

Développement d'un code éléments finis pour simuler le soudage par ultrasons de matériaux composites.

Arthur LEVY, Steven LE CORRE, Arnaud POITOU,
Nicolas CHEVAUGEON, Eric SOCCARD



Nantes - 2009

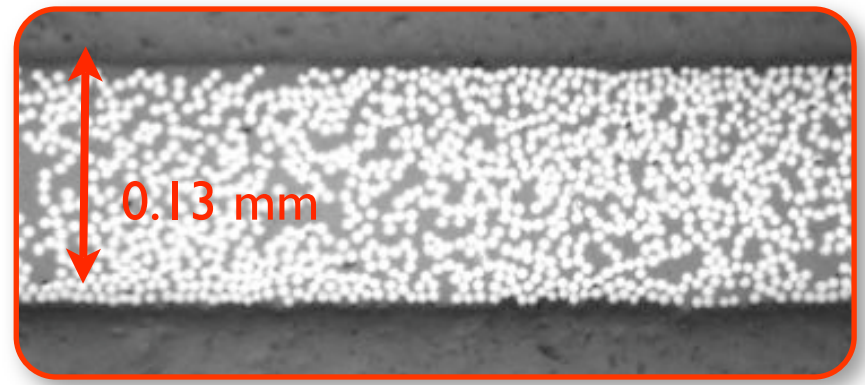
Plan

- Le procédé de soudage ultrason
- Modélisation retenue
- Développement d'un outil numérique adapté
- Résultats

Procédé de soudage par ultrasons

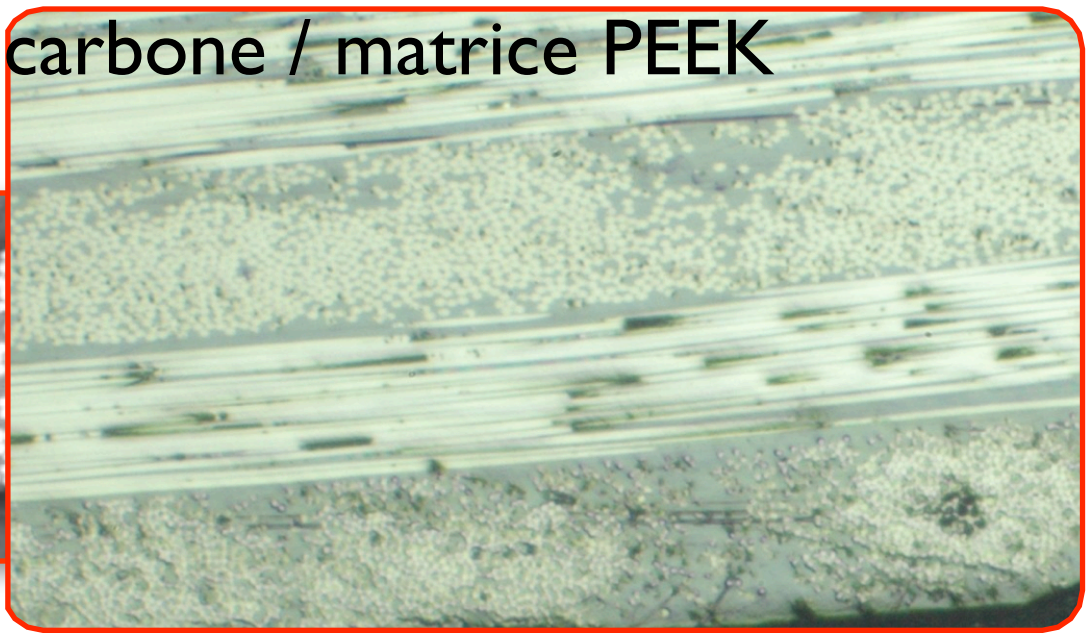
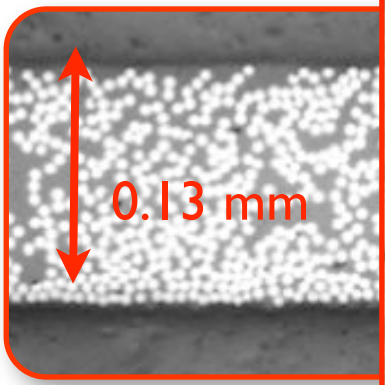
Matériau

fibres de carbone / matrice PEEK



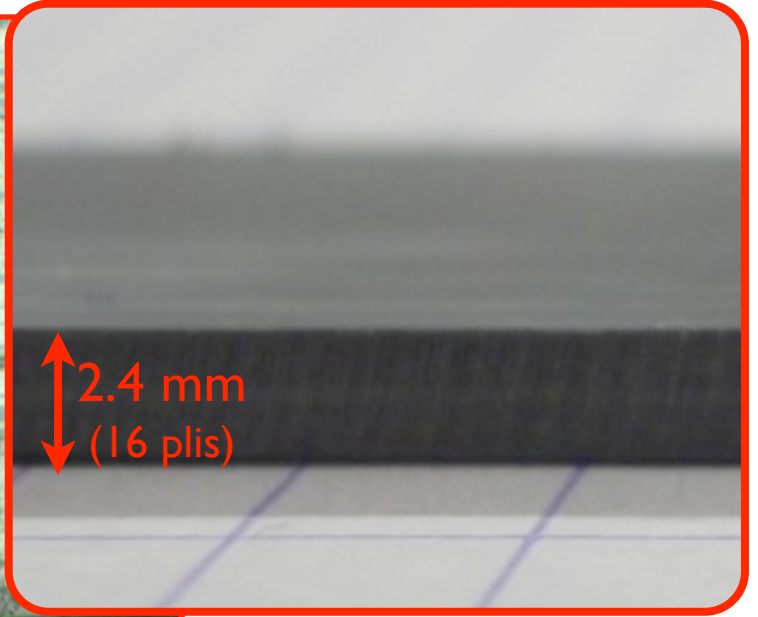
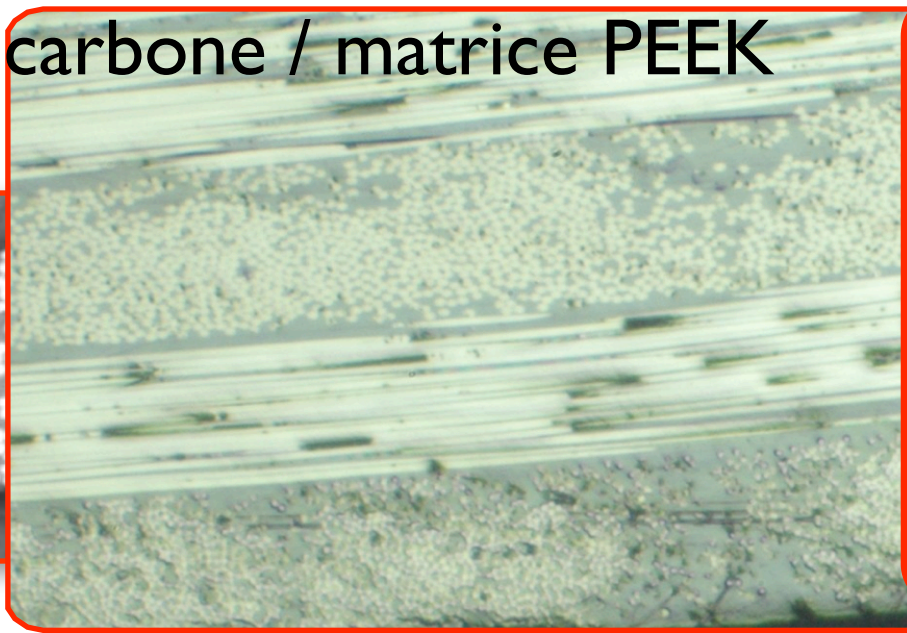
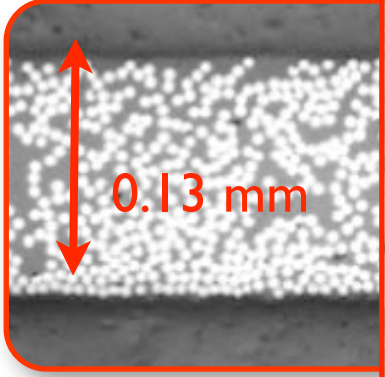
Matériau

fibre de carbone / matrice PEEK



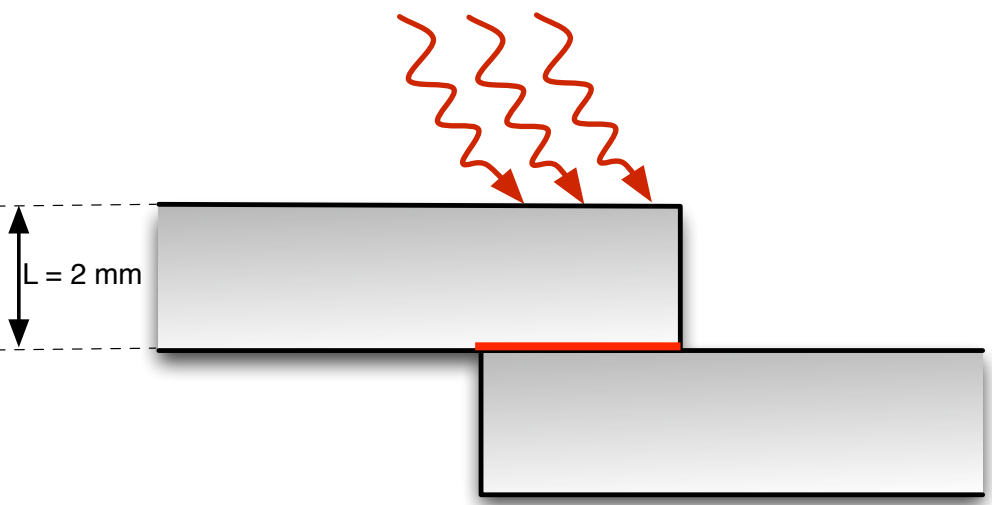
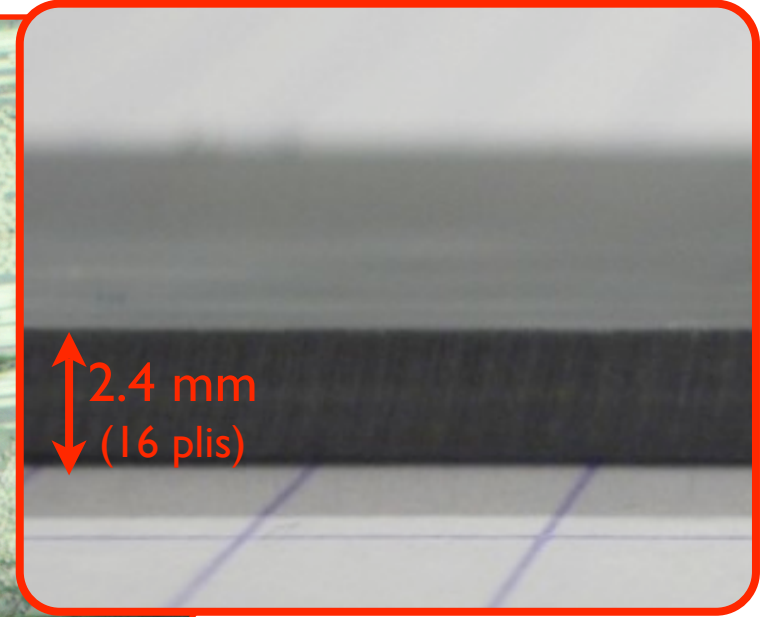
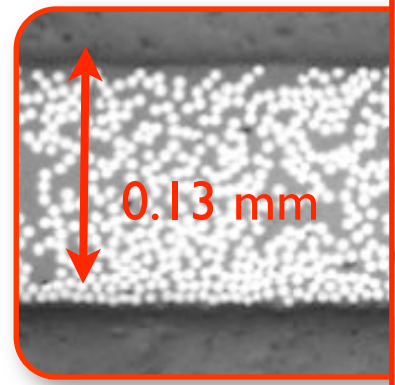
Matériau

fibres de carbone / matrice PEEK



Matériau

fibres de carbone / matrice PEEK



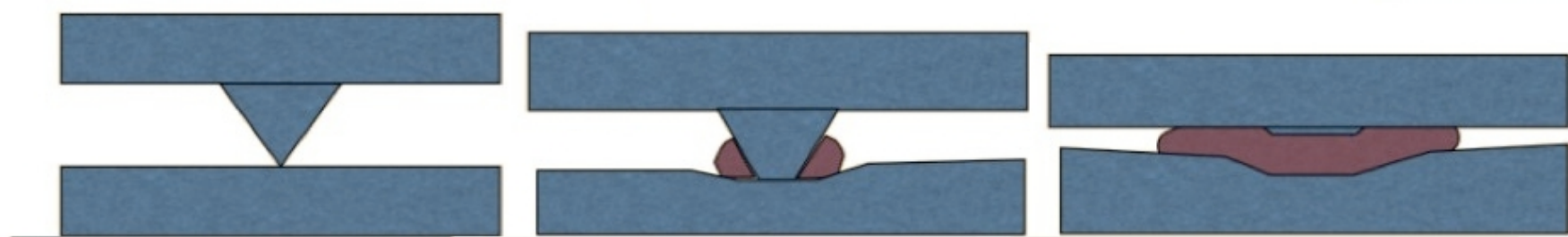
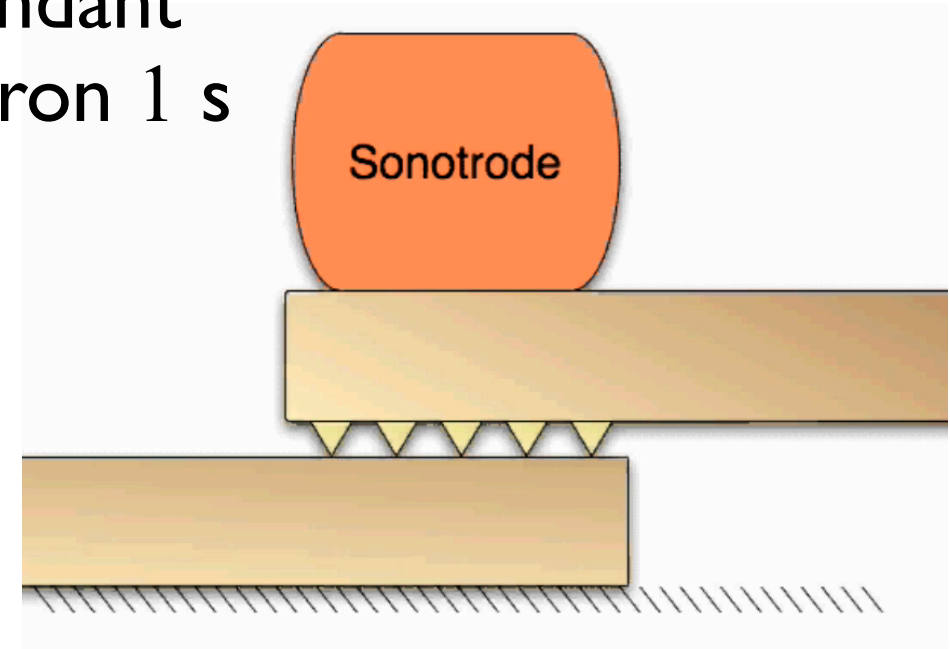
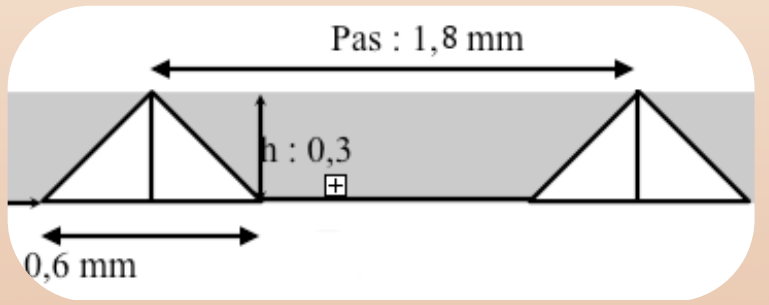
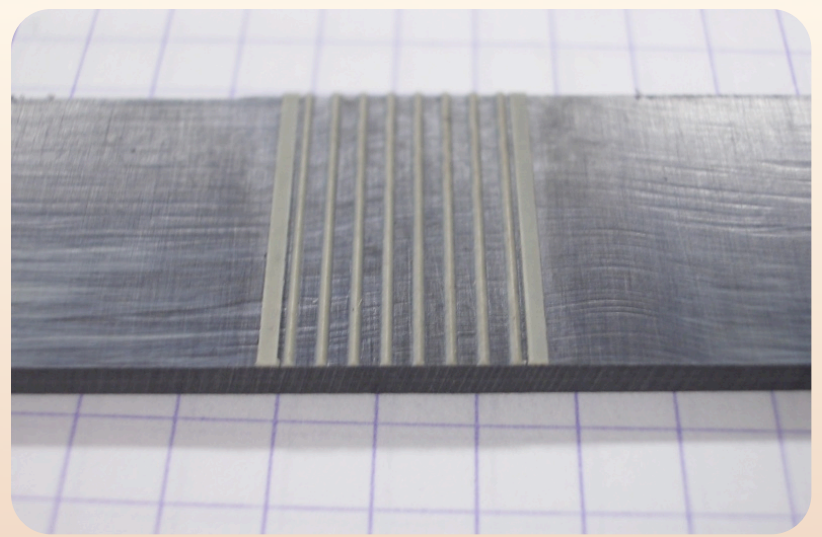
Chauffage à l'interface

- En deux temps : IR, gaz chaud...
- EM : résistance, induction
- Mécaniques : friction, ultrasons

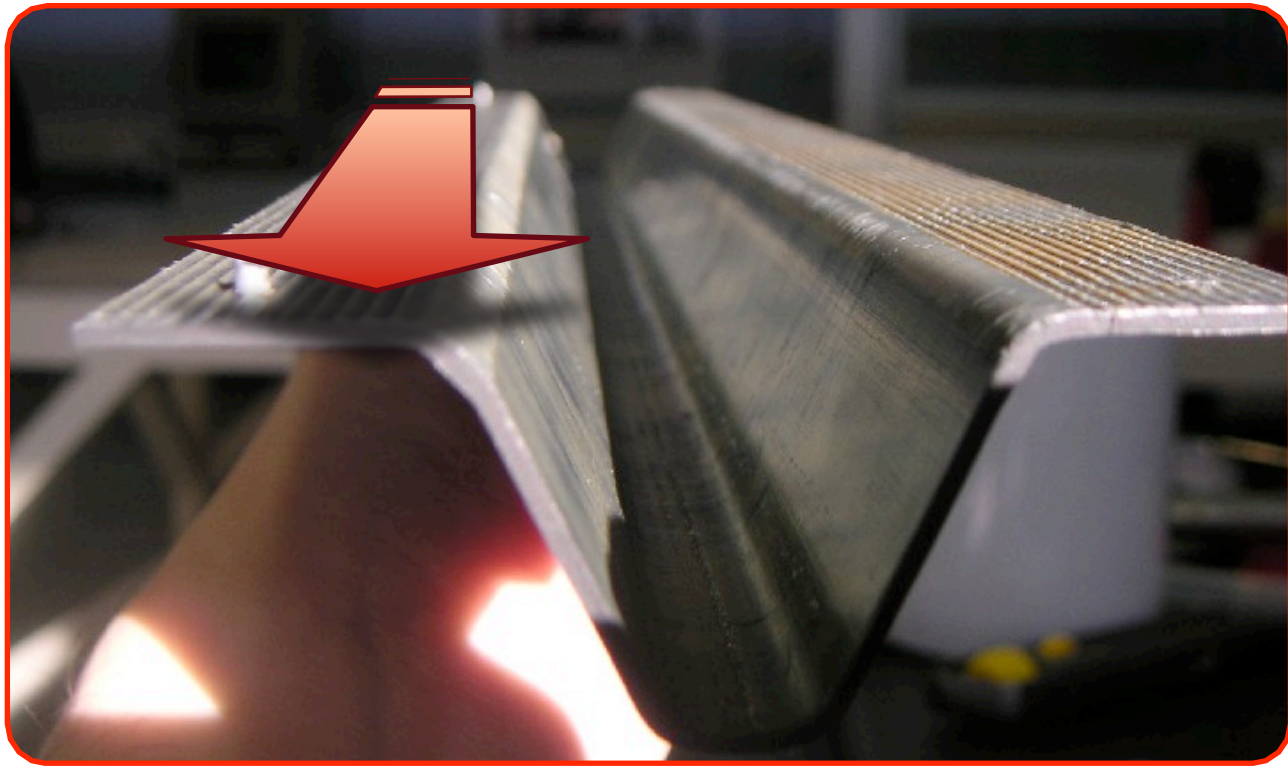
Principe du soudage US

[D. A. Grewell, A. Benatar, J. B. Park. 2003.]
[X. Wang, J. Yan, R. Li, S. Yang. 2006.]

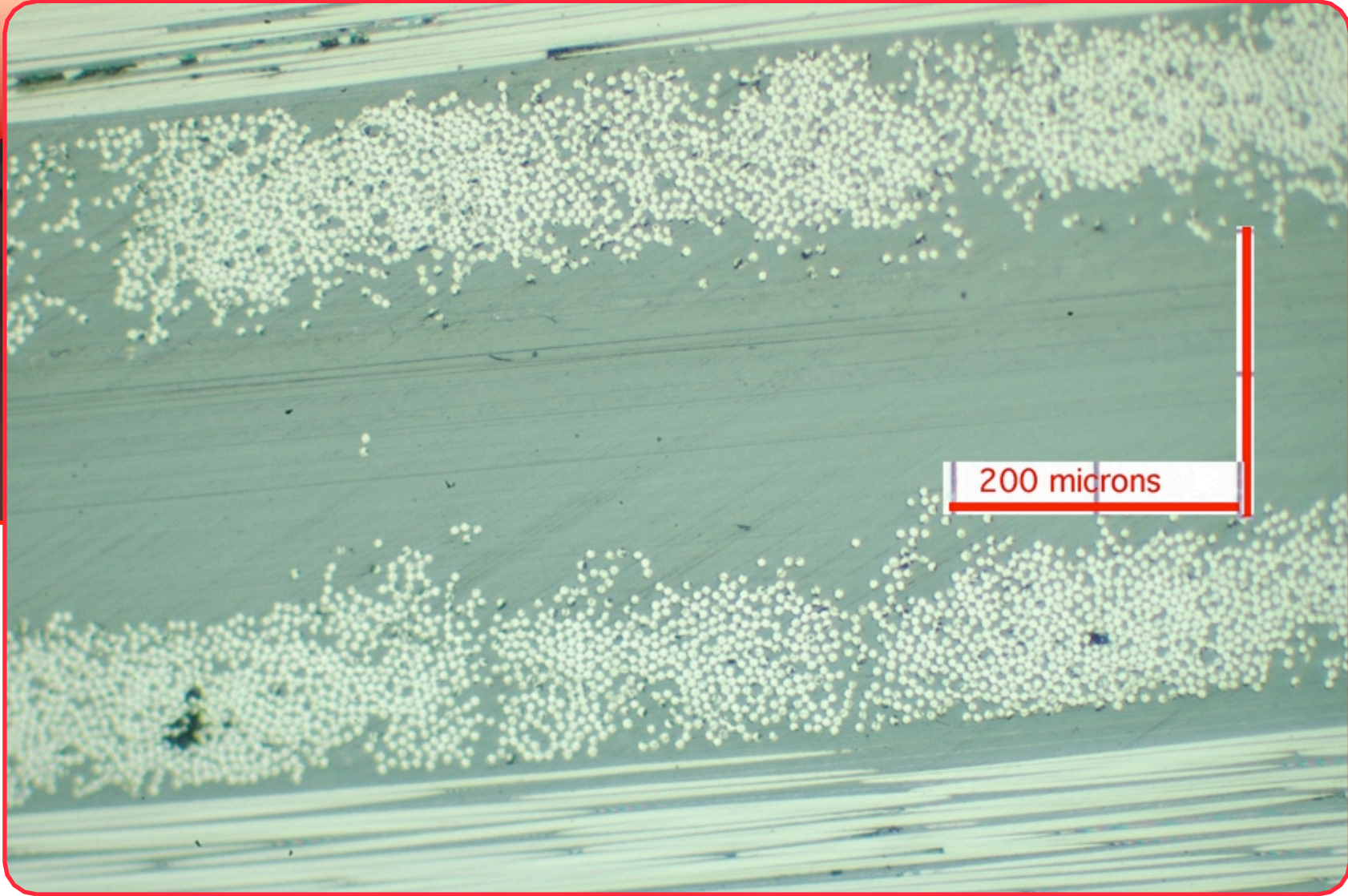
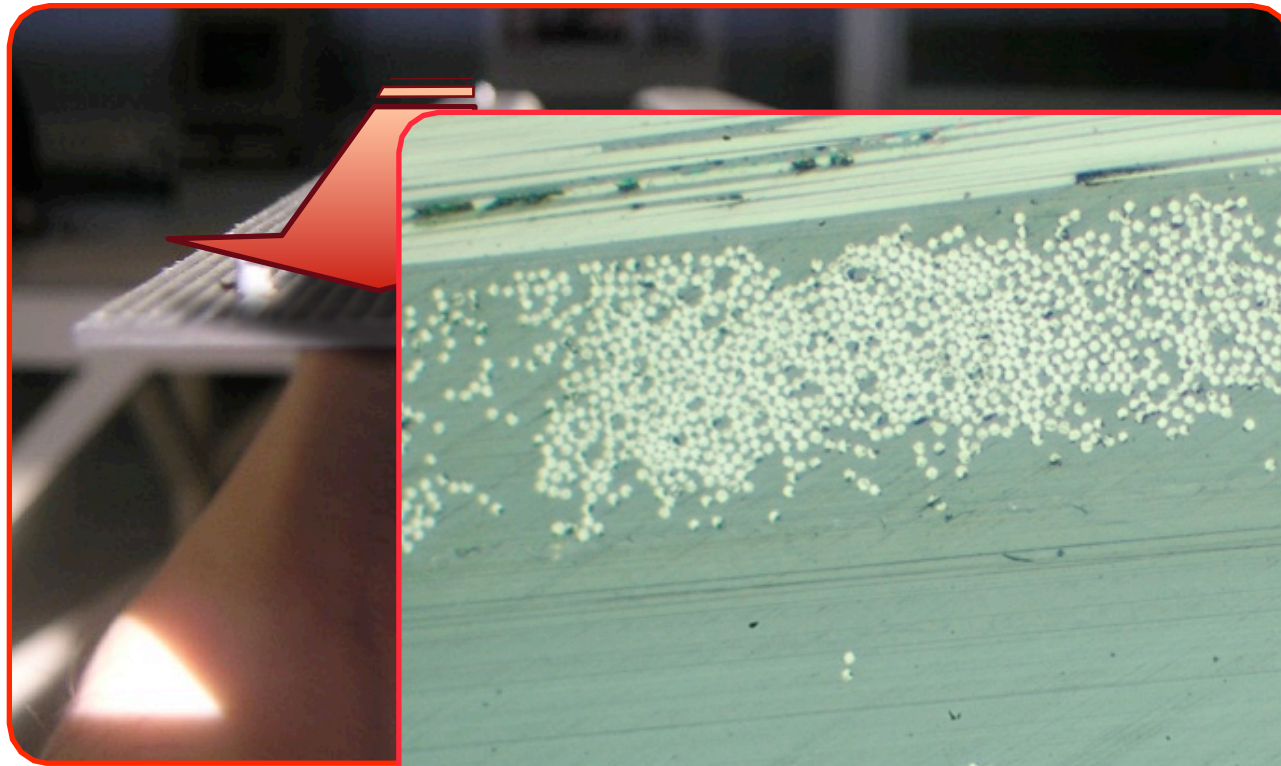
20 KHz
pendant
environ 1 s



Soudage en continu

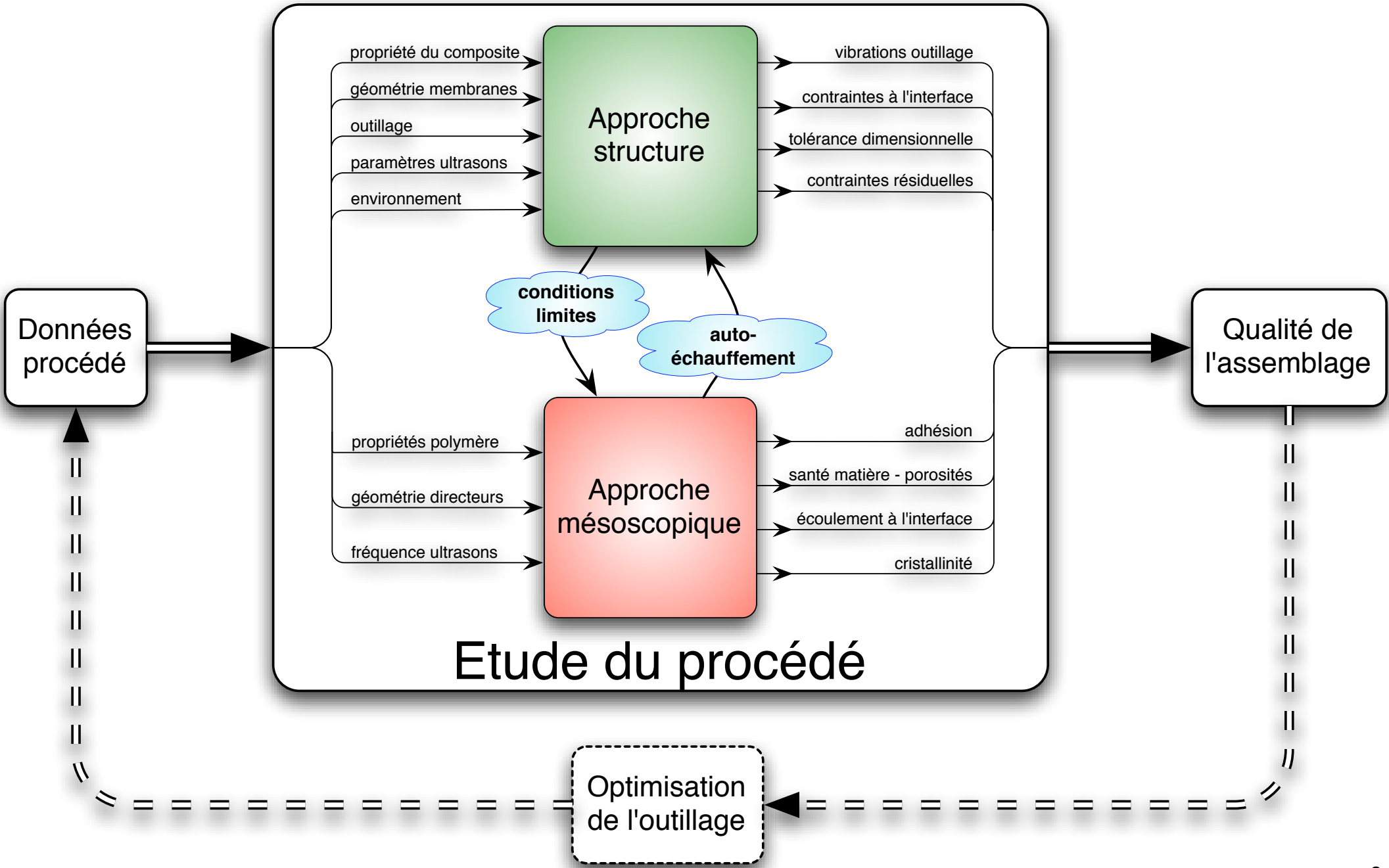


Soudage en continu

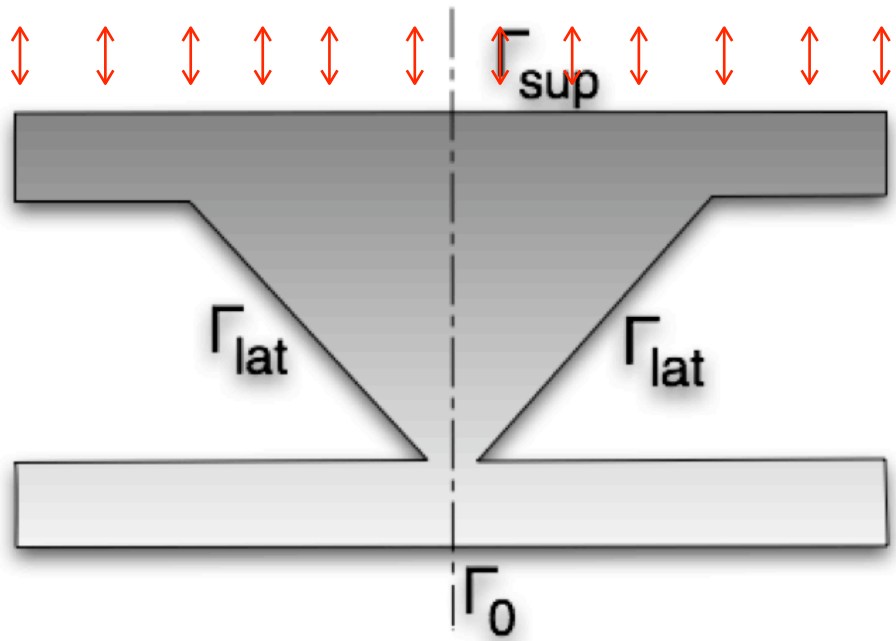


Modélisation retenue

Problématique

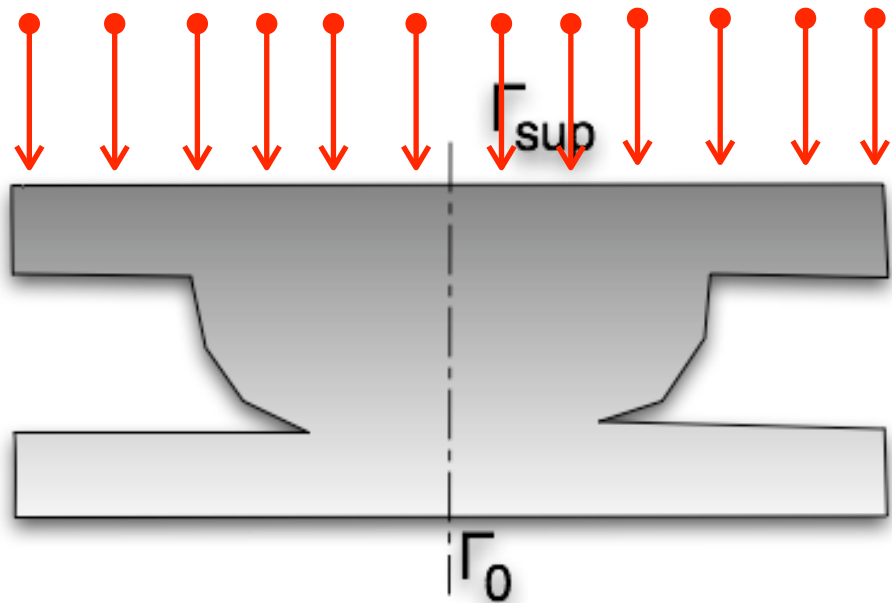


Deux échelles de temps



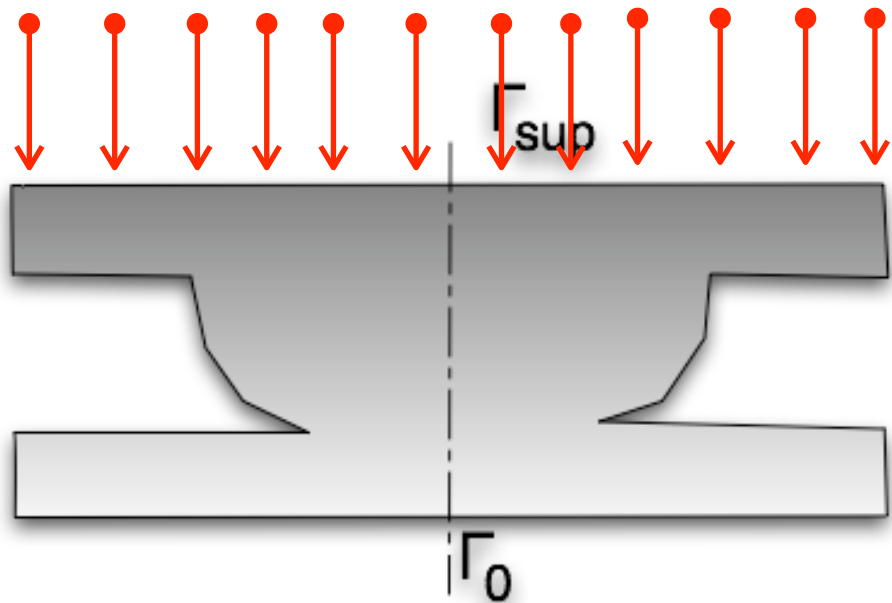
$$\underline{u} = \underline{u}_d(t) + \underline{a} \sin(\omega t)$$

Deux échelles de temps



$$\underline{u} = \underline{u}_d(t) + \underline{\tilde{a}} \sin(\omega t)$$

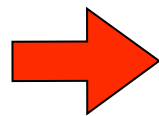
Deux échelles de temps



$$\underline{u} = \underline{u}_d(t) + \underline{a} \sin(\omega t)$$

Echelle de temps longs (~1s)

Echelle de temps courts ($5 \cdot 10^{-4}$ s)

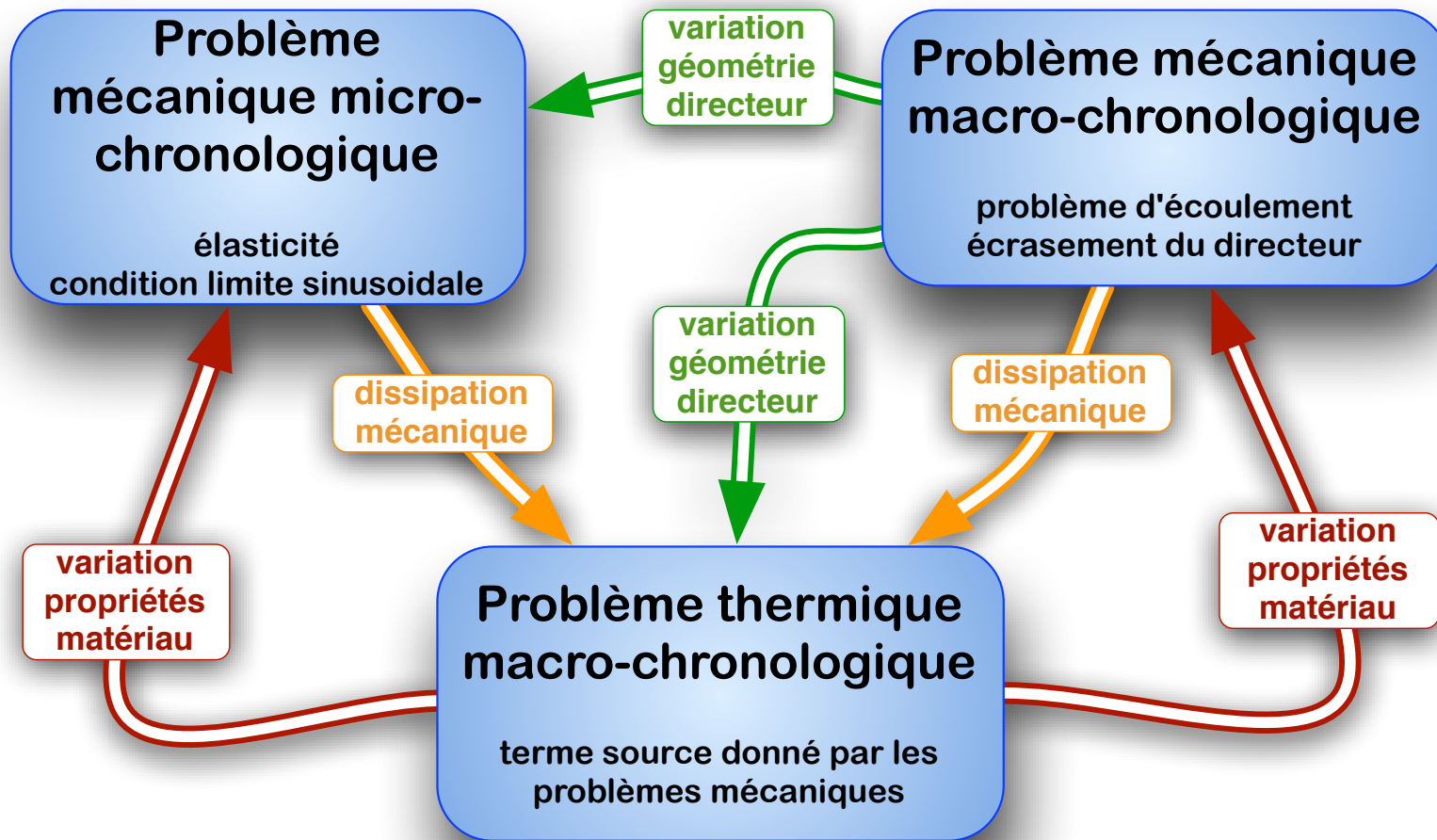


Petits pas de temps (~100 000 pas de temps/s)
Temps de calculs inabordables

3 problèmes physiques

Méthode d'homogénéisation
par développement asymptotique

[Levy et al. 2009]



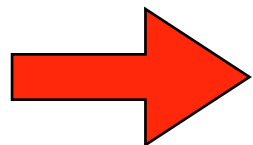
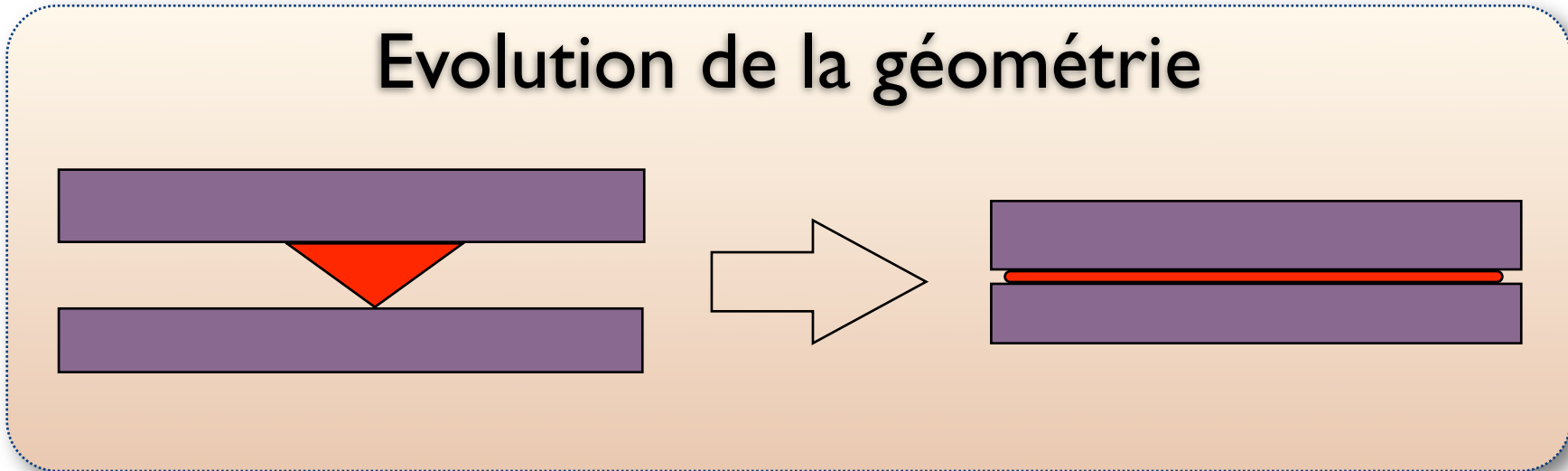
Effet de la géométrie → Résolution numérique

Développement d'un outil numérique adapté

Spécificité du problème à résoudre

Multiphysique
Implémentation de 3 problèmes

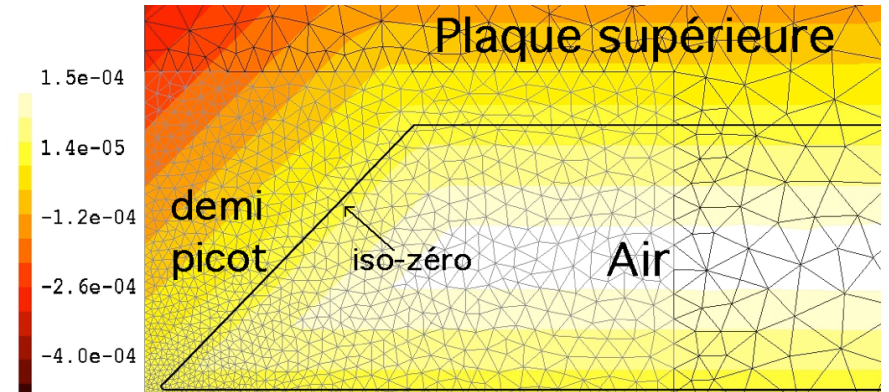
| | |
|---------------------|-----------|
| Couplages originaux | mécanique |
| | mécanique |
| | thermique |



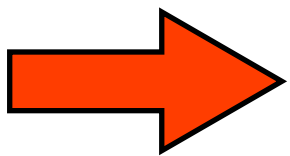
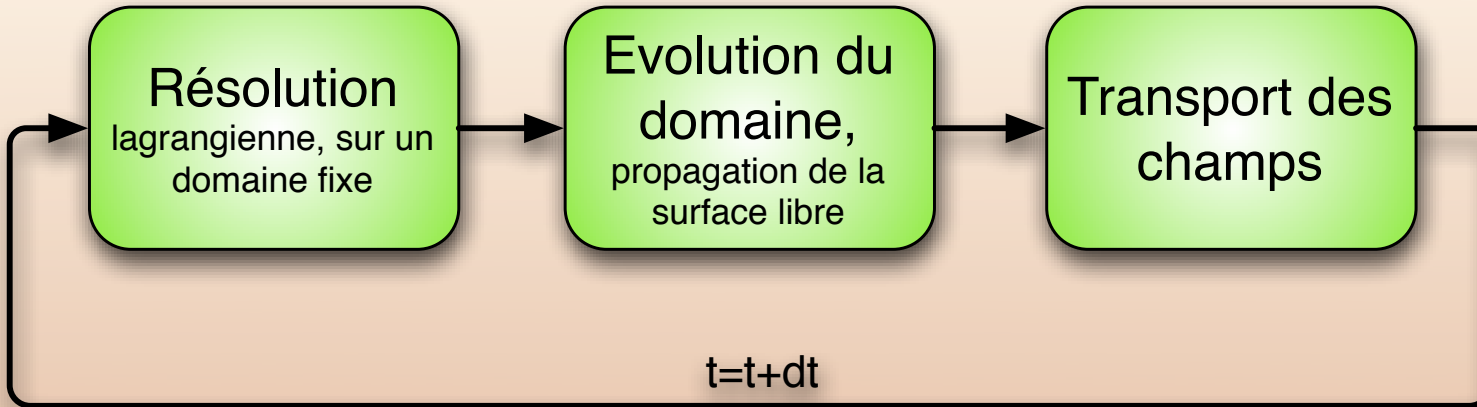
Développement d'un code maison

Cadre du développement

Eulérien,
Levelset : distance algébrique



Operator Splitting [Smolianski, 2005]

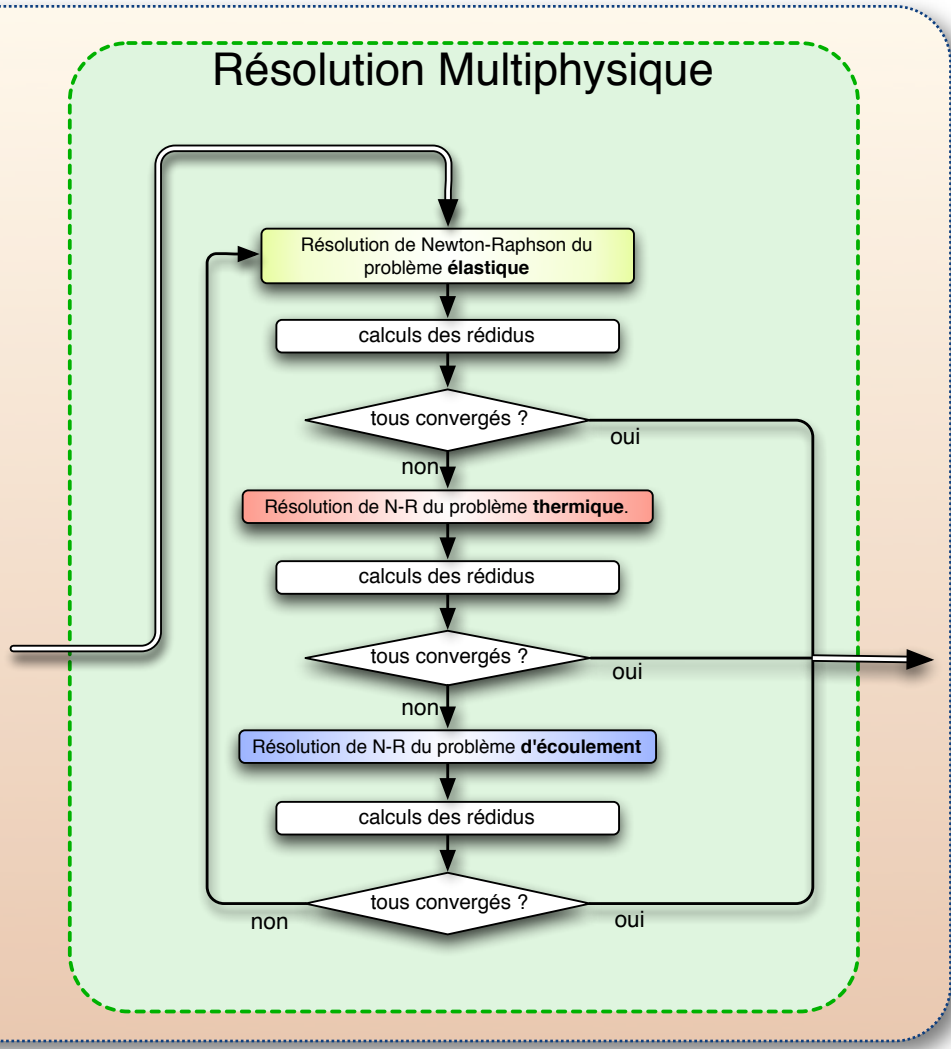


code C++ , librairie éléments finis X-FEM

Résolution multiphysique

Méthode
itérative

Point fixe,
Gauss Seidel



Implémentation
de chaque
physique dans
un cadre non
linéaire

Paramètres matériau

Adaptés de la littérature

[Nicodeau 05, Ageorges 98,
Cogswell 92]

Ecoulement : Fluide visqueux quasi-Newtonnien
Loi de Carreau
Thermodépendence en loi d'Arrhenius

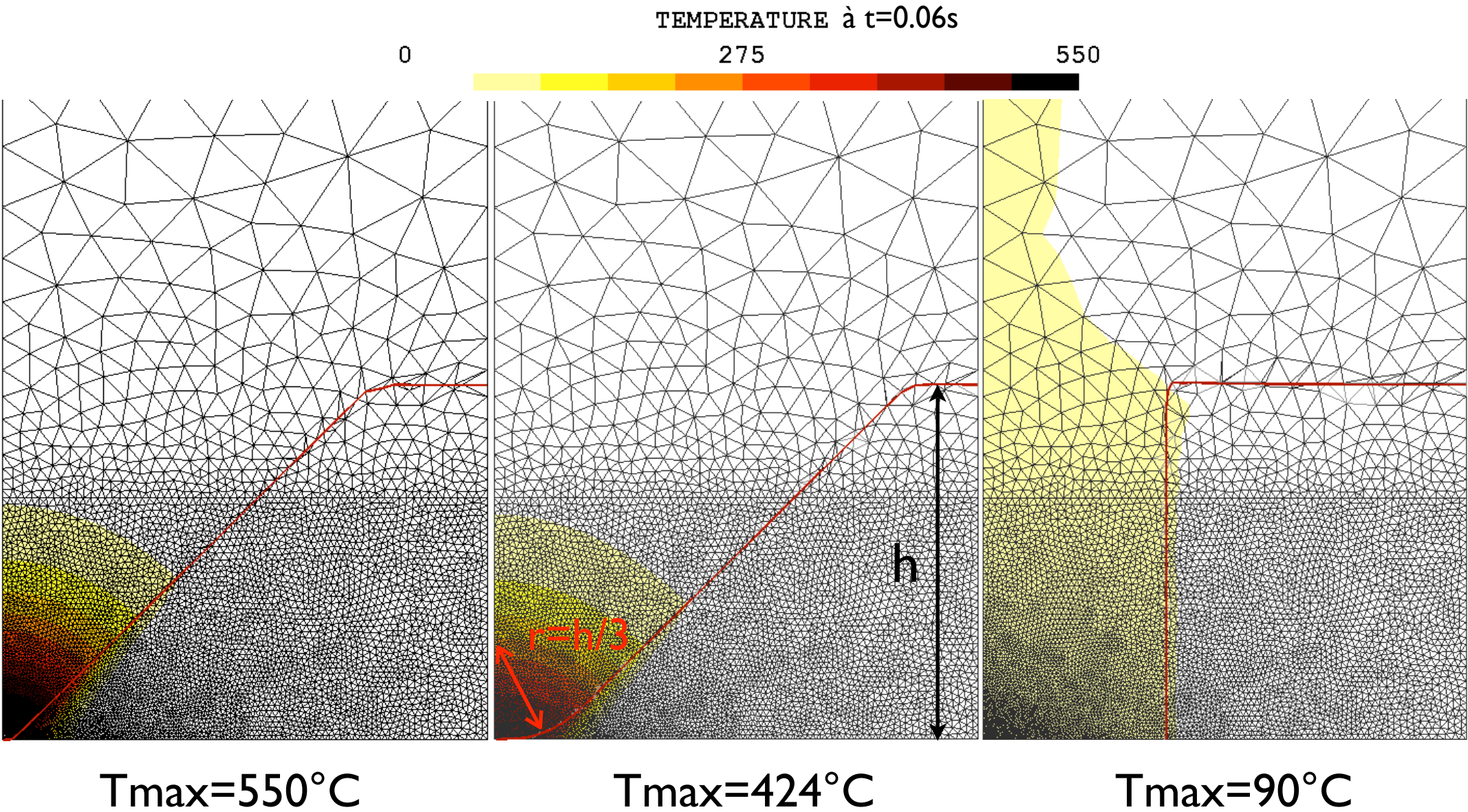
Vibration : Elasticité linéaire
Thermodépendence simplifié

Thermique non-linéaire
Thermodépendence des
paramètres matériaux

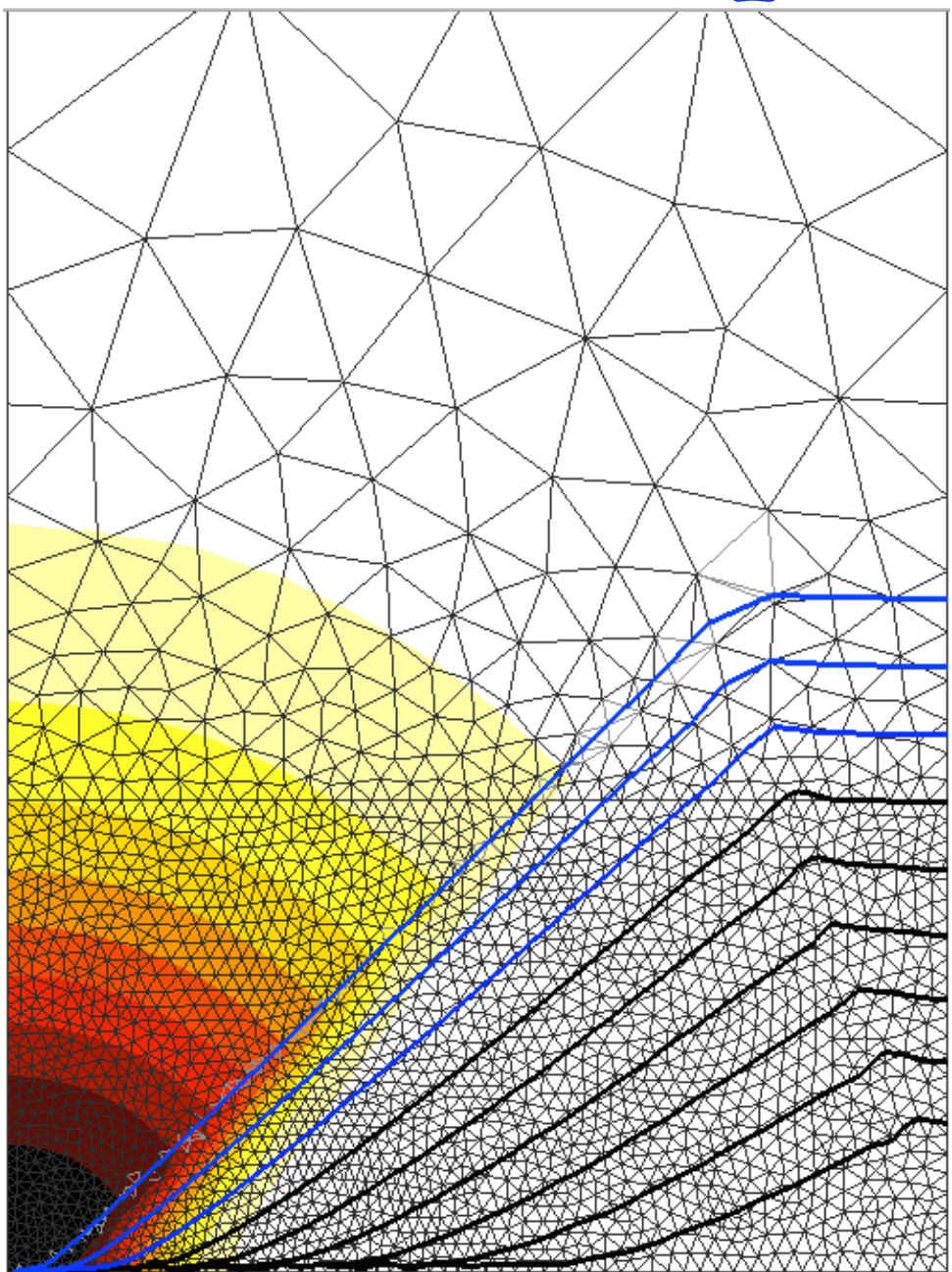
Résultats

Effet de pointe du directeur

Pour trois géométrie initiales différentes

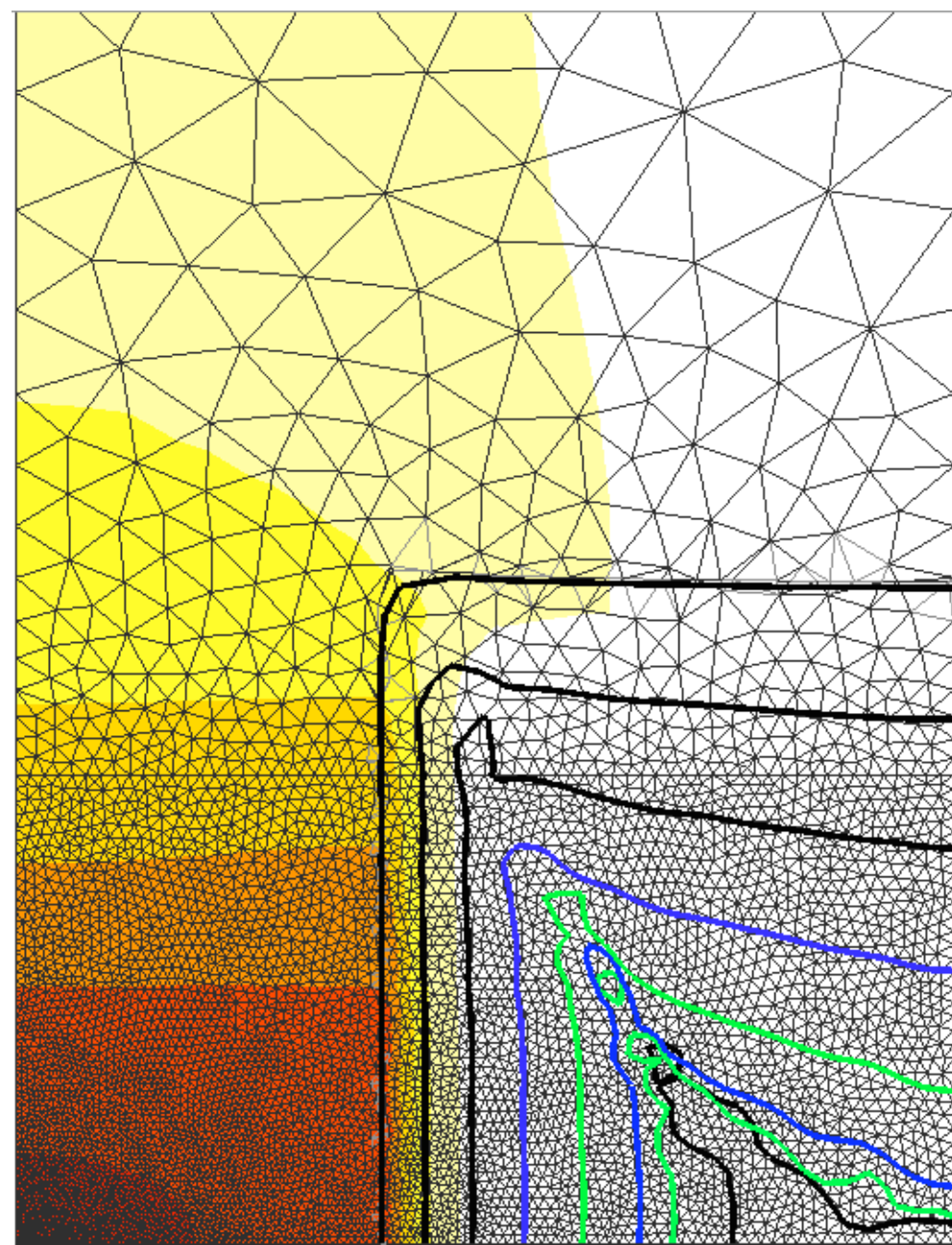


Température (t=0.2s)



0

300

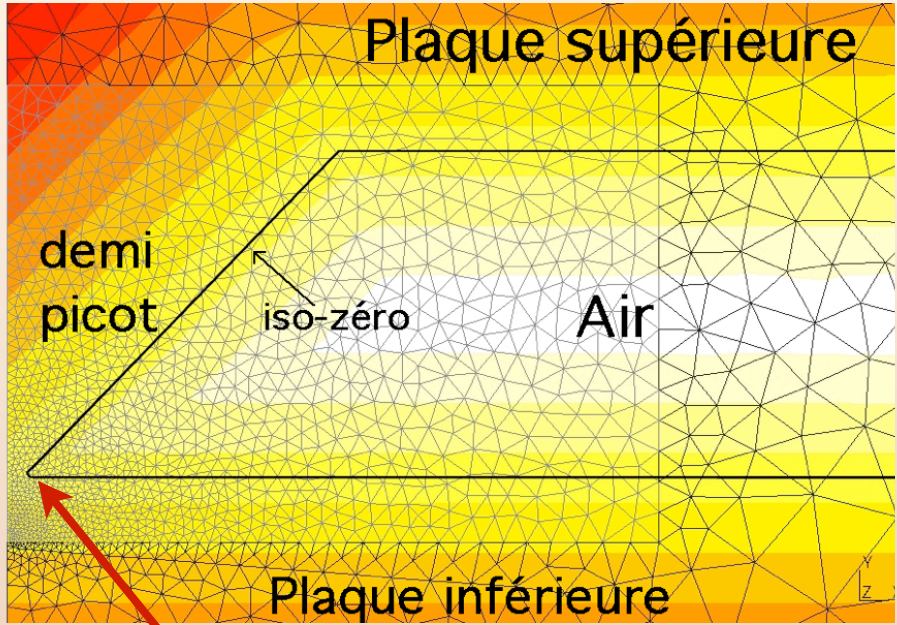


600

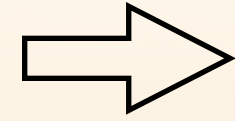


Plaque inférieure

une unique levelset

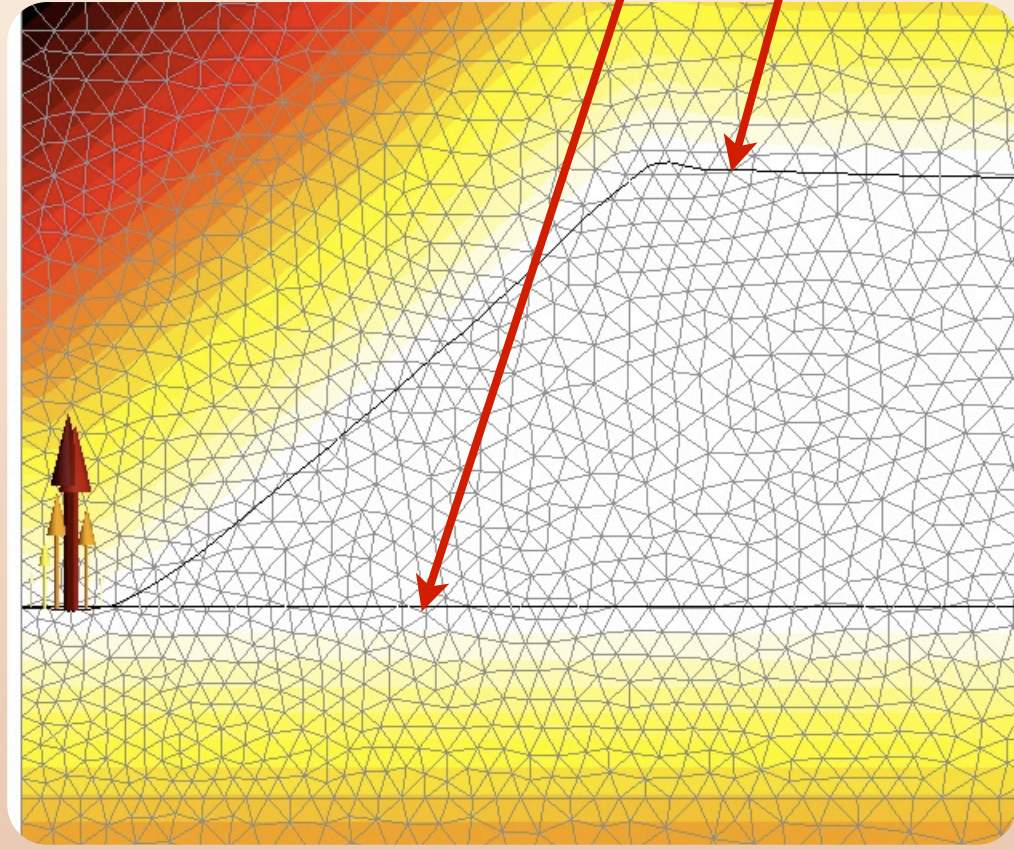


Problème de description au coin

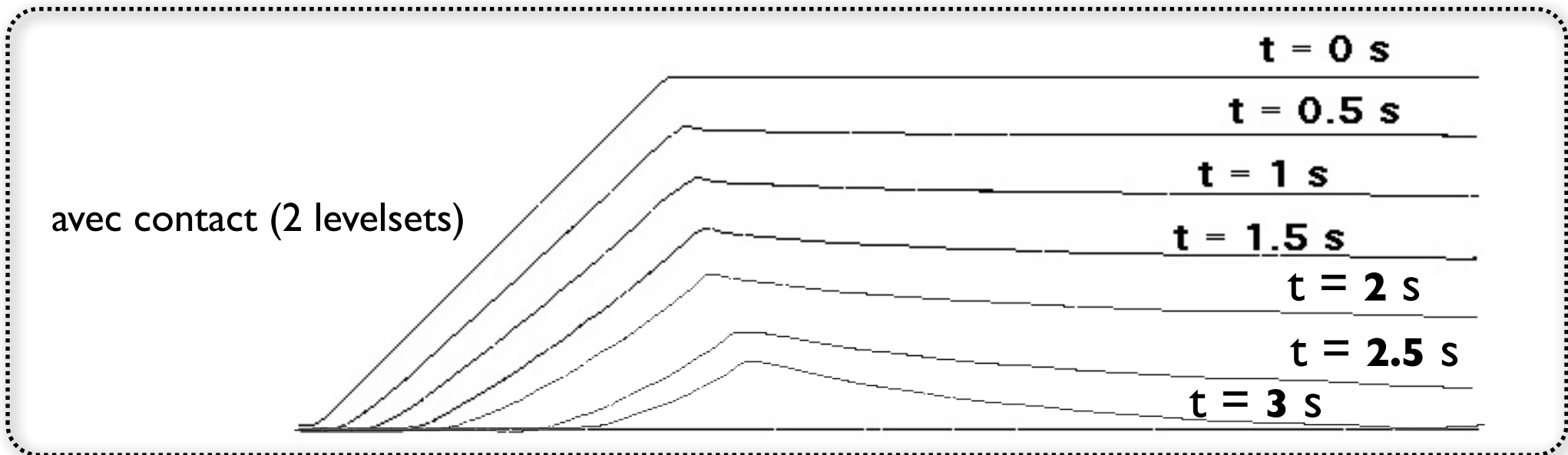
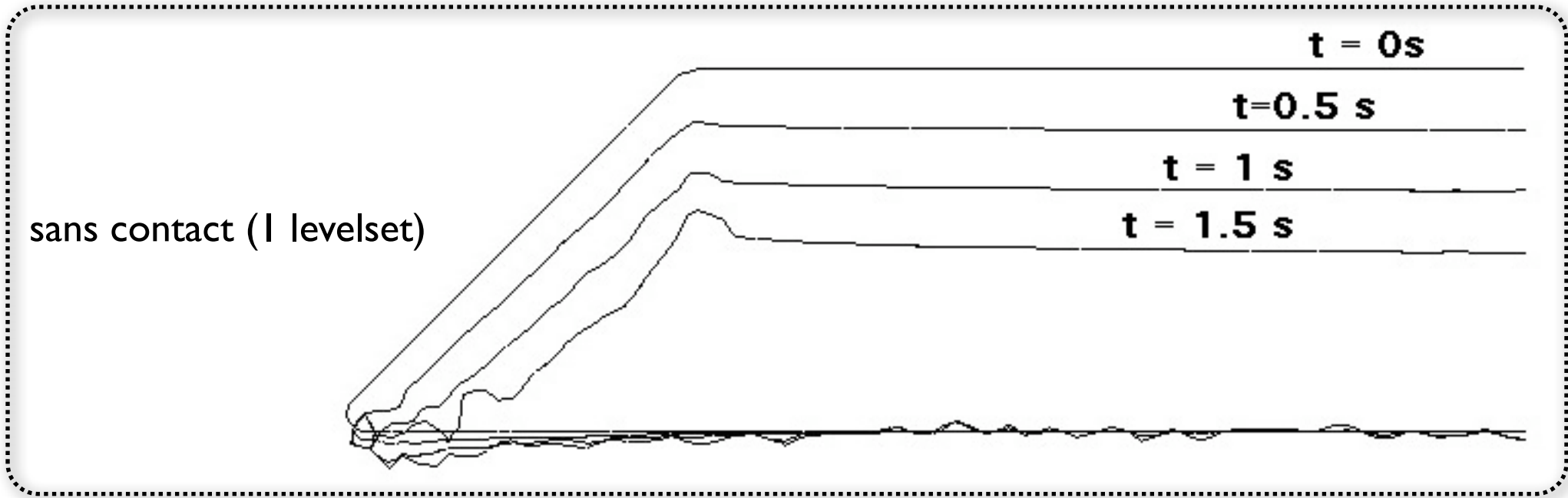


contact par pénalisation

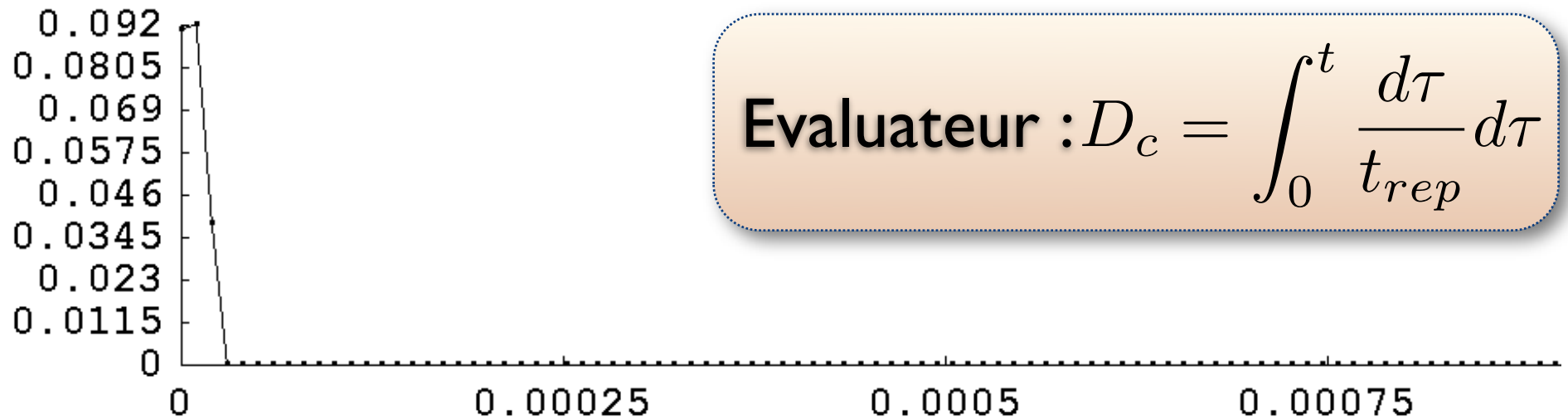
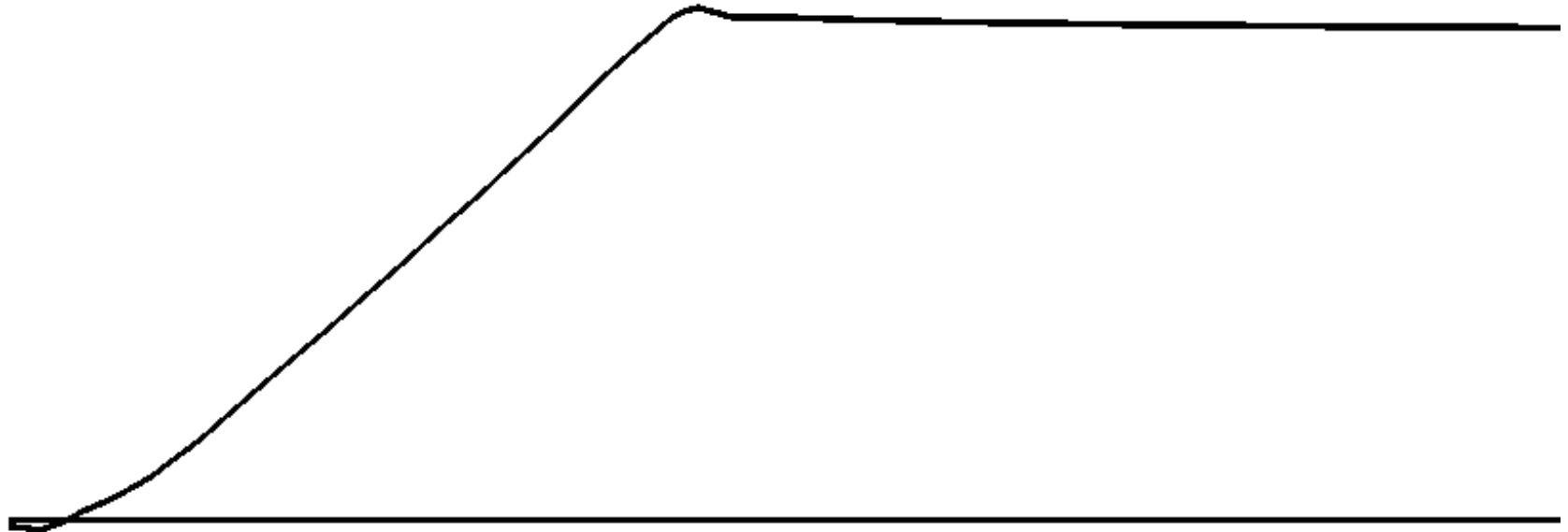
2 levelsets



Contact par pénalité

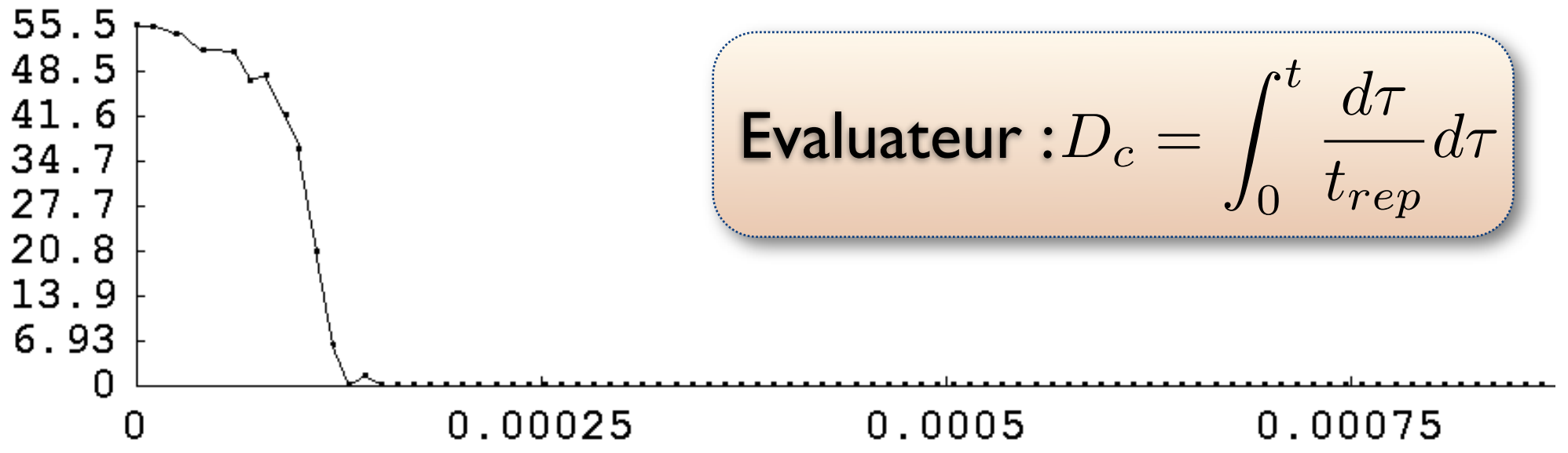


Cicatrisation



Evaluateur : $D_c = \int_0^t \frac{d\tau}{t_{rep}} d\tau$

Cicatrisation



Evaluateur : $D_c = \int_0^t \frac{d\tau}{t_{rep}} d\tau$

Conclusion / Perspectives

Développement d'un code éléments finis multiphysique
surface libres + contact : Levelsets

Simulation de la thermo-mécanique à l'interface

Perspectives :
utilisation de l'outil
3D, conditions aux limites
refroidissement
modèle macro équivalent

