



To create innovative micro  
metal components

# Micro MIM Appliqué à l'Horlogerie, la Microtechnique et le Médical

# Micro MIM Japan Holdings Inc.



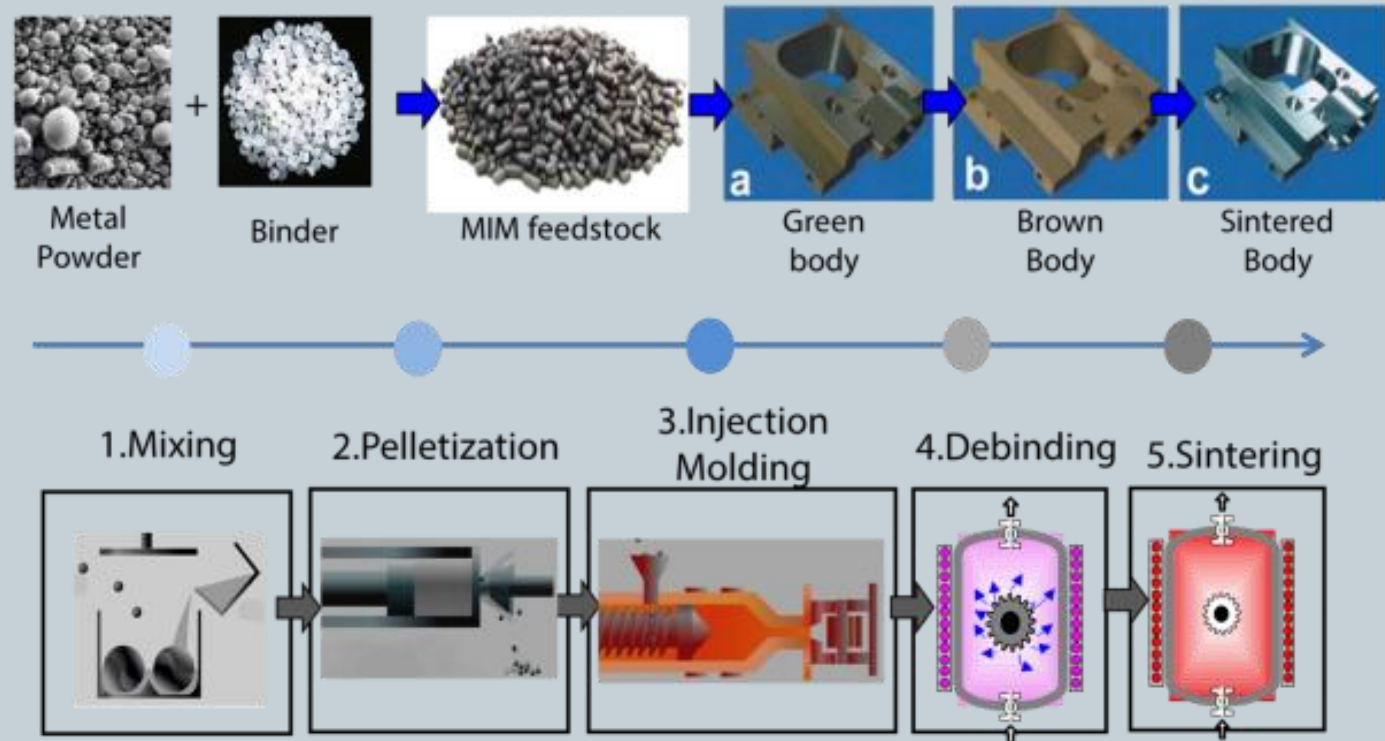
- Fondation : 01/1974 en tant que Taisei Kogyo Co., Ltd. (Injection Plastiques)
- Coeur de métiers : R&D, fabrication composants en MIM, vente de matières (feedstocks), transfert de technologie dédiée à des applications spécifiques
- CEO/Président : Dr. Shigeo Tanaka (Phd dans les liants synthétiques)
- Siège, usine, R&D : Osaka
- Autres locations : Tokyo, usine en Thaïlande, représentation en Allemagne, JV en cours de structuration en Suisse

# Procédé MIM



Le MIM est un procédé de fabrication de masse, permettant d'augmenter la complexité des pièces, réduire le nombre de pièces, les coûts, les déchets

- Procédé alliant la métallurgie des poudres et l'injection dans un moule fermé
- Développement et fabrication des feedstocks
- Décirage et frittage opéré dans le même four

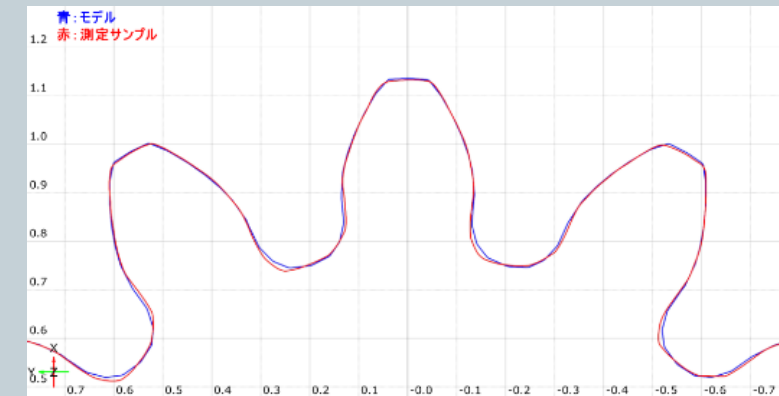
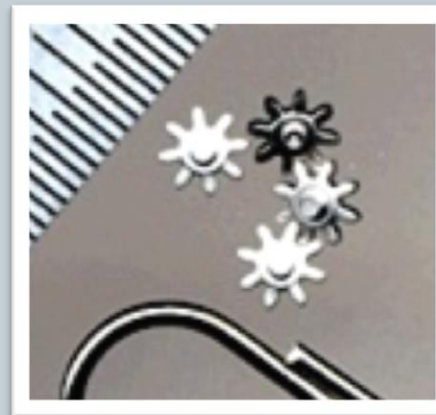
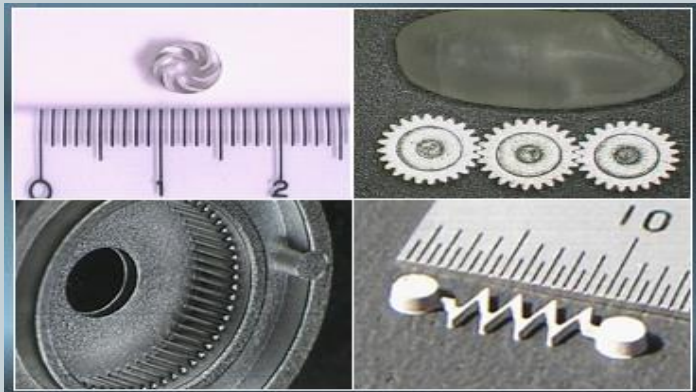
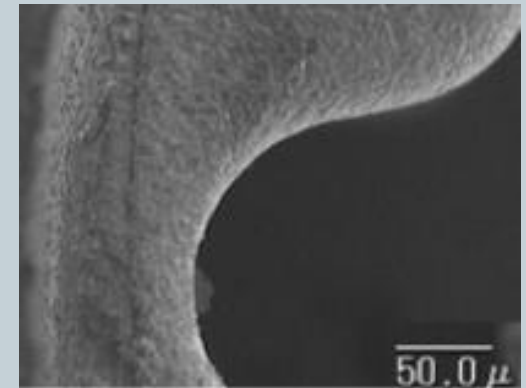


# Différence entre le MIM et le $\mu$ -MIM

$\mu$

Le  $\mu$ -MIM repousse les limites du MIM

- ① Tolérance  $< \pm 0.01$  mm ( $< 5$   $\mu$ m)
- ② Densité relative  $> 98.5 - 99.8$  %
- ③ Epaisseur de paroi  $0.1$  mm ( $5$  mm<sup>2</sup>)



# Différence entre le MIM et le $\mu$ -MIM

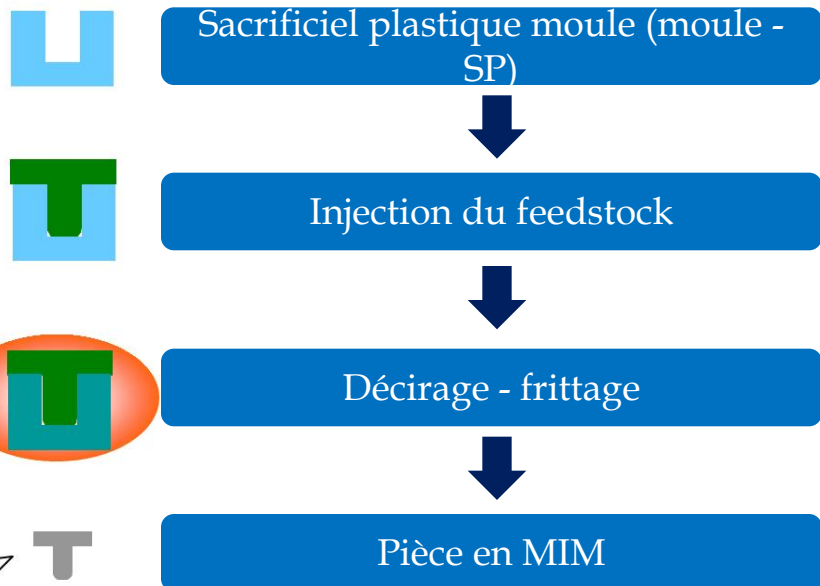
$\mu$

	MIM	$\mu$ -MIM
Tolérance pour des pièces < 5mm (mm)	$\pm 0.03$	$< \pm 0.01$
Densité relative (%)	95 - 98	$> 98.5$
Épaisseur de paroi (mm)	0.3 (Partielle)	0.1 ( $< 6 \text{ mm}^2$ )

# SP MIM technologie permet la production de masse de pièces creuses

μ

## Etape de fabrication SP MIM



## SP MIM, c'est quoi ?

La production MIM, utilisant le moule SP, a été développée par Taisei Kogyo

A l'aide du SP MIM, on produit en masse

- Pièces creuses avec des portées intérieures
- Pièces avec des microstructures

Le moule SP est complètement décomposé durant le décirage, ainsi la pièce finale est composée uniquement de métal

# La technologie SP MIM permet de réaliser la production quasi sans limite de conception

μ

Valve simple voie

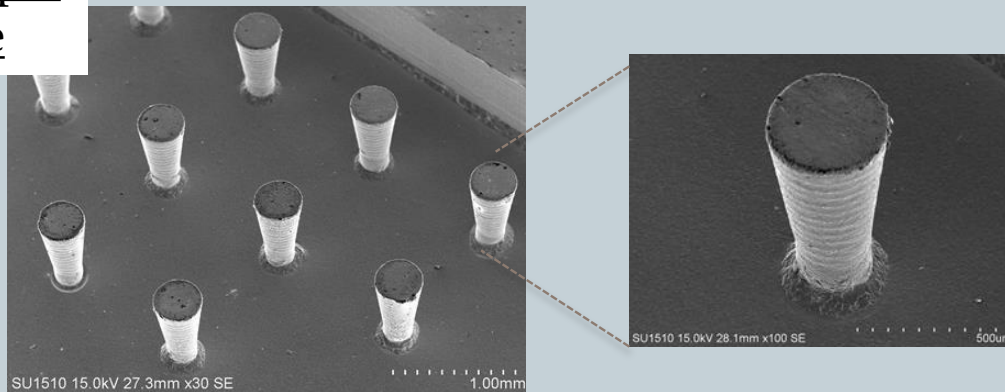
La conception n'est pas limitée par les outillages, grandes séries - usure



Dia. extérieur  $\phi$  2.25 mm / Epaisseur de paroi 0.5mm

1. Formes intérieures
2. Epaisseur de paroi < 0.2 mm
3. Intégration de la sphère en céramique lors de la production

Forme conique renversée



Colonnes sommet  $\phi$ 300  $\mu$ m / base  $\phi$ 150  $\mu$ m / hauteur 500  $\mu$ m

1. Surface augmentée grâce aux colonnes
2. Amélioration de la liaison par ancrage
3. Réduction de la surface en contact

# Advantages du $\mu$ -MIM – Procédé complémentaire

$\mu$

- A. Usinage : coûts  $\searrow$  – complications  $\nearrow$ , productivité  $\nearrow$ , temps de production  $\searrow$
- B. Etamage : conception – matériaux optimisés, tolérances  $\nearrow$
- C. Moulage sous pression : matériaux  $\nearrow$ , propriétés mécaniques  $\nearrow$
- D. Moulage par cire perdue : volume  $\nearrow$ , tolérances  $\nearrow$
- E. Moulage par compaction de poudres : propriétés mécaniques  $\nearrow$ , conception  $\nearrow$
- F. Fabrication additive : productivité  $\nearrow$ , matériaux  $\nearrow$





# Avantages du $\mu$ -MIM versus usinage

A.

Réduction des coûts - temps de livraison / complications

	Usinage	$\mu$ -MIM
Précision	<b>A</b> *1 - Haute précision	<b>A</b> - Niveau comparable ( $\pm 0.1\%$ )
Liberté de conception	<b>B</b> - Formes intérieures ou complications - outillages	<b>A</b> - Liberté de conception, particulièrement dans les quelques mm
Coûts de production	<b>D</b> - Elevés en raison des étapes successives	<b>B</b> - Moindre sur des volumes
Matière sélection	<b>B</b> - Difficile pour les matériaux durs	<b>A</b> - Production de masse - Ti, bimétal

- Usinage problématique pour la production de masse, temps de cycle, matériaux
- MIM a un niveau de précision inférieur à l'usinage, notre  $\mu$ -MIM a un niveau similaire (sous réserve particularités)
- Complications, formes intérieures, moins d'assemblage, utilisable pour quasi tous les alliages

Réduction des coûts : intégration de 4 sous ensembles en 1 ensemble

\*1 Lettre signifie

A B C D  
Très bon  $\rightarrow$  Moins bon



Usinage 4 pièces  $\rightarrow$  Assemblage

Intégration des composants grâce à  $\mu$ -MIM



$\mu$ MIM produit en masse des pièces qui sont pas possible avec ses concurrents

Réducteur planétaire  
(l'engrenage est continu sur la hauteur des pignons)

# Avantages du $\mu$ -MIM versus étampage

B.

## Production en masse de conception compliquée avec une grande précision

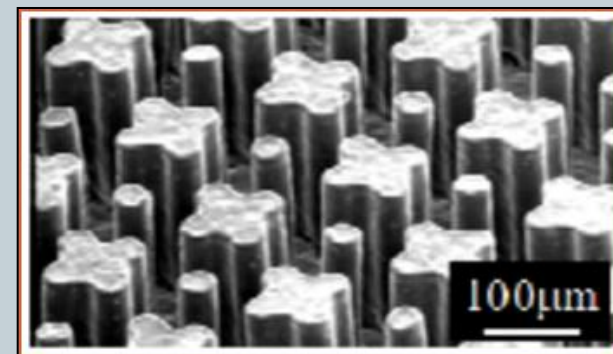
	Etampage	$\mu$ -MIM
Précision	C - Limitée par l'épaisseur, les alliages	A - Niveau comparable ( $\pm 0.1\%$ )
Liberté de conception	C - Limitée pour des designs évolutifs	A - Liberté de conception, particulièrement dans les quelques mm
Coûts de production	A - Procédé optimal pour la production de masse	B - Plus faibles coûts pour la production de masse
Matière sélection	C - Choix limité	A - Sélection en augmentation et réduction des prix

- L'emboutissage et le MIM conviennent bien à la production en série, mais du point de vue de la liberté de conception et de la tolérance, le MIM présente un avantage
- Le  $\mu$ -MIM est capable de produire en masse des conceptions avec paroi mince, que l'emboutissage ne peut pas réaliser, formes intérieures, avec une structure à paroi mince de moins d'un millimètre



Réaliser la production en série de pièces complexes, difficile par étampage

Exemples de nos engrenages et buses produit par  $\mu$ MIM



$\mu$ -MIM est capable de produire en masse une structure plus fine que 100 $\mu$ m

# Avantages du $\mu$ -MIM versus moulage sous pression

C.

## Wider material selection range and better mechanical strength

	Moulage sous pression	$\mu$ -MIM
Précision	<b>B</b> - $\sim \pm 1\%$	<b>A</b> - $\sim \pm 0.1\%$
Rugosité ( $R_{max}$ )	<b>B</b> - 12 $\mu$ m Bonne	<b>A</b> - 2-10 $\mu$ m Post traitement peut être évité
Propriétés (poids, épaisseur)	Moyennes 5 - 30,000 g 1 - 100 mm	Faibles $\leq 10$ g 0.1 - 10mm
Coûts de production	<b>A</b> - Procédé par étapes	<b>B</b> - Matières plus onéreuses, mais sans influence si complexités
Propriétés mécaniques	<b>C</b> - Event	<b>A</b> - Densité >98%
Sélection matières	<b>D</b> - Matières avec bas point de fusion	<b>A</b> - Pas de limites

- Le moulage sous pression est un procédé de moulage dans lequel le métal fondu est injecté dans le moule
- La liberté de conception est grande, cependant le choix des matériaux est limité, ceux à bas point de fusion, tels que Al, Zn
- Les soufflures ne sont pas évitables et les propriétés mécaniques sont par conséquent diminuées
- Le  $\mu$ -MIM peut offrir le même niveau de liberté de conception avec de bonnes propriétés mécaniques



$\mu$ -MIM Cuivre



$\mu$ -MIM titane

Matières utilisées en $\mu$ -MIM	
Stainless steel	304L, 316L, 310, 630, 410L, 420J2, 440C
Titanium	Ti, Ti-6Al-4V
Copper	Cu, Nickel silver, cupronickel
Nickel	Ni, Kovar
Magnetic	Fe-3%Si, SS410L, PB permalloy
Low alloy steel	SCM415
Tungsten	W-Ni, W-Ni-Fe, W-Cu
Molybdenum	Mo-Ni
Precious metal	Au, Ag, Pt alloy, Ir, Pd alloy

# Avantages du $\mu$ -MIM versus procédé par cire perdue

D.

MIM est le plus adapté à la production en série des pièces à parois minces

	Cire perdue	$\mu$ -MIM
Précision	<b>B</b> - $\sim \pm 1\%$	<b>A</b> - $\sim \pm 0.1\%$
Rugosité ( $R_{max}$ )	<b>C</b> - 12 - 20 $\mu$ m Traitement de surface nécessaire	<b>A</b> - 2 - 10 $\mu$ m Possible de réduire avec un post traitement
Propriétés (poids, épaisseur)	Moyennes 5 - 30,000g 1 - 100mm	Faibles $\leq 10$ g 0.1 - 10mm
Coûts de production	<b>C</b> - Nombreuses étapes pour des pièces compliquées	<b>B</b> - La poudre métallique est chère, mais relatifs pour des pièces petites, conception compliquée
Propriétés mécaniques	<b>B</b> - Identiques à celles obtenues par coulée	<b>A</b> - Haute densité $\geq 98\%$ , très bonnes propriétés
Sélection matières	<b>B</b> - Acier inoxydable, métaux précieux, métaux difficiles à couper	<b>A</b> - Pas de limitation

- Le procédé à la cire perdue est un procédé de moulage dans un moule constitué de sable. Ce processus permet une grande liberté de conception et une large gamme de matériaux
- Nombreuses étapes de traitement sont nécessaires en raison de l'utilisation du moule en sable.
- La finition est inévitable et il est donc difficile de produire des composants conçus avec des parois minces
- La production en série de pièces à parois minces est la force  $\mu$ MIM.

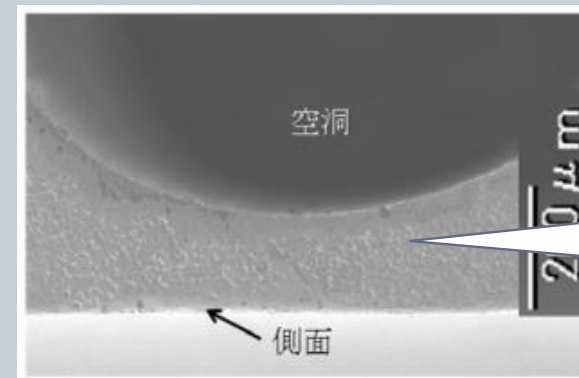


Image SEM en coupe transversale d'un composant, paroi d'épaisseur inférieure à 0,5 mm, réalisée par  $\mu$ MIM

# Avantages du $\mu$ -MIM versus compaction poudres métalliques

E.

Remaining wide material selection yet realising higher design freedom

	PM Compaction	$\mu$ -MIM
Précision	<b>B</b> - Faible dans la direction du compactage	<b>A</b> - Grande dans toutes les directions
Densité relative	<b>Faible</b> - 70 - 90% La structure poreuse est fonctionnelle, ex. poches pour la lubrification palier	<b>Haute</b> $\geq 98\%$ High strength, high surface finishing quality
Propriétés mécaniques	<b>C</b> - La résistance à la traction est faible	<b>A</b> - Même niveau que la pièce usinée
Coûts de production	<b>A</b> - Procédé simple, faibles	<b>B</b> - Bénéfique pour les petites pièces complexes
Liberté de conception	<b>D</b> - Conception dimensionnelle en 2 D seulement	<b>A</b> - Conception 3D et complexe

- La métallurgie des poudres par compaction est le procédé le plus connu de la métallurgie des poudres. Ce procédé simple, pressé et fritté, convient bien à la production en série
- Également les métaux à point de fusion élevé ou difficiles à couper sont également applicables
- Ce processus ne peut utiliser que de la poudre métallique de grande taille
- Densité faible, rugosité élevée, conduisant à de mauvaises propriétés mécaniques et à une faible flexibilité de conception
- $\mu$ -MIM réalise une finition de surface lisse et à haute densité ainsi qu'une grande flexibilité de conception pour les composants de production en série

$\mu$ -MIM réalise une fabrication en série de pièces complexes avec de bonnes propriétés mécaniques

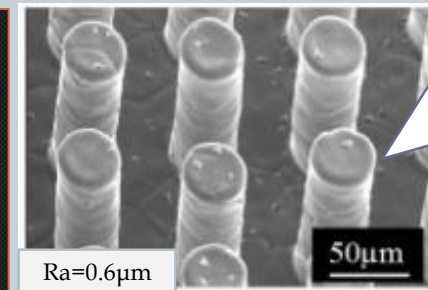


Image SEM en surface

$\mu$ MIM utilise une poudre plus fine, ce qui permet d'obtenir une qualité de surface supérieure

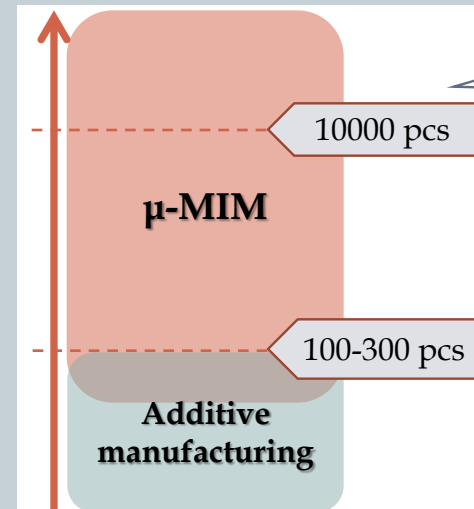
# Avantages du $\mu$ -MIM versus AM

F.

## Production en série de pièces de grande précision, résistantes et liberté de conception

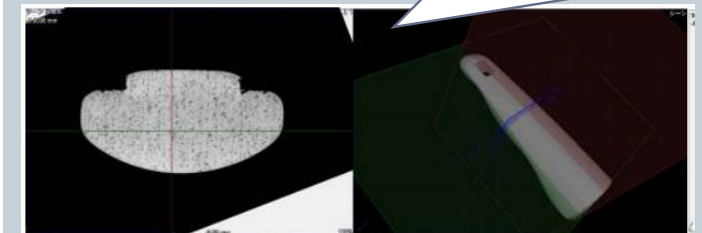
	AM	$\mu$ -MIM
Précision	<b>B</b> - Plus faible que le MIM	<b>A</b> - Comparable à l'usinage
Productivité mensuelle	<b>Faible</b> (en centaines de pièces) 2 - 6 h/pièce	<b>Très grande</b> - (en millions) ~ 10 s/pièce
Propriétés mécaniques	<b>C</b> - Variation des propriétés mécaniques en fonction de la direction des couches	<b>A</b> - Hautes, indépendantes de la direction
Rugosité	<b>D</b> - Besoin d'une terminaison	<b>A</b> - Fonction de la granulométrie de la poudre
Liberté de conception	<b>A</b> - Sans restriction	<b>B</b> - Très petites pièces, complexes, formes intérieures
Délai échantillons	<b>A</b> - Quelques jours, fichier .step	<b>C</b> - ~ 8 semaines Besoin d'un moule
Sélections matières	<b>B</b> - Majoritairement acier inox, Ti en développement	<b>A</b> - Grande variété

- La fabrication additive (AM) ou l'impression 3D consiste à fabriquer des pièces en empilant des couches de poudre métallique en fonction de données de conception 3D
- Permet de fabriquer n'importe quelle conception
- Cependant, il existe de grande variation de résistance mécanique entre la direction verticale et horizontale entre les couches d'empilement
- En outre, la rugosité de la surface est faible



Choisir le procédé en fonction de la quantité de fabrication, l'application

Possibilités d'analyse de composants AM



X-ray CT scan d'un composant AM

# Conclusion

μ

- ✓ Le μMIM est dédié à la production de micro-pièces métalliques, la production en série, de masse ou trop onéreuses en raison du nombre d'opérations, aussi en raison des coûts du recyclage des déchets
- ✓ La technologie μMIM est idéale pour les conceptions de pièces petites, complexes
- ✓ La technologie μMIM présente de nombreux avantages par rapport au procédé de fabrication classique
- ✓ Ne se substitue pas à l'usinage de précision, mais s'intercale dans les méthodes de fabrication, notamment lorsque qu'une terminaison est nécessaire



**Merci pour votre attention!**