

# Technologie HP Metal Jet

Technologie d'impression numérique HP pour les métaux



L'impression en trois dimensions d'objets et de pièces de machines est devenue une réalité. L'impression 3D permet de produire, à la fois vite et à un coût réduit, des pièces uniques de qualité à l'échelle industrielle. Désormais, avec la nouvelle technologie d'impression 3D la plus avancée pour la production de masse de pièces métalliques, HP Metal Jet, HP poursuit la transformation numérique de la fabrication. HP Metal Jet révolutionne le secteur en matière de vitesse, qualité, fiabilité et coûts grâce à la technologie HP Multi Jet Fusion.



Imprimante HP Metal Jet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Le produit peut différer de l'image présentée.

## Introduction

Depuis plus de 30 ans, les technologies à jet d'encre HP ont bouleversé le secteur et ont permis de créer une large gamme de marchés d'impression. En 2014, HP a lancé une technologie d'impression 3D révolutionnaire pour les plastiques : HP Multi Jet Fusion.<sup>2</sup> HP Multi Jet Fusion dépose des gouttes d'agents liquides fonctionnels sur un lit de poudre afin de contrôler les propriétés physiques et les caractéristiques des pièces plastiques point par point. Elle exploite les puissants outils de HP dans les domaines de l'imagerie et de l'impression pour transformer l'impression numérique et permettre de fabriquer des pièces hautement fonctionnelles et de valeur.

**HP Multi Jet Fusion** offre une qualité de fabrication et une vitesse exceptionnelle au coût le plus faible par rapport aux autres solutions d'impression 3D actuellement sur le marché<sup>2</sup>. Ces innovations en matière de qualité et de vitesse accéléreront l'adoption de l'impression 3D et mèneront à une transformation numérique de la fabrication aussi étendue et importante que celle provoquée par la technologie jet d'encre thermique HP, qui avait bouleversé le secteur des applications et des marchés d'impression conventionnels. Tout comme avec les autres produits HP, les utilisateurs des imprimantes HP Jet Fusion 3D profitent des valeurs clés HP de fiabilité, de facilité d'utilisation, de versatilité et un flux de données numériques de bout en bout.

**HP Metal Jet** s'appuie sur les processus de travail et les technologies développés par HP dans le domaine de l'impression 3D plastique et les met au service de l'impression métal avec de nouveaux agents fonctionnels, de nouveaux processus et matériaux d'impression.

Les solutions HP Metal Jet résolvent les difficultés économiques, conceptuelles et temporelles rencontrées avec les méthodes traditionnelles de production de pièces métalliques tout en offrant une qualité, une productivité et des coûts exceptionnels par rapport aux autres technologies d'impression 3D métal.<sup>3</sup>

HP Metal Jet est une technologie qui utilise le jet d'encre thermique HP pour déposer avec précision *l'agent liant HP* sur un lit de poudre métallique et les poudres métalliques de moulage par injection (MIM) standard de l'industrie. Cette technologie économique de projection de liant permet :

- La production simultanée de nombreuses pièces ou la production de plus grandes pièces, dans un lit de poudre 430 × 320 × 200 mm.
- La possibilité d'arranger librement les pièces dans le lit de poudre pour optimiser la densité du conditionnement, la productivité et les coûts.
- Aucun plateau requis par rapport à la technologie fusion sélective par laser (SLM).
- Des pièces finales à faible coût et de grande qualité pour la production en série jusqu'à 100 000 pièces.<sup>4</sup>
- Le meilleur rapport productivité-prix de sa catégorie<sup>3,4</sup>.
- Une résolution de 1 200 × 1 200 ppp pour des couches comprises entre 50 à 100 microns d'épaisseur.
- Des pièces finales aux propriétés isotropes qui répondent ou dépassent les normes ASTM et MPIF.<sup>5</sup>
- La forte réutilisabilité des matériaux permet de réduire le coût des matériaux et le gaspillage sans compromettre la qualité des pièces.<sup>6</sup>
- Densité après frittage > 93 %, similaire au MIM.

Grâce à des conceptions et des technologies d'impression commerciales et industrielles HP éprouvées depuis des générations, les imprimantes HP Multi Jet Fusion et HP Metal Jet offrent une productivité industrielle exceptionnelle et des résultats fiables, réguliers et reproductibles.

L'illustration 1 montre des échantillons de pièces en métal fabriquées à partir de poudre MIM d'acier inoxydable 316L et produites par une imprimante HP Metal Jet, après le frittage et avant le post-traitement (p. ex. polissage de surface).

**Illustration 1.** Échantillon de pièces d'acier inoxydable 316L fabriquées en utilisant la technologie HP Metal Jet (rangée supérieure, de gauche à droite, avec l'aimable autorisation de McMaster-Carr, GKN (2) ; rangée inférieure de gauche à droite : Autodesk Netfabb, HP)



Remarque : les pièces ne sont pas montrées à la même échelle.

<sup>2</sup> Pour plus d'informations et des vérifications détaillées, consultez le Livre blanc technique HP « Technologie HP Multi Jet Fusion », 4AA5-5472EEW, mars 2018 et les spécifications actuelles pour les imprimantes HP Jet Fusion 3D sur [hp.com/go/3Dprinting](http://hp.com/go/3Dprinting).

<sup>3</sup> Productivité basée sur la vitesse d'impression pour la production en série jusqu'à 100 000 pièces par rapport aux solutions comparables d'impression 3D métal par projection de liant et la technologie de frittage sélectif par laser (SLM) le 31 juillet 2018.

<sup>4</sup> Coût réduit basé sur des solutions comparables d'impression de métaux 3D par projection de liant et la technologie de frittage sélectif par laser (SLM) le 31 juillet 2018.

<sup>5</sup> En particulier, les normes ASTM/MPIF pour la résistance à la tension, la limite d'élasticité et l'allongement.

<sup>6</sup> Par rapport à la technologie de frittage sélectif par laser (SLM) et basé sur des tests sur la technologie HP Metal Jet réalisés en interne, en septembre 2018.

## Impression 3D

Alors que la fabrication extrusive comme le fraisage, le meulage et la découpe *retire* de la matière à une pièce de travail, la fabrication additive – « impression 3D » – est une technologie numérique qui crée des objets par l' *ajout* sélectif de matières. Ceci permet à chaque pièce imprimée en 3D d'être unique de la même façon que chaque page imprimée par une imprimante laser ou à jet d'encre peut avoir un contenu unique. La personnalisation totale des contenus de pages et des pièces est un avantage que les technologies numériques apportent à l'impression 2D et 3D.

Les composants fonctionnels et esthétiques pour les secteurs automobiles, médicaux, industriels et technologiques (ordinateurs, téléphones portables et électroniques grand public) comptent parmi les applications principales de l'impression 3D de pièces métalliques. Ces pièces – dotées de géométries internes et externes complexes – peuvent être produites en série de 1 000 ou être personnalisées pour créer des produits uniques de valeur. L'impression métal 3D est ciblée pour concurrencer les processus de moulage par injection de métaux, de moulage à la cire perdue et les procédés de presse et de frittage.

Avant l'impression 3D, les pièces dotées de surfaces complexes, les éléments amovibles,<sup>7</sup> et les conduites internes de fluides étaient fabriqués grâce à des éléments alignés et assemblés à l'aide d'attaches et/ou d'adhésifs. Pour les pièces conventionnelles, en particulier celles conçues pour la gestion de l'air et des liquides, les joints et les surfaces d'étanchéité sont des points où des défaillances mécaniques et des fuites peuvent survenir. Parce que l'impression 3D construit des objets en superposant de fines couches de matières, il est possible de produire des pièces complexes comme une structure monolithique, ou assemblées avec moins de sous-composants. L'impression 3D simplifie ainsi les processus de conception et de fabrication, et réduit le temps et le coût de traitement. Il est possible de fabriquer par impression 3D des pièces qui ne peuvent pas l'être avec d'autres méthodes. De nouvelles possibilités d'innovation en matière de conception, de forme et de fonction sont offertes.

Pour répondre aux attentes les plus communes, une solution d'impression 3D doit offrir une productivité optimale, un faible coût de matériel, un faible coût par pièce, une grande qualité de fabrication, mais aussi le choix des matières et des propriétés telles que la résistance, l'élasticité et autres. Bien que les imprimantes 3D commerciales soient disponibles depuis plus de 30 ans, leur adoption est restée limitée aux marchés de niche et à quelques applications, car toutes les caractéristiques attendues n'étaient pas disponibles au sein d'une technologie unique ou d'une solution d'impression 3D. L'innovation HP change la donne.

HP Multi Jet Fusion et HP Metal Jet ont été conçues pour surmonter les obstacles et les contraintes limitant les technologies 3D actuelles. Offrant vitesse, qualité, résistance et fonctionnalités innovantes, les imprimantes HP vont accélérer l'adoption de la fabrication 3D dans de nouveaux secteurs et pour différentes applications nécessitant l'utilisation de pièces plastiques et métalliques.

HP souhaite réinventer la conception et la fabrication des pièces avec des processus de travail optimisés et de nouvelles possibilités offertes par l'impression 3D. La fabrication de pièces à la demande là où elles sont nécessaires va radicalement modifier la chaîne d'approvisionnement des pièces finales. L'approche collaborative possible avec la plateforme ouverte HP éliminera les obstacles à l'adoption de l'impression 3D par le biais d'innovations conjointes en matière de logiciels de conception et de production, de matériel d'impression, de matières, et de solutions de frittage.

## Technologie HP Metal Jet

Les imprimantes HP Metal Jet peuvent déposer avec précision jusqu'à 630 millions de gouttes de l'ordre du nanogramme par seconde d'un *agent liant liquide* sur un lit de poudre pour définir la section transversale d'une pièce couche par couche.

L'**agent liant HP** est un agent liquide à base d'eau injecté par les têtes d'impression à jet d'encre thermique HP. L'agent liant HP est formulé avec un polymère qui lie les particules métalliques, quel que soit l'endroit de l'impression de l'agent liant HP.

La capillarité attire l'agent liant HP dans les interstices les plus petits entre les particules métalliques ce qui permet une répartition uniforme du liant.

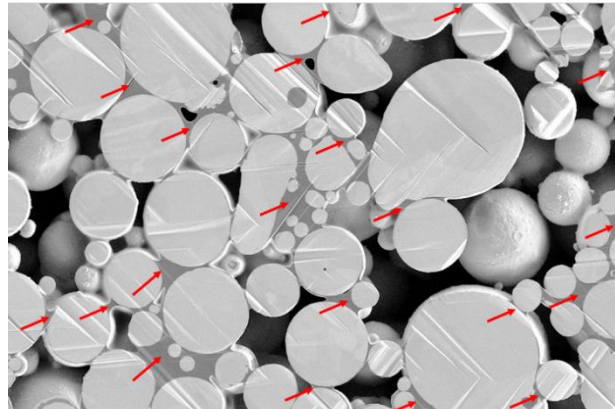
Le traitement du plateau d'impression (voir Illustration 4) fait s'évaporer les composants liquides et durcit le polymère pour produire une **pièce à l'état vert très résistante**.<sup>8</sup> Les flèches rouges de l'illustration 2 montrent comment s'écoule l'agent liant pour agir comme une colle thermofusible reliant les particules métalliques pour préparer le frittage.

Le polymère se décompose pendant le frittage.

<sup>7</sup> Par exemple, les engrenages, les glissières, les joints tournants, et d'autres éléments cinématiques.

<sup>8</sup> « À l'état vert » désigne une pièce faite à partir de poudre métallique et stabilisée par des liants avant le frittage.

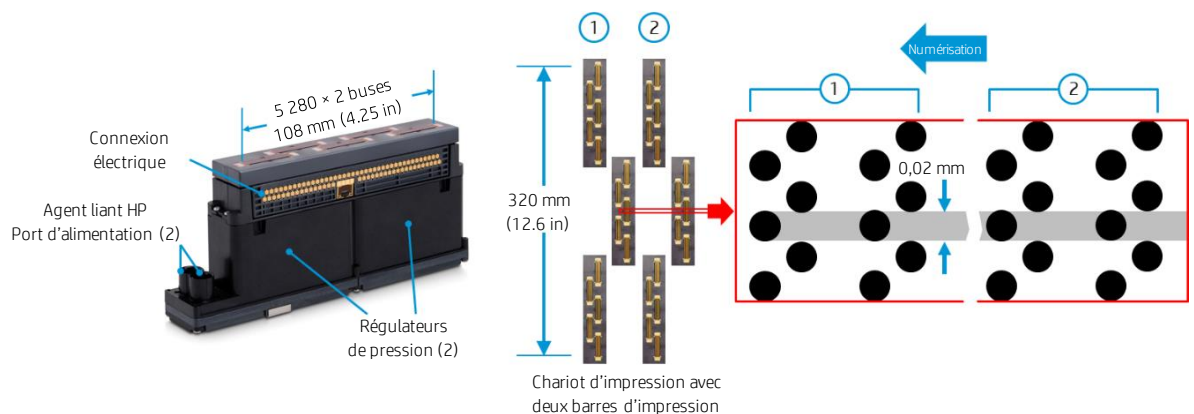
**Illustration 2.** Micrographie de section transversale d'une pièce à l'état vert HP Metal Jet montrant des particules métalliques et un liant durci (flèches rouges)



**Les têtes d'impression à jet d'encre thermique HP** permettent un placement précis des gouttes de l'agent liant HP dans le lit de poudre. La tête d'impression des imprimantes HP Metal Jet s'appuie sur une conception éprouvée en service sur les presses numériques HP PageWide et les imprimantes HP Latex. Chaque tête d'impression est dotée d'un bandeau d'impression de 108 mm équipé de deux colonnes individuelles contenant chacune 5 280 buses (positionnées tous les 0,02 mm sur chaque colonne). La tête d'impression figure sur l'illustration 3. On y trouve deux ports indépendants d'alimentation pour l'agent liant HP et deux régulateurs de pression intégrés.

L'une des caractéristiques des têtes d'impression HP est leur remplacement rapide et simple par l'opérateur. Aucun outil, aucune manipulation de fluide ou de connexions électriques et aucun alignement mécanique ne sont requis.

**Illustration 3.** La tête d'impression à jet d'encre thermique pour les imprimantes HP Metal Jet, barres d'impression et détails de la disposition des buses



Les imprimantes HP Metal Jet emploient plusieurs *barres d'impression* pour une productivité optimale et la multiplicité des buses. Comme indiqué schématiquement sur l'illustration 3, deux barres d'impression (1 et 2) sur le chariot d'impression, chacune comptant trois têtes d'impression de 108 mm (4.25 inch) disposées de façon décalée et se chevauchant l'une l'autre, créent un bandeau d'impression de 320 mm (12.6 in)

**Résolution en voxel**

Un *voxel* – « élément de volume » – est l'équivalent 3D d'un *pixel* 2D en impression numérique. La résolution voxel est une grille planaire dans le lit de poudre avec une profondeur correspondant à l'épaisseur de chaque couche imprimée. Les imprimantes HP Metal Jet offrent une **résolution de 1 200 x 1 200 dpi** pour une couche comprise **entre 50 et 100 microns** d'épaisseur. La résolution voxel élevée de HP Metal Jet permet d'imprimer des détails fins et d'obtenir des bords et des surfaces précises à l'intérieur et à l'extérieur de la pièce.

**Redondance des buses**

Un groupe de buses réparties sur les barres d'impression 1 et 2 figure sur l'illustration 3. Les deux colonnes de buses sur chaque tête d'impression sont aussi illustrées. Les buses sont alignées de façon à ce que **quatre buses impriment dans la même rangée de points de 0,02 mm** (surlignage gris) dans le lit de poudre. Cela signifie que jusqu'à quatre buses différentes peuvent projeter l'agent liant HP en mode 1 200 dpi. On appelle ceci **la redondance de buses par quatre**, et cela supprime les défauts en imprimant de manière fiable l'agent liant HP.

**Station de service de tête d'impression**

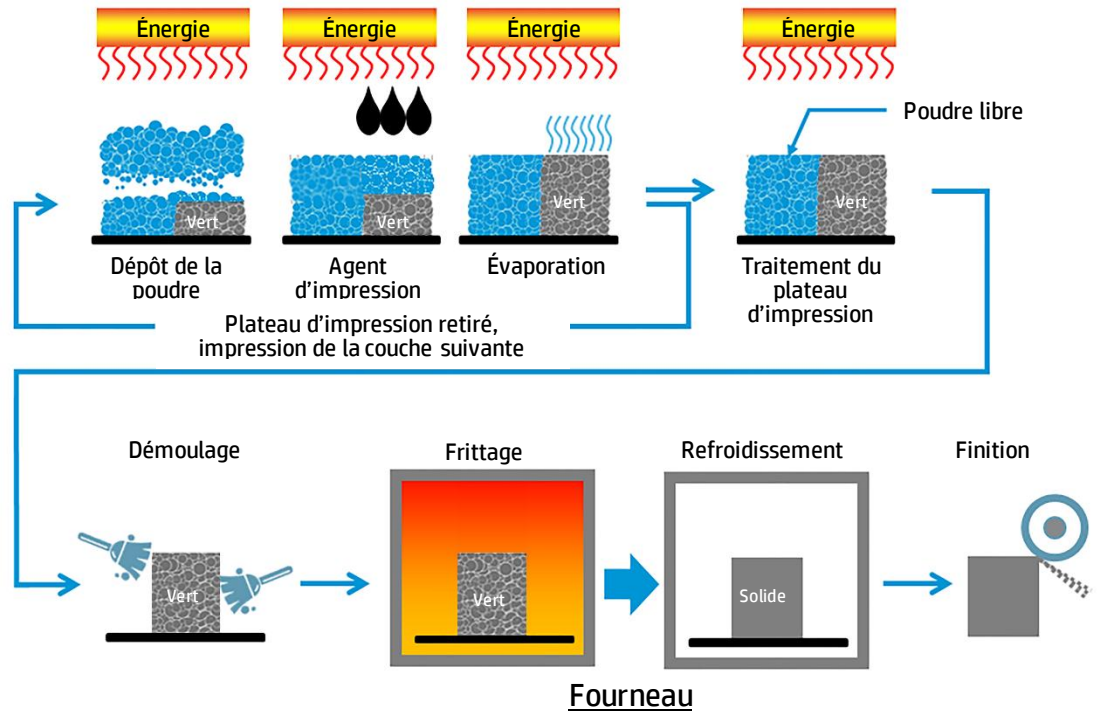
Un module sur la tête d'impression utilisant la technologie de détection optique de goutte permet de déterminer rapidement l'état de chaque buse avant, pendant et après l'impression. Ce processus identifie les buses qui ne fonctionnent pas selon les normes. Un cycle de service automatique permet aux buses de retrouver leur fonction.

## Processus HP Metal Jet

Le processus de fabrication d'une pièce métallique par HP Metal Jet est décrit de façon schématique sur l'illustration 4. Une *unité de fabrication* mécanique, contenant le lit de poudre et l'approvisionnement en poudre est intégrée à l'imprimante HP Metal Jet pour la production de pièces.

Il convient de noter que tout au long du processus d'impression, le lit de poudre peut être chauffé – comme le montre l'élément « Énergie » – pour faire évaporer les composants volatils de l'agent liant HP.

Illustration 4. Schéma du processus d'impression HP Metal Jet



### Dépôt de la poudre

La fabrication commence par un dispositif de balayage qui dépose une fine couche uniforme de poudre métallique sur l'espace de travail. Le dispositif de balayage est rempli à partir de bacs d'alimentation de poudre métallique situés à chaque extrémité du dispositif. Ceci permet un balayage bi-directionnel pour une meilleure productivité.

### Agent d'impression

Les têtes d'impression HP projettent l'agent liant HP à des emplacements précis sur le lit de poudre afin de définir la géométrie des pièces uniques ou multiples. À l'une des extrémités du dispositif de balayage, une *station de service de tête d'impression* teste, nettoie et entretient les têtes d'impression pour un fonctionnement fiable.

### Évaporation

Les composants liquides de l'agent liant HP s'évaporent.

### Plateau d'impression retiré, impression de la couche suivante

Le lit de poudre se rétracte dans l'épaisseur de la couche d'impression, et le processus se répète jusqu'à ce que la pièce soit terminée.

### Traitement du plateau d'impression

Le lit de poudre et ses parties imprimées sont chauffés pour finaliser l'évaporation des composants liquides de l'agent liant HP et solidifier les polymères afin de renforcer la résistance de la/des pièce(s) à l'état vert.

### Démoulage

Le lit de poudre est à présent refroidi, et les pièces peuvent être retirées. Le *démoulage* est le processus consistant à retirer la poudre libre des surfaces de la pièce. Une fois les pièces démoulées et retirées, la poudre restante peut être traitée et réutilisée pour une gestion économique des consommables.

### Frittage

Les pièces à l'état vert sont maintenant placées dans un fourneau. Lorsque la température de frittage est atteinte, la diffusion en surface à l'échelle atomique permet aux particules de métal de se lier entre elles et de former une matrice dense à plus de 93 %<sup>9</sup>. Le polymère de l'agent liant HP se décompose.

### Finition

Les pièces peuvent à présent passer par les étapes d'usinage et de polissage pour répondre aux exigences de finition en matière de dimensions et d'état de surface.

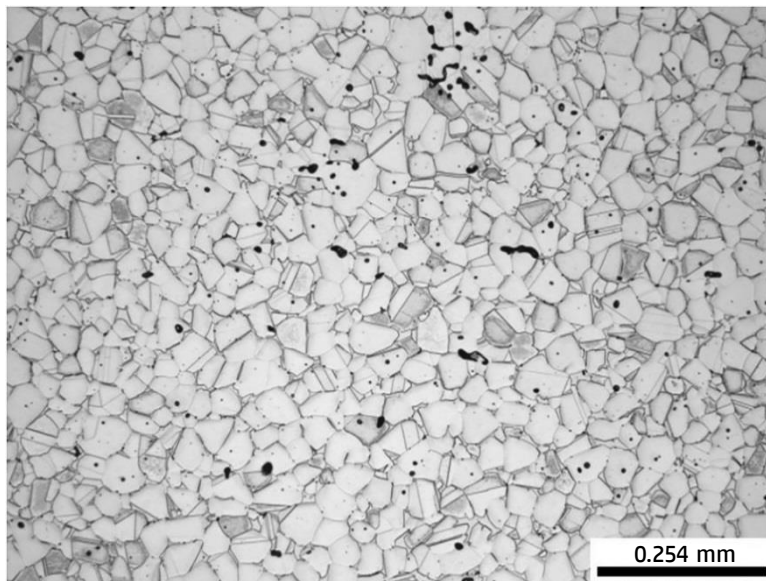
<sup>9</sup> Des densités de solide supérieures à 93 %, similaires au MIM, peuvent être obtenues avec HP Metal Jet.

## Métaux pour HP Metal Jet

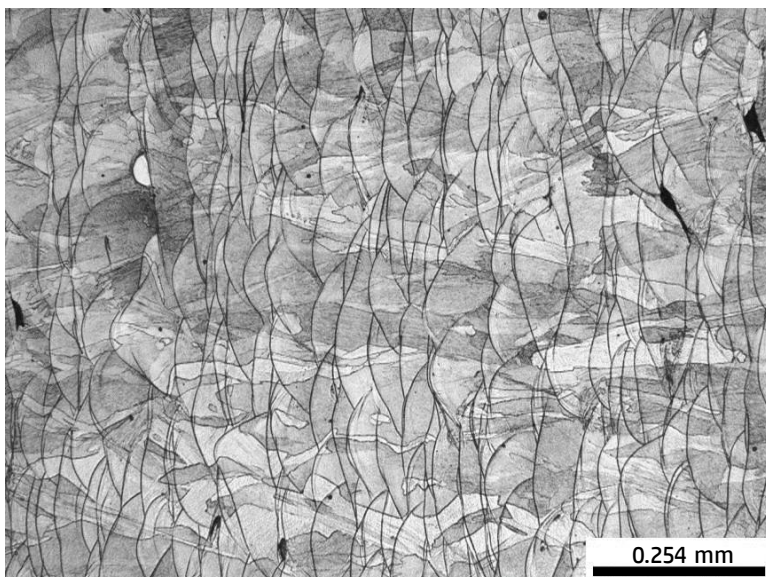
La première génération d'imprimantes HP Metal Jet s'appuiera sur une plateforme ouverte pour les matériaux à base de poudres d'acier inoxydable conformes aux normes de l'industrie, et développés pour le moulage par injection de métaux. Le développement de la technologie HP Metal Jet pour traiter les poudres métalliques supplémentaires fréquemment utilisées dans le moulage par injection de métaux est à l'étude.

La structure granulaire dans un échantillon test produit avec la technologie HP Metal Jet est visible dans la microphotographie de l'illustration 5. La section a été traitée par 10% d'acide oxalique – attaque électrolytique<sup>10</sup>. La microstructure est typique de l'acier inoxydable de type 316L à l'état recuit et constitué de grains d'austénite et de doubles recuits<sup>10</sup>. Cet échantillon montre une isotropie des grains supérieure par rapport aux technologies d'impression métal 3D les plus compétitives. Par exemple, la section transversale d'une pièce produite par une fusion sélective par laser est montrée en comparaison dans l'illustration 6. Remarquez la structure granulaire anisotrope, qui présentera l'orientation-dépendance dans les propriétés physiques (ex. la résistance à la traction peut différer le long des axes X et Y dans le lit de poudre et le long de l'axe Z).

**Illustration 5.** Image au microscope électronique à balayage de la section transversale d'un échantillon test d'acier inoxydable 316L produit par une imprimante HP Metal Jet<sup>10</sup>



**Illustration 6.** Image SEM de la section transversale d'un échantillon d'acier inoxydable 316L produit par une fusion sélective (SLM)<sup>10</sup>



Les bassins microscopiques de fusion et les lignes de soudure entre eux sont clairement visibles sur l'illustration 6. Les grains allongés – montrant une anisotropie distinctive – sont visibles sous la forme de formes grises s'étendant au-delà des lignes de soudure.

<sup>10</sup> Source : Rapport sur la technologie des matériaux des éléments pour HP Inc. : « Metallurgical Evaluation of Type 316L Stainless Steel Specimens. » [Évaluation métallurgique des échantillons d'acier inoxydable de type 316L]

## HP Metal Jet en comparaison avec le moulage par injection de métal

En ce qui concerne le MIM, un coulis de particules métalliques, de cire et de polymères est injecté sous haute pression dans un moule. Les matières premières MIM représentent généralement moins de 93 % de poudre de métal (basé sur le poids)<sup>11</sup> contre jusqu'à 99 % pour l'impression HP Metal Jet.

La technologie MIM nécessite un *processus de déliantage* pour retirer la cire. Cette étape peut ajouter jusqu'à 20 heures de travail au processus MIM. **Contrairement au MIM, il n'y a pas de long processus de déliantage avec la technologie HP Metal Jet.**

Dans les deux processus, le polymère de liage se décompose lors du frittage. Lors de l'utilisation de la technologie HP Metal Jet, le polymère est utilisé à une fraction pondérale inférieure par rapport au MIM, et cela facilite la décomposition et l'évacuation des résidus de polymères pendant le frittage. Ceci est important pour obtenir une productivité élevée pour les pièces à parois épaisses.

## Logiciels pour HP Metal Jet

Les imprimantes HP Metal Jet s'appuieront sur le logiciel et les processus de conception développés à l'origine pour l'impression HP Multi Jet des plastiques. Rendez-vous sur [hp.com/go/JetFusion3DSolutions](http://hp.com/go/JetFusion3DSolutions) pour plus d'informations. Les dispositions spécifiques en matière de processus pour les métaux sont en cours de développement.

## Plateforme ouverte HP

HP développe actuellement une plateforme ouverte dédiée à la technologie HP Metal Jet afin de rendre compatible une solution de frittage des matériaux à bas coût conformes aux normes de l'industrie. Plus de détails seront communiqués lorsque l'accord sera finalisé.

## Disponibilité

De nouveaux clients peuvent tester la technologie HP Metal Jet en utilisant le service de production Metal Jet<sup>12</sup>. Disponibilité prévue au premier semestre 2019. Rendez-vous sur [hp.com/go/3Dmetals](http://hp.com/go/3Dmetals) pour plus d'informations.

## Résumé

Les technologies d'impression 3D HP pour les plastiques et les métaux s'appuient sur le savoir-faire HP en matière de mécanique à faible coût, de précision du dosage et de mise en place d'agents fonctionnels liquides, de grands volumes de fabrication, de science des matériaux et d'imagerie. Par rapport à d'autres technologies d'impression 3D disponibles sur le marché, les imprimantes HP Multi Jet Fusion et HP Metal Jet vont définir de nouveaux niveaux de qualité et fonctionnalité de pièce, de productivité et d'économie de production.

L'application des technologies HP Multi Jet Fusion au métal – en utilisant des aciers inoxydables (17-4 PH et 316L) avec des applications industrielles – ouvre de nouveaux marchés aux pièces métalliques de haute qualité et de grande résistance utilisées dans les secteurs automobiles, médicaux, industriels et électroniques (ordinateurs, téléphones portables et produits électroniques grands publics). Des conceptions et des utilisations uniques, ainsi que la production de pièces de valeur à l'échelle industrielle peuvent être réalisées de façon économique en utilisant les fonctionnalités uniques des processus d'impression numérique 3D de HP. Cette innovation ouvre la voie à de nouvelles possibilités en matière de conception et de fonctionnement des pièces jusqu'alors non adaptées aux méthodes de fabrication traditionnelle et aux autres solutions d'impression 3D.

La technologie 3D HP ouvre la voie à une nouvelle ère de la fabrication numérique grâce à un écosystème d'impression 3D complet comprenant des interfaces d'utilisateurs avancés, un logiciel pour la création et la production de pièces, et de robustes imprimantes 3D de qualité industrielle, optimisées pour offrir une productivité et des économies de bout en bout.

<sup>11</sup> Voir <http://www.pim-international.com/metal-injection-molding/sintering-in-the-metal-injection-moulding-process/>.

<sup>12</sup> HP n'offre pas de services de fabrication. Les clients sont en contact direct et paient pour les services de fabrication fournis par un partenaire de confiance choisi par HP, et celui-ci est responsable du traitement de la commande. HP procède à un contrôle de compatibilité pour l'impression HP Metal Jet. La disponibilité du service de production Metal Jet est prévue pour l'Europe occidentale et les États-Unis.

Découvrez comment sur  
[hp.com/go/3Dprint](http://hp.com/go/3Dprint)  
[hp.com/go/JetFusion3DSolutions](http://hp.com/go/JetFusion3DSolutions)  
[hp.com/go/3Dmetals](http://hp.com/go/3Dmetals)

Ce document contient des déclarations prospectives au sens des dispositions d'exonération de la Private Securities Litigation Reform Act de 1995. De telles déclarations impliquent des risques, des incertitudes et des suppositions. Si de tels risques ou incertitudes se matérialisent ou si de telles suppositions s'avèrent incorrectes, les résultats de HP et de ses filiales consolidées pourraient différer sensiblement de ceux exprimés ou sous-entendus dans ces énoncés et hypothèses prospectifs. Toutes les déclarations autre que les déclarations de faits historiques sont des déclarations qui pourraient être considérées comme des énoncés prospectifs, y compris les déclarations d'attentes ou de croyances et les déclarations d'hypothèses sous-jacentes à l'une ou l'autre des déclarations qui précèdent. Les risques, incertitudes et hypothèses comprennent la possibilité que les avantages prévus ne se matérialisent pas comme prévu et d'autres risques qui sont décrits dans les rapports de la Commission de la sécurité et des échanges de HP, comprenant, mais sans s'y limiter, les risques décrits dans le rapport annuel de HP sur le formulaire 10-K pour son année fiscale achevée le 31 octobre 2017, et le rapport trimestriel de HP pour le formulaire 10-Q pour son trimestre fiscal terminé le 30 avril 2018. HP n'endosse aucune responsabilité et n'a nullement l'intention de mettre à jour ces déclarations prévisionnelles.

