

# Amélioration Produit Photovoltaïque

Projet de Fin d'Études

**Claude MACAIRE & Sergey TYSHCHENKO**

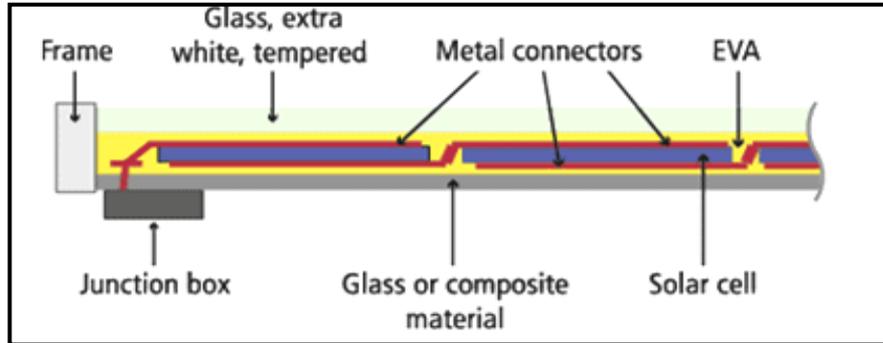
03/2010 à 06/20101

Responsables industriels : M. SAINT-SERNIN et M. DUPUIS

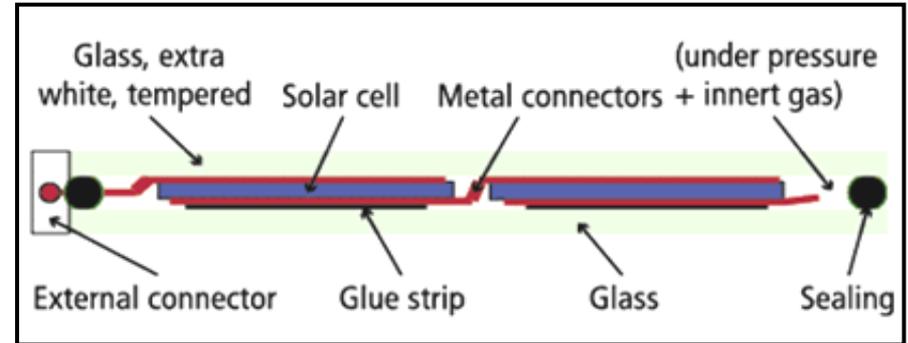
Responsables pédagogiques : M. THÉOULE et M. MORESTIN

- ▶ **Introduction**
- ▶ **Essais**
  - **Essais de traction sur connecteurs en cuivre**
  - **Mesure de planéité sur plaque en verre**
- ▶ **Modélisation numérique**
  - **Modèle simple**
    - Configuration
    - Résultats
  - **Modèle avancé**
    - Configuration
    - Résultats
- ▶ **Bilan**
- ▶ **Perspectives**

## Technologie NICE : New Industrial Cells Encapsulation



Technologie courante

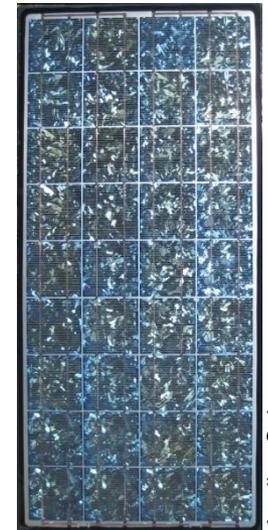


Technologie d'Apollon Solar

- » Pas d'encapsulant (EVA)
- » Nouvelle techniques de scellement inspirées des doubles vitrages
- » Pas de soudures



- » Fabrication entièrement automatisée et plus rapide
- » Meilleure étanchéité et durée de vie
- » Module entièrement recyclable
- » Coût de production réduits de 50 %



## Technologie NICE - Ligne pilote à l'INES



Apollon Solar

Placement des rubans et cellules

Dépôt des busbars

Pistes de collage et scellement

**Presse du module**

- Réalisation de la dépression
- Introduction d'un gaz neutre
- Assemblage face avant et face arrière



## Problématique :

Migration des cellules et connecteurs après cycles thermiques

Comprendre les phénomènes physiques mis en jeu lors de la migration des composants

## Objectifs :

- » Répertorier les sources possibles du phénomène
- » Réaliser des essais directement sur les pièces telles qu'utilisées dans les modules
- » Modéliser numériquement l'assemblage
- » Mettre en œuvre des tests pédagogiques sur ce modèle
- » Réfléchir à des solutions d'amélioration du produit

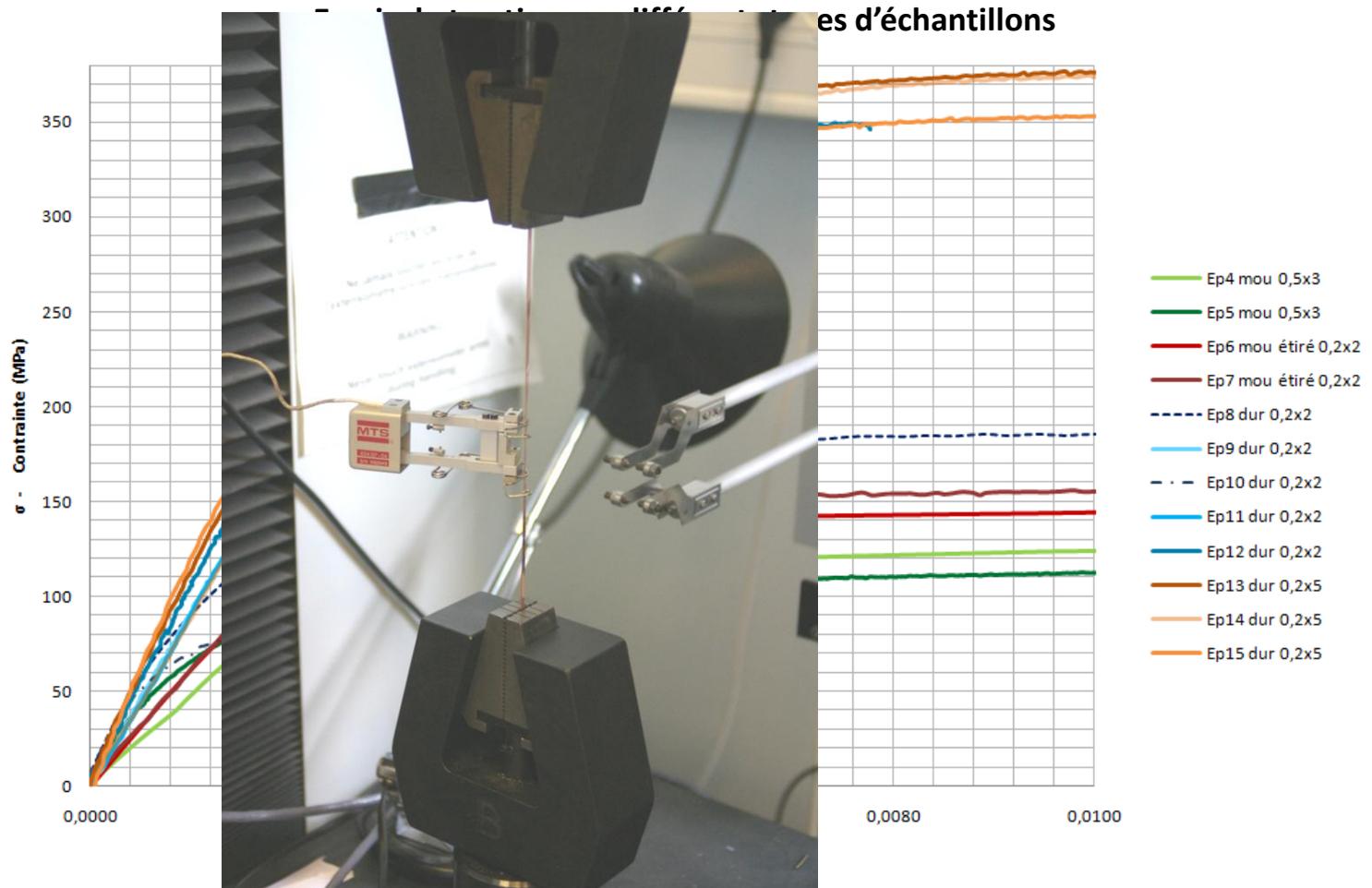
## Enjeux :

- » Mieux maîtriser la fabrication des modules dans le cadre du projet NICE
- » Continuer l'innovation photovoltaïque en réduisant les coûts



Apollon Solar

## Essais de traction sur connecteurs en cuivre



## Mesure de planéité sur plaque de verre



**Stéréo corrélation**



**Bras FARO**

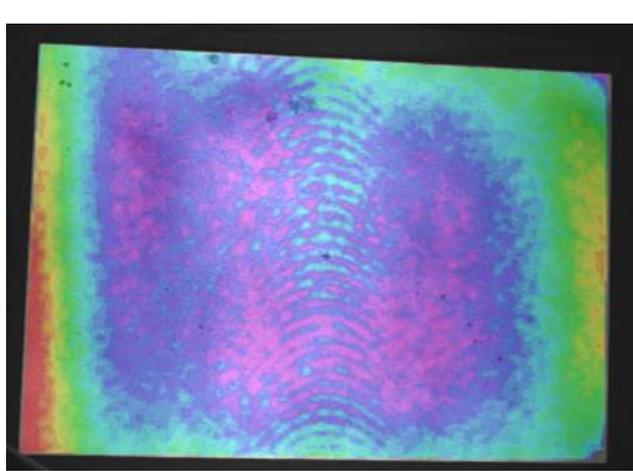
- » Laser
- » Palpeur mécanique

### Machine à Mesurer ridimensionnelle

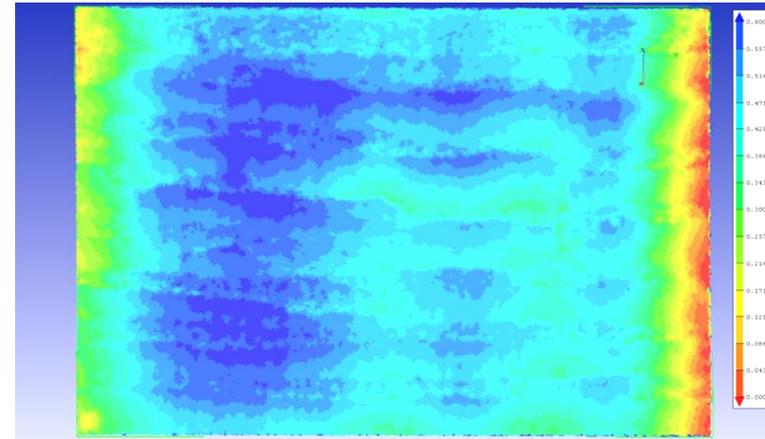
- » Palpeur piézoélectrique
- » Palpeur avec jauge de contraintes



## Mesure de planéité sur plaque de verre



**Stéréo corrélation**



**Bras FARO**

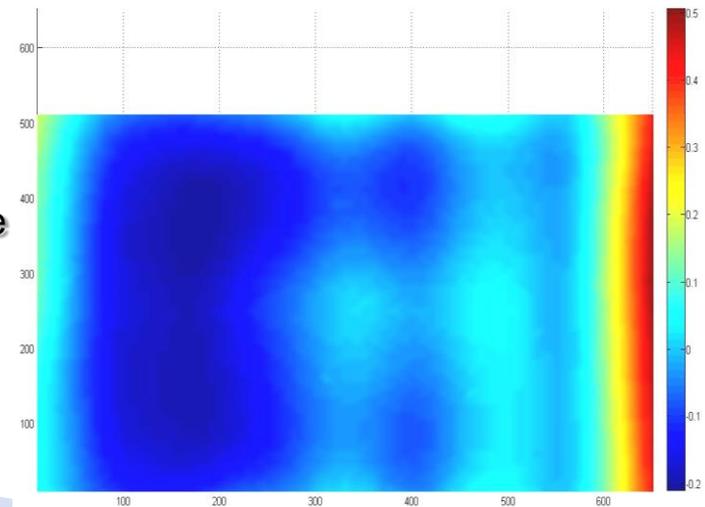
» Laser

» Palpeur mécanique

**Machine à Mesurer tridimensionnelle**

» Palpeur piézoélectrique

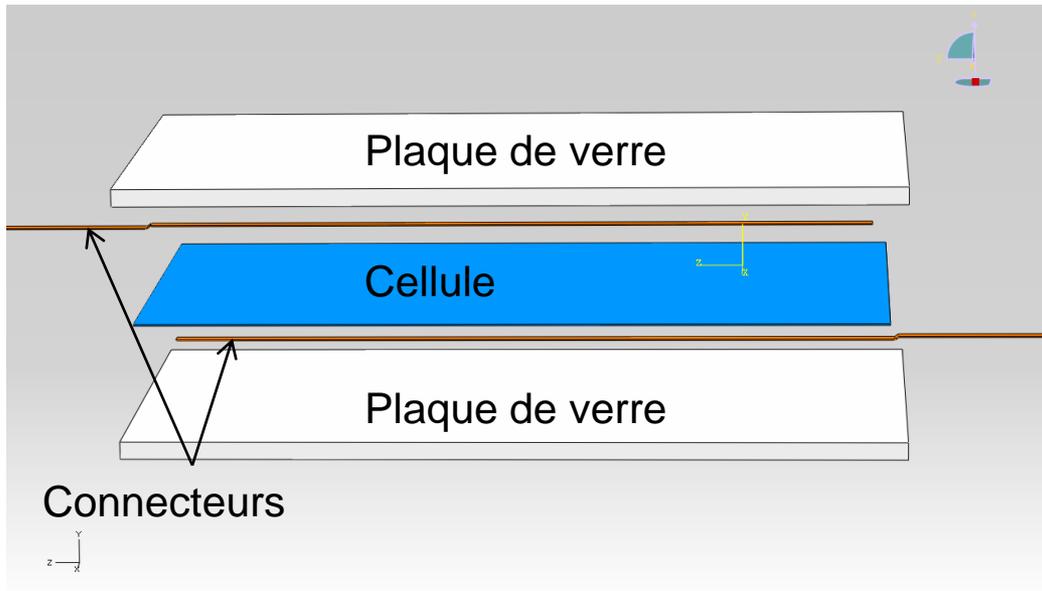
» Palpeur avec jauge de contraintes



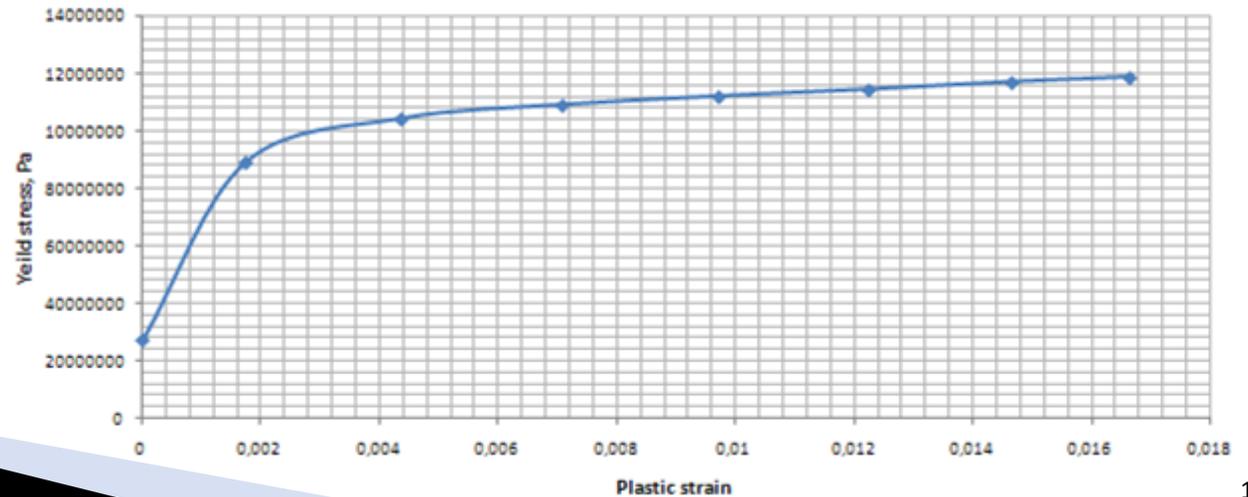
## Mesure de planéité sur plaque de verre

|                                   | Mobile | Précis | Peu de préparation | Mesure rapide | Simple | Sans contacts |
|-----------------------------------|--------|--------|--------------------|---------------|--------|---------------|
| Bras FARO<br>Palpeur mécanique    | ★      |        | ★                  | ★             | ★      |               |
| MMT<br>Palpeur piézoélectrique    |        |        | ★                  |               | ★      |               |
| Bras FARO<br>Laser                | ★      | ★      |                    | ★★★           | ★      | ★             |
| MMT<br>Palpeur jauges déformation |        | ★★★    | ★                  |               | ★      |               |
| Stéreo-corrélation                | ★      | ★      |                    | ★             |        | ★             |

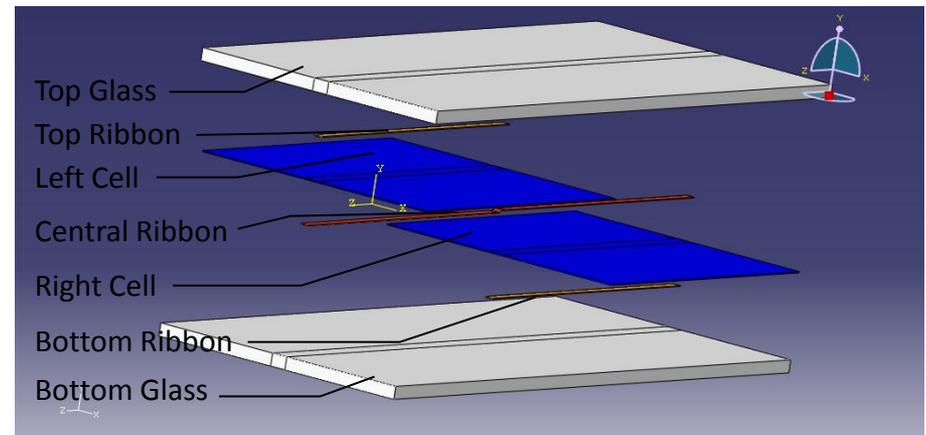
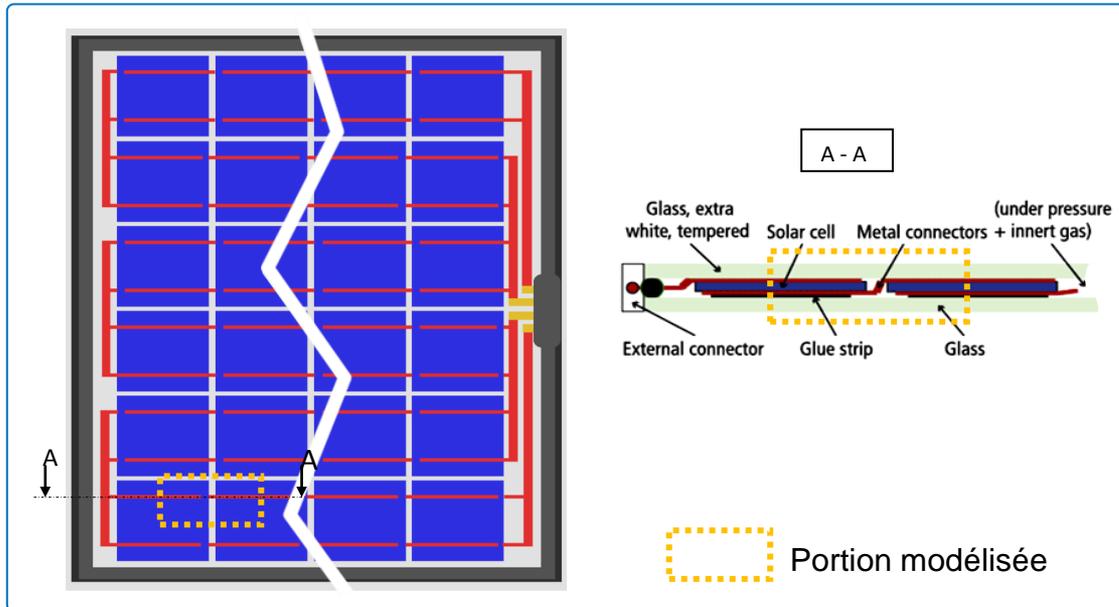
## Essais de traction + Modèle simplifié



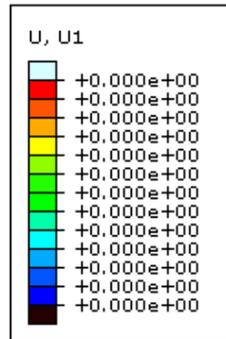
Copper plastic stress/strain curve



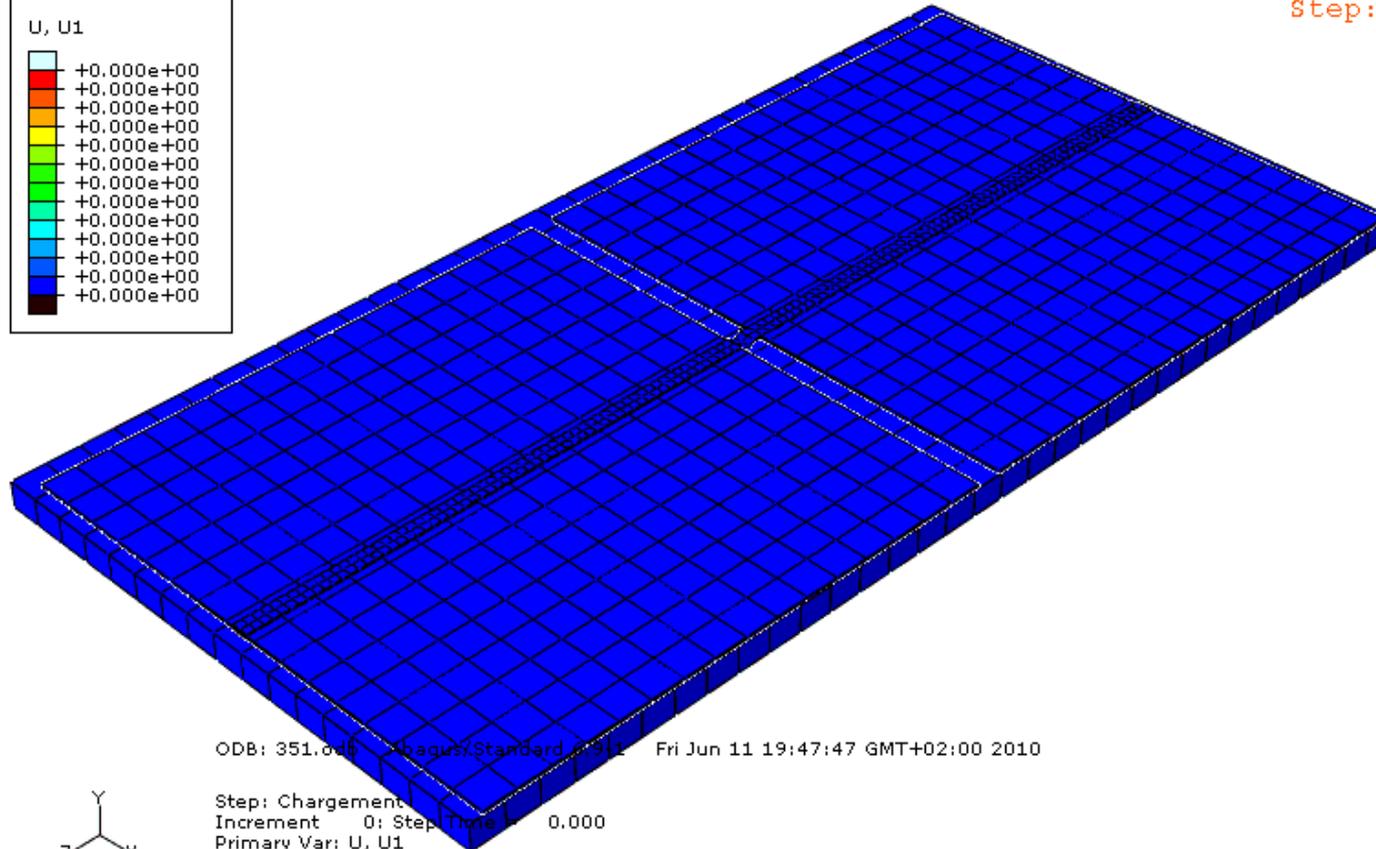
## Modèle amélioré



## Modèle amélioré



Step: Chargeme Fr



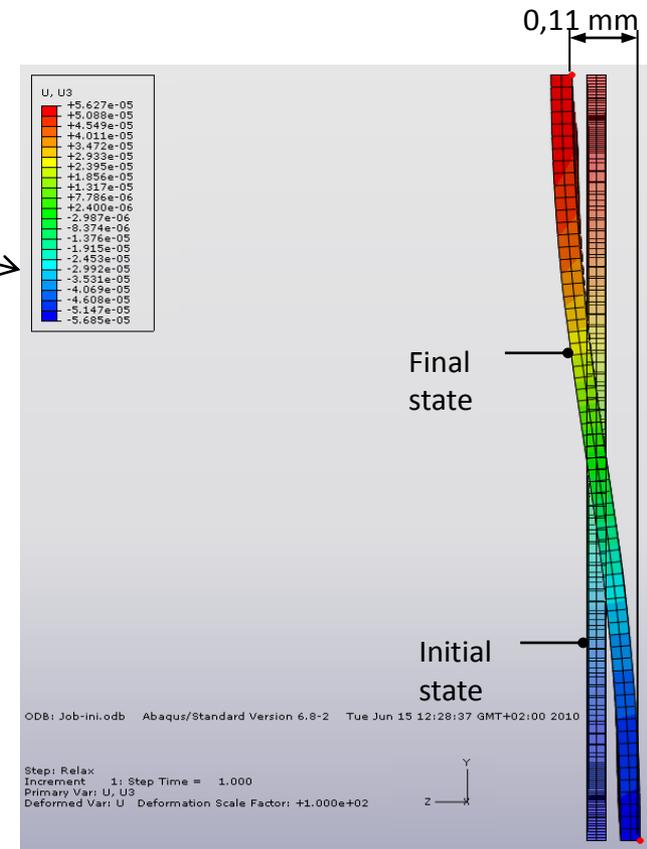
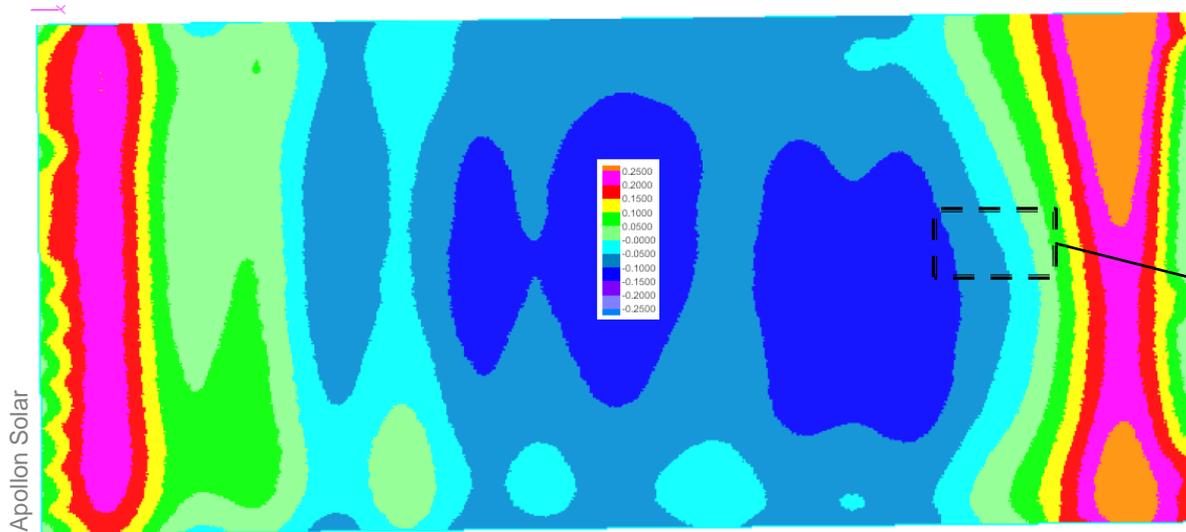
ODB: 351.odb Abaqus/Standard 6.9.1 Fri Jun 11 19:47:47 GMT+02:00 2010



Step: Chargement  
Increment: 0; Step Time: 0.000  
Primary Var: U, U1  
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: x = +2.000e+002 y = +0.000e+000 z = +0.000e+00



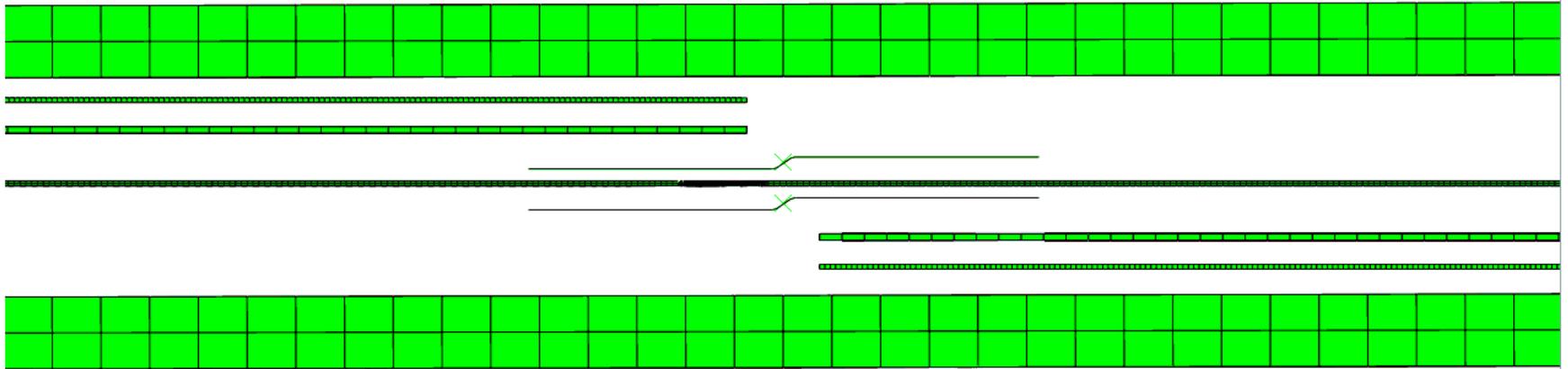
## Représentation des défauts des plaques de verre





## Assemblage

Step: S1-1-Tra Frame: 0



ODB: Job-FULL-Mod.odb Abaqus/Standard Version 6.8-2 Tue Jun 15 12:51:05 GMT+02:00 2010

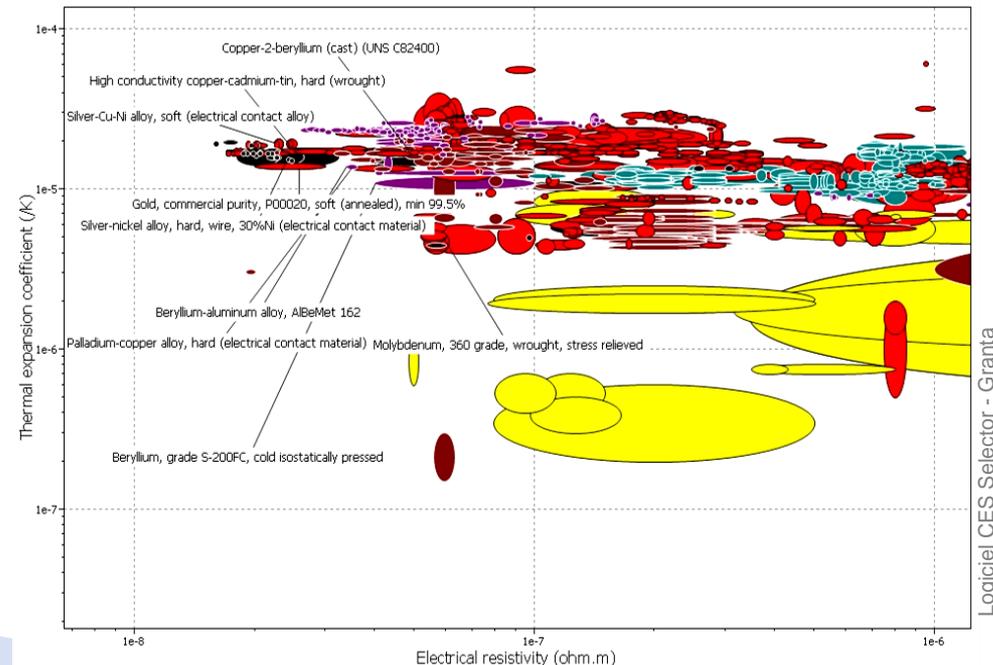


Step: S1-1-Traction-conn-centre  
Increment 0: Step Time = 0.000  
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00

# Modélisation numérique Bilan

- » Nombreuses données récoltées grâce aux essais et observations :
  - » Essais de traction
  - » Analyse microscopique de la sérigraphie
  - » Évaluation des défauts des plaques de verre
  - » Comparaison des moyens de mesure du verre
  
- » Modèles simple et amélioré terminés :
  - » Non linéarité matérielle du cuivre
  - » Tests pédagogiques sur les frottements
  
- » Modèle complet avec pièces déformées bien avancé
  - » Déformation du verre
  - » Traction et pliage de connecteurs en cuivre
  - » Assemblage

- » Terminer le modèle avancé et poursuivre les tests pédagogiques
- » Observer les matériaux pouvant être utilisés en substitution
- » Étude approfondie des phénomènes de frottement :
  - » Banc d'essais (pression, effets thermiques et chimiques, etc.)
- » Étudier de nouvelles solutions de conception (cadre, surfaces adhérentes, etc)



# Merci de votre attention