



ANF CNRS 2018 : Ecole de mécanique de l'IN2P3
« Impression 3D METAL »



SDTM
Julien BONIS (bonis@lal.in2p3.fr)

Nouvelles méthodes de conception

Bureau d'étude et Conception pour la fabrication additive

- Objectifs et méthodes de conception
- Des outils logiciels
- Une différence fondamentale
- De nouveaux défis
- S'organiser

Objectifs et méthodes : Pourquoi choisir l'i3D ?

- **Liberté de conception.**
Pièces impossibles à fabriquer autrement; simplification d'assemblage; Intégration de nouvelles fonctionnalités.
- **Meilleures performances.**
- masse; + rigidité; - d'inertie thermique
- **Personnalisation possible.**
Dentaire, Cooling block (Arich), re-fabrication d'une pièce ancienne....

Mais

- Actuellement inadaptée à la grande série.
- Contraintes techniques liées au procédé.
Dimensions maximales; Support (SLM) ; Etat de surface; Contraintes résiduelles....
- Choix limité de matériaux.
- Coût de fabrication. Liée à la durée de fabrication, donc à la quantité de matière imprimée.

Objectifs et méthodes : Principes de conception

- Mettre de la matière uniquement là où elle est nécessaire. *Performances, coût.*
- Supprimer les assemblages. *Diminuer le nombre de pièces; nouvelles fonctions.*
- Minimiser, supprimer le support (procédé SLM). *Faciliter la libération de la pièce; faisabilité de fabrication; coût.*
- Limiter les contraintes et déformations résiduelles. *Meilleures tolérances; Limiter le risques d'échec.*
- Prendre en compte les reprises. *Limiter le risque de casse lors de reprise.*
- Prendre en compte le dépoudrage.

Objectifs et méthodes : Actions de conception

- Mettre de la matière uniquement là où elle est nécessaire.
Analyse de structure; Optimisation topologique; Géométrie organique.
- Supprimer les assemblages.
Géométrie complexe.
- Minimiser, supprimer le support.
Préparation de l'impression.
- Limiter les contraintes et déformations résiduelles.
Analyse de processus, Préparation de l'impression (ex. ajout support thermique).
- Prendre en compte les reprises.
CAO
- Prendre en compte le dépoudrage.

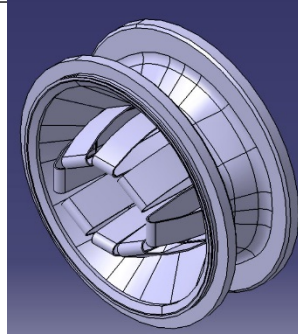
Objectifs et méthodes : Objectifs « externes »

Objectifs liés à la physiques et aux technologies connexes.

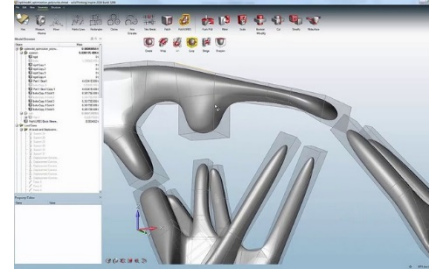
- Maximiser les surfaces de détection
- Minimiser les zones mortes d'un détecteurs selon trajets des particules
- Minimisé l'interaction matière_particules
- Electromagnétisme.
- Vide, pression (constituer une enceinte).
- UltraVide (minimiser les surfaces).

Des outils logiciels

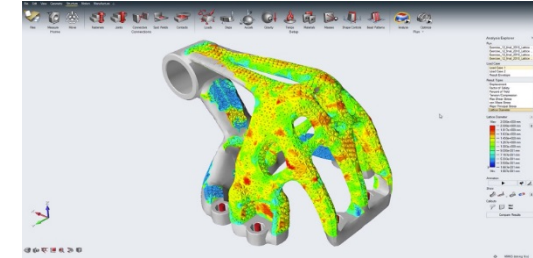
- CAO conventionnelle.
- CAO surfacique : forme gauche
- CAO issue du design : géométrie « organique », polynurbs.
- Génération de Lattice
- Méthode des éléments finis : Analyse de structure.
- Méthode des éléments finis : Optimisation topologique.
- Méthode des éléments finis : Simulation de processus.
- Logiciels préparation d'impression.



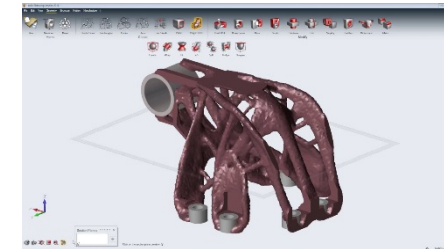
DS CATIA (D. Le Guidec; LAL)



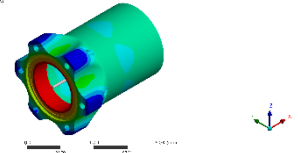
Altair Hyperwork



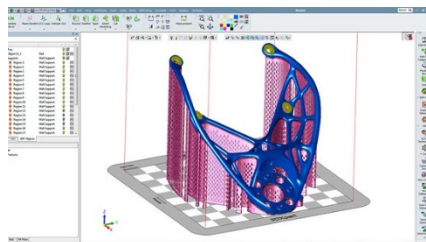
Altair Hyperwork



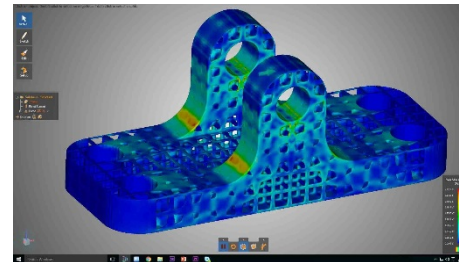
Inspire Altair



Ansys Mechanical



3DXpert 3D Systems



Ansys 3DSIM

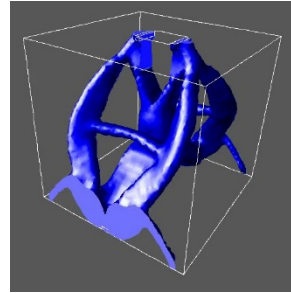
Des outils logiciels : Développements en cours

- Reconstruction automatique de surface pour les géométries issue OT.

- Optimisation topologique lignes de niveau.

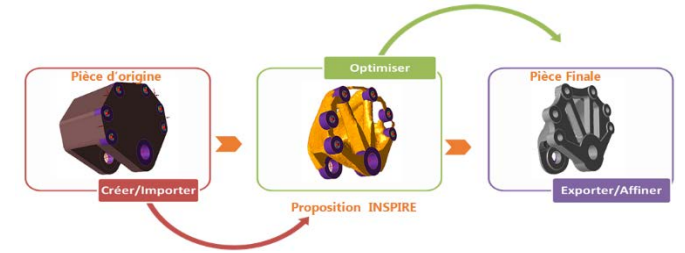
Exemple : Logiciel ESI

Projet Rodin (Collaboration Ecole Polytechnique, UPMC, Renault, Airbus, Safran et ESI).



G. Allaire

Groupe d'optimisation de forme du CMAP
(Centre de Mathématique Appliquées)
Ecole Polytechnique



- Design génératif, machine learning

On donne à l'ordinateur des contraintes et des objectifs.

Exemple : Autodesk avec Airbus



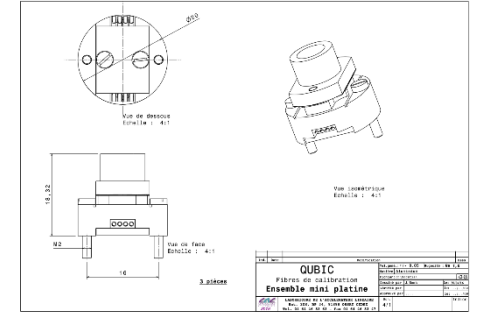
Paroi Airbus A320 optimisée par design génératif
Autodesk

Une différence fondamentale : La représentation humaine

Conception conventionnel > **Plan**



Représentation humaine complète et juste de la pièce



Conception I3D > Un **fichier numérique 3D**, Géométrie complexe



Extraction d'images 2D par un logiciel = *Interprétation et simplification de l'information.*



Représentation humaine approchée et partielle



Thales Alenia Space

Des défis : Interprétation humaine

Résultat d'une optimisation numérique > **Fichier nuage de facettes. Inexploitable tel quel.**



Interprétation humaine

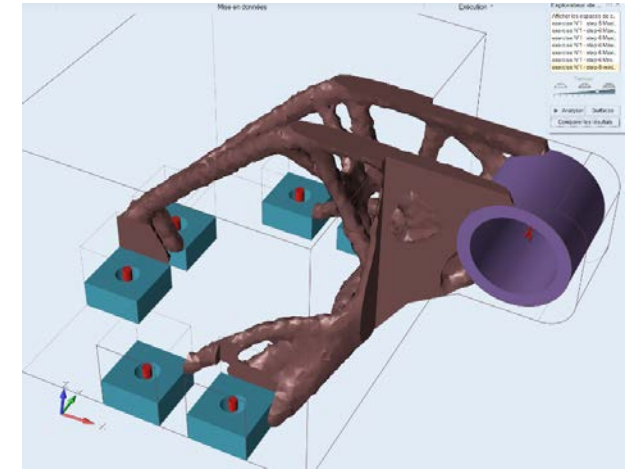


Reconstruction géométrique d'une CAO > **Fichier numérique, géométrie complexe**

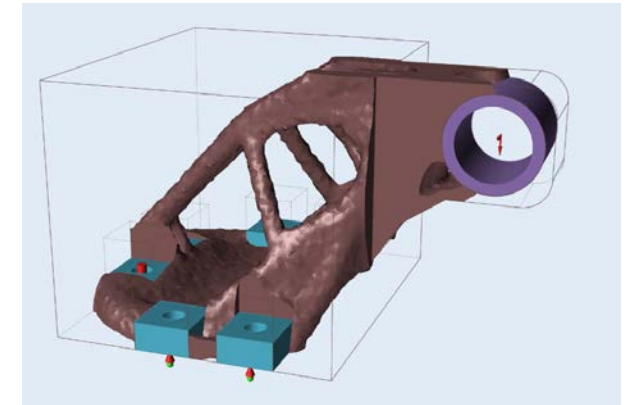
Représentation humaine délicate



Dépouillement des résultats d'optimisation problématique



Laquelle est la meilleure ?



Une différence fondamentale : Codage de l'information

Un problème d'actualité.

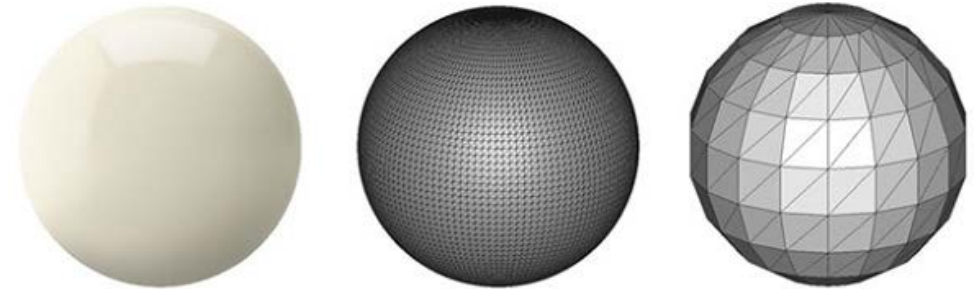
Une multitude de paramètres à transmettre dans les données imprimables.

Paramètres fonctionnels : Géométrie, caractéristique physiques...

Paramètres non fonctionnels : Réglages (Épaisseur des couches, énergie et stratégie de lasage...), type procédé, orientation ...

Le STL (3D Systems) n'est pas satisfaisant.

Éliminer processus de polygonisation :
 CSG, CSG régularisées, NDCODE, approche polynomiale....



Des défis : La Qualité

- **Conformité géométrique des pièces fabriquées.**

Difficulté à décrire une géométrie. → Géométrie fabriquée / Géométrie conçue ?

- **Maîtrise du processus, conformité des propriétés matériau**

Si appel à sous-traitance → L'information n'est pas toujours accessible.
Confidentialité de certains paramètres et de savoir faire.

- **Quelles informations enregistrer ?** Sous quel Formats ?

- **Gestion des enregistrements.**

Emergence de nouveau format, amélioration machine et procédé...



Obsolescence des fichiers numérique archivés.

S'organiser.

Il n'existe pas UNE unique bonne méthode de conception de pièce en fabrication additive mais de multiple.

Mais il faut rassembler et acquérir :

- Compétences
- Expérience
- Savoir faire (Habilité à résoudre).
- Veille technologique
- Réseau : Partenaires, sous-traitant...
- Budget



Une équipe

*Chaine numérique où chaque maillons est indispensable.
Itérations, interdépendance entre différents spécialités.*

S'organiser.

Une équipe ?

- Des objectifs communs : coopératif.
- Travail collaboratif (travail qui n'est plus fondé sur l'organisation hiérarchisée).
- Interactif : Travail dans unité de temps et d'espace



- Les membres de l'équipe se connaissent.
- Chaque membre a un rôle et des tâches définis
- Les membres sont interdépendants.
- Lieu de travail commun.

Exemple : Dans le spatial, le co-engeniering.



Apollo 13

S'organiser

Dans nos BE.

- Organisation matricielle (services et groupes projet)
- Organisation mixte (Projets et services).
- Fonctionnement hiérarchique
- Intervention séquentielles des acteurs.

De plus

- Toutes les compétences ne sont pas toujours présentes.
- L'i3D n'est pas une activité très régulière dans la plupart des BE.
- La pression de l'urgence des projets en cours / la prospective.

S'organiser : Structurer et organiser l'acquisition et le fonctionnement de ces nouvelles compétences

Une équipe conception i3D.

- Des missions et objectifs claires.
- Ressources humaine.
- Formation des personnels.
- Budget.
- Infrastructure.



Une certaine indépendance managériale.

Fonctionnement propre

Travail dans unité de temps et de lieu

Protection de l'activité R&D

S'organiser

- Table ronde