Tech Hour
Mousses métalliques par voie de fonderie et structures lattices

29/11/16

UNION EUROPÉENNE
Ce projet est cofinancé par le Fonds européen de développement régional
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Opération soutenue par l'État
FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE
RÉGION NORMANDIE

Organisateurs Tech Hour mousses metalliques

Normandie AeroEspace, la filière d'excellence en Normandie dans l'aéronautique, le spatial, la défense et la sécurité.

ASTech Paris Region, pôle de compétitivité dans le domaine de l'aéronautique, de l'espace et des systèmes embarqués

UNION EUROPÉENNE
Ce projet est cofinancé par le Fonds européen de développement régional
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Opération soutenue par l'État
FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE
RÉGION NORMANDIE

FORMAT ET DÉROULÉ

Agenda du Tech Hour – 12h30 à 13h30 :

- Introduction
- Présentation de la technologie et de ses avancées
- Présentations d'applications

Format et règles de fonctionnement :

- Le Tech Hour se déroule exclusivement via l'outil de web-conférence Webex
- Les **micros seront coupés** pendant la présentation (environ 40 min)
- **Il n'y a pas de nécessité de connecter sa webcam**
- Nous vous conseillons d'utiliser **un casque audio**.
- Pendant la présentation, vous pouvez poser vos questions par « chat » à l'attention de Samuel Cutullic
- A l'issue de la présentation, vous questions seront posées aux intervenants

Et après :

- En fonction des intérêts un **atelier / séminaire** pourra être organisé pour aller plus loin sur cette nouvelle technologie / process

UNION EUROPÉENNE
Ce projet est cofinancé par le Fonds européen de développement régional
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
RÉGION NORMANDIE

MOUSSES METALLIQUES

Présentation par le CTIF (Centre Technique des Industries de la Fonderie) des mousses métalliques et plus particulièrement le principe de fabrication, les paramètres intrinsèques d'une mousse métallique, les différents matériaux réalisables, les gains en allègement, échanges thermiques et en absorption d'énergie. La présentation s'appuiera sur l'exemple de la mousse CastFoam® développée par le CTIF. Des exemples de pièces seront montrés. Des logiciels de calcul des structures lattices (dont font partie les mousses métalliques) seront présentés.

Intervenants CTIF :
Yves Gaillard (expert mousse métallique), Camille Ollivier (référente fabrication additive) et Patrick Hairy (pilote ingénierie projet)

Bon Tech Hour

UNION EUROPÉENNE
Ce projet est cofinancé par le Fonds européen de développement régional
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
RÉGION NORMANDIE

MOUSSES METALLIQUES

Questions :

- Le vieillissement des mousses (oxydation, corrosion, évolution des épaisseurs de parois ...) a t-il été étudié ?
  - *Non pas au sein du CTIF*

- On entend parler d'un matériau très innovant mis au point par Boeing : le microlattice. Ultra léger et très résistant. Connaissez-vous ce matériau et qu'en pensez-vous ?
  - *Pas d'avis spécifique ne connaissant pas le matériau*

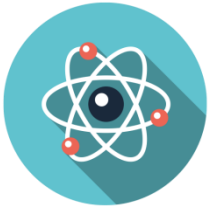
- Quelles solutions avez vous pour enlever le sable flou dans les structures complexes avec maille fine ?
  - *TTH, Lavage, soufflage*

- Comment contrôlez vous la santé métallurgique des pièces ? Les contrôles RX sont ils possibles ?
  - *Tomographie / RX en 3D*

- Est-il envisageable d'utiliser ces structures Lattices dans des structures composites, avez-vous étudié la question ?
  - Oui pour remplir les vides (exemple acier/laiton – caoutchouc – brevet existant sur impression de polymères sur mousses métalliques) mais pas d'information sur le matériaux de la mousse métallique spécifique

- Vous intéressez vous aux propriétés acoustiques (réflexion, absorption, transmission) de vos matériaux (mousses et lattices) ?
  - Il existe des études (publication dans ScienceDirect) mais la performance est très fortement liée à al dimension de la cellule.

Conseil



Laboratoire

Formation

Mousses métalliques par voie de fonderie et structures lattices

Tech HOUR - 29 Nov. 2016

CTIF – www.ctif.com

Patrick Hairy – hairy@ctif.com
Pilote ingénierie projet R&D

Déroulement de la présentation

- **Présentation de CTIF** — Patrick Hairy
- **Les mousses métalliques** — Yves Gaillard
- **Les structures lattices (calcul et dimensionnement)** — Camille Ollivier

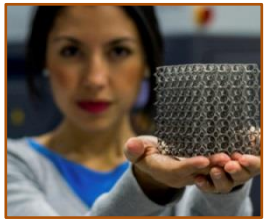
Présentation CTIF

Patrick Hairy
Pilote projets Innovation

- <u>Centre Technique Industriel</u> (Fonderie, matériaux et produits métalliques)
- 90 chercheurs, ingénieurs et techniciens
- 1 service de veille/prospective
- Deux laboratoires (Sèvres et Lyon - 5 000 m²
- 1 centre de calcul (CAO, simulation numérique)
- 1 fonderie expérimentale
- 1 centre de formation

CTIF - à votre service

R&D - Innovation



Métaux et Produits Métalliques

- Alliages et métallurgies
- Mousses et structure lattices issues de fonderie
- Composites à matrice métalliques, …

Mise en œuvre des métaux

- Fonderie
- Fabrication additive
- Recyclage

Open innovation

- Veille industrielle
- Accompagnement R&D et Innovation
- Montage de partenariats institutionnels (FUI, ANR, …) ou privés

Partenariats en
Fabrication additive métallique

3A Applications Additives Avancées

AGS FUSION

Spartacus3D

Les Mousses métalliques

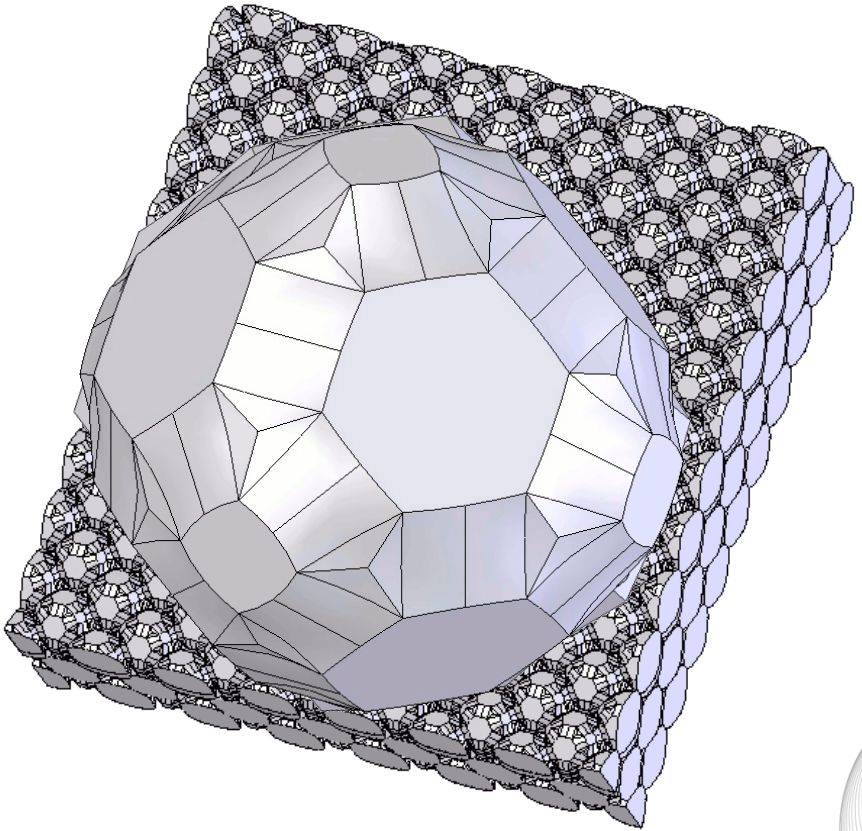
Yves Gaillard

Expert Mousse métallique

Principe de fabrication des mousses CTIF

Mousse CTIF

Structure de Kelvin



Principe de fabrication des mousses CTIF

Noyau en sable réalisé par empilement de strates

↓

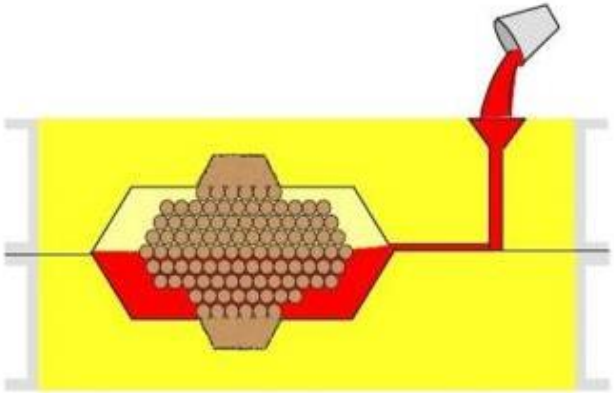
Positionnement du noyau dans le moule (en sable)

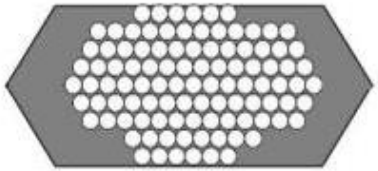
↓

Coulée de la pièce
(temps de remplissage court et surchauffe métal)

↓

Elimination du noyau (débourrage thermique)





Principe de fabrication des mousses CTIF

Pores ouverts et communicants

Diamètre de pore : mini 5 mm, maxi 100 mm …

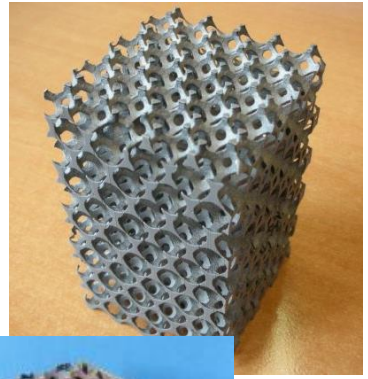
Porosité 85 % (modulable entre 65 % et 90 %)

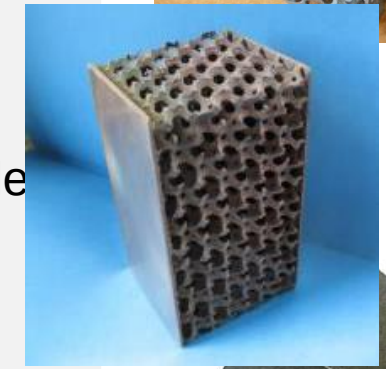
Surface spécifique d'échange : 600 m^2/m^3

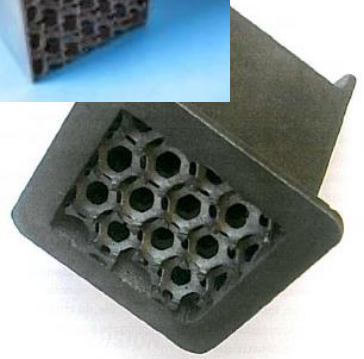
Régularité de distribution des pores : quasi-parfaite et répétable d'une pièce à l'autre

Alliage : Aluminium, acier, cuivre, fonte, magnésium, …

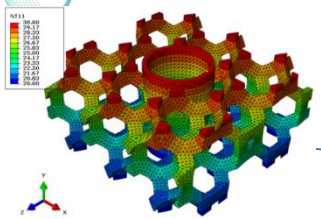
Structure monobloc pouvant comporter sur une même pièce des zones en mousse et des zones pleines traditionnelles







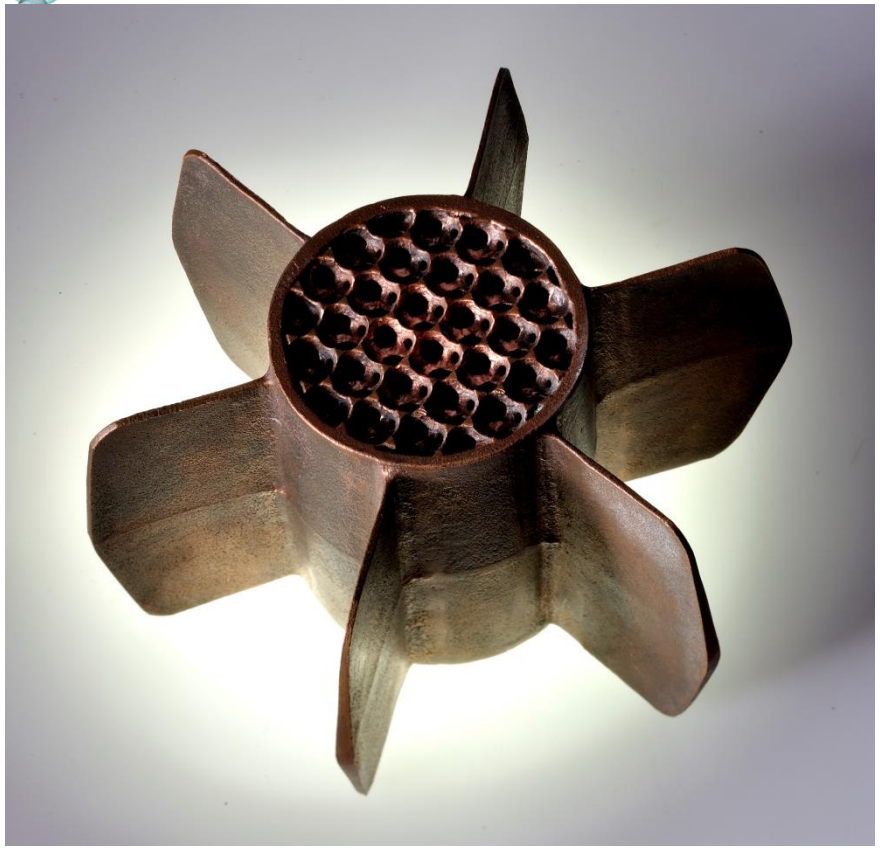
Les applications des mousses métalliques CTIF



- Echanges de chaleur
- Stockage de chaleur
- Absorption d'énergie mécanique
- Amortissement des vibrations
- Allègement de structure
- Catalyse
- Design intérieur ou urbain

Applications en échange thermique

Démonstrateur CTIF



Echange thermique

Alliage cuivreux
Structure interne en mousse de cuivre
Réalisation monobloc

Eclairage - LED

LOUPI
LIGHTING SYSTEMS

LED pour magasins, expositions et évènements, musées (Le Louvre, …)

ALVEOTEC
INNOVATION FONDERIE

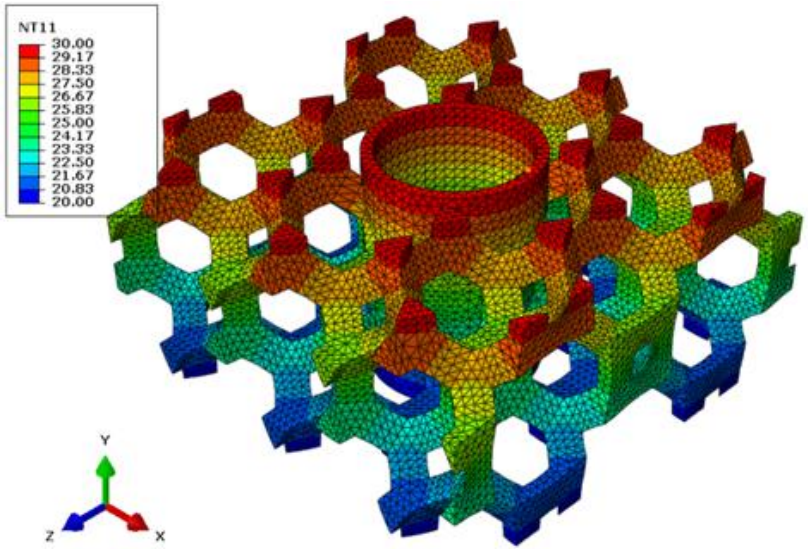
Dissipateur thermique pour LED (40 et 50 W) par convection naturelle. Utilisation intensive.

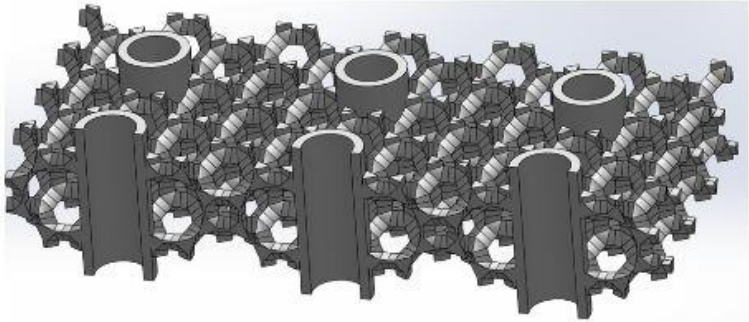
- Encombrement réduit par 3
- Durée de vie LED augmentée
- Evacuation du flux thermique isotrope (quelques soit la direction d’éclairage)

MCP - Stockage de la chaleur

Stockage de la chaleur
stockage de la chaleur pour les énergies renouvelables (MCT - matériau à changement de phase à très faible conductivité thermique)

Augmentation de la conductivité thermique (0,5 → 7 à 13 W/m.K) par une structure en mousse



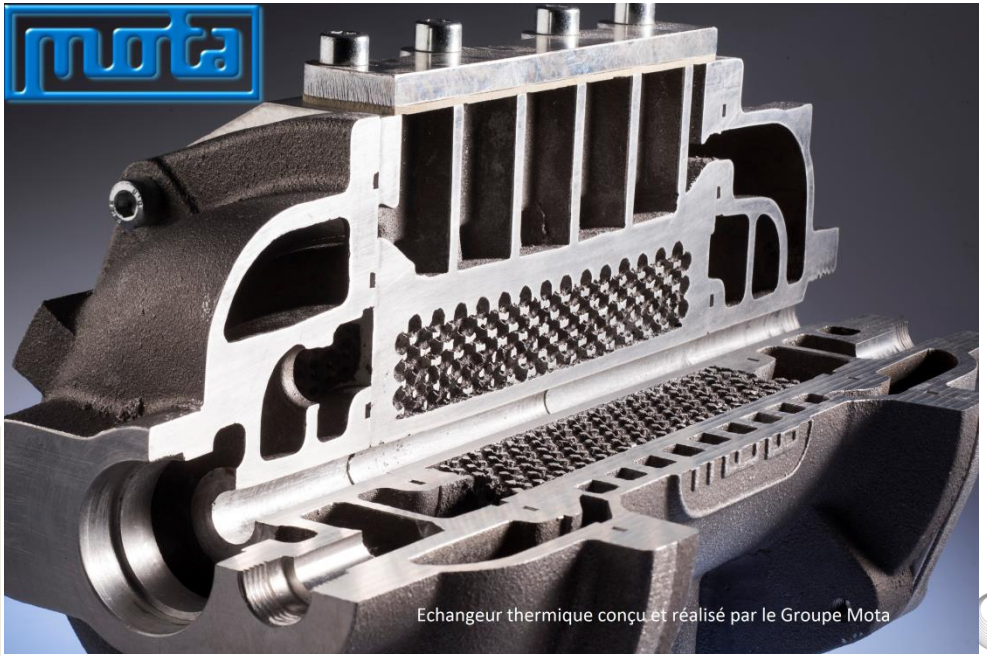


Echangeur d’huile

Echangeur d’huile pour transmission. 2 circuits de fluide : huile /eau glycolée

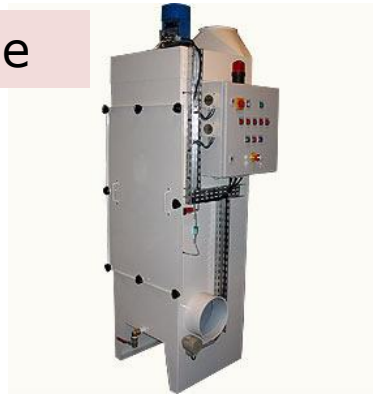
Augmentation de la compacité, des performances, échangeur monobloc

- Transfert du know-how par CTIF à Mota (fonderie intégrée FBA)
- Dimensionnement analytique , calculs CAO CREO 3.0 et CFD, fabrication par Mota (réalisation outillage, mise au point, fabrication)
- Caractérisations thermo-hydrauliques de l’échangeur



Autres applications potentielles

Séparateur air/huile



Réacteur chimique ou colonne de distillation (augmentation de l'efficacité énergétique)

Dissipation de puissance dans les transformateurs électriques

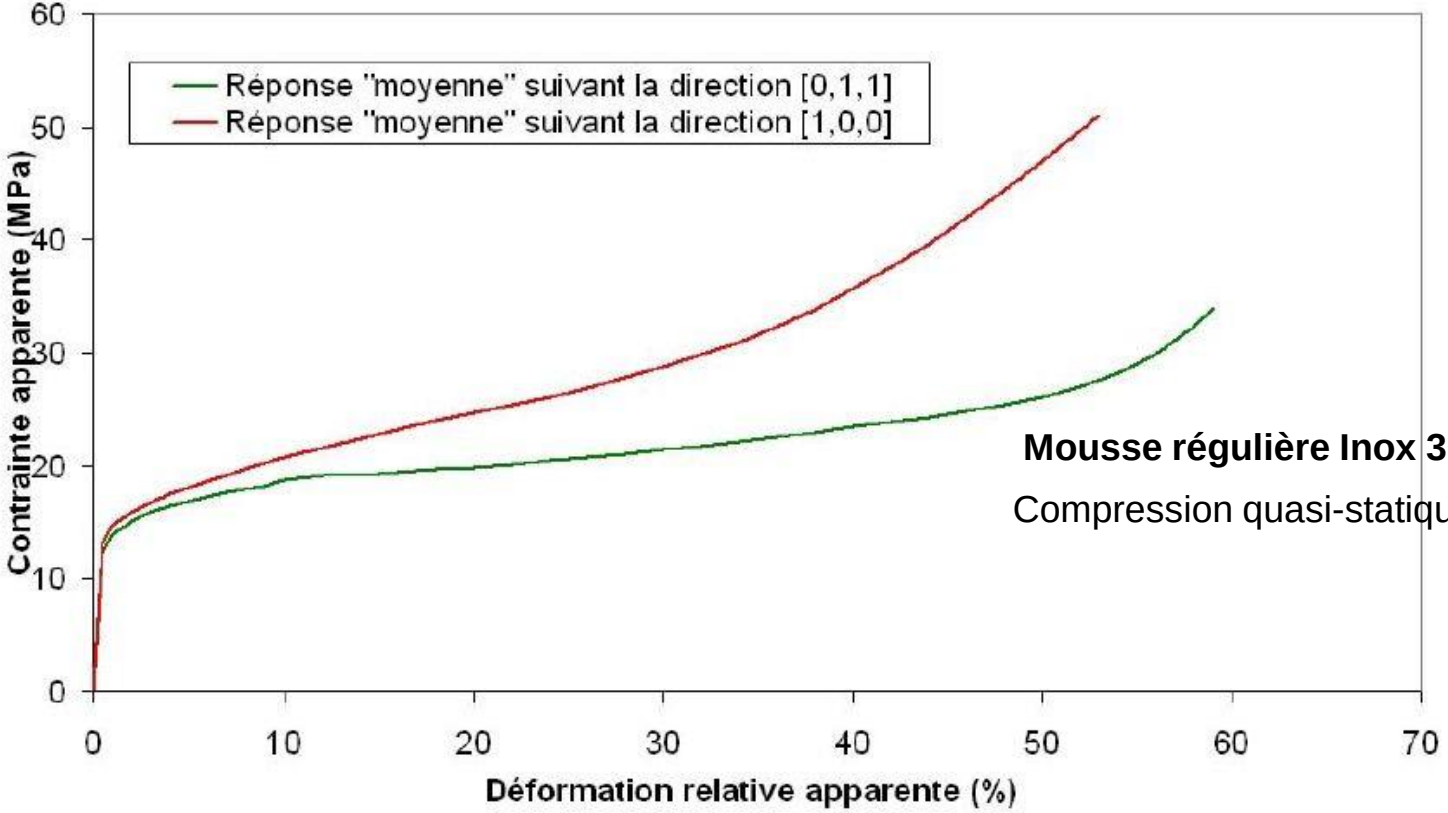
Applications en absorption d’énergie

Crash box - démonstrateur

Crash Box
Pièce avec peau fabriquée en fonderie traditionnelle et noyau intérieur en mousse avec précurseurs liés.

Caractérisation sur banc de crash UTAC

Courbe de compression



Mousse régulière Inox 304 L

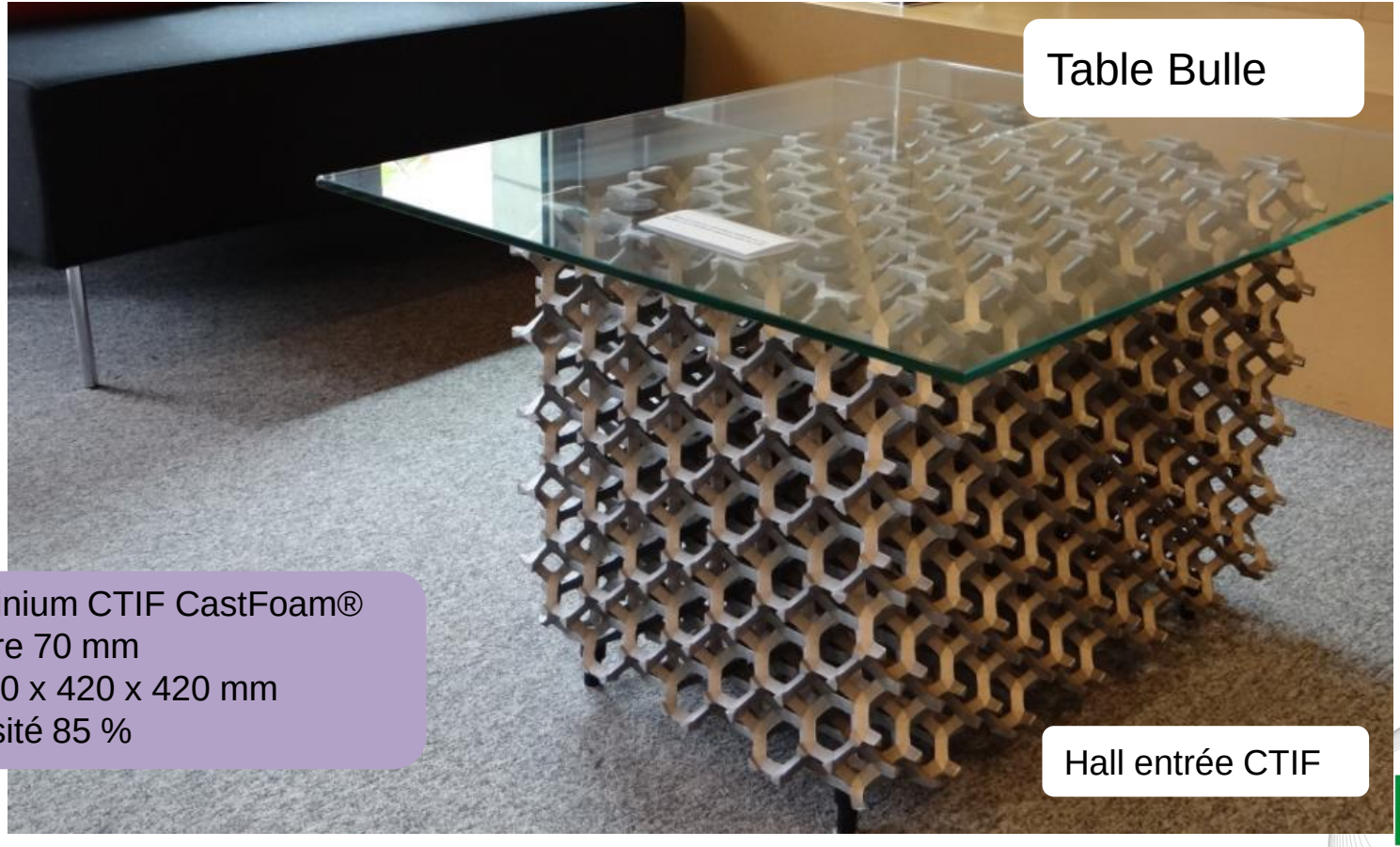
Compression quasi-statique (1 mm/s)

Concept Car – AIRCROSS - Citroen

AirCross – Salon Shanghai avril 2015

Alloy Bump – absorbeur de chocs en bas des portières

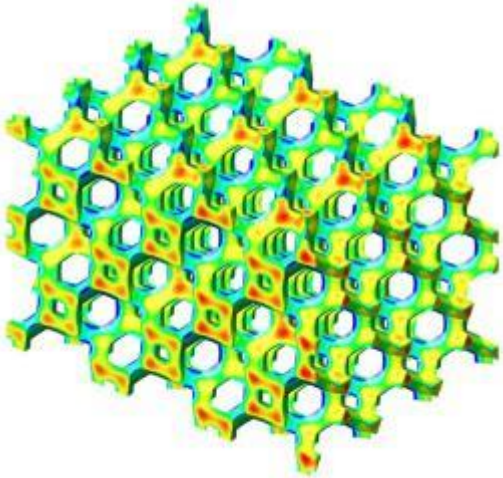
Structure de grande dimension possible



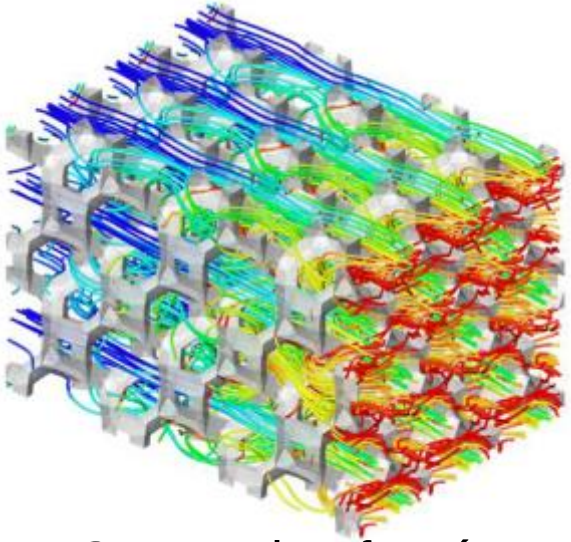
Mousse aluminium CTIF CastFoam®
Pores diamètre 70 mm
Dimension 650 x 420 x 420 mm
Taux de porosité 85 %

Calcul et simulation

Les mousses régulières peuvent faire facilement l'objet de simulation numérique d'échange thermique (convection et conduction)



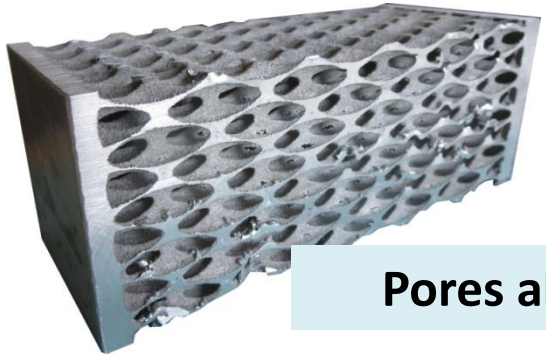
Conduction thermique (Abaqus)



Convection forcée

Evolution de la technologie

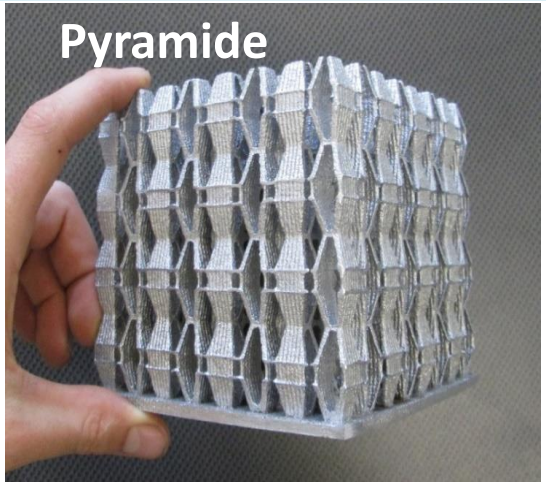
2016



Pores allongés

Moulage coquille
(série importante – coût de fabrication réduit)

Cellules de formes anisotropes (zonoèdre)



Prisme octogonal Exemple application: Dissipation de chaleur par convection naturelle et forcée

Transfert industriel de la technologie

ALVEOTEC
INNOVATION FONDERIE

Fondeur aluminium licencié par CTIF

Fondeur intégré

Conclusions

- Une maturité technique importante (TRL 8-9)
- Une technologie déjà transférée à des industriels fondeurs
- Un très fort potentiel d'applications en échanges thermiques
- Une liberté de géométrie très importante (porosité variable, structure anisotrope, géométrie de pore sur-mesure, …)

Les structures lattices

Camille OLLIVIER
Référente Fabrication additive métal

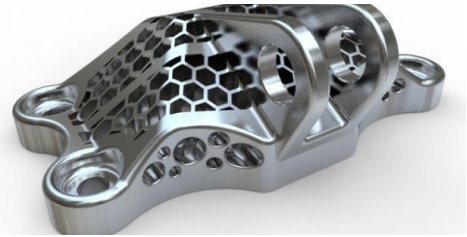
Structures lattices

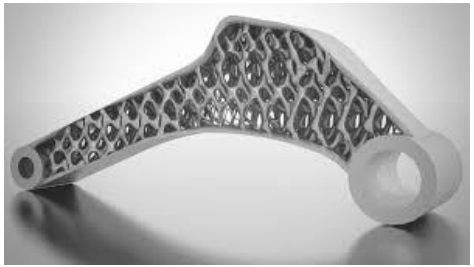
Structures Lattices

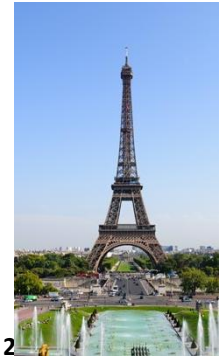
- Structure complexe de type treillis métallique (tour EIFFEL)
- Motif élémentaire paramétrable
- Ratio performance/poids excellent
- Augmentation des caractéristiques mécaniques et thermiques

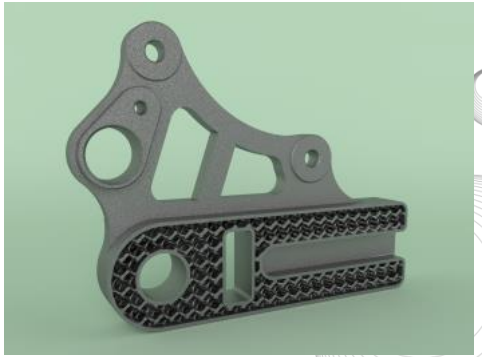
Applications

- Aéronautique
- Automobile
- Médical
- Outillage
- ….



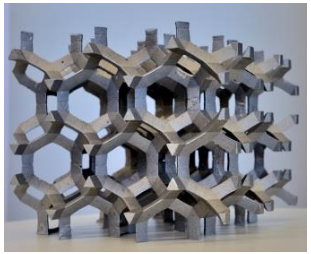






Structures lattices

Cas particulier d'une structure lattice



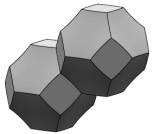
2010 - 2015

2016

Structure alvéolaire isotrope

Structure alvéolaire anisotrope

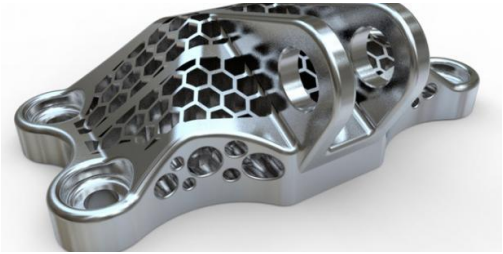
Cellule de Kelvin



Projet ANR FOAM
Mousse métallique

- *Allongement des cellules*
- *Nouvelles formes de cellules*

Structure lattice

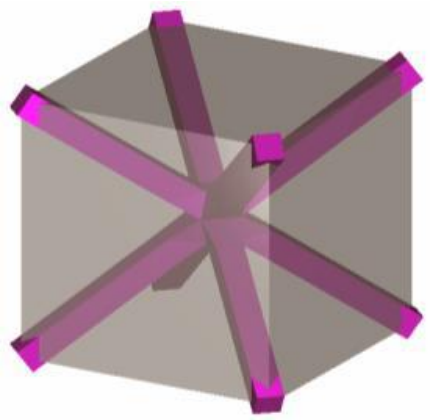


Fabrication additive métallique

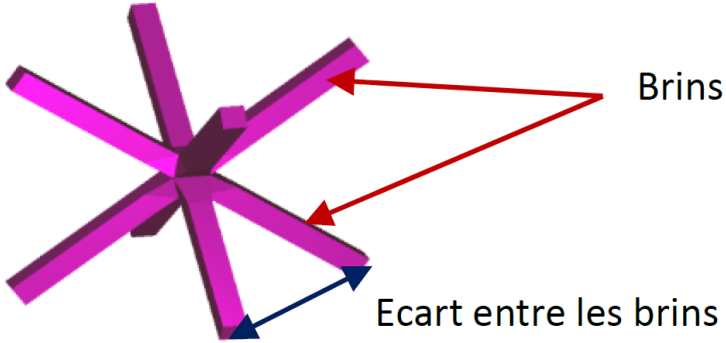
Fonderie et impression 3D sable

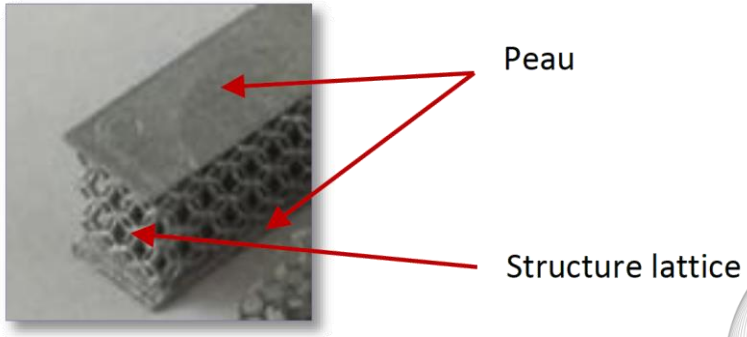
Qu’est-ce qu’une structure lattice?

- Une structure lattice est un type de matériaux architecturés qui est composé d’un arrangement dans l’espace de motifs réguliers.



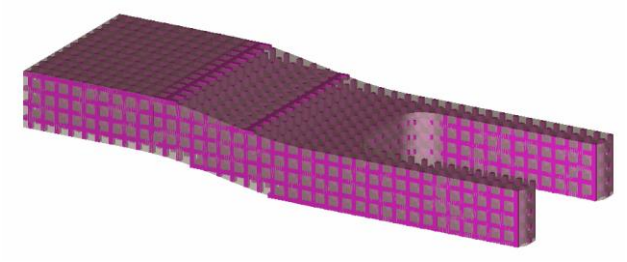
Cellule



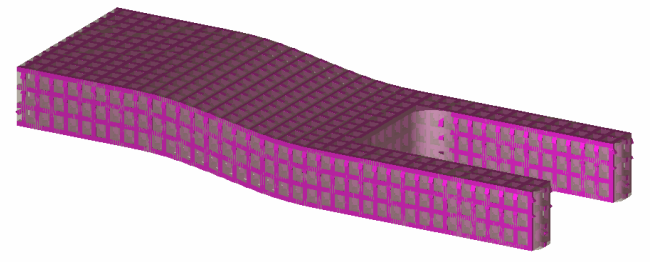


Distribution spatiale des structures unitaires

- La structure lattice peut être appliquée de façon :
  - **«Uniform lattice»** c'est-à-dire que la structure lattice s'étend sans direction privilégiée,
  - **«Conformal lattice»** cette fonction permet d'avoir une structure lattice qui s'adapte à la forme extérieure du modèle 3D.



Uniform lattice



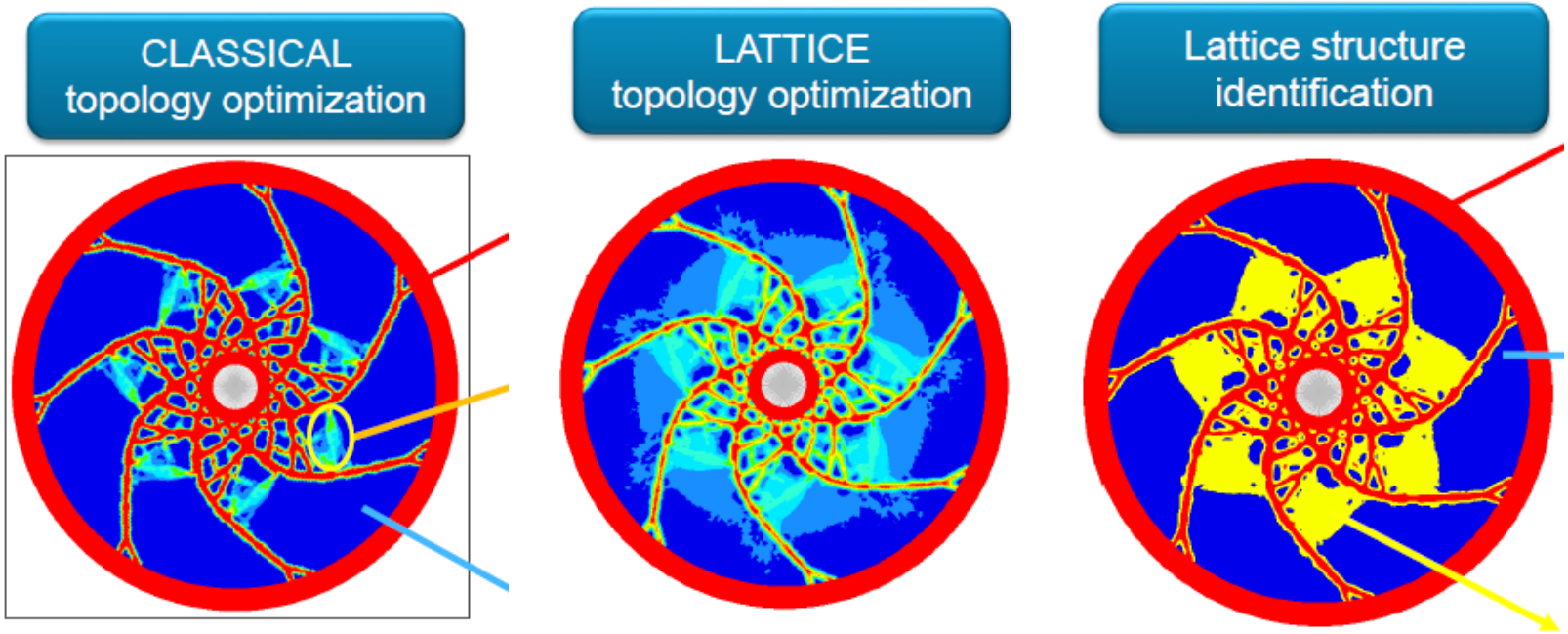
Conformal lattice

Editeurs

- 3 éditeurs de logiciels identifiés (liste non exhaustive) :
  - Altair avec Optistruct
  - Materialise avec 3-Matic
  - Autodesk avec Netfabb 3S et WithinLab

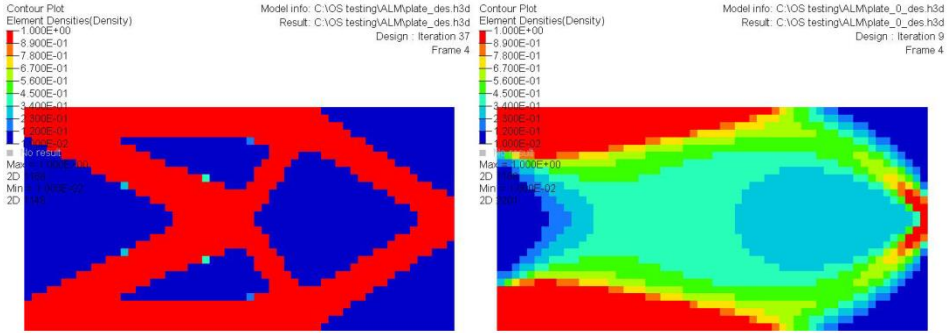
Démarche Optistruct

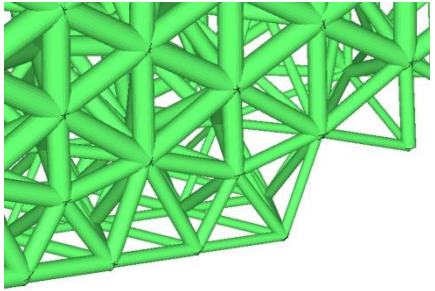
- Optistruct est initialement un logiciel d'optimisation topologique de l'éditeur Altair.



Démarche Optistruct

- Deux démarches possibles avec Optistruct :
  - Application d'un lattice tétra c'est-à-dire en fonction du maillage initial de la pièce pour le calcul mécanique.

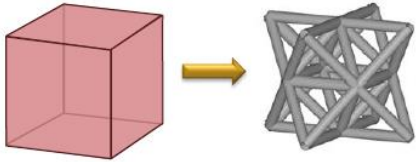




  - Dans cette démarche la structure lattice va être dépendante de la taille et de la qualité du maillage réalisé pour le calcul. Le concepteur n'a pas la main sur le design du lattice.

Démarche Optistruct

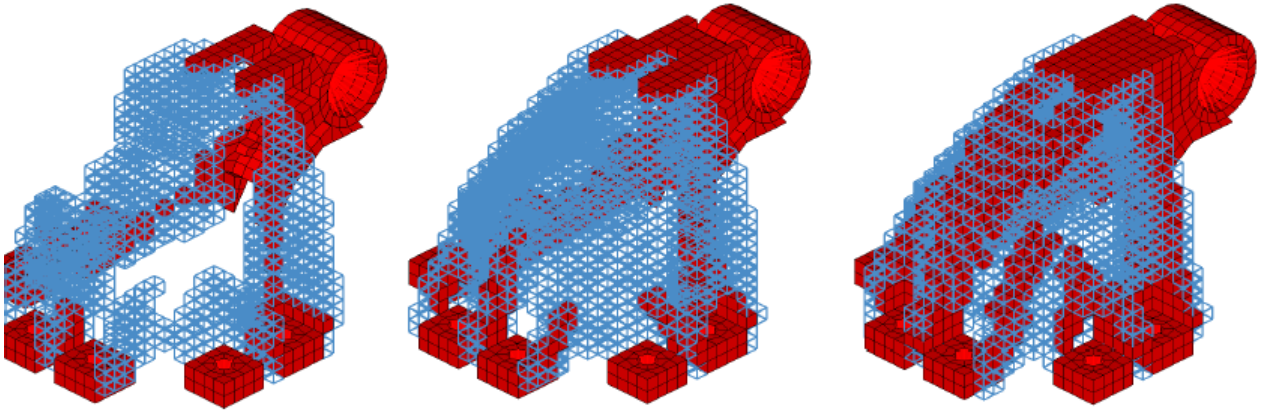
- Deux démarches possibles avec Optistruct :
  - Génération de structure lattice hexa où l'on vient appliquer à chaque maille une cellule de structures lattices puis réalisation d'une optimisation paramétrique des brins.



HIGH POROSITY

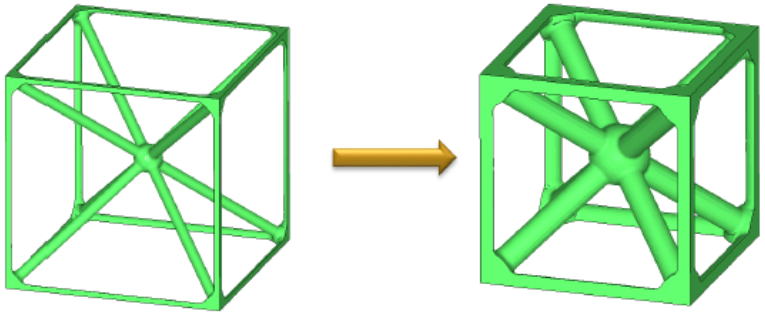
MEDIUM POROSITY

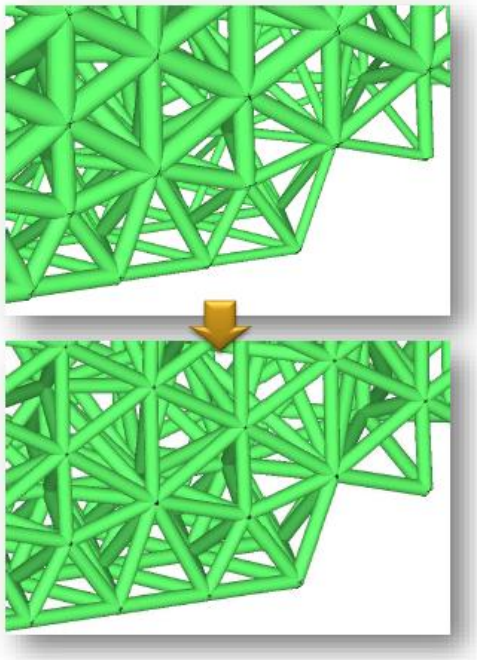
LOW POROSITY



Démarche Optistruct

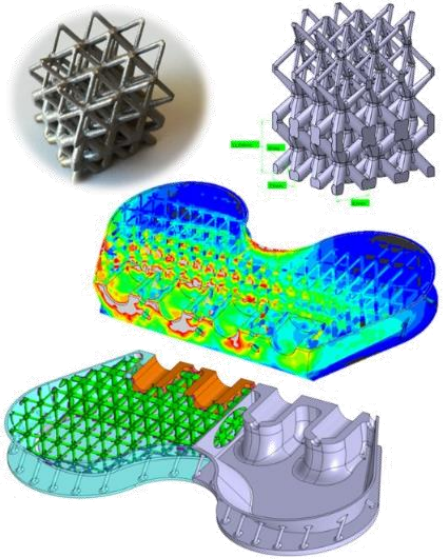
- Suite à la génération de structure lattice (tétra ou hexa), il est possible de faire une optimisation paramétrique de chaque brin.





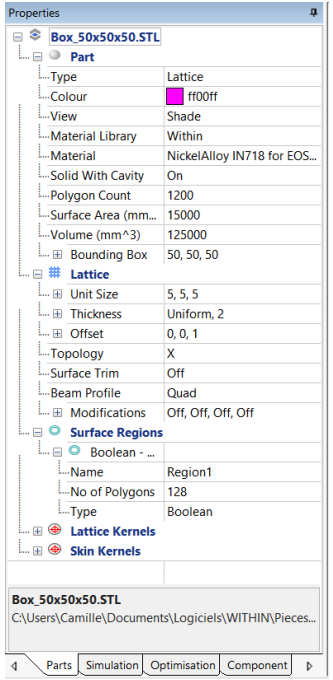
Démarche 3-Matic

- Import de la pièce
- Création d'une cellule lattice
- Distribution de cette cellule dans le volume de la pièce en prenant en compte le taux d'allègement souhaité
- Exporter vers solveur FEA pour une optimisation paramétrique des brins.
- Préparation pour la fabrication
  - Analyse de fabricabilité
  - Gestion des supports
  - Envoie du fichier tranché à la machine

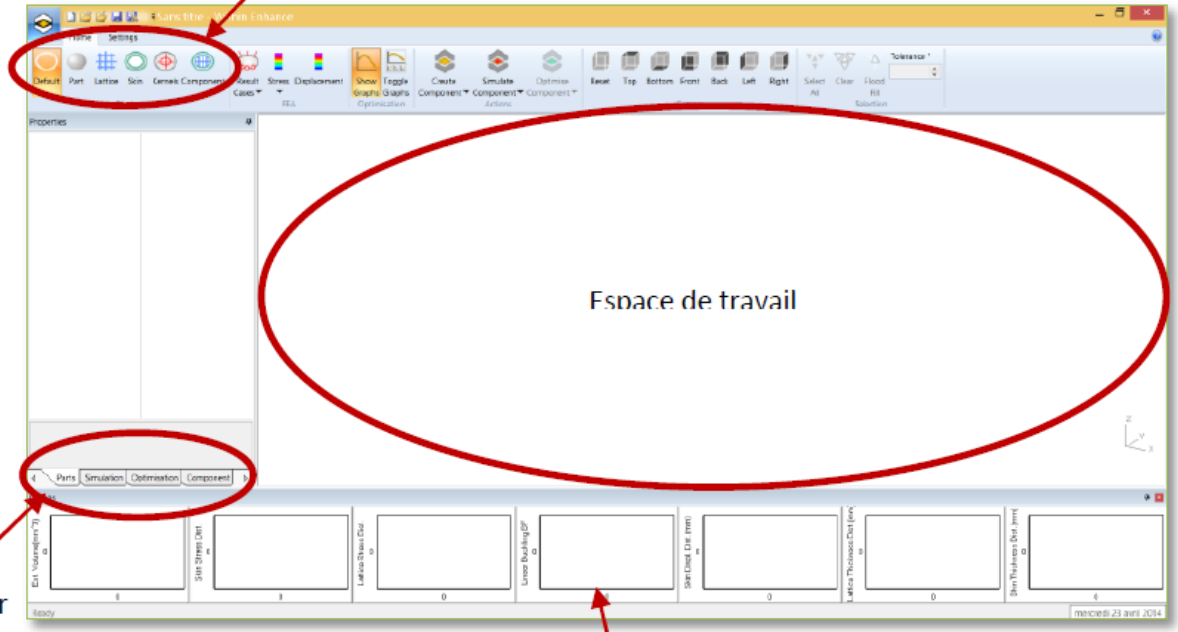


Démarche Within - Netfabb

- Interface du logiciel Within



Outils permettant la modélisation de la pièce.

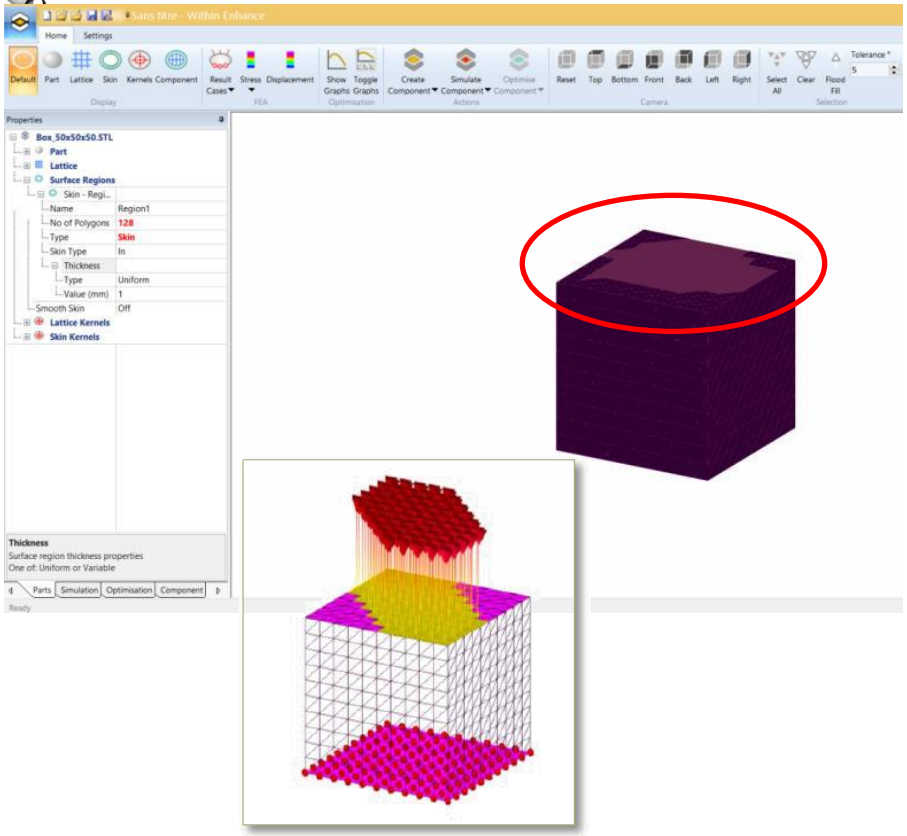


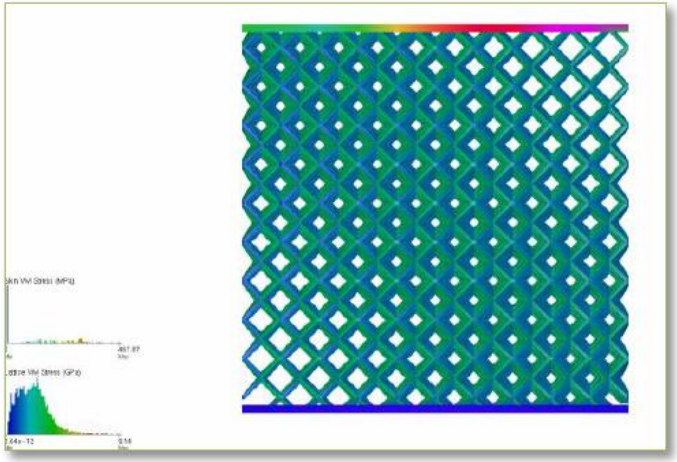
Onglets permettant de définir les différents paramètres.

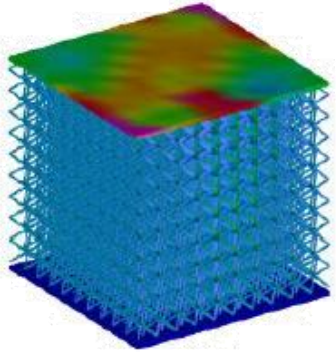
Graphiques permettant de suivre l'évolution du processus d'optimisation.

Démarche Within - Netfabb

- Application des efforts et optimisation des structures lattices dans Within

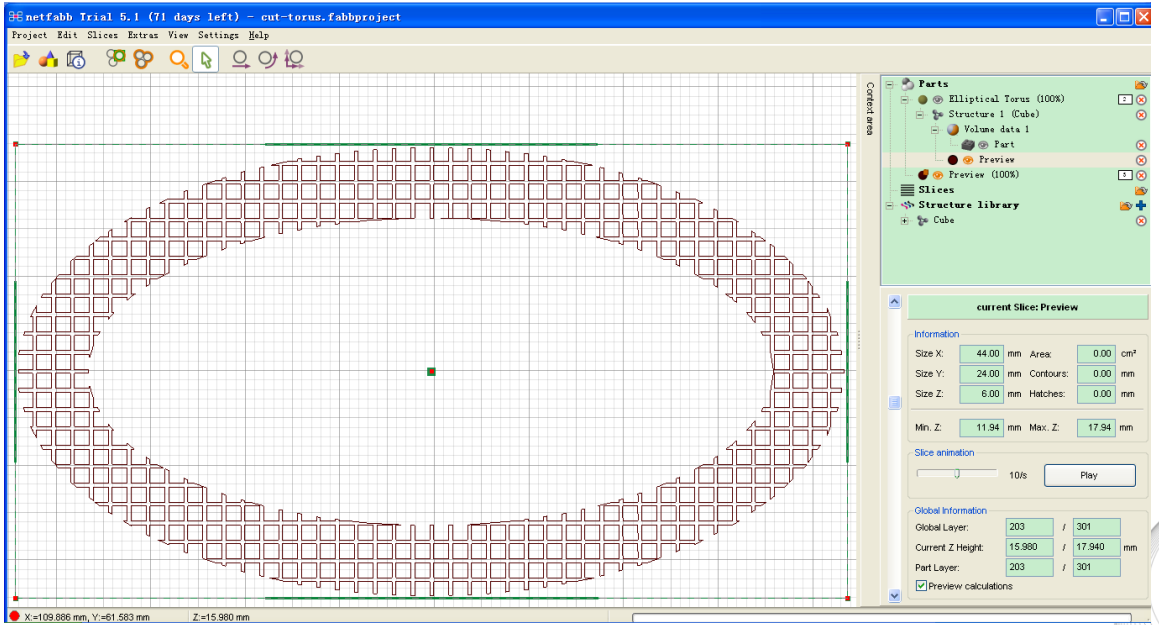






Démarche Within - Netfabb

- Export du modèle optimisé de Within vers Netfabb afin de préparer le fichier pour la fabrication
  - Réparation du maillage
  - Génération des supports
  - Mise en plateau



Merci de votre attention