



Mercredi 17 octobre 2018

Impression 3D Métal
Remerciements
Thierry SOUILLART

Directeur Ventes Directes France Aéronautique/Défense



Direct Metal Printers ProX® & Factory Solutions

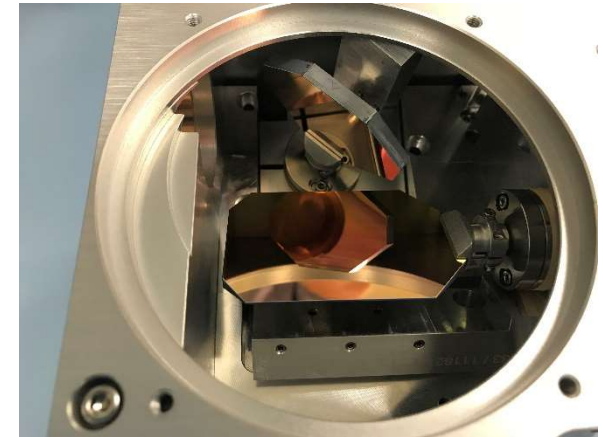
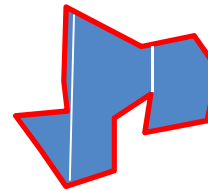
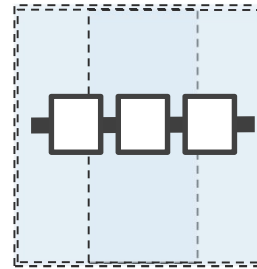


- Cœur du métal est ici en Europe continentale: France et Belgique
- Riom ingénierie et production petites machines
 - Universités, Centres R&D, Dentaire, Industrie générale ...puis Luxe
 - Ex: client dentaire en France : 12 x ProX DMP200 en 24/7/365 → 150 colis livrés par jour
- Leuven ingénierie /production moyennes et grandes machines
 - Production pièces en série



Santé matière & Qualité de surface

- **Une chaîne optique de la meilleure qualité**
 - Taille du faisceau LASER 25-150 μ
 - LASER/Collimateur/Têtes scanner refroidis par eau
 - Optiques au quartz pour limiter les effets thermiques de défocalisation
- **Protection des optiques intégrés par un flux dédié descendant**
- **Un taux d'oxygène dans la chambre <25ppm**
 - Absorption des émissions process par le cyclone et le filtre
 - Maintien du flux de drainage indépendant du colmatage du filtre



Très haute densité:



Pixelcount:
99,97% \pm
0,004%
(pixelcount
typical >
99,9%)

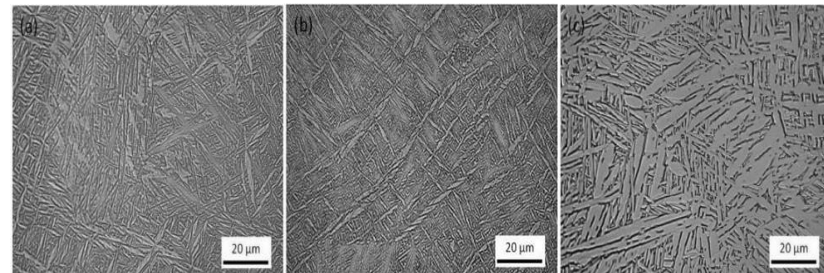
Archimedes:
99,3% \pm
0,1%
($\rho_{theor.} = 4,42$
g/cm³)

Pas d'alpha case



Pas d'alpha case avec
25ppm d' O₂

Excellente micro structure:



As-built

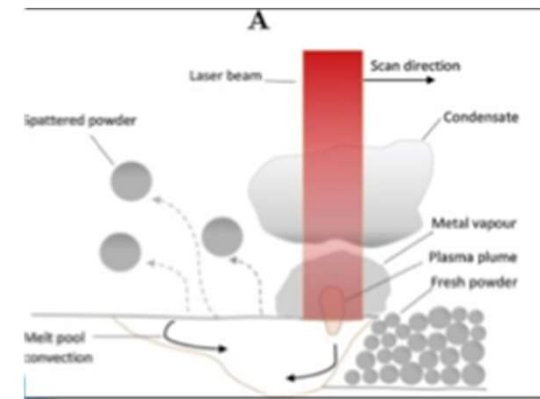
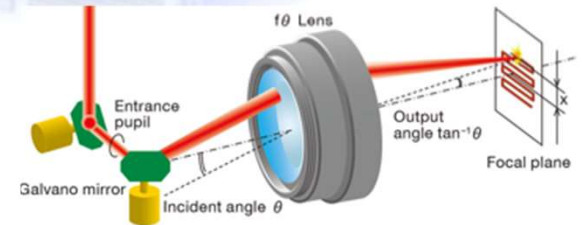
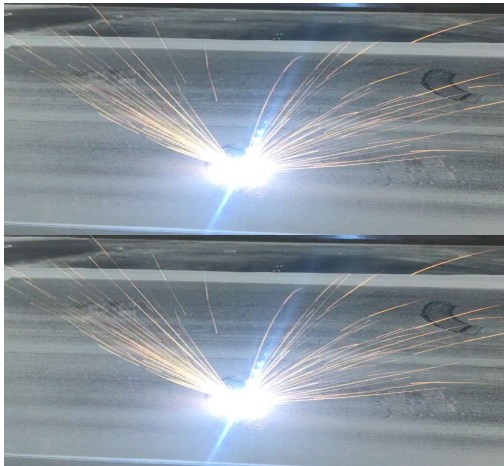
Stress relieved

Heat treated



A la recherche de complexité

- La chaîne optique représente la majeure partie du coût machine (environ 100.000€ par chaîne LASER)
- Taille de spot entre 25 μ et 150 μ en moyenne.
- Exploiter au mieux cette chaîne optique est la clé

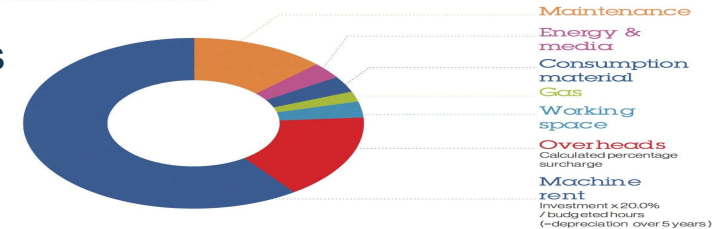


A la recherche de complexité

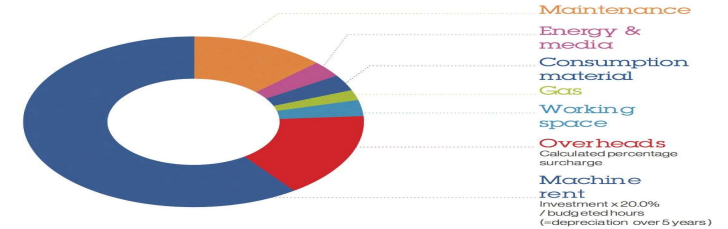
- Temps machine globalement proportionnel au volume de la pièce
- Indépendamment du matériau!
- Le **rapport surface/volume excellent indicateur!**
- S'approcher de l'échelle du LASER dans l'épaisseur des parois est fondamental
- Les matériaux aux propriétés supérieures sont les rois (Titane, Inconel, matériaux exotiques)
- Avec la même quantité de matière et le même temps machine on peut scanner un cube en alliage ou autre chose...



Hourly machine rates (2016)
SOURCE: ROLAND BERGER 2016

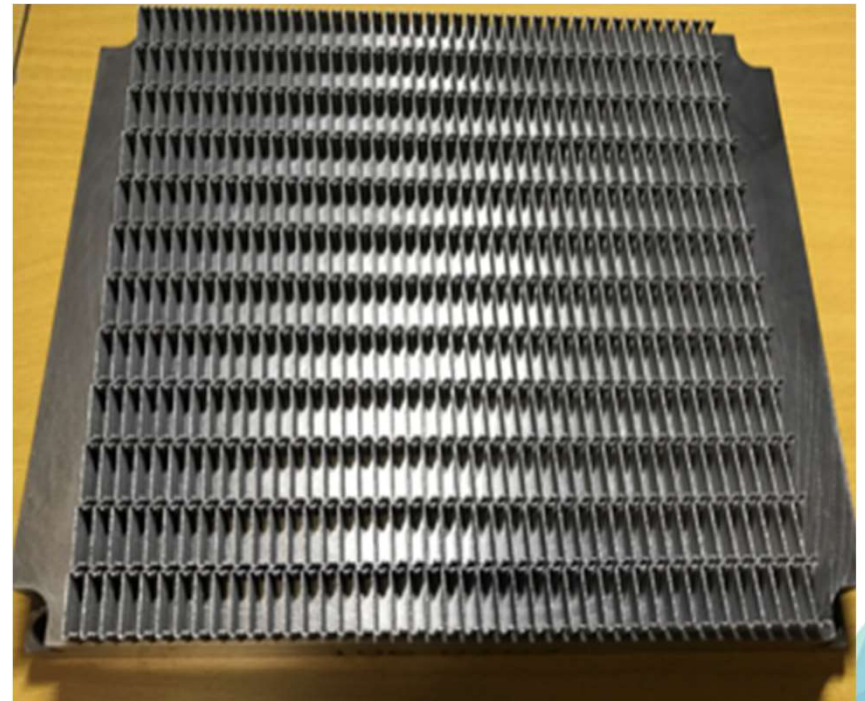


Hourly machine rates (2016)
SOURCE: ROLAND BERGER 2016



A la recherche de complexité

- L'optimisation du temps LASER est fondamentale
- Privilégier l'axe Z dans le design
- Réduction des supports de construction par optimisation du design
- Adaptation au projet, de la stratégie de scanning
- Calcul de la taille optimale de lot important (partage temps de déposition et réduction temps mort)



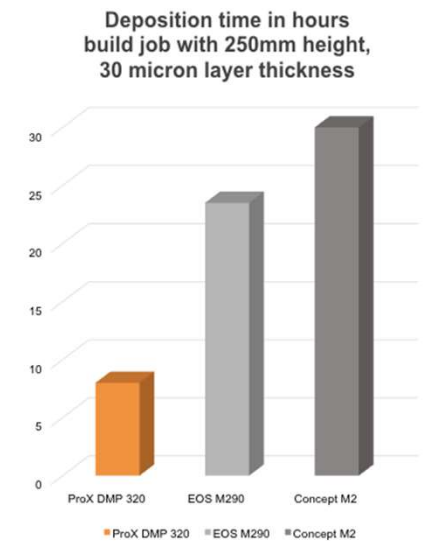
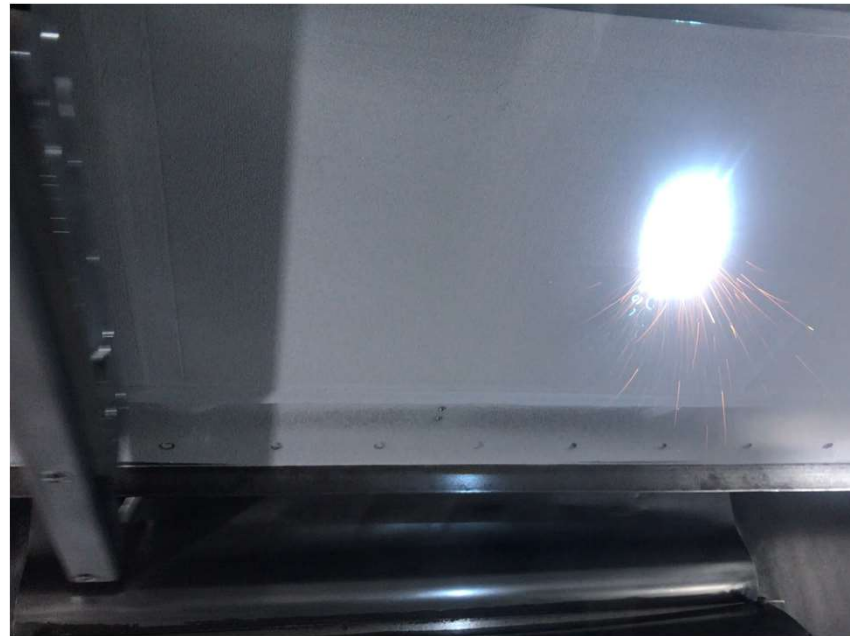
Effet bouillonnement pendant les phases de vide

- La conservation de la qualité de la poudre est crucial!
- 30.000+ € de Titane dans une 320...
- Inertage par vide en 15min
- <10ppm réels d'oxygène dans toute la chambre



Systeme de Déposition bidirectionnel

- Temps de déposition négligé par les constructeurs
- Pourtant un gain en productivité à coût nul
- Permet une meilleure homogénéité de qualité de construction
- Gain de productivité efficace (indépendant de la coûteuse chaîne optique)
- Tolérant
- Lèvre/tube silicone bien adapté aux structures fines (voile mince et lattice)
- Qualité et répétabilité de déposition éprouvée sur plus de 17.000 jobs dont certains critiques
- Rapide : <3,5s. Par séquence de déposition



Direct Metal Printers ProX[®] & Factory Solutions



DMP Factory 350

Print Volume:
275 x 275 mm (LxW)
420 mm (H)

Laser Power:
500 W, 1kW



DMP Flex 350

Print Volume:
275 x 275 mm (LxW)
420 mm (H)

Laser Power:
500 W, 1kW



ProX DMP 320

Print Volume:
275 x 275 mm (LxW)
420 mm (H)

Laser Power:
500 W



ProX DMP 200

Print Volume:
140 x 140 mm (LxW)
125 mm (H)

Laser Power:
300 W



DMP Flex 100

Print Volume:
100 x 100 mm (LxW)
100 mm (H)

Laser Power:
100 W



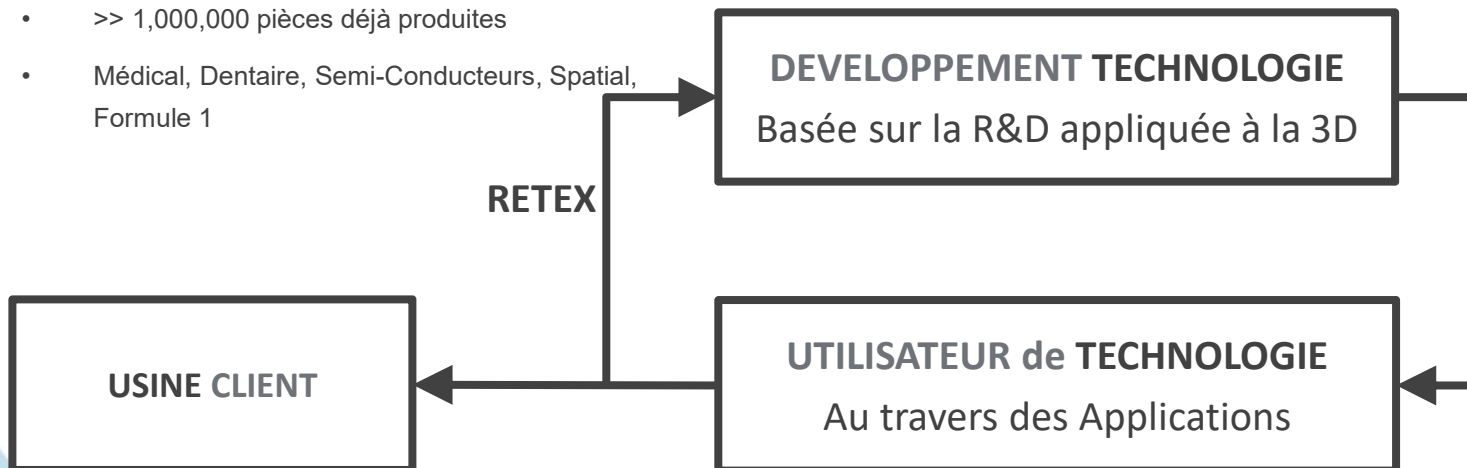
The continuous road to perfection



Impression 3D en boucle fermée

Usine de fabrication de pièces en 24/7/365, à Leuven, Belgique et Denver, CO, USA

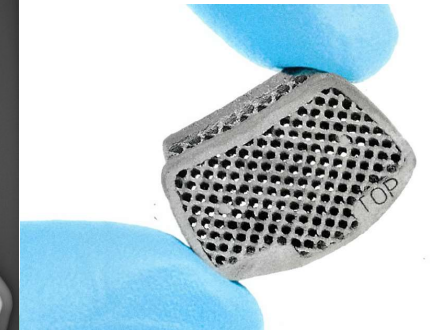
- 20 machines propriétaires à Leuven
- 15 machines propriétaires à Denver
- 9 machines de R&D (320, Factory350, Factory500)
- 120.000-130.000 pièces fonctionnelles par an
- >> 1,000,000 pièces déjà produites
- Médical, Dentaire, Semi-Conducteurs, Spatial, Formule 1



**CAPACITES d'
IMPRESSION 3D
SUPERIEURES**



L'Impression 3D Metal : du proto/démonstrateur à la série



L'exemple Safran Helicopter Engines: 1er motoriste hélicoptère au monde avec un injecteur en FA

- « L'ALM est bien adapté pour les **petites pièces à haute valeur ajoutée, statiques donc moins chargées mécaniquement** »
- pièce stratégique qui supporte des températures d'environ 2000°C, comporte 20 000 trous réalisés par perçage laser,
- Simplification du cycle de conception/fabrication
- Une pièce contre douze pour un injecteur classique
- Masse divisée par deux



L'exemple GE : de quoi remplir 40 machines

- Uniquement la partie cylindrique complexe, soudée ensuite au "chassis" de l'injecteur
- 20 pièces ramenées à une seule pièce
- Efficacité énergétique 15% supérieure à celle des CFM56
- Réduction de masse de l'injecteur de 25%, tout en le rendant 5 fois plus résistant
- Réduction du cycle de 5-7 mois pour produire 20 injecteurs, à 2 à 3 semaines
- CA ~\$ 1 milliard us en 2020 grâce à la 3D, et une économie de production de \$3 à 5 milliards us
- La pièce doit faire environ 10cm³ à vu d'oeil
- Excellent projet, rentable, cohérent, en volume (Coeff. 19/moteurs)
- Compatible avec le multiLASER!

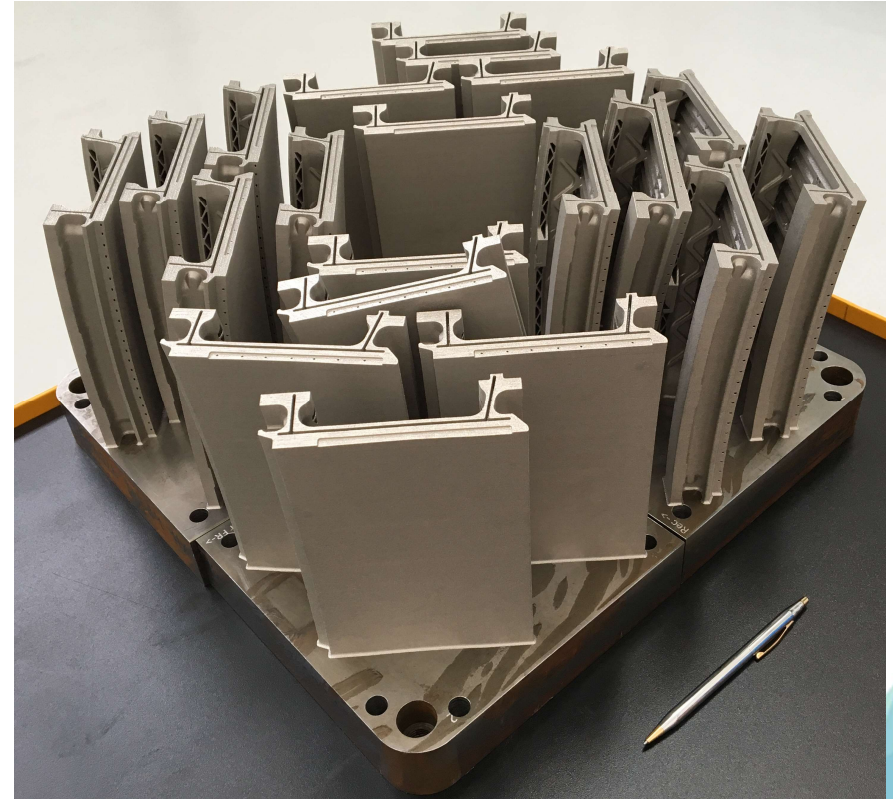
08
Oct
2018

30 000 injecteurs de carburant imprimés en 3D par GE Aviation



Ecrans thermiques 3D, 1^{er} étage turbine

- Améliore l'efficacité de la turbine de 2.1% en maintenant sa durée de vie
- Permet d'économiser \$2 million de carburant par an
- Permet au concepteur de concevoir des écrans thermiques avec des canaux internes de refroidissement impossibles à produire en fonderie
- Imaginons une production de 40 boucliers thermiques assemblés dans une seule et même turbine → gains importants (coûts, cycle...)
- Plusieurs pièces peuvent être imprimées en même temps – juste 20 pièces – plutôt que coulées une à une



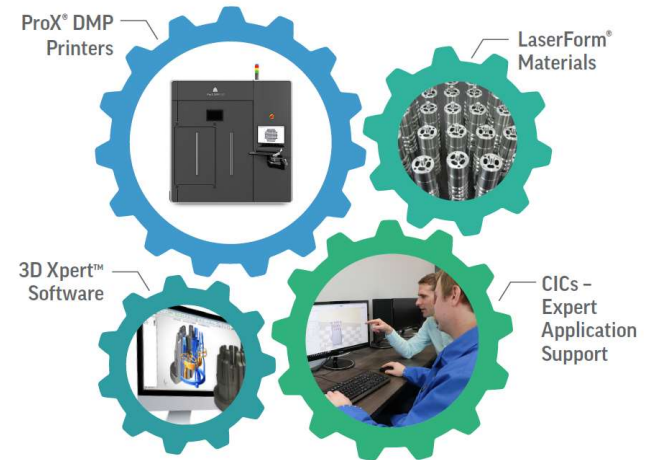
Production volume de pièces critiques nécessite des solutions ad hoc

Qualité

- Santé matière (cible 99,9% en densité pour des applications aéro)
- Ra brut++
- Robustesse procédé
 - Entre pièces
 - Entre jobs
 - Entre machines
 - Entre sites de production
- Limitation du facteur humain
- Traçabilité A-Z
- Monitoring qualité

Bas Coûts de possession [TCO (Total Costs of Ownership)]

- Haut niveau de productivité (couches de 90µ...)
- Basse consommation de consommables (poudre, argon, électricité, air comprimé)
- Déploiement échelle industrielle
- RA brut pour post-traitements réduits
- Haute santé matière pour limiter les traitements thermiques (relaxation ou CIC)
- Maintenance préventive réduite au possible (2x par an, 1-1/2j d'immo.)



La LM 2 et l'histoire

1ÈRE GEN, L'ORIGINE DE PROX DMP 320

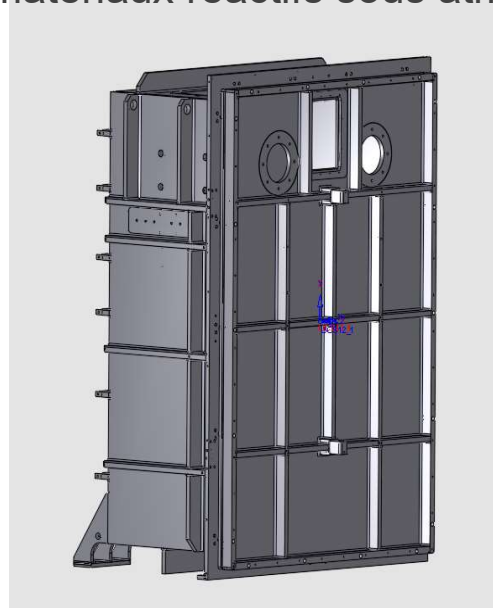
- naissance: Janvier 2009
- 2100 jobs
- Machine Up-time = 60.000 heures
(> 2500 jours)
- Job time > 25.000 heures (1.050 jours)
- déplacée 5 fois
- Continue de produire quotidiennement de applications dentaires “pointues” en Ti Gr.5

Status: July, 2018



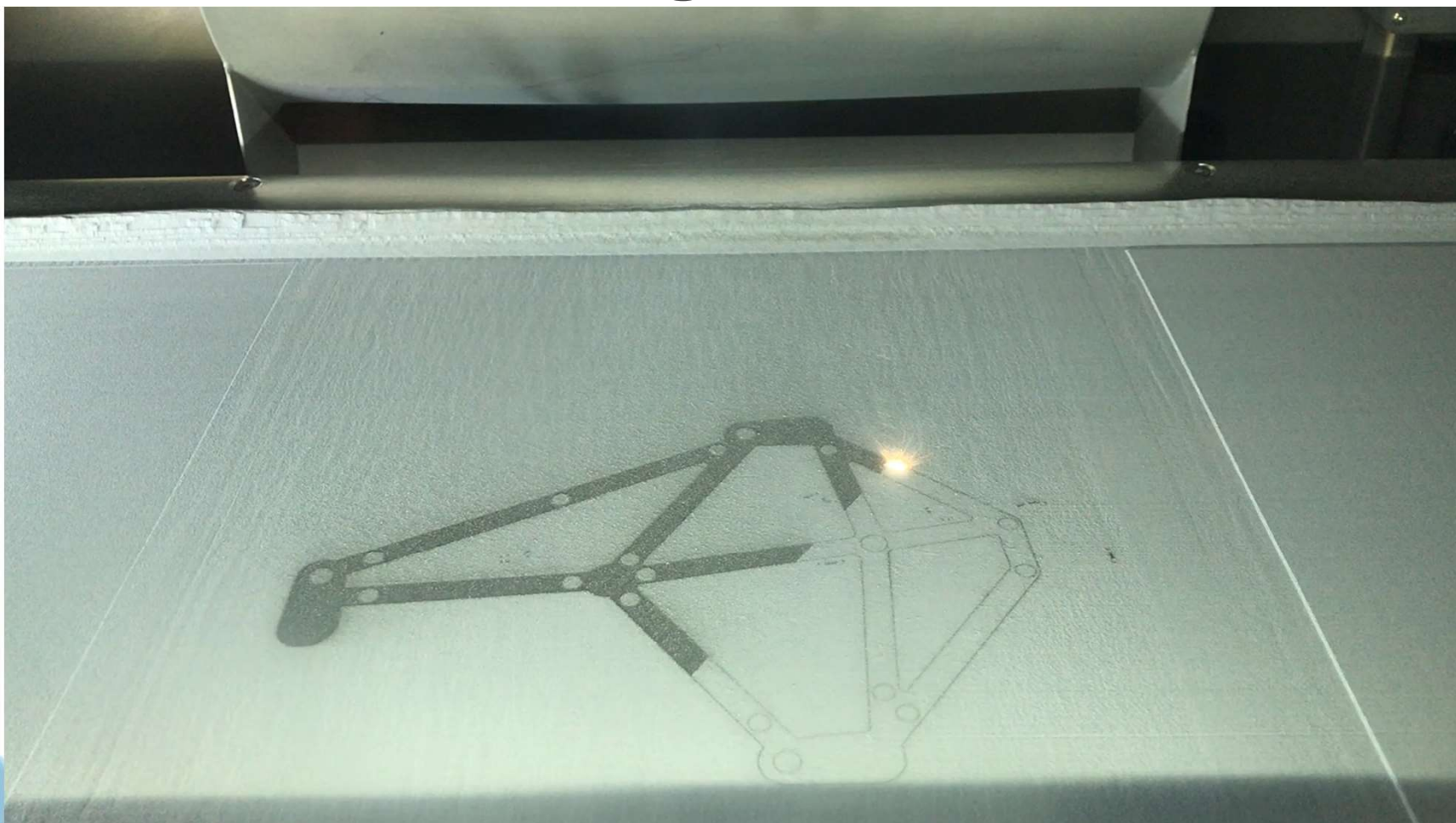
Concepts clé de la ProX DMP 320

- Soudure conventionnelle d'applications critiques utilise le vide
- Utilise la soudure sous vide de matériaux réactifs sous atmosphère pure



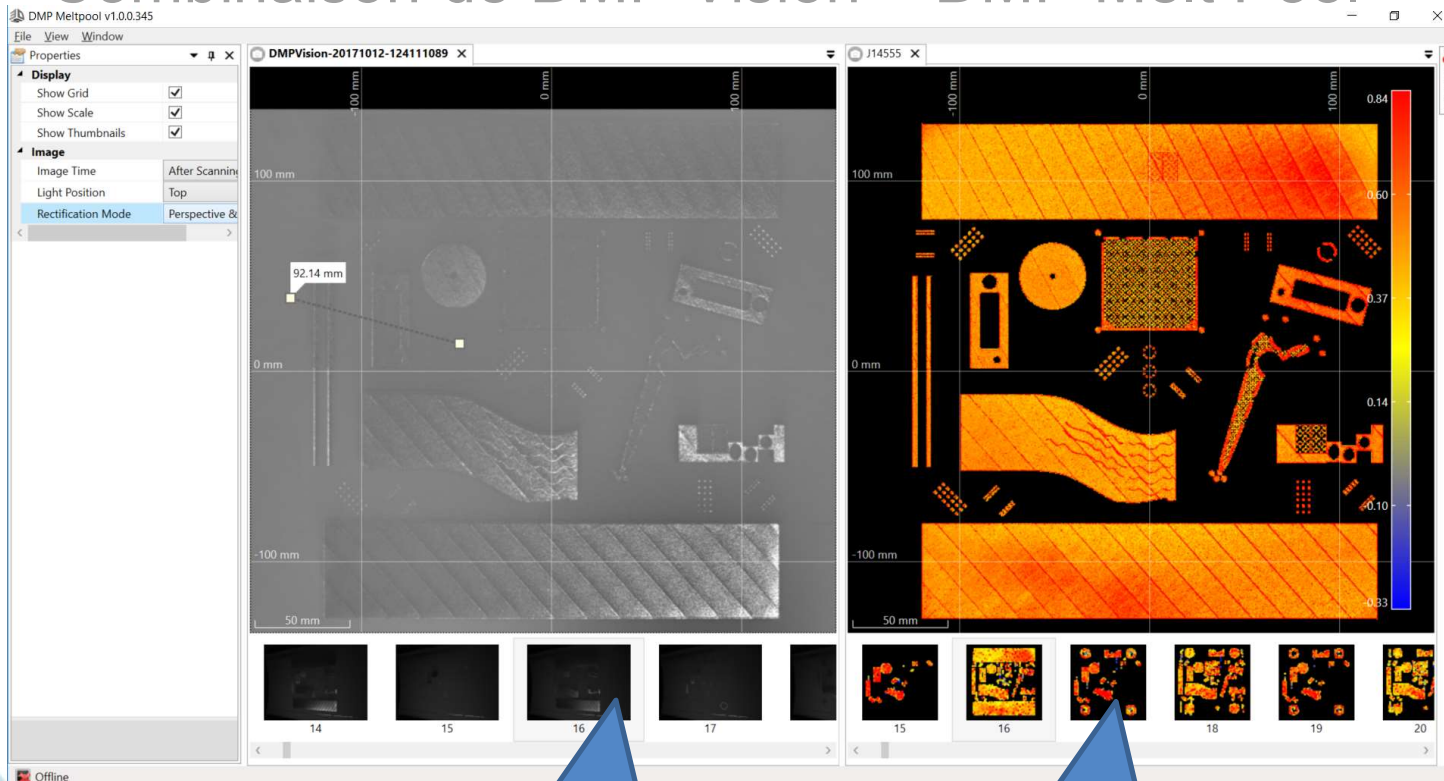
- Très bas niveau d'O₂ (<25 ppm)
- Poudre sous vide
- Cycle court d'inertage de 15min
- Très basse consommation d'argon
- Elimination d'humidité (effet d'eau bouillante à température ambiante sous vide)

Flux lumineux d'argon ProX DMP320



DMP Monitoring

Combinaison de DMP Vision + DMP Melt Pool



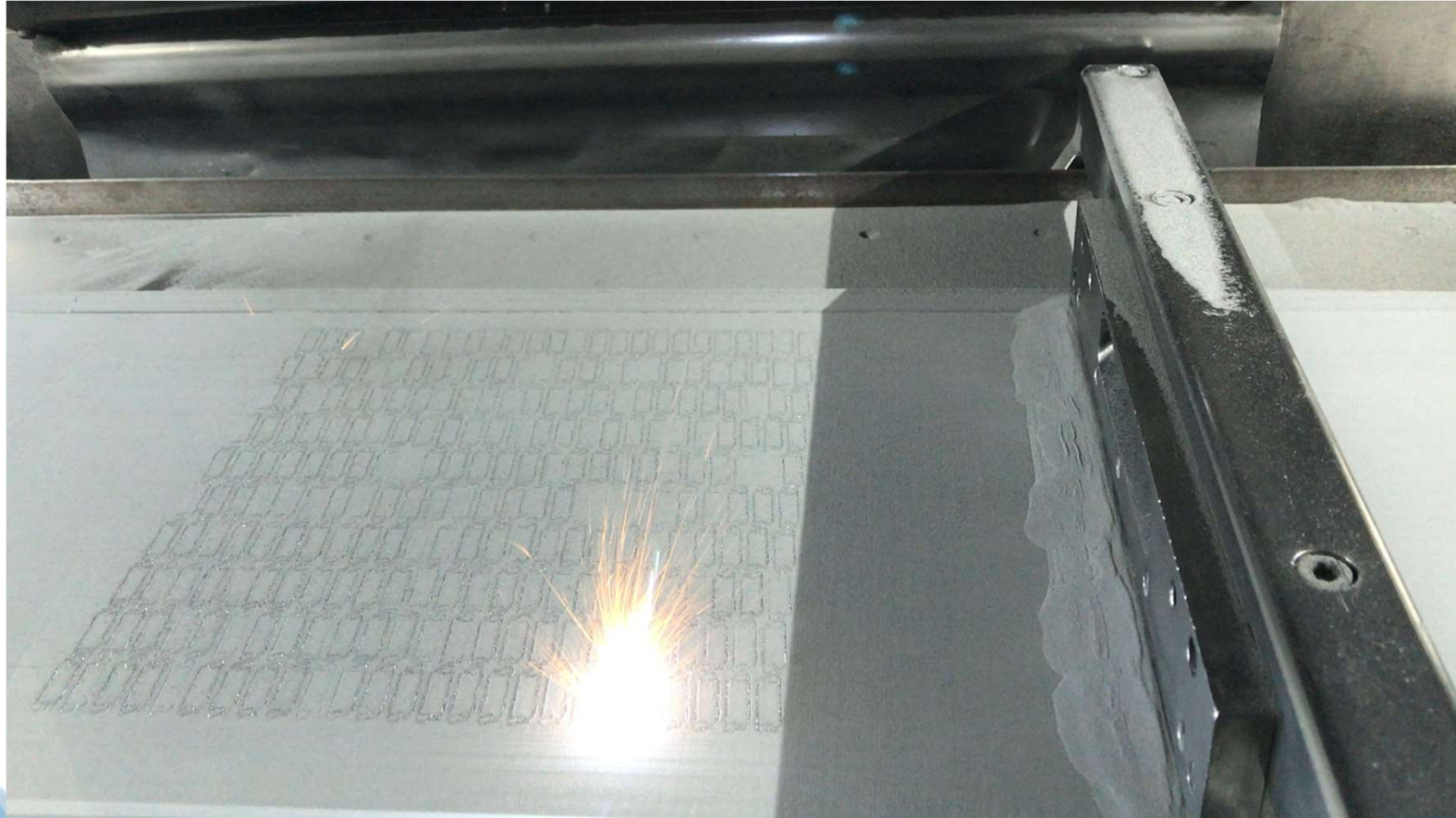
VISION

CONFI

MELTPOOL

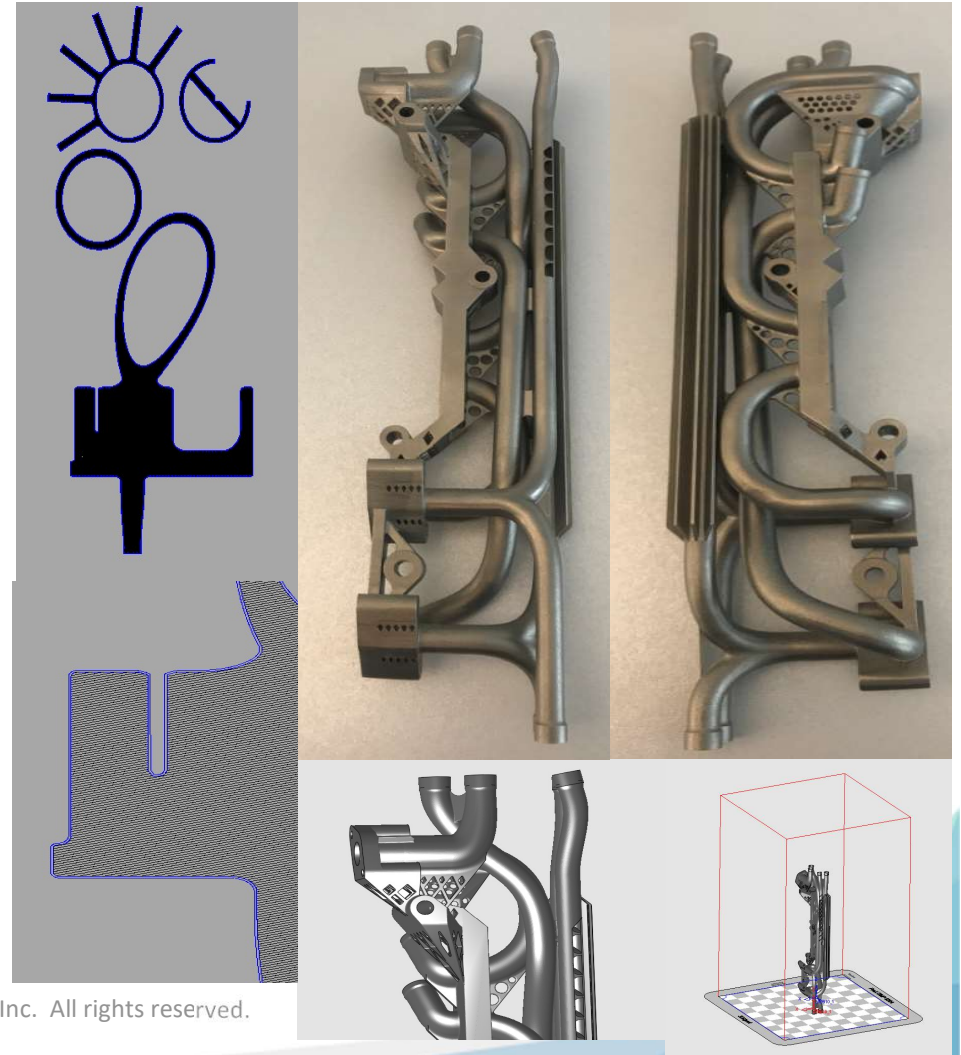


Jumps LASER entre vecteurs, optimisés pour une productivité maximum



Etude de cas réel

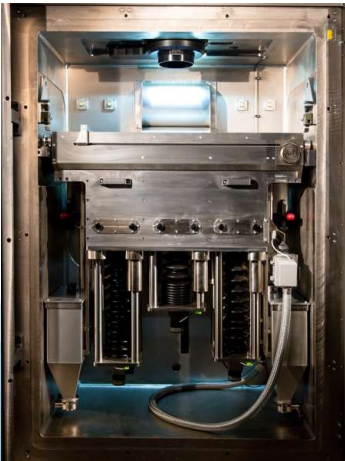
8600hr/an/machine	DMP 320 Ti 60µm	DMP 320 Ti 90µm	EOS M290 Ti 60µm	ConceptLaserM2 Ti 40µm
Prépa Machine	0,5H	0,5H	1H	1H
Inertage	0,2H	0,20H	1H	1,5H
Déposition poudre	5H	3H	13,5H	17H
Temps lasage	6,5H	3,5H	6,5H	10,5H
Temps total de construction 1 pièce par job	12,7H	7,2	22H	30H
Production annuelle - capacité pour 1 machine	705 pièces par an	1200 pièces par an	390 pièces par an	285 pièces par an



©2017 by 3D systems, Inc. All rights reserved.

Productivité avec déchargement rapide/facile et préparation machine

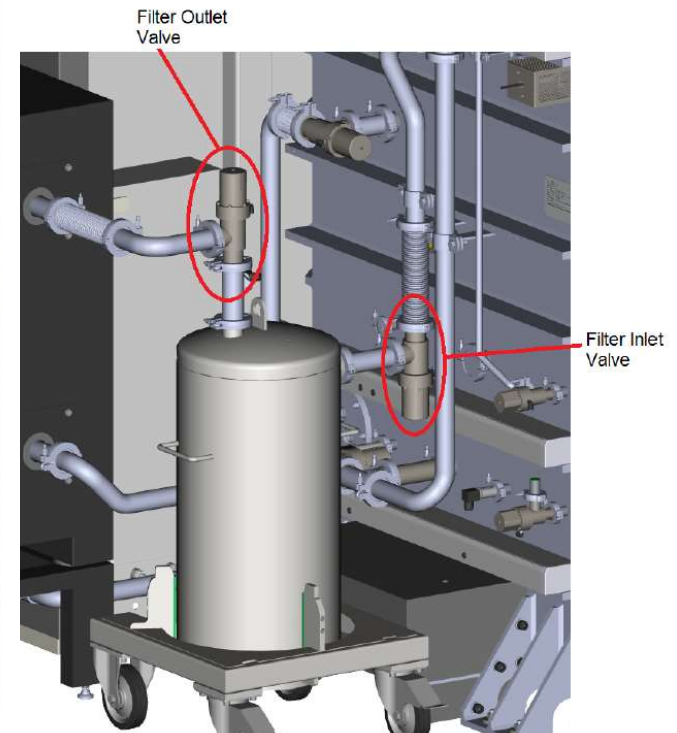
- TAT rapide (Turn Around time) : 30min – 2h entre jobs (dépendant de la quantité de poudre à tamiser)
- Angles rayonnés facilitant le nettoyage
- Machine peut embarquer jusqu'à deux fois la quantité du bac de construction (275x275x420):
 - Peut construire facilement sur l'ensemble de l'axe Z (420mm)
 - Ne nécessite pas de tamiser la poudre à chaque job selon la construction en Z
- Possibilité de sortir complètement le module de fab (durée 5min)
 - Nettoyage facile
 - Accès facilité pour maintenances
 - Swap rapide de module pour réduire le TAT
 - Changement de poudre facilité sans risque de contamination



erved.

Long lasting and safe fume/process filter

- Fire safe with automatic closing valves
- 18m² of filter surface offer a lifetime of
 - 2.000DMP.hours/90days/
3months
- Powerful volumetric blower pump for constant argon flow characteristics during the complete filter lifetime
- 15min for filter change process
- Automatic pressure drop log at each job and in the maintenance log
- Safe disposal



18/10/2018

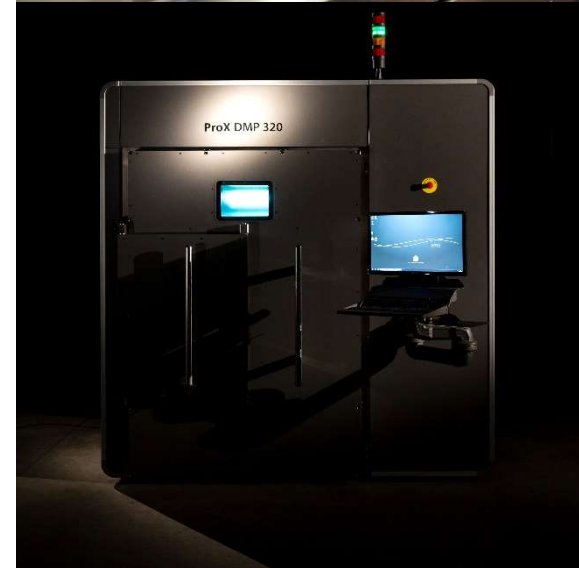
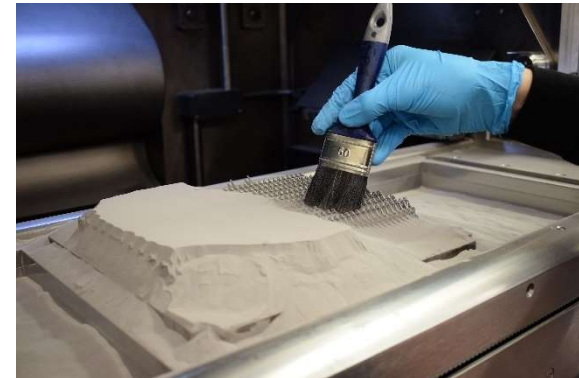
©2017 by 3D systems, Inc. All rights reserved.



ProX DMP 320 technology

Efficient system for low TCO

	DMP 320	EOS 290	Concept M2
Argon consumption for inerting (2 euros/m ³)	3,5m ³	5m ³	7m ³
Argon consumption during the process (2 euros/m ³)	0,00m ³ /h	0,6m ³ /h	0,8m ³ /h
Oil free/dry Compressed air consumption (Production cost of around 0,05 euros/m ³)	1,5m ³ /h	Up to 20m ³ /h	Up to 20m ³ /h

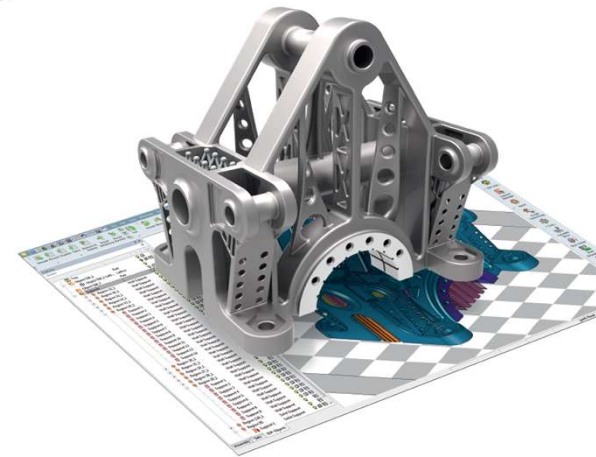


18/10/2018

©2017 by 3D systems, Inc. All rights reserved.

3DXpert Software

- Dedicated to the 320 for Metal Additive Manufacturing
- A to Z/All-in-One
- Machine/DMP320 = read only
- Advanced analysis (residual stress, lowest areas, deviation)
- Automation of the process (support, technology assignment)
- .stl obsolescence to avoid resolution problems and slicing hatching mistake
- Advanced lattice structure (not based on .stl replication)
- 3D zoning for higher productivity
- Virtual volumes options offer higher productivity and improved building quality



DMP Factory 500 Solution

BUILT ON PROVEN CORE DMP ARCHITECTURE AND TECHNOLOGY



ProX DMP 320

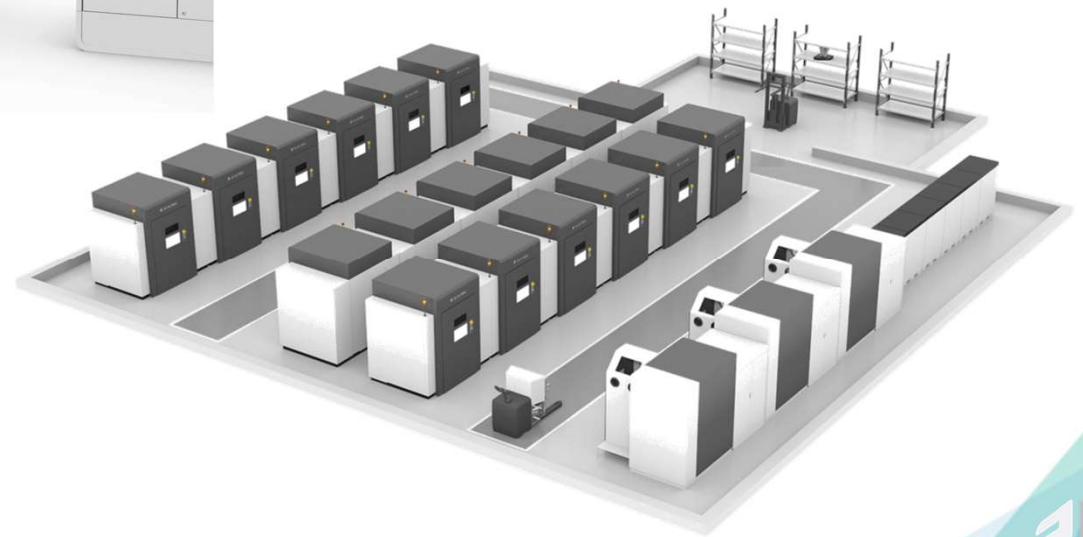


DMP Factory 500 Solution

Preliminary and confidential



DMP Factory 500 – Un Concept Modulaire



Questionnement d'origine

- Pourquoi disposer d'une machine d'impression 3D au sein de l'IN2P3 ?
- Pourquoi une machine 3DSystems ?
 - Robustesse (idiot-proof/monkey-proof), vide, durée de vie poudre, rendement poudre, provisions d'interfaces (ports KF, plaques), paramétrie ouverte, flux laminaire, basse conso argon, durée de vie du filtre, maintenance allégée
- Des exemples de pièce à forte valeur ajoutée → vu
- Quels sont les matériaux qu'on peut envisager avec confiance et en standard ?
 - Titane Ti64, AISI10, AS7G06, 17.4PH, NI625/718, ...Hastalloy-X → [site web 3DSystems.com](http://site.web.3dsystems.com)
- Quelles sont les différences métallurgiques avec une approche traditionnelle par usinage ?
 - Au moins aussi bien que la fonderie
- Quelles sont les caractéristiques des matériaux ? les informations utiles aux BE, pour faciliter la conception, la simulation et tenir compte du mode de fabrication?
 - Essayer, se tromper, réessayer et se tromper mieux
- L'hygiène et la sécurité : ce qu'il faut anticiper pour accueillir une machine...
 - Protections EPI classiques pour travailler en environnement poudre (masque FFP3, lunettes, chaussures de sécurité anti-statiques...)
- Quels sont les points à respecter pour une bonne conception ?
- Quels sont les post-traitements nécessaires à un bon résultat ?
 - Redéfinition des TTh en cours dans le monde de la FA
- A qui peut-on s'adresser si on veut faire fabriquer une pièce ? quelles sont les conditions d'accès à ce sous-traitant ?
 - Mon confrère Fusia ici présent, dont le cœur de métier est de faire des pièces, faire tourner ses machines!
- Quelques exemples de réalisations... aussi pour des pièces en matériaux atypiques comme le tungstène ou le cuivre et leurs alliages, voire autres.
- Une bibliographie ?





Remerciements de votre attention et votre invitation



©2017 by 3D Systems, Inc. All rights reserved.