Simuler la Fabrication Additive

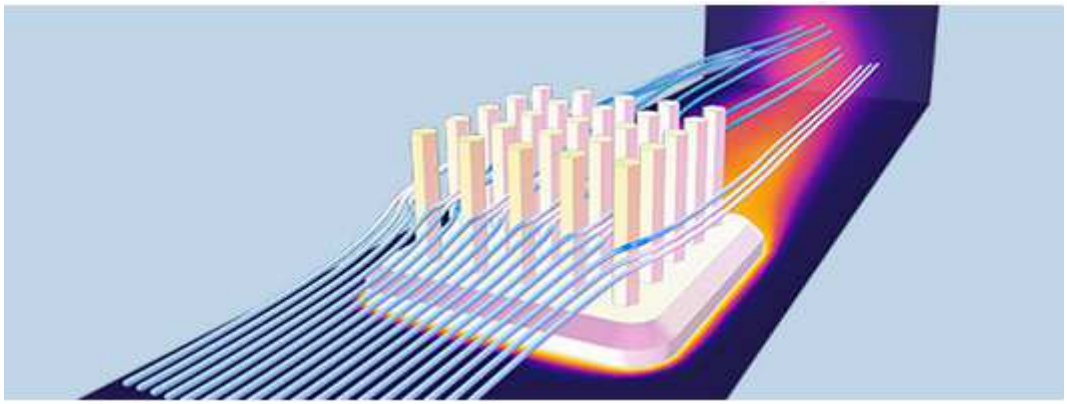
Sébastien Kawka
VP of Applications
COMSOL France

Jean-Marc Petit
VP of Business Development
COMSOL France

COMSOL

Programme

- Un mot sur la fabrication additive & simulation
- Un apercu de COMSOL Multiphysics®
- Modèles en direct
- Session Q&R

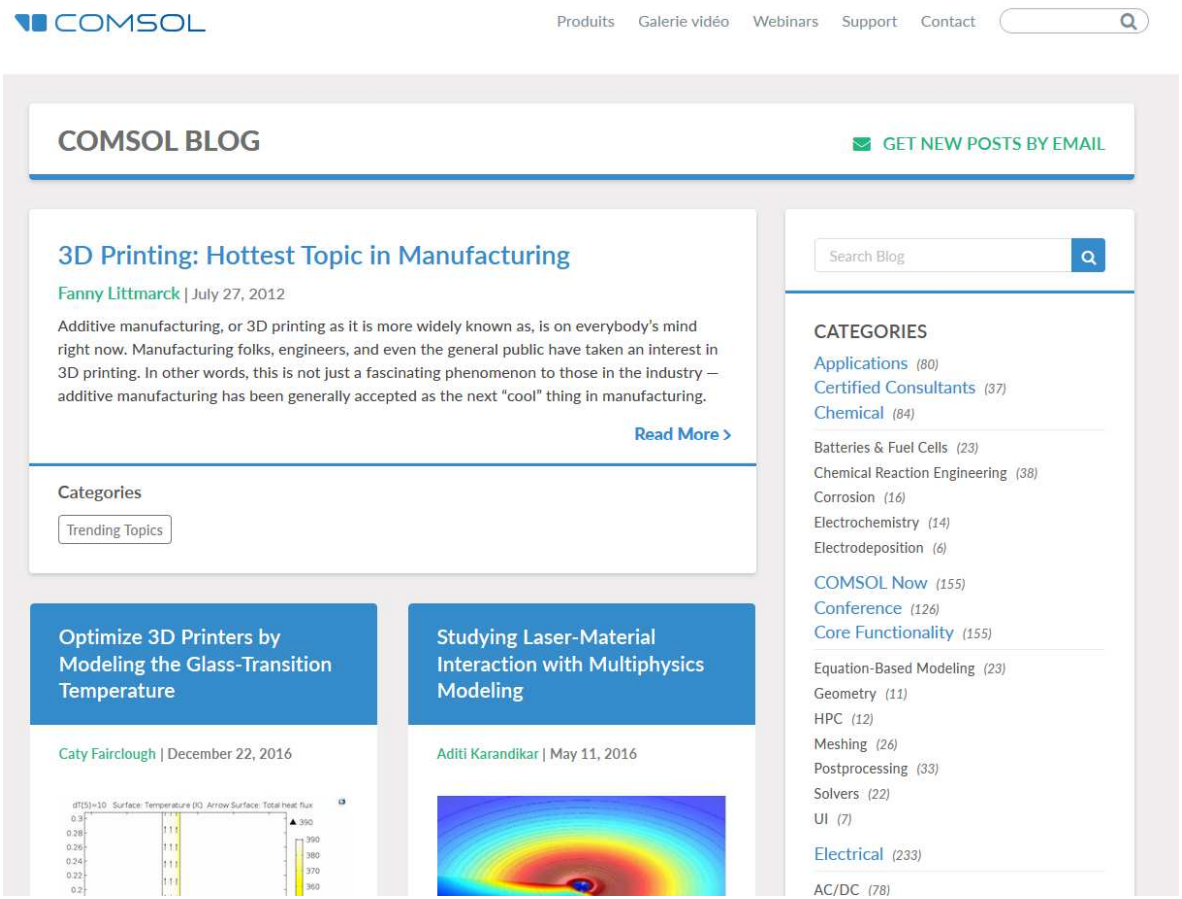


Simuler la Fabrication Additive 2
Frédéric Roger, Ecole des Mines
Juin 2017

Consultants certifiés COMSOL
www.comsol.fr/certified-consultants

COMSOL

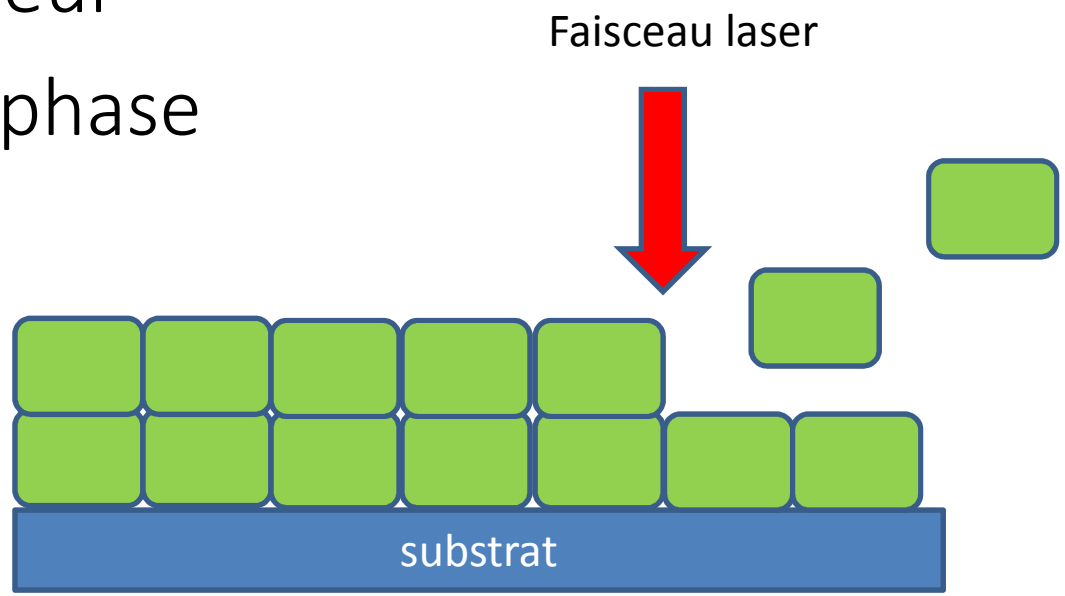
Imaginer de nouveaux designs



COMSOL

Couche par couche

- Interaction laser-matière
- Transfert de chaleur
- Changement de phase
- Mécanique
- Topologie
- Forme



Grain solide ou liquide ?

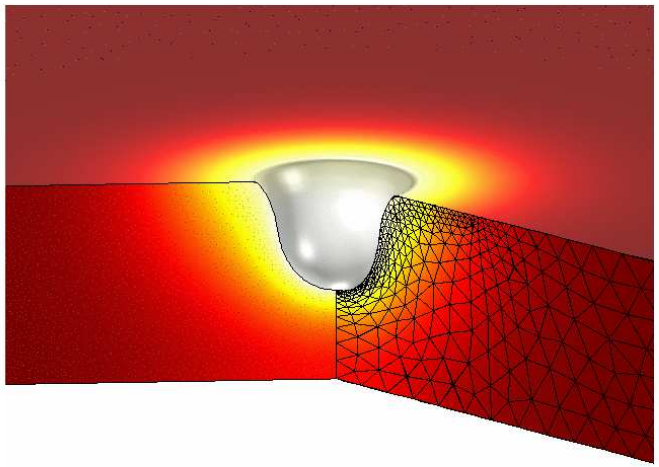
COMSOL

Simulation en terrain connu : exemple de l'interaction laser-matière

COMSOL BLOG

Modeling Thermal Ablation for Material Removal

Walter Frei | March 30, 2016



Whenever solid materials are heated enough, they will melt and then vaporize to a gas. Certain materials will even go directly from the solid to the gas phase, a process referred to as sublimation or ablation. If the material is heated strongly enough, there will be significant material removal. Today, we will look at how you can model this process in COMSOL Multiphysics.

Read More >

COMSOL BLOG

Modeling Laser-Material Interactions in COMSOL Multiphysics

Walter Frei | June 22, 2015

A question that we are asked all of the time is if COMSOL Multiphysics can model laser-material interactions and heating. The answer, of course, depends on exactly what type of problem you want to solve, as different modeling techniques are appropriate for different problems. Today, we will discuss various approaches for simulating the heating of materials illuminated by laser light.

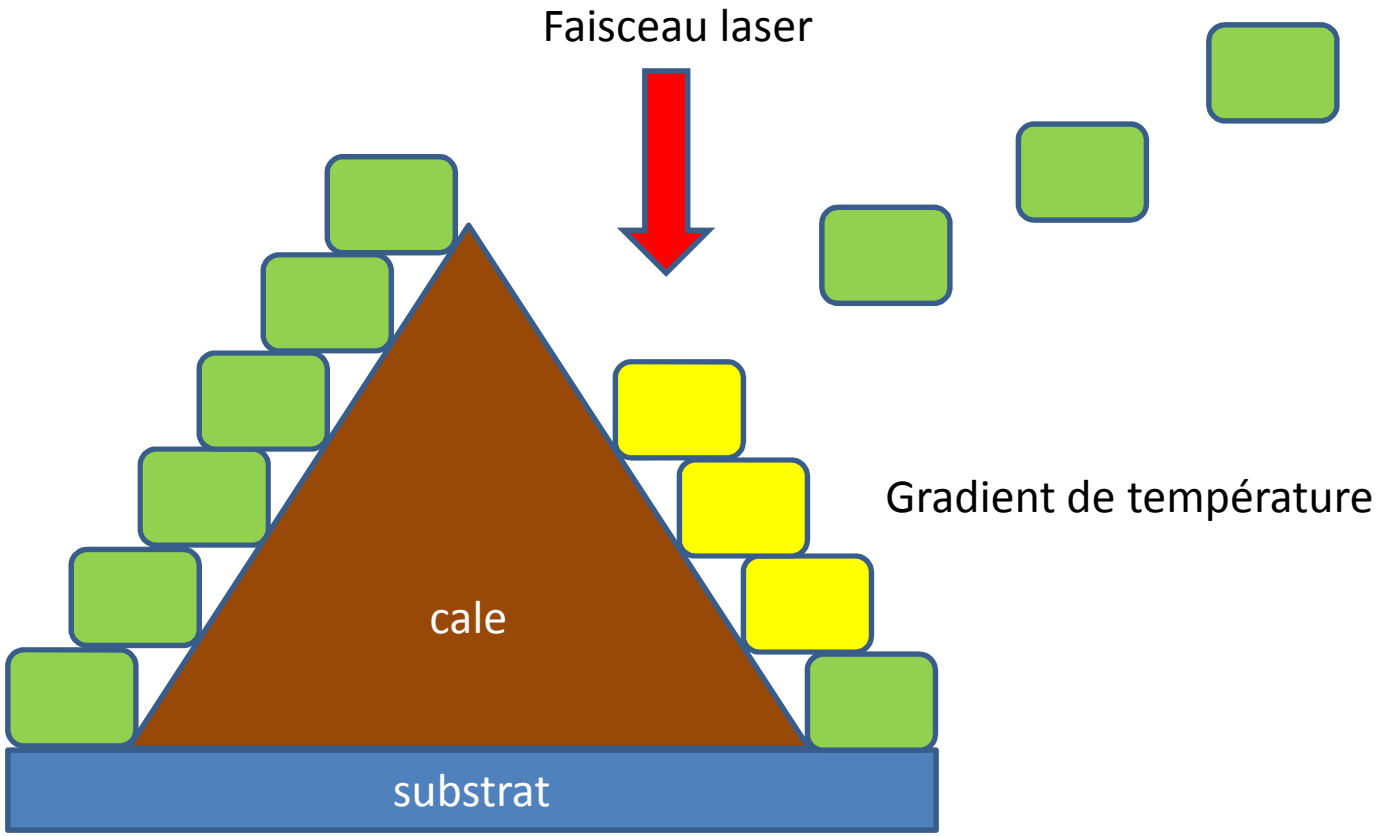
An Introduction to Modeling Laser-Material Interactions

While many different types of laser light sources exist, they are all quite similar in terms of their outputs. Laser light is very nearly single frequency (single wavelength) and coherent. Typically, the output of a laser is also focused into a narrow collimated beam. This collimated, coherent, and single frequency light source can be used as a very precise heat source in a wide range of applications, including cancer treatment, welding, annealing, material research, and semiconductor processing.

When laser light hits a solid material, part of the energy is absorbed, leading to localized heating. Liquids and gases (and plasmas), of course, can also be heated by lasers, but the heating of fluids almost always leads to significant convective effects. Within this blog post, we will neglect convection and concern ourselves only with the heating of solid materials.

COMSOL

En cours de fabrication



Des questions récurrentes

- Construire une géométrie couche par couche ?

- Prendre en compte en cours de fabrication
  - les contraintes et déformations?
  - le transfert de chaleur ?

Multiphysique

- Contraintes résiduelles après fabrication?
  - Matériau final homogène ?
  - Écart avec le design original ?

Multiphysique

COMSOL

Des questions côté simulation

- Prendre en compte le changement de la géométrie (forme & topologie) pour les physiques en jeu ?
  - continuité de la solution

Assemblage

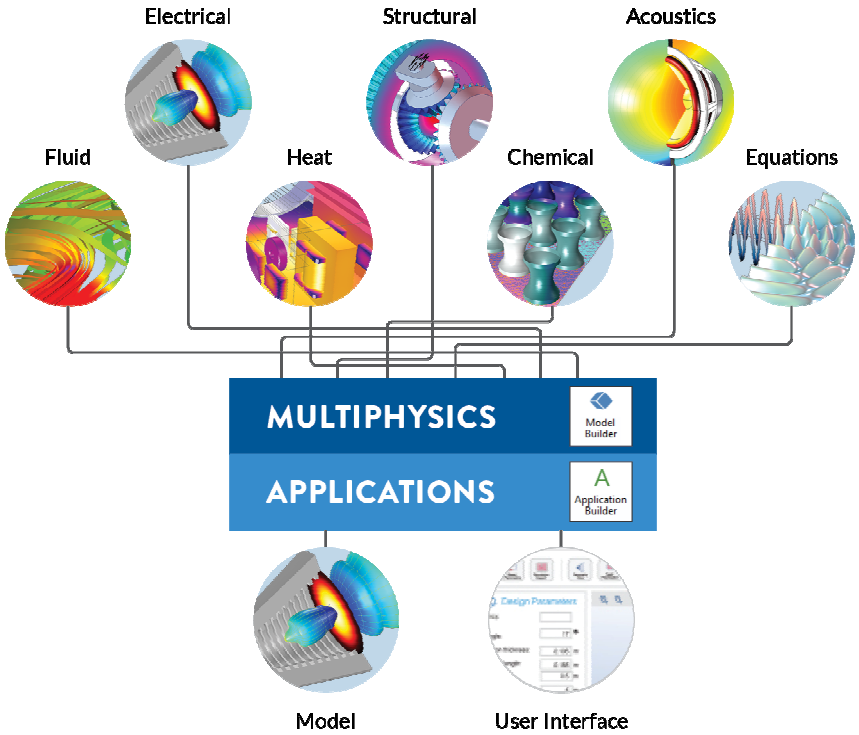
Maillage mobile

- Savoir quand on passe de couche en couche ?
  - Difficile à connaître a priori

Evènement

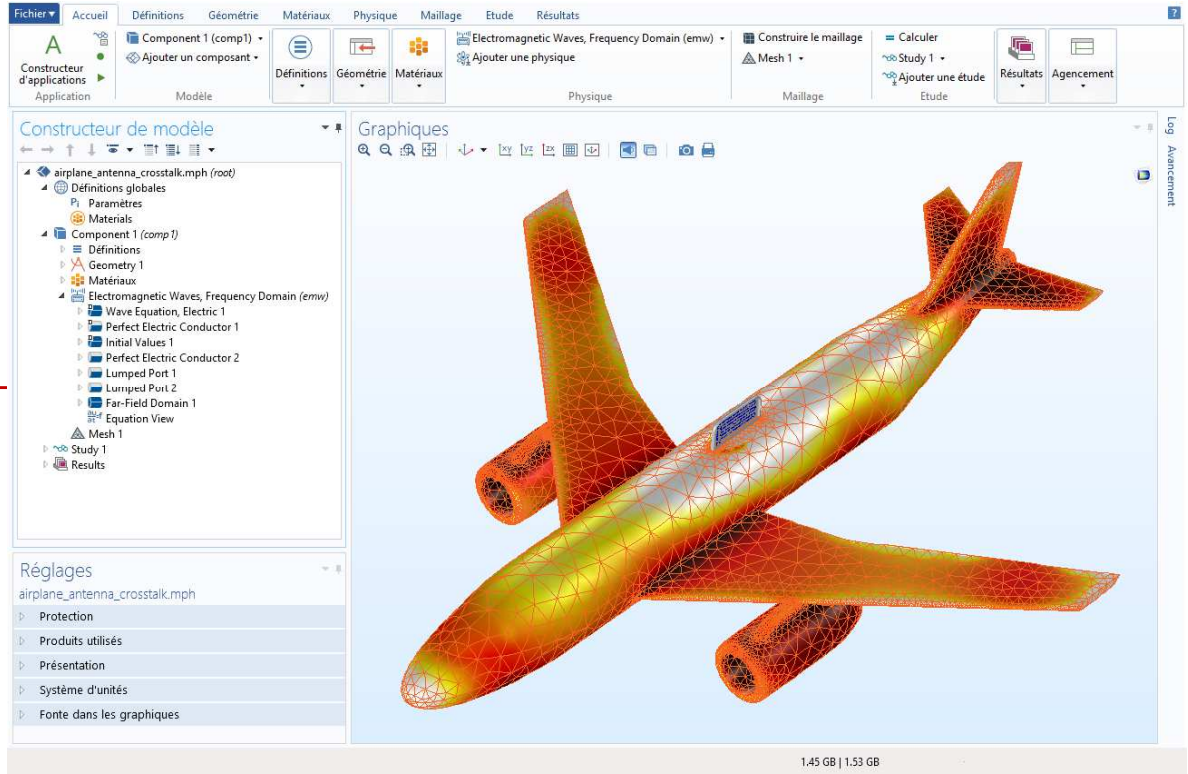
COMSOL

COMSOL Multiphysics®



COMSOL

Un environnement de Simulation



Constructeur de Modèle

Fournit un accès instantané aux réglages du modèle

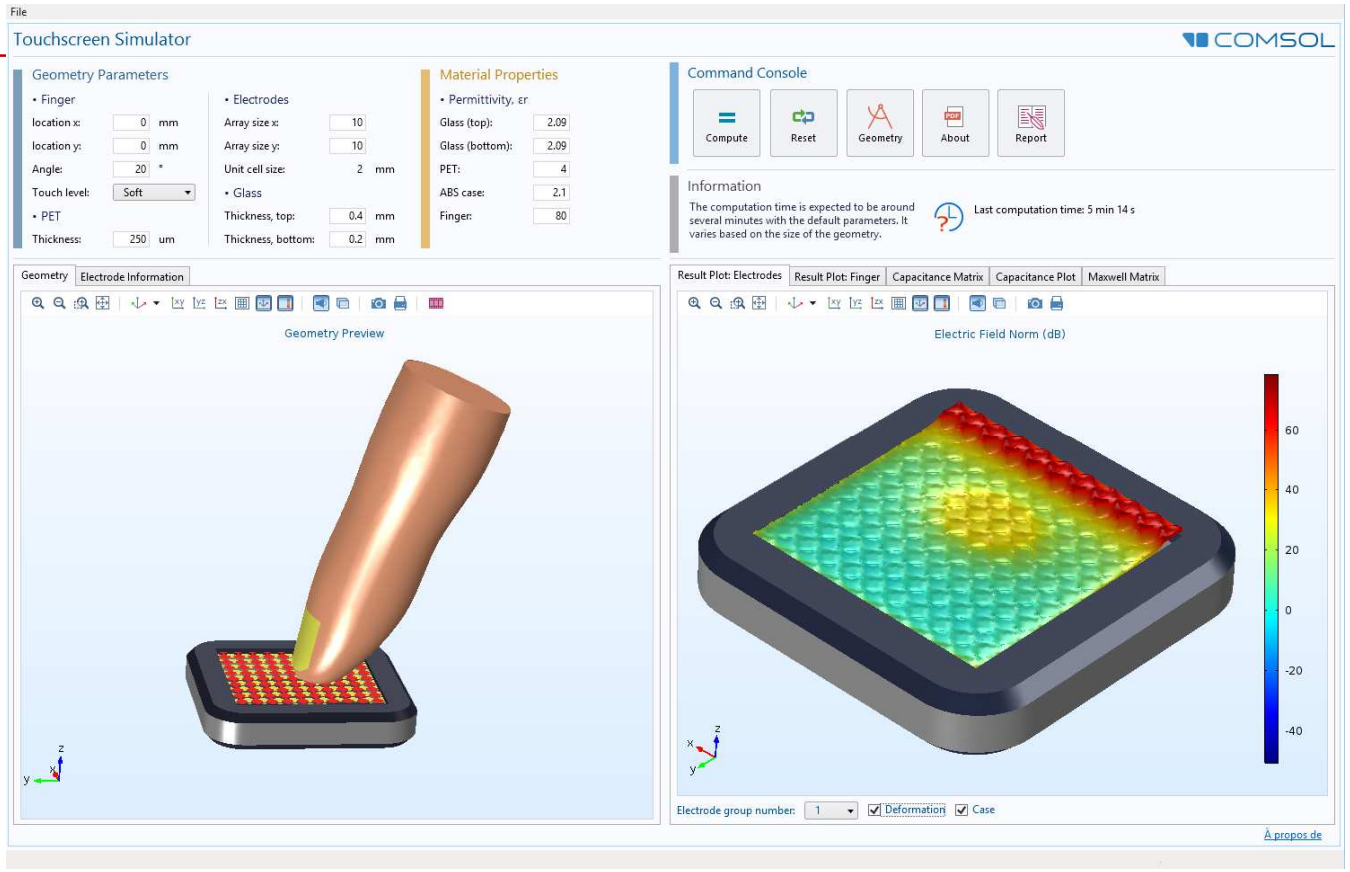
- CAD/Géometrie
- Materiaux
- Physiques
- Maillage
- Solveurs
- Resultats

COMSOL

Création d'Applications spécifiques

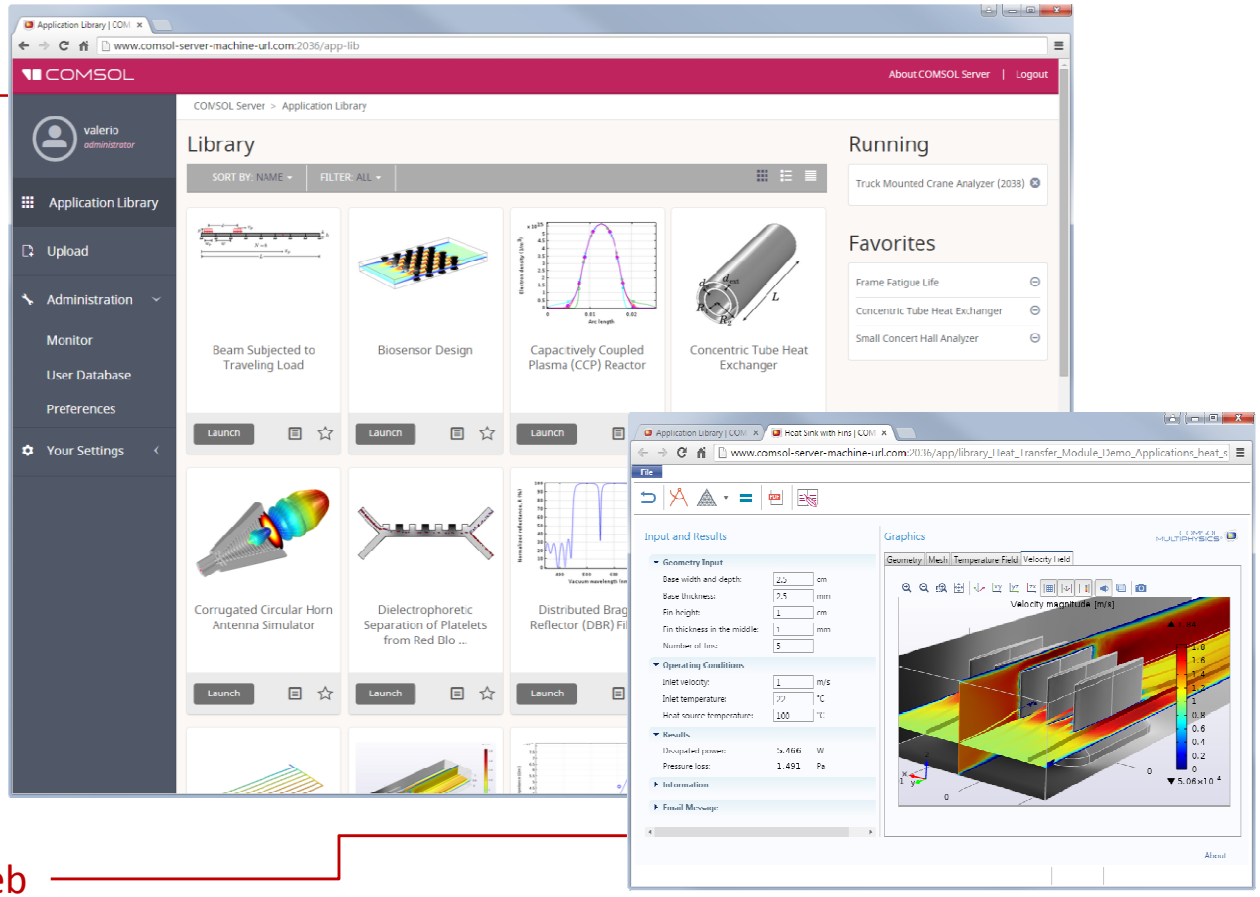
Une application
N'importe quel modèle peut être converti en une application simple

Application Builder
Construction et test des applications



Déployer avec COMSOL Server

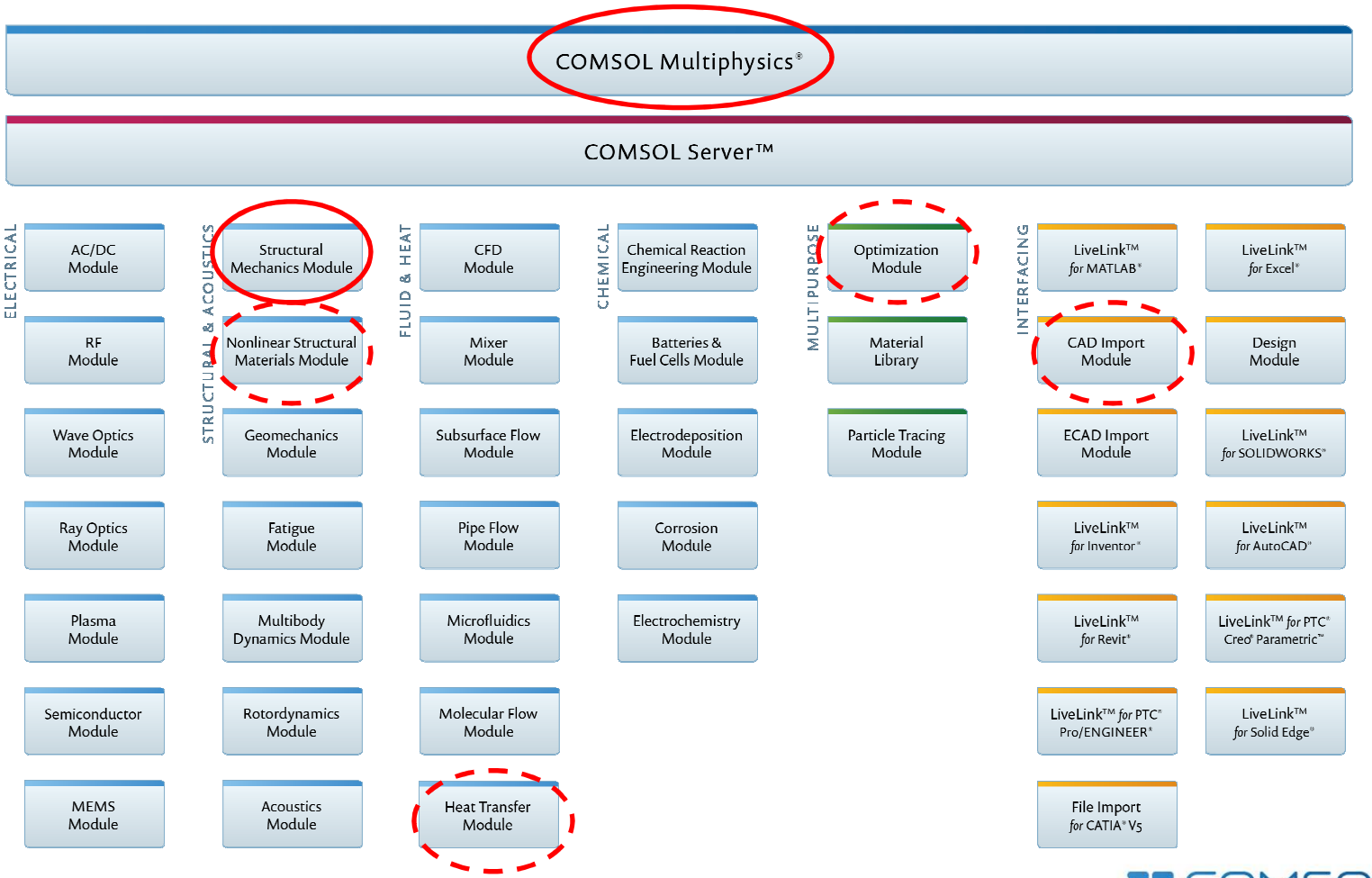
COMSOL Server™
Déploiement
Accès à distance
Contrôle de l'utilisation



Accès via le web

COMSOL

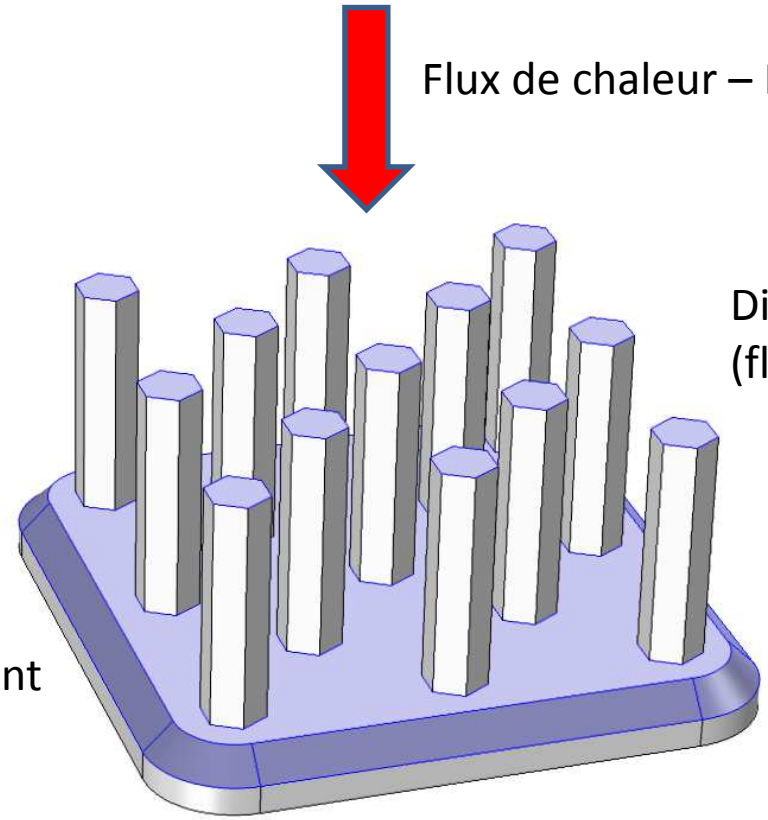
Produits – COMSOL® 5.2a



Thermo-dilatation

Matériau : acier

Flux de chaleur – Puissance = 500W



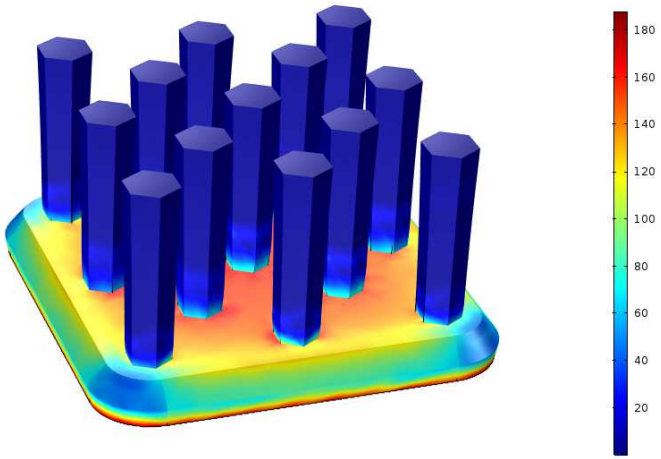
Dissipation thermique par l'air
(flux de chaleur convectif)

Encastrement
De la base

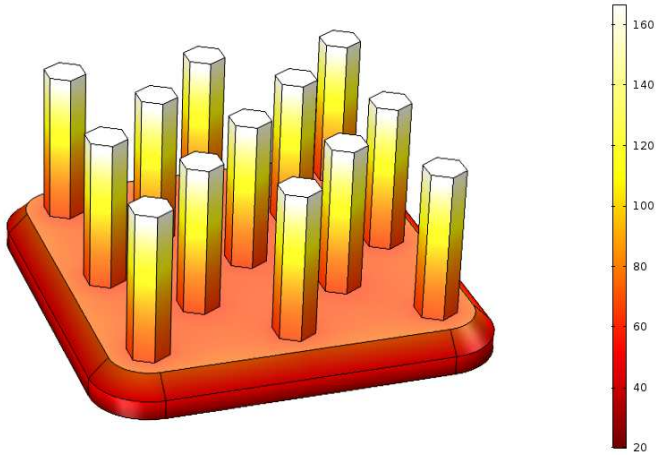
Résolution temporelle de 0 à 2s

COMSOL

Résultats à t=2s



Contraintes de von mises (MPa)

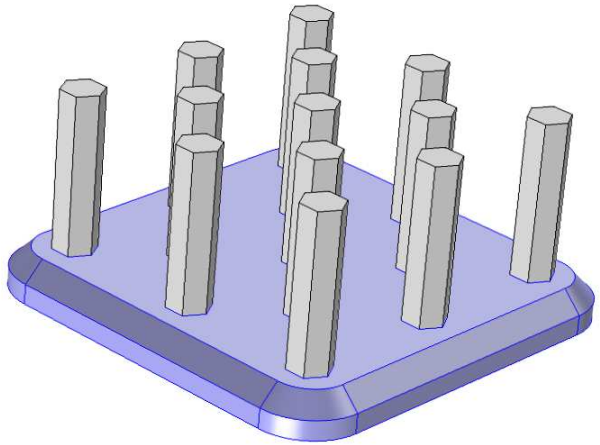


Température (°C)

COMSOL

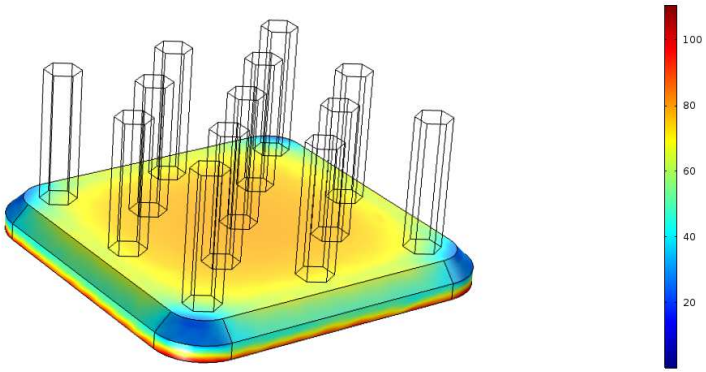
Construire une géométrie couche par couche

- Découper en couche la géométrie initiale et activer successivement les domaines
  - Activation d'un bloc de la couche ? A quelle étape ?

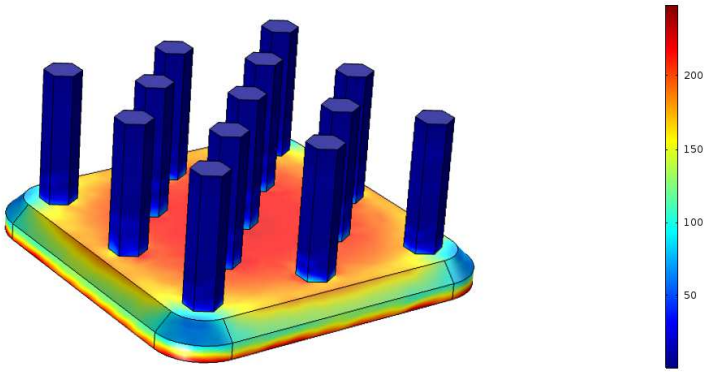


COMSOL

Contraintes de von mises (MPa)



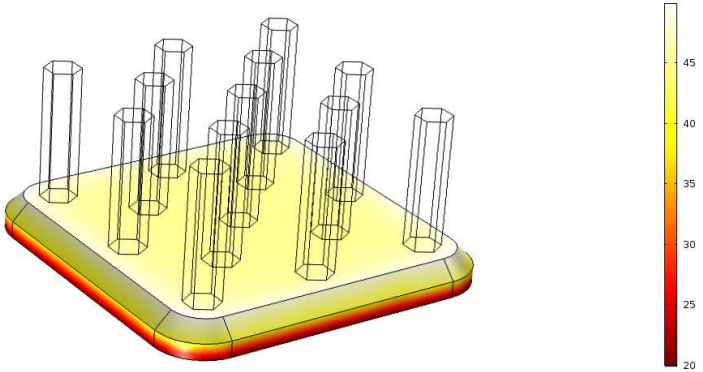
À 1s



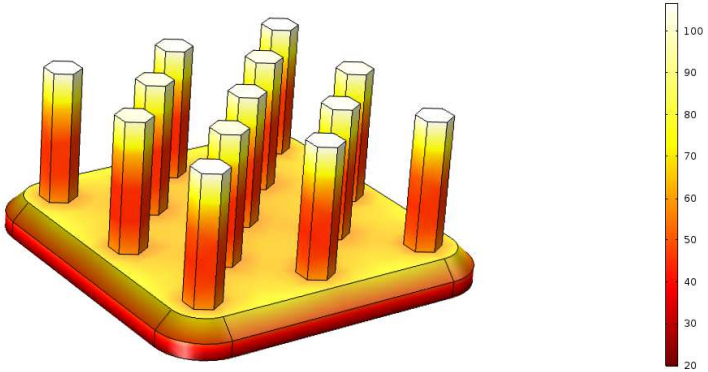
À 2s

COMSOL

Température (°C)



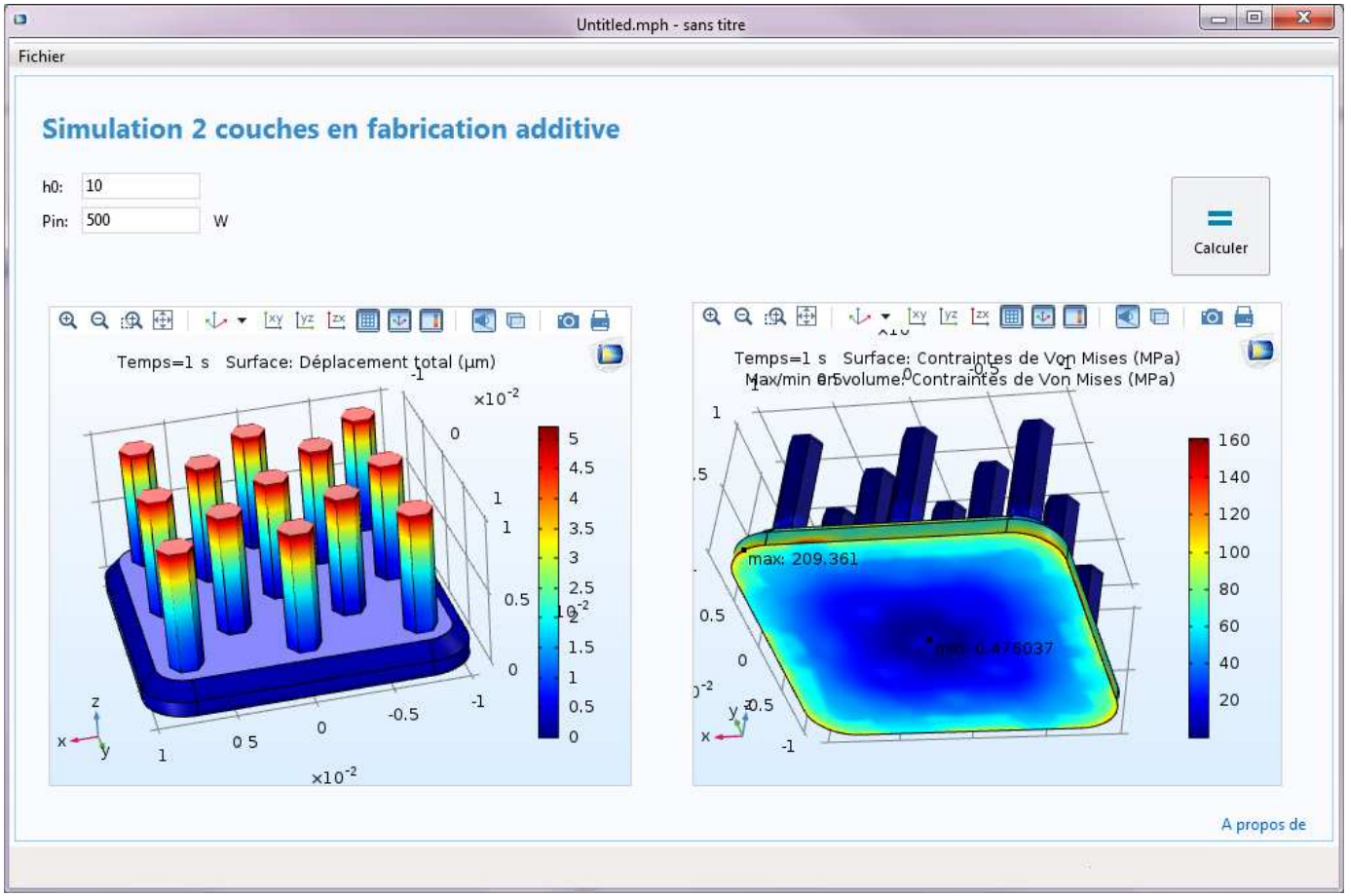
À 1s



À 2s

COMSOL

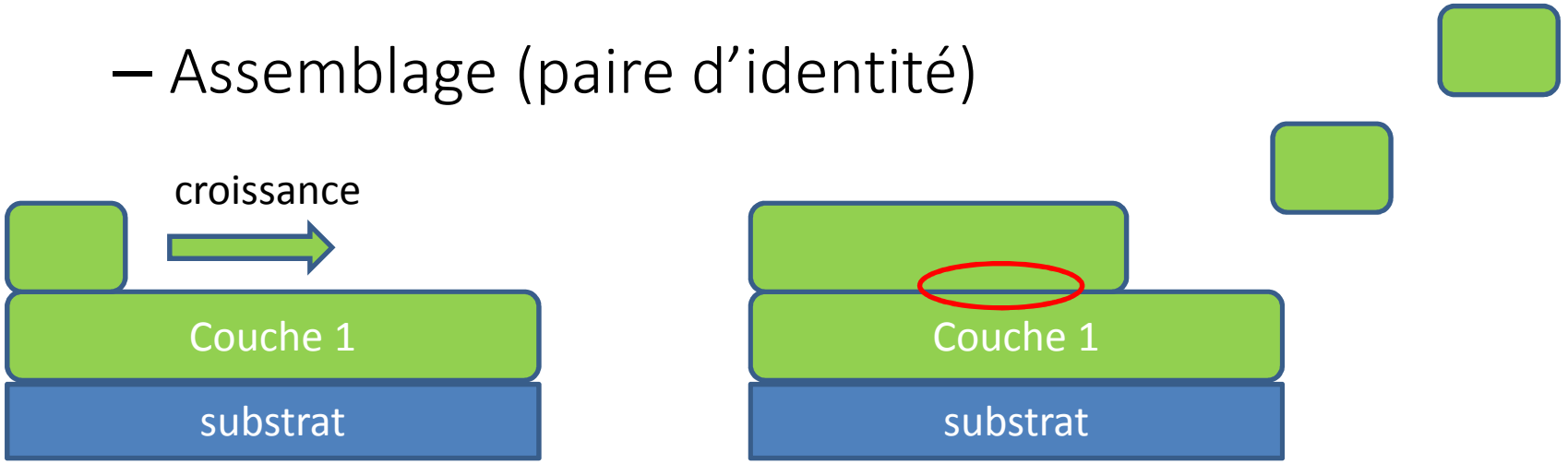
Automatisation : créer une application



COMSOL

Construire une couche 1/3

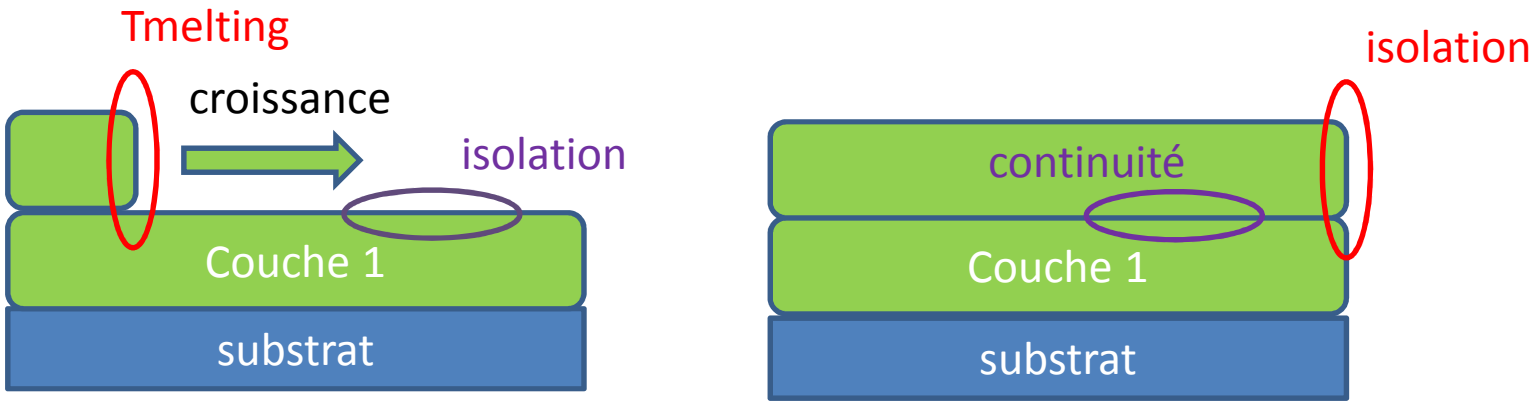
- Croissance d'une couche ?
  - Maillage mobile (géométrie paramétrée)
- Continuité entre couches ?
  - Assemblage (paire d'identité)



COMSOL

Construire une couche 2/3

- Variation de la condition limite dans le temps ?
  - Condition limite conditionnelle



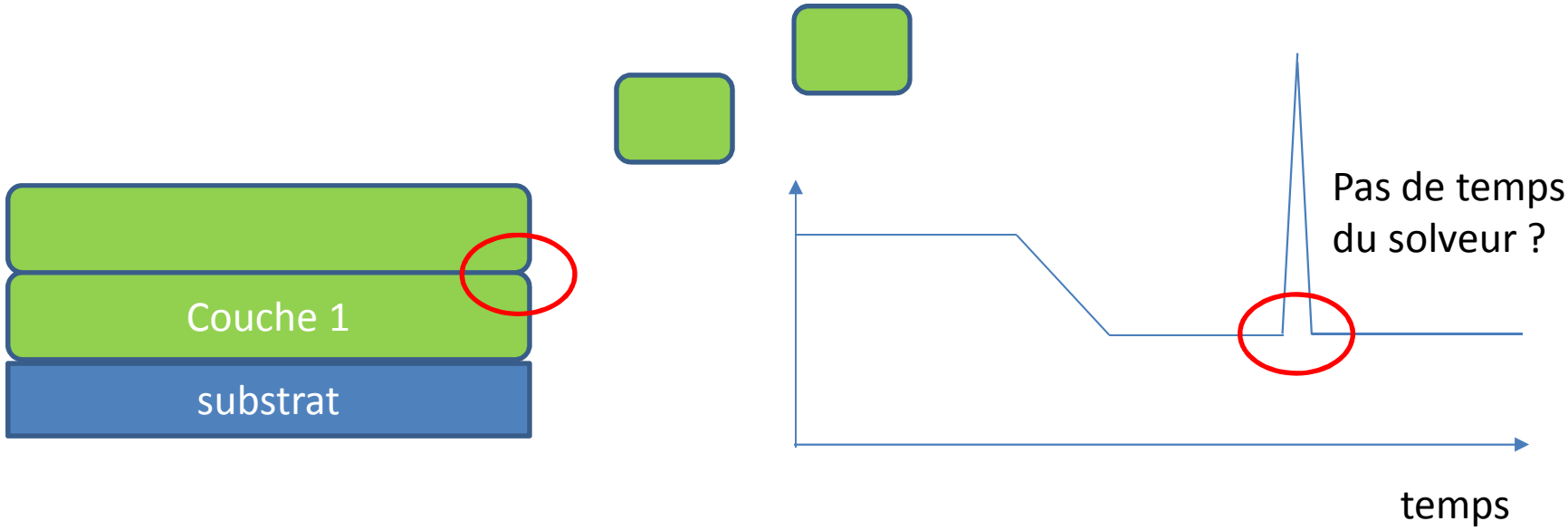
+ Opérateur d'intégration
+ Lissage (fonction step)

www.comsol.fr/blogs/how-to-make-boundary-conditions-conditional-in-your-simulation/

COMSOL

Construire une couche 3/3

- Quand arrive t on au bout d'une couche ?
  - Évènement

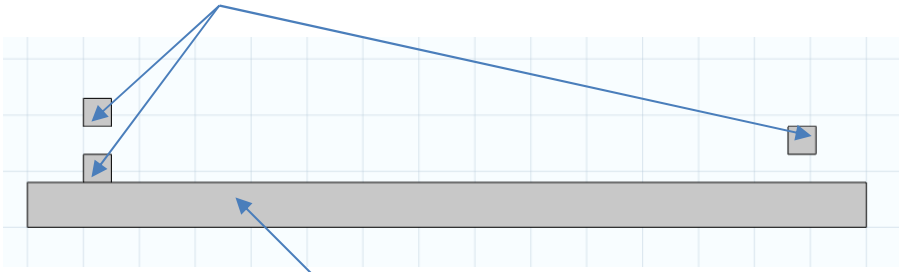


www.comsol.fr/blogs/implementing-a-thermostat-with-the-events-interface/

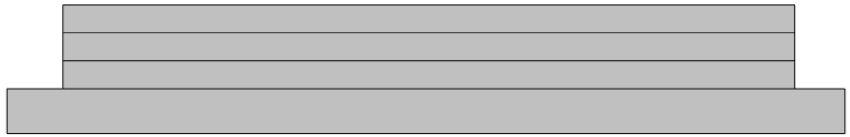
COMSOL

Géométrie initiale et finale

Géométrie initiale pour l'ajout de 3 couches



Substrat



Géométrie finale

3 Paires d’identité

- Les paires d’identité permettent de connecter le substrat avec la première couche, et les différentes couches entre elles

Paire entre le substrat et la première couche

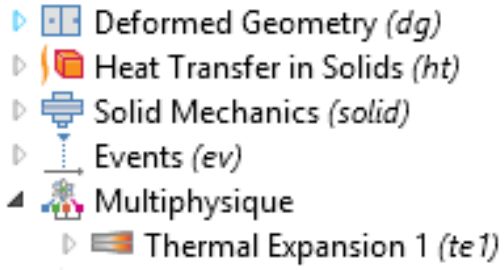
Paire entre la seconde et la troisième couche

Paire entre la première et la seconde couche

COMSOL

Interfaces physiques

- Une interface de géométrie déformée est utilisée pour étirer les couches à partir de leur forme initiale. Le but est d'ajouter le matériau, couche par couche, à une vitesse définie
- La température de dépôt du matériau est fixée au niveau du front de croissance avec l'interface de transfert de chaleur
- La thermo-dilatation est calculée avec une interface de mécanique
- Une interface Evènement aide le solveur à sélectionner les pas de temps appropriés

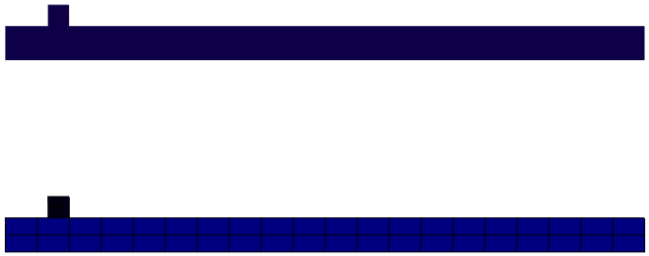


COMSOL

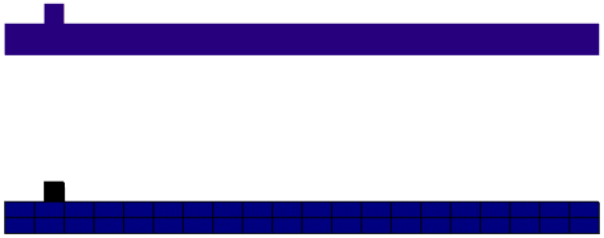
Résultats - Animation

Résistance thermique de contact entre les couches

Continuité entre les couches



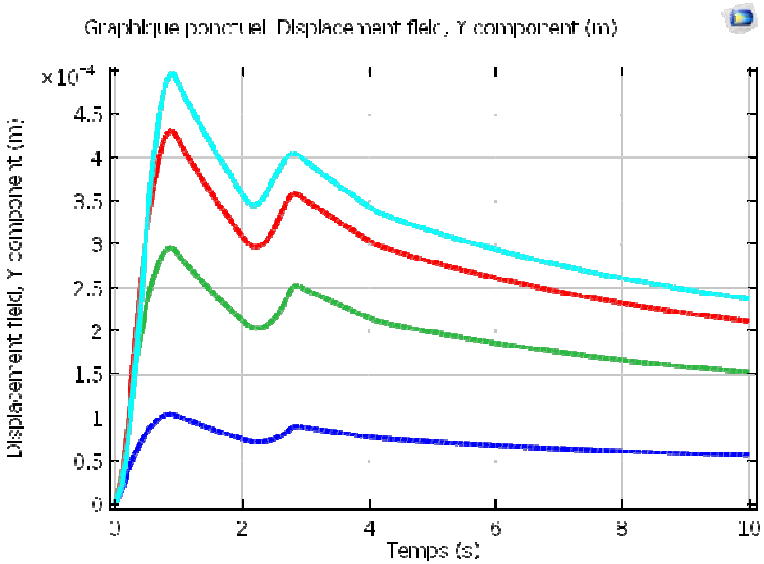
Température



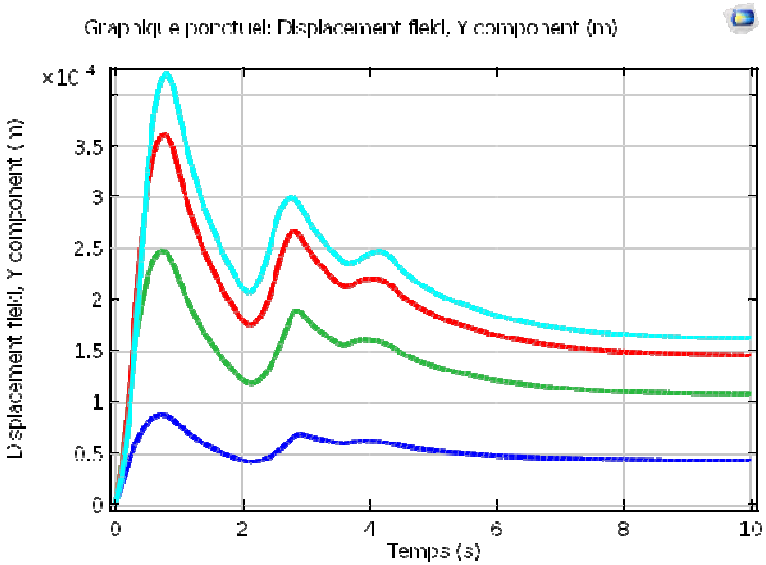
Contraintes de von Mises

Déplacement vertical (m)

- aux points suivants



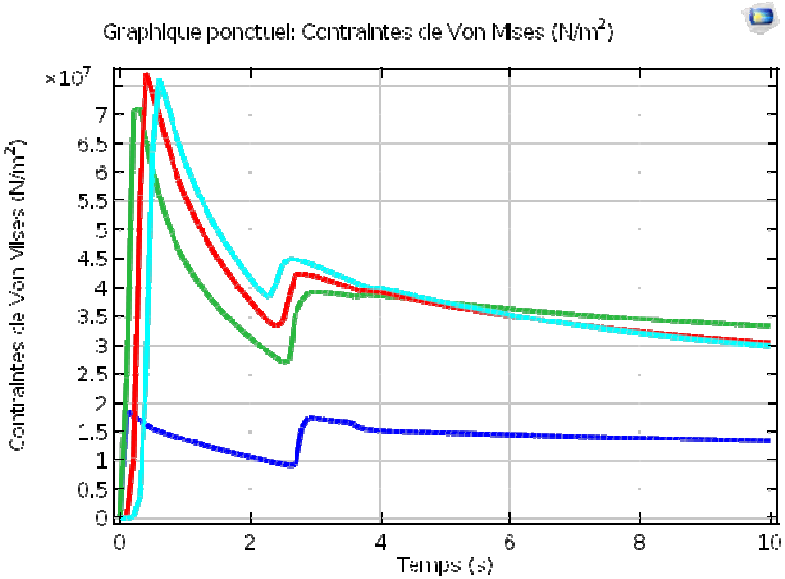
En condition de couche mince isolante



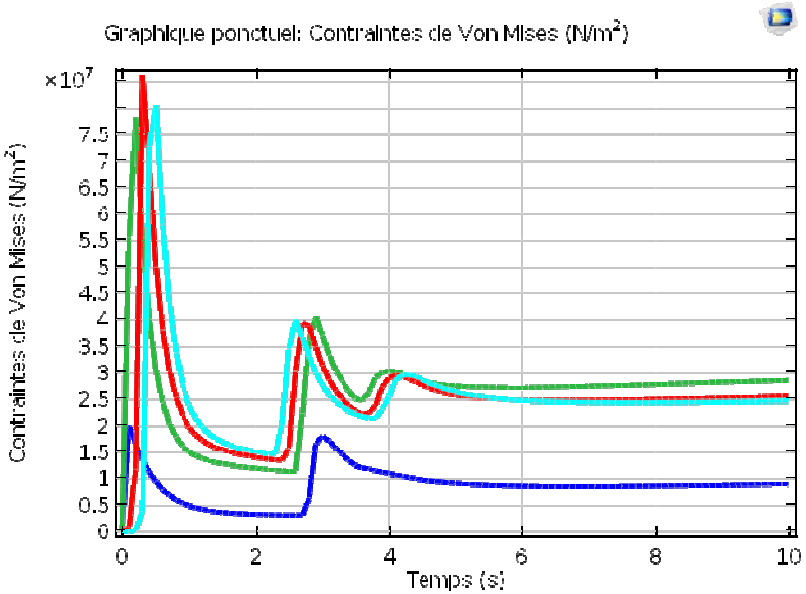
En condition de continuité

COMSOL

Contraintes de von Mises (Pa)



En condition de couche mince isolante

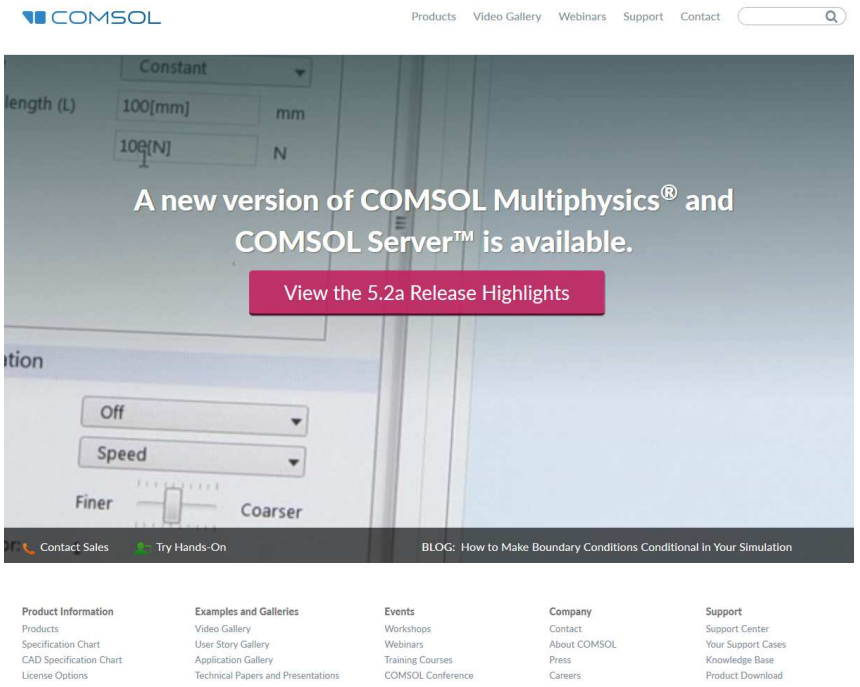


En condition de continuité

Pour aller plus loin

- Webinar - comsol.fr/webinars

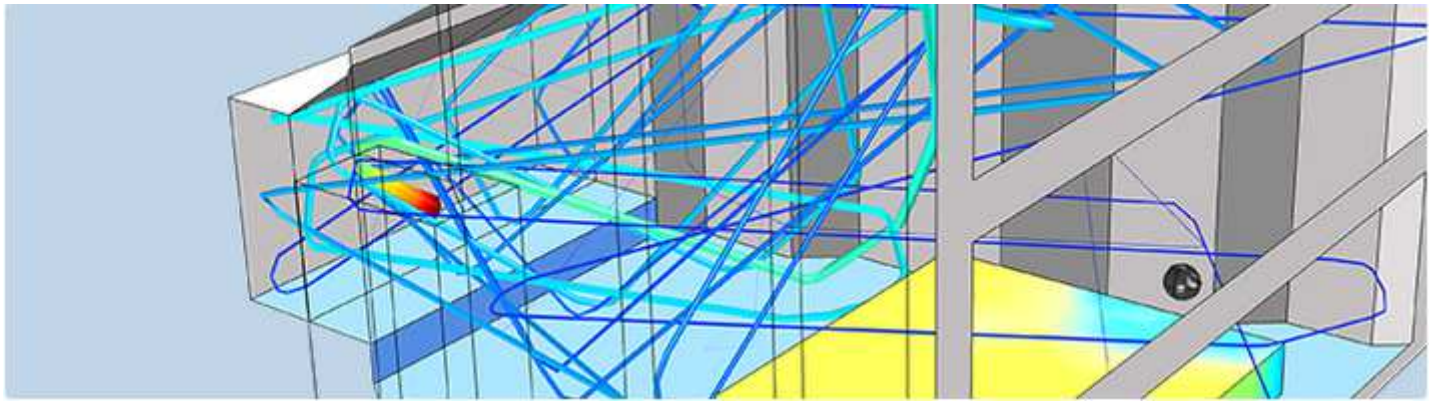
- Notre site, comsol.fr
  - Vidéos
  - **Blog**
  - Manager's Guide
  - Cas utilisateur
  - Bibliothèque d'applications
  - Nouveautés produit
  - Forum de discussion



- Questions? Contactez-nous sur comsol.fr/contact

COMSOL

Prochain Webinar



Jeudi 02 Février 2017 à 11h

Simuler les Haut-Parleurs

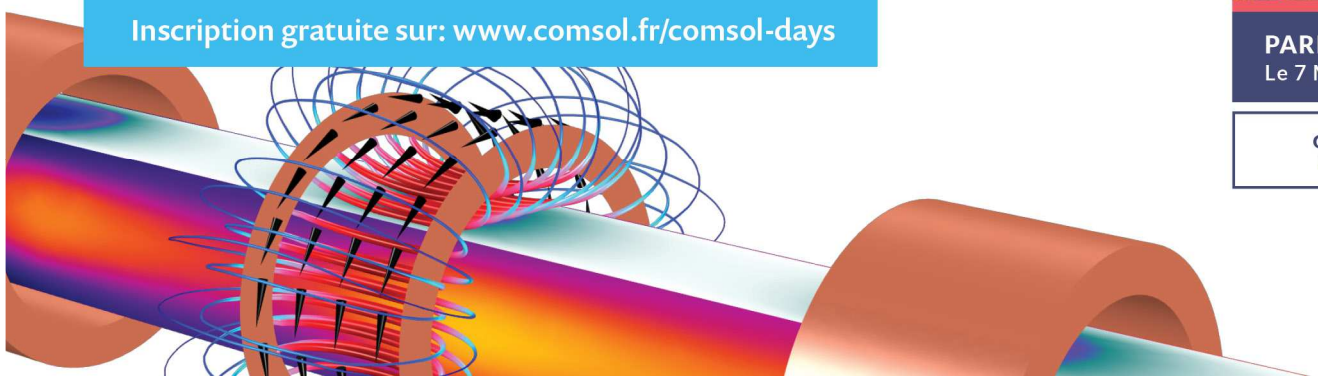
COMSOL

COMSOL Days

Rejoignez-nous pour une journée de formation et d'échanges avec des spécialistes en simulation et les membres de la communauté COMSOL.

- Formez-vous grâce à des minicours spécifiques
- Gagnez en compétences sur l'Application Builder & COMSOL Server™
- Echangez avec la communauté COMSOL

Inscription gratuite sur: www.comsol.fr/comsol-days



Retrouvez-nous à:

PARIS, FRANCE
Le 7 Mars

GRENOBLE	TOULOUSE
LE 17 MARS	LE 24 MARS

COMSOL

COMSOL