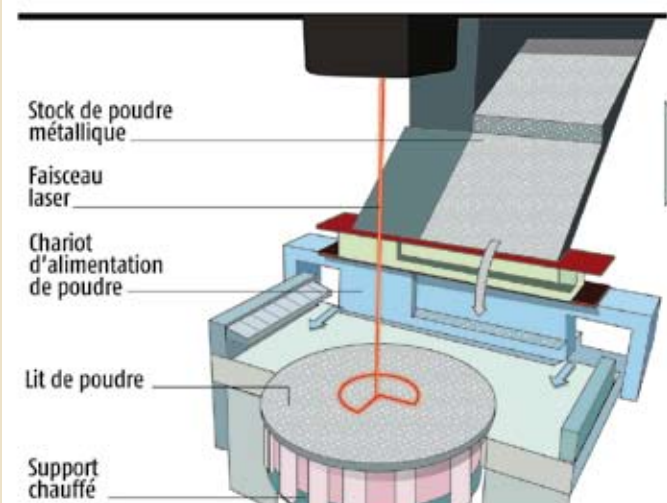
### LA PROJECTION DE POUDRE



> La poudre métallique est projetée à l'aide d'une buse. Un gaz neutre, comme l'argon, est utilisé pour focaliser ce flux de matière à l'endroit exact où le laser liquéfie la poudre. Par passages successifs de la buse, la pièce prend forme peu à peu.

> Les applications cibles sont la fabrication de pièces de grandes tailles et la réparation de pièces existantes.

### LA FUSION SUR LIT DE POUDRE



> Dans une chambre de confinement est injecté un gaz neutre, comme l'argon, afin d'éviter l'oxydation de la poudre métallique. Celle-ci est déposée sur un plateau support qui peut être préchauffé. Un faisceau laser liquéfie la poudre. Après solidification, une deuxième couche de poudre est déposée.

> L'application cible est la fabrication de pièces de formes complexes, avec des limites pour les pièces de grandes dimensions.

SOURCE : AFPR



tement les formes d'un moule d'injection. Autre avantage : l'allègement, rendu possible par l'emploi de la quantité de matière suffisante pour répondre aux sollicitations mécaniques de chaque zone de la pièce. L'élaboration de pièces en alliages extradurs (à base de cobalt, de titane...) se trouve aussi simplifiée. Enfin, la fabrication directe facilite la réalisation de pièces complexes qui se substituent à l'as-

semblage de plusieurs composants, évitant l'emploi de fixations ou de systèmes d'étanchéité.

Mais l'argument majeur attendu, c'est la baisse des coûts. Sur ce plan aussi, la fabrication directe par laser est a priori bien placée : elle n'a plus besoin d'outils, elle ne fabrique plus de copeaux et sa consommation d'énergie est réduite. Toutefois, cela suppose une vraie révolution dans la

conception des pièces. « Nous devons faire changer les méthodes de travail au sein des bureaux d'études, explique Jean-Jacques Bertrand, responsable commercial chez BV Proto, une société spécialisée dans la réalisation de pièces par prototypage et fabrication rapide avec le procédé de fusion laser. Pour le moment, ils dessinent toujours les pièces pour l'usinage... »

Suite page 44 3

## Quand l'aéronautique lorgne la fabrication rapide



D.R.

Validation. Dassault Aviation a fait appel à la PME BV Proto afin d'étudier la faisabilité d'un désembueur pour le cockpit du Rafale.

Vérifier l'intérêt de la fabrication rapide pour un usage industriel et valider ce procédé émergent, c'est l'objectif de nombreux grands comptes. Dassault Aviation a récemment fait appel à la PME BV Proto, basée à Morteau (Doubs), afin d'étudier la faisabilité d'une buse de désembuage pour le poste pilote du Rafale biplace. Jusqu'ici, cette pièce de classe 3 était réalisée en deux parties distinctes, l'une en kevlar et l'autre en aluminium. BV Proto a mis en œuvre la fabrication de la pièce à partir d'un alliage à base de bronze et du procédé de fusion sur lit de poudre. Résultat : une production de 30 exemplaires en dix jours contre quatre mois avec le procédé précédent, et un coût divisé par deux. •

3 Suite de la page 43 Les procédés, eux aussi, ont encore besoin d'évoluer. Fournisseurs d'équipements de production et utilisateurs cherchent à améliorer leur fiabilité. En commençant par mieux qualifier les poudres employées et leurs nuances. « Des questions se posent sur l'interaction laser/matière et la création locale d'un plasma. Nous utilisons quatre types de poudres à l'heure actuelle. Si nous devons recourir à d'autres matériaux, nous serions obligés d'effectuer de nouvelles analyses métallurgiques », souligne Jean-Jacques Bertrand.

Le contrôle aussi doit progresser. « De nouveaux outils doivent être mis au point, indique Stéphane Abed, chercheur et fondateur de Poly-Shape, une jeune PME, située à Evry (Essonne), qui produit des pièces par fusion laser. Par exemple, des capteurs capables de suivre le mou-

vement d'un laser dont la vitesse linéaire atteint 1 000 mm/s. » En effet, un asservissement du laser permettrait de maintenir une température constante dans le matériau et d'éviter ainsi des défauts. Et une caméra dynamique pour observer l'état de la poudre fondue au niveau du laser livrerait de précieuses informations. Pour le procédé avec lit de poudre, de nombreux paramètres peuvent encore être optimisés : la nature des gaz, la température et la pression, ainsi que la qualité du vide initial avant l'introduction du gaz. « Toutes ces données ne sont pas maîtrisées », concède Jean-Jacques Bertrand.

### ÉTABLIR DES NORMES, CONDITION SINE QUA NON

Tous ces réglages devraient déboucher, dans une optique industrielle, sur une stabilisation du procédé. Et sur la définition de seuils de tolérance aux défauts, à l'image de ce qui a été fait avec les matériaux composites. Irepa Laser, qui a conçu le procédé par projection de poudre CLAD, travaille sur des techniques de contrôle qualité. « Nous nous intéressons aux performances mécaniques, à la résistance à la fatigue, mais aussi à la biocompatibilité pour le secteur de la santé, ou bien encore à la porosité du matériau », précise Didier Boisselier, le responsable technique.

Au-delà des problèmes technologiques, le principal enjeu est sans doute ailleurs. « C'est la mise en place de normes pour les équipements et les matériaux qui ouvrira la voie à la fabrication rapide à grande échelle, considère Georges Taillandier, président de l'Association française de prototypage rapide (AFPR). Faute de quoi, cela restera une technologie de niche. » Il faudrait selon lui avant tout normaliser les températures de fusion des différentes poudres et la vitesse de déplacement du laser, deux variables cruciales dans ces procédés instables. Problème : le coût qu'implique la mise en place de standards en raison des multiples essais nécessaires. Au niveau européen, une commission du 7<sup>e</sup> PCRD (programme cadre de recherche et développement) tente de faire avancer la question. Aux États-Unis, le groupe ASTM F42 a récemment été

formé pour définir des normes. Malgré les difficultés, l'instauration de standards demeure une condition sine qua non pour les industriels, et plus encore pour les applications sensibles. « Les utilisations dans l'aéronautique et l'automobile nécessitent encore d'être validées, explique Phil Reeves d'Econolyst, un cabinet-conseil basé en Grande-Bretagne spécialisé dans la recherche et la gestion de projets liés à la fabrication rapide. Cela peut prendre plusieurs années. » Des propos que ne dément pas Franck Henriroux, au centre de développement exploratoire ayant en charge la fabrication directe thermoplastique et métallique chez Dassault Aviation. « Des applications en série sont envisageables pour des pièces de classe 1 comme des aubes de réacteur ou des ferrures principales. Mais je pense qu'il va falloir environ trois ans de tests avant de mettre en œuvre la fabrication rapide dans les procédés de production de nos avions. » Chez Airbus, on confirme que le groupe s'y intéresse et qu'il a aussi lancé une phase de tests.

Prometteuse, la fabrication rapide souffre malgré tout de quelques limites... de vitesse ! Sa productivité est encore restreinte : la fabrication d'une pièce demande de quelques heures à... quelques jours. Pour le moment, le procédé est donc destiné à la production en petite série, pour des besoins spécifiques. Le panel des métaux utilisés doit être élargi pour mieux répondre aux besoins de l'industrie. La fabrication rapide appliquée aux superalliages (types inconel ou waspaloy, basés sur le nickel), qui intéressent notamment l'aéronautique, doit encore faire face à des problèmes aigus de corrosion. Enfin, la capacité de produire en série des pièces de grandes tailles reste à démontrer.

Cela n'empêche pas le président de l'AFPR de se projeter avec enthousiasme vers l'avenir. L'aboutissement ultime de la fabrication rapide ? Selon lui, c'est la fabrication multimatériau. « On peut imaginer que chacun aurait demain accès, chez lui, à une machine et qu'il suffira d'appuyer sur un bouton pour fabriquer un objet. » Mais ça, pour le moment, c'est vraiment de la science-fiction. •