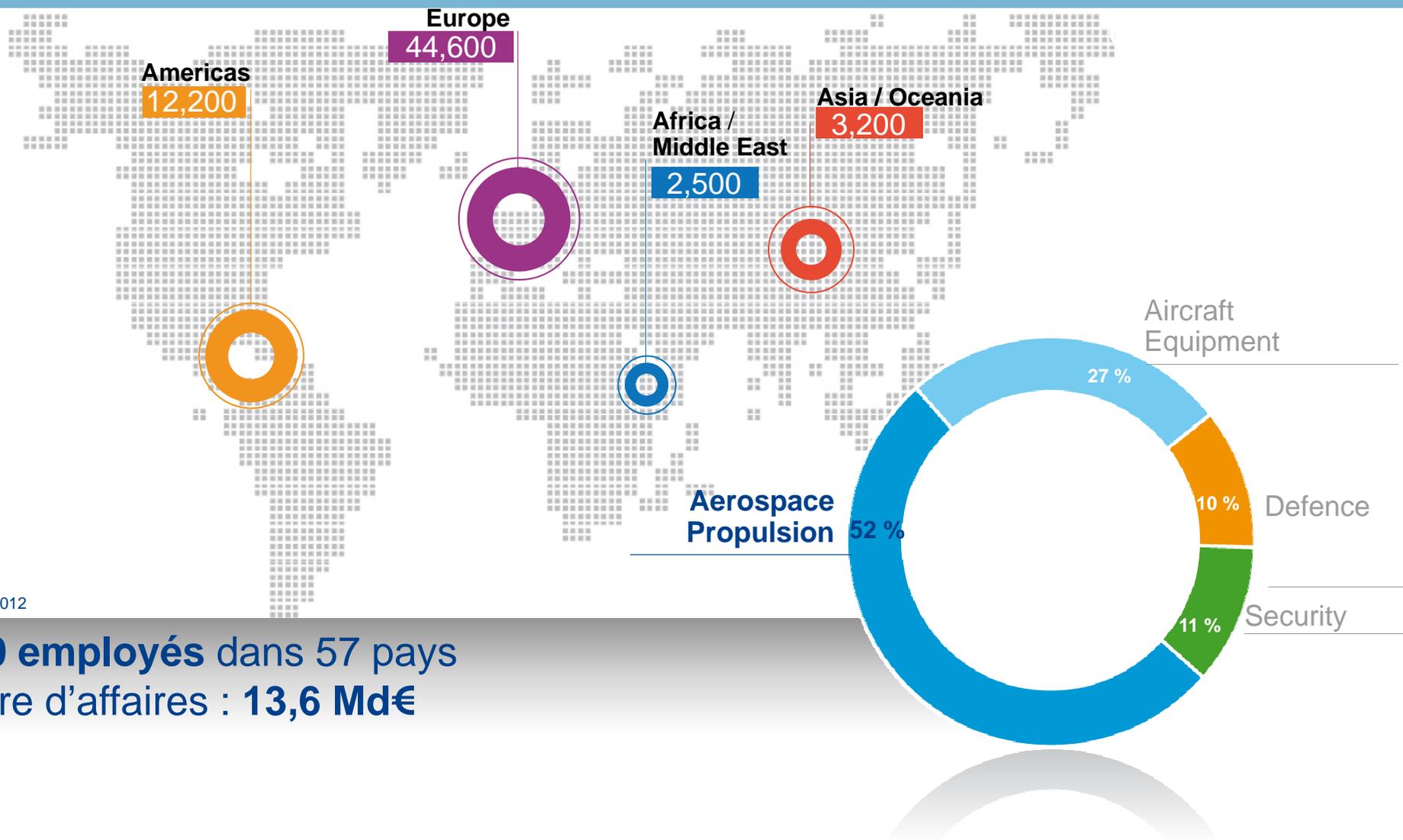


LA FABRICATION ADDITIVE: ENJEUX ET ATTENTES POUR SNECMA – DIVISION DES MOTEURS SPATIAUX

SAFRAN EN BREF

UN GROUPE INTERNATIONAL DE HAUTE TECHNOLOGIE



As of December 31, 2012

62,500 employés dans 57 pays
Chiffre d'affaires : **13,6 Md€**

PROPULSION SNECMA : DE 9 GRAMMES À 135 TONNES



Satellites
PPS® 1350
90 mN



Ariane 5
HM7B
64,8 kN



Ariane 5
Vinci
180kN



Ariane 5
Vulcain® 2
1340 kN (étage principal)

(1) PowerJet (50-50 Snecma/NPO Saturn)
(2) CFM International (50-50 Snecma/GE)
(3) EPI (ITP, MTU, Rolls-Royce, Snecma)
(4) En coopération avec GE



Alpha Jet
Larzac®
14kN



Mirage F1
Atar
49kN



Rafale
M88
75kN



Mirage 2000
M53
95kN



A400M
TP400 (3)
11 000 ch



Citation Longitude
Silvercrest®1D
9 500 à
12 000 lb



Falcon 5X
Silvercrest®1D
9 500 à
12 000 lb



SSJ100
SaM146(1)
13 500 à
17 800 lb



737
CFM56-7B(2)
19 500 à
27 300 lb



A320
CFM56-5B(2)
21 600 à
33 000 lb



A320neo
LEAP-1A(2)
21 500 à
33 000 lb



737MAX
LEAP-1B(2)
21 500 à
28 000 lb



C919
LEAP-1C(2)
21 500 à
30 000 lb



A340
CFM56-5C(2)
31 200 à
34 000 lb



747
CF6(4)
52 500 à
72 000 lb



A380
GP7200(4)
70 000 à
85 100 lb



777
GE90(4)
93 700 à
115 300 lb

/01/

DIVISION DES MOTEURS SPATIAUX



NOTRE METIER

**Concevoir, développer, produire, essayer,
vendre des systèmes de propulsion**

- à ergols liquides pour lanceurs Ariane
- à plasma stationnaire pour satellites

... et réaliser le support de nos clients



NOS CLIENTS

Propulsion liquide pour Lanceurs

- EADS Astrium : Production et développements Ariane 5
- ESA (Agence Spatiale Européenne) :
 - Soutien à la production : programme ARTA
 - Préparation des lanceurs futurs
- CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) : RetT, démonstrateurs



Propulsion électrique pour satellites

- ESA : activités R&D
- CNES : activités R&D
- Thales Alenia Space, Astrium, OHB : développement et fourniture de propulseurs ou d'ensembles propulsifs plasmiques



SNECMA FÉDÈRE LA PROPULSION CRYOTECHNIQUE

en Europe



Avio
Turbopompe oxygène
UTC Aerospace systems
Boîtier électro-vannes



MT Aerospace
Cardan, protection thermique
Astrium
Chambre de combustion



APP
Démarrateur, allumeurs



Moog
Supports



Snecma (Safran)

Système moteur, Générateur de gaz, Turbopompe hydrogène, échappements, vannes générateur

Herakles (Safran)

Capteurs



GKN Aerospace Sweden

Turbine oxygène, Turbine hydrogène, Divergent



Techspace Aero (Safran)

Vannes de purge, Vanne gaz chauds, Vannes chambre



Meggitt Sensing Systems

Capteurs



Meggitt

Lignes flexibles



SNECMA - SITE DE VERNON



Personnel : 1 100

131 hectares

Ingénieurs et cadres	38 %
Maîtrise	2 %
Techniciens	42 %
Ouvriers	11 %
Employés	7 %

1° établissement industriel du bassin de Vernon
3° sur le département de l'Eure



Kourou

PLUS DE 200 MOTEURS CRYOTECHNIQUES EN VOL

Etage Principal

Etage Supérieur

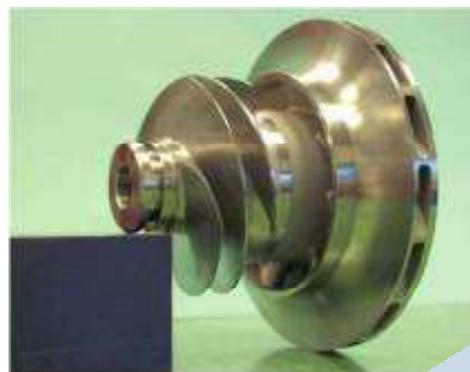


Moteur	Vulcain®	Vulcain®2	HM7B	Vinci®
Poussée	1 150 kN	1 350 kN	64, 8 kN	180 kN
Isp	431 s	434 s	445, 6 s	464 s
Cycle	Générateur de gaz	Générateur de gaz	Générateur de gaz	Expander
Chamber Pressure	110 bar	115 bar	36, 6 bar	60 bar
Production (31/12/13)	46 moteurs	65 moteurs	~300 moteurs	5 moteurs
Moteurs en vol	25 moteurs	47 moteurs	187 moteurs	

/02/

LA FABRICATION ADDITIVE

TECHNOLOGIE FILIERE POUDRE à SNECMA DMS



Rouets Vinci MDP
TA6V ELI PQ

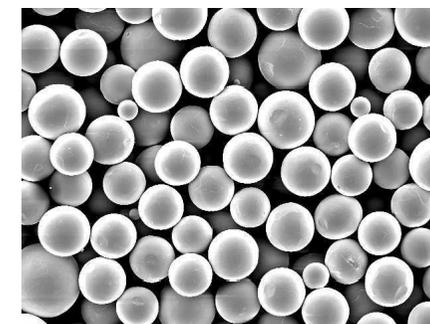
● Powder
Metallurgy

● Vacuum
Plasma Spray

● Direct
Manufacturing



Collecteur LSPH Vinci
Inconel 718



AVANTAGES DE LA FA POUR SNECMA DMS

- Procédé bien adapté à nos petites cadences
- Procédé bien adapté à la taille des pièces de moteurs fusées et plasmiques
- Cycle production court : 8 semaines entre définition et 1^{ère} pièce livrée
- Permet des conceptions optimisées: monobloc, renforts locaux dans les zones chargées
- Gains de masse et coût important: -50%
- Caractéristiques mécaniques statiques proches de celles du forgé, bien supérieures à celles de la fonderie
- Adaptée à nos matériaux: Inco718, Inco625, TA6V, 316L, AS10G

AVANTAGES DE LA FA POUR SNECMA DMS

Réduire les
coûts RC/NRC &
les cycles

Gagner en
performance
produit: masse
robustesse, fiabilité

Réaliser des kits
par fourniture
moteur

Simplifier le
processus de
production

COLLECTEUR LSPH VINCI

Enjeux

- Réduction des cycles – Réduction des coûts – Réduction de masse

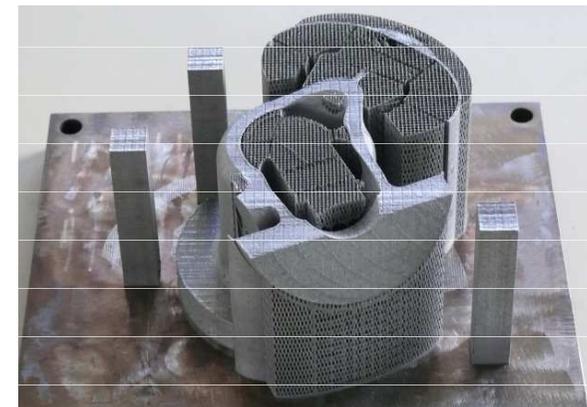
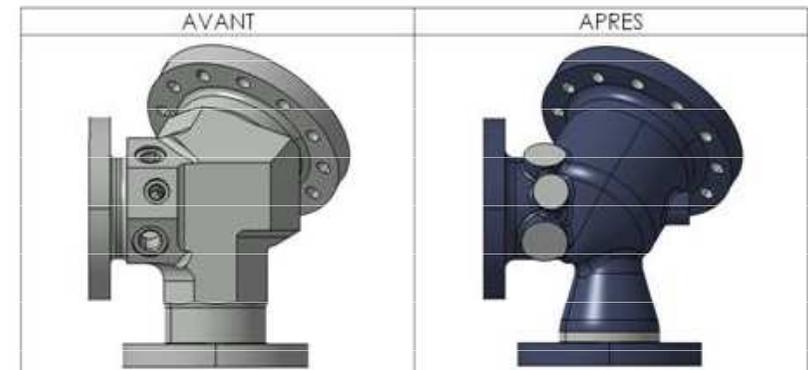
Objectifs

- Re-design de la pièce
 - Gain en masse
 - Rassemblement de fonctions (filtre)
- Gain en coût
- Testé en vibration et à feu sur banc d'essai

Résultats :

- Essai OK

- Procédé : LBM
- Matériau : Inconel 718
- Société : MBProto
- Machine : Realizer



ANALYSE

Analyse 1^{ère} pièce

- Structure orientée
- Défauts liés à la stratégie de lasage
- Particules infondues en surface

Essais mécaniques

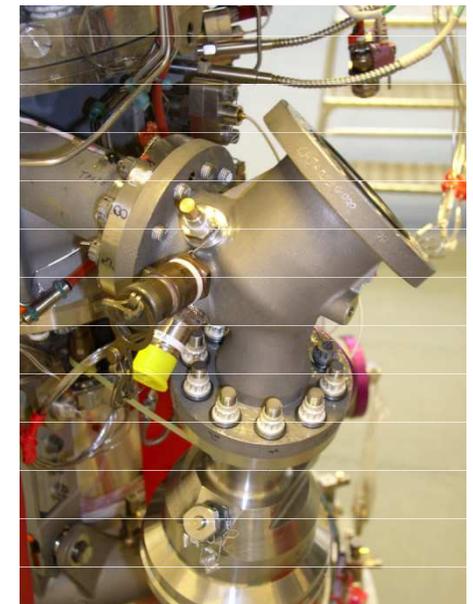
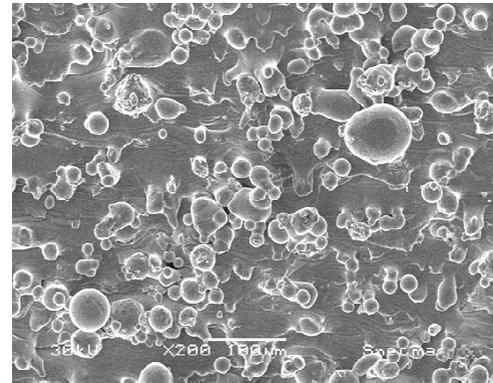
- Propriétés proches du forgé
- Très supérieures à la fonderie
- $R_e > 1200\text{MPa}$, $R_m > 1400\text{MPa}$

Contrôles non destructifs

- Visualisation des défauts internes (X-ray, Tomographie)
- Déformé

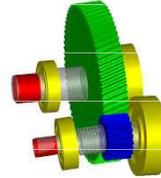
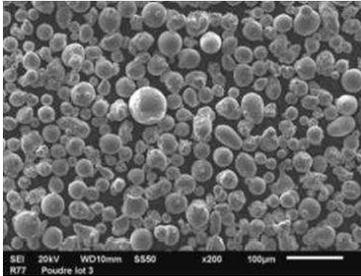
Améliorations

- Supportages améliorés
- Stratégie lasage optimisée
- Dissolution



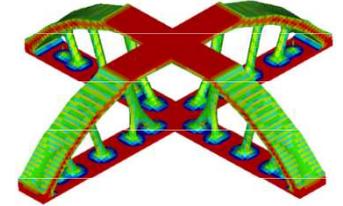
BRIQUES TECHNOLOGIQUES

Poudres / Matière
Nouvelles Nuances
Supply Chain
Qualification



Maitrise du procédé
et simulation

Automatisation/Contrôle in process
Simulation du procédé
Optimisation du moyen



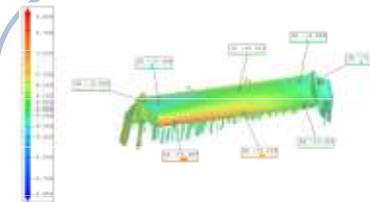
Conception

Optimisation topologique
Design to manufacturing
Design to cost
Intégration de fonctions

Post-fabrication
TTH / Parachèvement

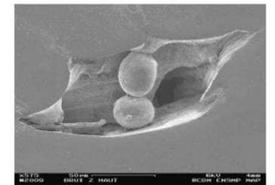
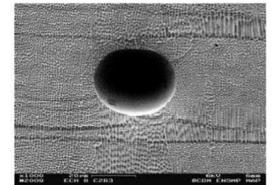


DM part Polished Part Final part



CND

Relation
défaut/à/performances /
CND



CONCEPTION

Etape 1 : Substitution à iso- définition (ex : fonderie)

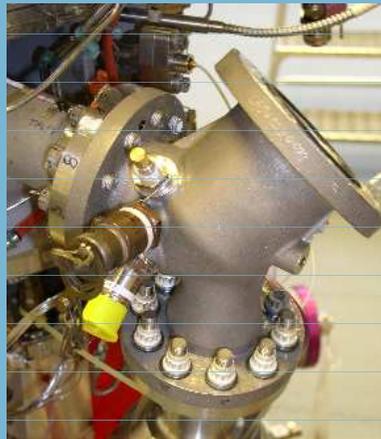
- Iso-design
- Propriétés mécaniques
- Pas d'outillage



Pièce Snecma Aéro

Etape 2 : Redéfinition (simplification gamme et RDC)

- Adaptation des formes
- Intégration de fonctions
- Multi-métiers



Collecteur LSPH Vinci
Realizer SLM 250 – Inconel 718

Etape 3 : Conception spécifique (masse, coûts, rupture techno)

- Optimisation topologique
- Optimisation fonctionnelle
- Nouveaux matériaux



Pièce hors périmètre SAFRAN

MAÎTRISE DES PROCÉDÉS

SSE



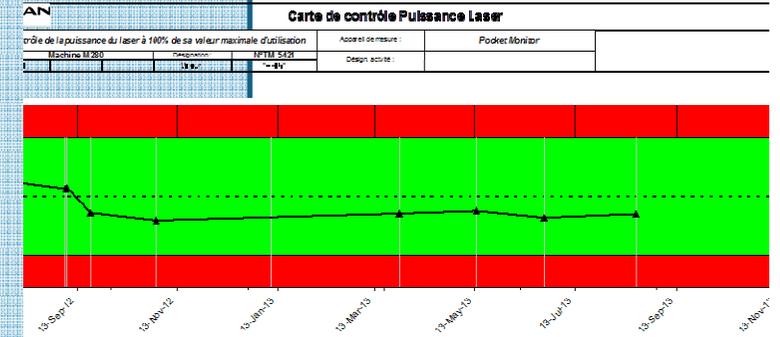
Qualification des procédés

- Maîtrise du procédé (Procédure Safran): Qualif. machines et opérateurs, Maintenance & surveillance des installations

Maitrise des procédés

Maitrise de la matière première (poudre)

Validation couple procédé / pièce



POST-FABRICATION



Finition de surface

Etat de surface dégradé par rapport aux voies conventionnelles

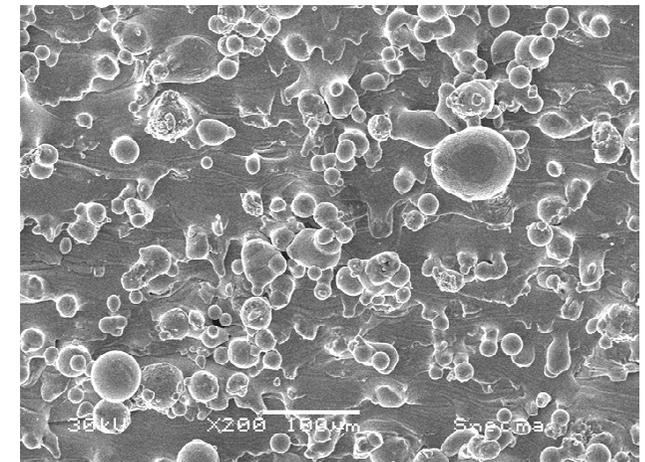
- Ra entre 5 et 15 : profil aérodynamique
- Intégrité matière (risque particulaire)



Pièce LBM



Pièce CSIRO en EBM



CONCLUSION

Etat des lieux :

- Nombreuses pièces réalisées en FA dont certaines testées à feu avec succès.
- Aspects conception et utilisation du potentiel de la technologie sont encore à développer.
- Certaines nuances d'alliages restent à développer et à caractériser totalement.

Réalisations actuelles :

- Collecteur LSPH Vinci monté sur le moteur M5 actuellement en campagne d'essais à feu,
- Rouet centrifuge de pompe testé en essai de survitesse

Perspectives et développements à venir :

- Poursuite des développements pour introduction sur matériels de production



Rouet Aluminium