

SOMMAIRE

• TÉMOIGNAGE

Philippe Lubineau, directeur de la recherche et des programmes du Cetim

• APPLICATION

Metal Binder Jetting : le procédé le plus productif

Cold Spray : un procédé en cours de maturation

Waam : quand la fabrication additive voit grand

Meld : la preuve par les industriels

• PRESTATION

L-PBF : accompagner les industriels



© Bruno Colhen

Témoignage

« Coordonner les initiatives en fabrication additive »

Ph. Lubineau, directeur recherche et programmes, Cetim

Pour relever les défis et donner davantage de visibilité internationale à la filière française de la fabrication additive métallique, il faut coordonner les initiatives nées sur les différents territoires, à l'image de la plateforme Printing de Bourges. Une coordination dans laquelle le Cetim s'implique.

Métallurgie, traitement thermique, pilotage de machines..., la fabrication additive métallique est une technologie qui puise ses racines dans les procédés mécaniciens. En ce sens, « le Cetim est parfaitement légitime pour appuyer technologiquement le développement de cette filière mécanicienne par excellence aussi bien pour la fourniture d'équipements que de pièces », estime Philippe Lubineau. Et ce, dans un contexte où la France dispose de nombreux atouts aussi bien du point de vue de la recherche académique que du développement industriel. Témoin, le symposium international sur les avancées de la recherche et du développement sur la fabrication additive a réuni plus de 230 scientifiques et industriels en avril dernier, au siège du Cetim à Senlis. « Les participants étrangers ont été impressionnés par

notre force de frappe », indique Philippe Lubineau.

Printing de Bourges, un élément important de l'écosystème

Pour autant, il reste de nombreux défis à relever pour que la fabrication additive continue à se déployer en France et à l'international. Pour y parvenir, « il est impératif d'assurer la cohérence entre les différentes initiatives qui existent sur le territoire pour éviter de se disperser, tout en respectant la diversité, insiste Philippe Lubineau. Cette diversité est importante car elle s'appuie sur des ancrages territoriaux. » Ainsi, la plateforme Printing de Bourges, qui répond à un besoin local du secteur de la Défense, constitue un élément important de l'écosystème de la fabrication additive, en cohérence avec les autres acteurs dans l'Hexagone.

Le Cetim est au cœur de cette démarche de coordination qui permettra de faciliter les échanges et de partager les avancées. Ce qui devrait, en outre, donner davantage de poids et de visibilité à la filière française de la fabrication additive. ■

Contact

Philippe Lubineau
sqr@cetim.fr

Metal Binder Jetting : le procédé le plus productif

La productivité, c'est-à-dire la capacité à fabriquer des pièces en série à moindre coût, constitue l'un des principaux défis à relever pour la fabrication additive. Un défi que relève le Metal Binder Jetting (MBJ).

Certains machines de Metal Binder Jetting (MBJ) sont capables de produire environ 30 fois plus de pièces par heure que les machines de fusion laser sur lit de poudre. Ce qui fait de cette technologie de fabrication additive la plus productive.

En quoi consiste ce procédé ? Il permet de construire des pièces en 3D, couche par couche, sans les fusionner directement, mais en agglomérant par un liant les particules métalliques, consolidées ensuite dans un four de frittage. La pièce se densifie tout en restant à l'état solide, ce qui assure une microstructure homogène et donc une meilleure répétabilité en matière de tenue mécanique.

Principal atout de cette technologie : « La productivité, insiste Paul Calves, ingénieur d'études et prestation au Cetim. En outre, il n'y a pas besoin de supports de fabrication liés à la pièce, ce qui dispense d'une reprise par usinage classique comme dans d'autres procédés de fabrication additive. » À cela s'ajoute une excellente qualité de surface.

Adapté pour consolider des matériaux peu ou pas soudables

Le mode de consolidation par frittage permet d'utiliser une grande diversité



Le Metal Binder Jetting est particulièrement adapté à la production grande quantité de pièces de petites dimensions.

de matériaux. Le MBJ est notamment adapté pour consolider des matériaux peu ou pas soudables, par exemple un acier fortement chargé de carbone. En effet, il ne nécessite aucune condition de soudabilité à l'inverse des technologies de fabrication additive par fusion. En revanche, sa principale limite à ce jour reste la difficulté à maîtriser les déformations sur des pièces de grandes dimensions.

« La productivité du MBJ permet de toucher des secteurs industriels qui jusqu'à présent se sentaient peu concernés par la fabrication additive, explique Paul Calves. Aussi, le secteur du luxe, qui a souvent besoin de design assez

poussé, est particulièrement intéressé par les possibilités du procédé. »

Un potentiel de développement important

Le Cetim a été le premier centre technique européen à intégrer une machine du Suédois Digital Metal en 2017 et dispose désormais de trois machines, dont deux de l'Américain Desktop Metal, réparties sur deux plateformes : l'une à Saint-Étienne (Loire), l'autre à Cluses (Haute-Savoie). « Nous pouvons proposer aux industriels diverses prestations, depuis le simple test de faisabilité jusqu'au développement d'applications en série, voire l'accompagnement au démarrage d'une ligne de production », indique Paul Calves. Pour une entreprise du luxe située à Bourg de Péage (Drôme), le Cetim a ainsi commencé par la sensibilisation au procédé et a poursuivi jusqu'à la production en série d'ornements métalliques. Une chose est sûre : la technologie recèle un important potentiel de développement. De grands industriels s'y intéressent, y compris ceux du secteur automobile. ■



Avant de pouvoir être utilisées, les pièces produites avec le procédé Metal Binder Jetting (MBJ) nécessitent une dernière étape de frittage.

Contact

Paul Calves

sqr@cetim.fr

Cold Spray : un procédé en cours de maturation

Des pièces de grande taille ébauchées qui nécessitent ensuite un usinage classique. Cette technologie originale recèle un potentiel de développement intéressant, même s'il reste des champs d'études à explorer.

Les poudres sont projetées à vitesse supersonique (à froid) sur un substrat pour construire des formes. Sous l'effet de la vitesse, elles s'écrasent les unes sur les autres et s'agglomèrent, tout en restant solides. Tel est le principe du procédé Cold Spray de fabrication additive.

Une technologie intéressante pour le marché de la réparation

« Actuellement, le procédé fonctionne surtout avec des matériaux ductibles, indique Arnold Mauduit, responsable recherche et développement au Cetim Centre-Val de Loire et expert référent aluminium du Cetim, ce qui limite le champ d'application : le cuivre, l'aluminium, le titane et leurs alliages ». L'absence de fusion permet de travailler certains alliages, comme les aluminums 2000, 6000 ou 7000, sans risque de fissuration. Cet état solide évite également d'être obligé de travailler avec des protections ou en atmosphère inerte (bien qu'un gaz porteur soit nécessaire), même si la projection des opérateurs vis-à-vis des poudres nécessite de capoter la machine.

Cette technologie est plutôt adaptée aux grandes pièces, avec une productivité assez élevée, de l'ordre d'1 kg de matière déposée à l'heure. « On peut rapidement réaliser une forme qu'il faut ensuite retravailler en usinage classique pour des questions de tolérancement ou si l'on veut effectuer du perçage, reprend Arnold Mauduit. On n'arrive pas au degré de précision, ni à la production de formes complexes comme avec la fusion laser sur lit de poudre. » La technologie semble intéressante pour le marché de la réparation et dans le cadre d'ajout de fonctions (par apport de matière).



© Mines

Le procédé Cold Spray permet de réaliser des pièces de grande taille ébauchées qui nécessitent ensuite un usinage classique.

Une démarche d'exploration et d'évaluation

Très peu de pièces encore sont fabriquées de manière industrielle avec le Cold Spray. La société australienne Spee3D a popularisé le procédé en réalisant une pièce fonctionnelle pour l'armée de son pays. Cependant, la technologie reste complexe. Pour Arnold Mauduit, « les résultats sont intéressants. Des machines industrielles sont disponibles, cependant des contraintes restent à résoudre : les caractéristiques mécaniques ne sont pas toujours au rendez-vous, la question de la santé matière reste posée et le nombre limité de matériaux utilisables constitue un frein. »

Bref, le procédé est en cours de maturation. Le Cetim travaille avec différentes sociétés, commande des éprouvettes, pour investiguer le procédé. Une démarche d'exploration et d'évaluation qui va au-delà de la simple veille. ■

Contact

Arnold Mauduit

contact@cetimcentrevallodeloire.fr

Waam : quand la fabrication additive voit grand

Le Wire Arc Additive Manufacturing (Waam) permet de produire des pièces de grande dimension pesant jusqu'à plusieurs tonnes. Les travaux menés sur la plateforme AFH visent à lever les verrous de cette technologie.

Des vitesses de dépôts de l'ordre de 5 kg/h ; des installations moins coûteuses qu'une machine de fusion laser à lit de poudre ; une rentabilité importante dès les premières séries ; des fils certifiés permettant de souder tout type de matériaux : tels sont les principaux atouts du Wire Arc Additive Manufacturing (Waam).

Cette technologie intègre différents procédés de soudage (Mag, TIG, plasma) sur un robot ou sur une machine à commande numérique, pour déposer de la matière en fusion couche par couche. Elle est utilisée pour la fabrication, la réparation ou l'ajout de fonctions sur des pièces métalliques.

Mutualiser les ressources des acteurs de la filière

Restent trois verrous technologiques majeurs, relevés par Jérémy Le Mercier, ingénieur fabrication additive au Cetim : « la gestion de trajectoire, l'intégrité de la pièce au regard de

la productivité et la capacité à contrôler des géométries complexes ».

Pour les lever, la plateforme Additive Factory Hub (AFH), basée à Saclay, mutualise les ressources entre les différents acteurs de la filière (académiques, centres techniques, industriels). « L'installation du Cetim répond aux besoins des industriels, avec une cellule instrumentée à des fins de recherche et développement », souligne Jérémy Le Mercier. Il permet d'étudier les trois process (Mag, TIG et plasma) et de mettre en œuvre différents matériaux pour des pièces de grande dimension pouvant peser jusqu'à 2 tonnes. La seule limite réside dans la taille de l'équipement.

Développer un jumeau numérique

La plateforme AFH travaille sur les matériaux, comme l'inox et l'acier, pour mieux comprendre les phénomènes physiques, ainsi que sur la partie production, pour réduire le temps de refroidissement et gagner en productivité. Elle étudie également

l'impact de ces systèmes de refroidissement sur la structure de la pièce et réalise des simulations thermodynamiques pour anticiper les déformations. Tous ces travaux permettent d'alimenter une base de données. « Nous développons également un jumeau numérique qui permettra de contrôler les pièces de façon virtuelle », indique Jérémy Le Mercier.

Si Vallourec, EDF et Air Liquide comptent parmi les industriels les plus actifs de la plateforme, le Waam peut intéresser bien des secteurs d'activité : le transport, l'Oil and Gas, l'énergie, l'aéronautique, l'automobile notamment avec la réalisation de pièces d'emboutissage, ou le naval. Ainsi, Naval Group a réalisé une hélice par fabrication additive destinée à des navires avec ce procédé. ■

Contact

Jérémy Le Mercier

sqr@cetim.fr



À voir sur la chaîne
Youtube Cetim France

Le procédé Waam met en œuvre des technologies de soudage pour réaliser des pièces en fabrication additive.

Meld : la preuve par les industriels

Pour s'assurer de la pertinence de la technologie Meld, le Cetim Centre-Val de Loire a travaillé avec cinq industriels de l'aérospatiale, de l'aéronautique et de la défense. Le projet pourrait déboucher sur l'intégration d'une machine sur la plateforme Printing de Bourges.

« **C'**est une technologie émergente, avec un niveau de maturité assez faible. D'où l'idée de travailler avec des industriels pour l'évaluer et examiner s'il est intéressant d'intégrer une machine. » Selon Pierre Auguste, ingénieur fabrication additive au Cetim Centre-Val de Loire, c'est ainsi qu'est né, voilà un an et demi, le projet à consortium sur la technologie Meld (de l'anglais Melded, fondu) avec cinq entreprises de l'aérospatiale (2 dans le spatial, 2 dans l'aéronautique et une dans la défense).

Au programme : la fabrication de preuves de concept à partir des fichiers CAO des pièces des industriels, la caractérisation des matériaux qui intéressent les partenaires, en l'occurrence des alliages d'aluminium et de titane, et la collecte d'informations technologiques et économiques pour évaluer l'intérêt du procédé.

La décision n'est pas encore tout à fait prise

« La technologie tient ses promesses, notamment la caractérisation matière donne de bons résultats, estime Pierre Auguste. On attend encore quelques retours sur la fabrication des preuves de concept. » Ces résultats intéressants poussent le Centre à s'interroger sur l'achat d'une machine. La décision n'est pas encore tout à fait prise, certains aspects budgétaires restant à affiner. « Il ne s'agit pas seulement d'acheter une machine, mais bien de proposer aux partenaires de tester la technologie en réalisant leurs applications, ainsi que de coconstruire un programme de recherche et développement pour poursuivre son évaluation. La volonté du Cetim Centre-Val de Loire est d'intégrer la machine sur



Cette technologie dont le nom vient de l'anglais Melded, fondu, est tirée du soudage par friction malaxage.

Printing de Bourges, une plateforme qui regroupera, au même endroit, plusieurs procédés de fabrication additive », précise Pierre Auguste. Cela permet aux industriels de tester directement la technologie et de monter des programmes communs de recherche et développement, en particulier pour caractériser les matières.

Une gamme très large de métaux

Rappelons que le Meld est une technologie de fabrication additive par friction malaxage, dérivée du soudage par friction malaxage (FSW). Elle consiste à déposer de la matière à partir de barres métalliques sur un substrat, sans atteindre la température de fusion, à raison de 2,5kg/h pour les alliages de titane, jusqu'à 10 kg/h pour les alliages d'aluminium. Ce procédé permet de travailler une gamme

très large de métaux (inconel, inox, acier, aluminium, magnésium, titane, cuivre), avec moins de contraintes résiduelles et donc moins de déformations qu'avec d'autres procédés de fabrication additive par fusion.

Meld est adapté pour fabriquer des ébauches de pièces de moyennes et grandes tailles, comme des pièces de bridage, des ajouts de fonctions, tels que des raidisseurs sur panneau dans l'aéronautique, du rechargement de pièces et des applications multimatériaux. L'absence de fusion permet en effet une bonne liaison entre des matériaux de nature différente. Les pièces réalisées doivent ensuite être reprises par de l'usinage classique. ■

Contact

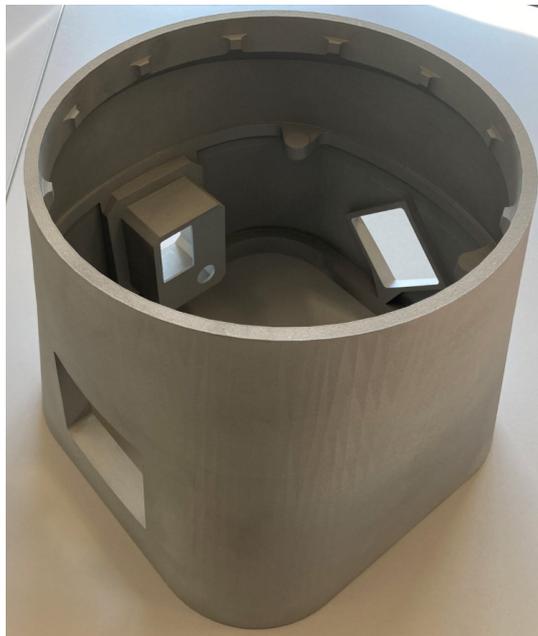
Pierre Auguste

contact@cetimcentrevallodeloire.fr

L-PBF : accompagner les industriels

De la reconception de la pièce, pour la rendre compatible avec la fabrication additive, à la mise en service de la production, le Cetim Centre-Val de Loire peut accompagner les industriels de A à Z.

Moulistes, injecteurs, usi-
neurs..., le Cetim
Centre-Val de Loire
travaille avec une dizaine d'entre-
prises du secteur de l'armement
qui s'intéressent à la technologie
L-PBF (Laser Powder Bed Fusion,
fusion laser sur lit de poudre). Un
accompagnement à plusieurs
niveaux. D'abord la conception de
pièces en vue de les produire par
fabrication additive : « *L'entreprise
connaît sa pièce et nous maîtrisons les
contraintes du procédé*, explique
Sébastien Pillot, ingénieur en
fabrication additive au Cetim
Centre-Val de Loire. *Ensemble, nous
pouvons reconcevoir la pièce, qui doit
conserver sa fonction et ses caractéris-
tiques mécaniques, pour qu'elle puisse
être produite en fabrication additive* ».



**Pièce en alliage
d'aluminium** réalisée
sur une machine L-PBF
multi-laser. Dimensions :
378 x 378 x 335 mm pour
6,3 kg.

© Cetim Centre-Val de Loire

Réaliser les premiers prototypes

Une fois conçue, elle peut être prise en charge par le Centre qui dispose de deux machines L-PBF, pour réaliser les premiers prototypes. « *Parallèlement, nous sommes à même de caractériser le matériau*, reprend Sébastien Pillot. *C'est assez simple lorsqu'il est connu et déjà utilisé, mais il arrive qu'il n'existe pas en fusion laser. Il*

faut alors, avant de fabriquer un démonstrateur, essayer de trouver une nuance de poudre adaptée et paramétrer la machine pour conserver une bonne matière. » Avec parfois la conclusion que la nuance n'est pas adaptée à la fusion laser et que l'on ne peut pas produire la pièce.

Dernière étape, le Centre accompagne l'industriel dans l'acquisition — ou non — de la machine, au tra-

vers d'une évaluation de l'intérêt technico-économique, de la rédaction du cahier des charges et dans le choix de l'équipement, jusqu'à son installation et sa mise en service. ■

Contact Sébastien Pillot

contact@cetimcentrevallodeloire.fr

En bref

Perform'Industrie : plus d'une centaine d'entreprises nous font déjà confiance

Rappel et première bonne nouvelle : le dispositif Perform'Industrie est prolongé jusqu'au 31 décembre 2023. Deuxième bonne nouvelle : une centaine d'entreprises sont déjà engagées dans la modernisation de leurs organisations et l'intégration de nouvelles technologies tout en mettant l'humain au centre de leurs plans de transformation.



Troisième bonne nouvelle : il reste des places à prendre !
Besoin de plus d'information ? Contactez Jérôme Kirmann au 06 07 18 60 58 (jerome.kirmann@cetimcentrevallodeloire.fr)

Cetim Infos Centre-Val de Loire

06/2022 - Dépôt légal : 06/2022

N° ISSN : 2740-3947

Directeur de la publication :

Jean-Christophe Augé

Rédaction : Alain Lamour

Contact

02 48 48 01 11

contact@cetimcentrevallodeloire.fr

cetimcentrevallodeloire.fr

