



Centre Français Fiabilité

# Les Rendez-Vous Fiabilité du CFF

Gautier Girard, Sébastien Mercier  
**LEM3 / Université de Lorraine**

Caractérisation thermo-mécanique  
des matériaux et des interfaces,  
en vue de prédire la fiabilité des Circuits imprimés



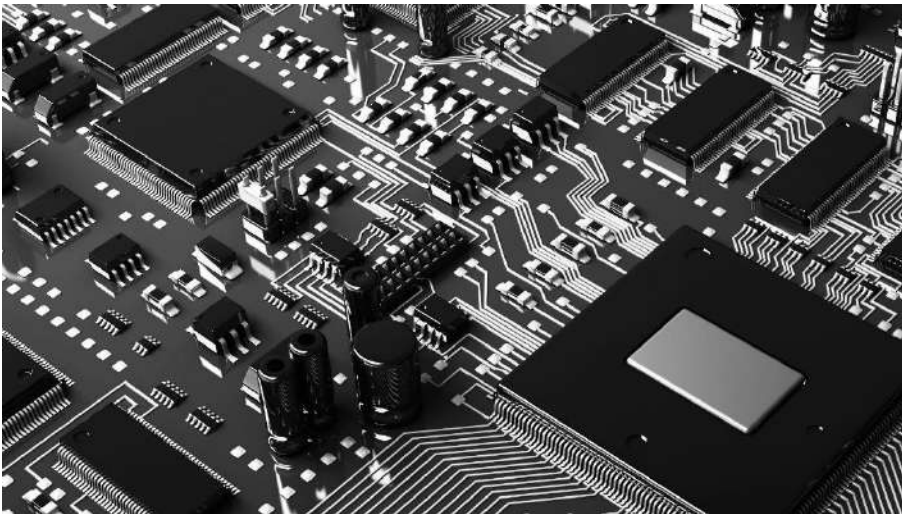


# Les Rendez-Vous Fiabilité du CFF

## *Initiative*

### Le Centre Français de Fiabilité

Regroupement d'experts de la fiabilité des systèmes et des composants électroniques



**ASTech Paris Region**, pôle de compétitivité dans le domaine de l'aéronautique, de l'espace et de la défense.



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



Pôle de compétitivité européen, **NextMove** rassemble en Normandie et Île-de-France, la « Mobility valley » française, toutes les énergies de l'écosystème Automobile et Mobilités.

**Les Rendez-Vous Fiabilité du CFF** sont un événement mensuel, organisé en visioconférence sur des travaux en lien avec les thématiques du CFF.

Cette année, nous vous proposons de profiter de ce temps d'échanges pour vous présenter les compétences au sein de la communauté CFF, et de donner « carte blanche » à un membre pour présenter des travaux, des projets, des résultats et des perspectives, sur un sujet particulier en lien avec la Fiabilité des Composants et Systèmes Electroniques.



# Les Rendez-Vous Fiabilité du CFF

## *Modalités*

### Format de la webconférence :

La webconférence se déroule via l'outil de conférence Cisco WebEx.

La webconférence dure **60 minutes, de 13h00 à 14h00.**

Une séance de Questions / Réponses se tiendra durant 10 mn à l'issue de l'intervention.

### Règles de fonctionnement de la webconférence :

Pour l'intervenant : il aura le rôle de présentateur pour afficher son support de présentation.

Dans la mesure du possible, il allumera sa webcam durant son exposé.

Pour les auditeurs : **vos micros seront coupés durant la webconférence.**

Vous pourrez poser vos **questions** par le **chat de l'application** durant l'exposé.

Il n'y a pas de nécessité de connecter sa webcam.

Pour des soucis de qualité, nous vous conseillons de vous munir d'un système audio adapté.

### Et après :

Les présentations seront mises à disposition via un lien de téléchargement sur le site du CFF.

Il n'y aura pas de replay pour des raisons de confidentialités de certains éléments échangés.



# Les Rendez-Vous Fiabilité du CFF

## Expertises de l'intervenant

Mettre en gras le ou les champs concernés



LEM3 / UMR CNRS 7239 Université de Lorraine

7 rue Félix Savart 57073 Metz  
[sebastien.mercier@univ-lorraine.fr](mailto:sebastien.mercier@univ-lorraine.fr)

Type



Académique  
Industriel  
Cluster  
Société savante

Domaines



Modélisation et simulation



Expérimental



Cycle de vie

Les travaux du **LEM3 (Laboratoire d'Etudes des Microstructures et de Mécanique des Matériaux)** consistent à identifier et modéliser le comportement mécanique des matériaux utilisés dans les PCB.

Cela concerne :

- Les stratifiés, comportement thermo-élastique anisotrope
- Le comportement élasto-plastique du cuivre (ED, HTE, RA)
- La tenue des interfaces cuivre / substrat

Nous développons des simulations numériques des configurations critiques pour estimer les contraintes au sein du PCB et d'en déduire la tenue en fatigue, notamment sous chargement thermique (-55°C, + 125°C).

### Thématiques :



Fiabilité des composants électroniques de puissance et leur packaging



**Fiabilité des technologies liées à la connectique et à l'assemblage (connectiques, PCB, Busbars...)**



Fiabilité des systèmes mécatroniques

### Expertises :



**Connaissances et moyens d'investigations sur les matériaux « électriques » et les composants**



**Ingénierie de l'environnement (mécanique, climatique et Compatibilité électromagnétique [CEM])**



Management thermique



DataScience, Statistique et IA



Analyse de construction



Analyse de défaillance

Participez vous à des groupes de normalisation ?

☒ Non ☐ Si oui, lesquels :

# *Caractérisation thermo-mécanique des matériaux et des interfaces, en vue de prédire la fiabilité des circuits imprimés*

**G. Girard , S. Mercier, M. Martiny**

[Gautier.girard@univ-lorraine.fr](mailto:Gautier.girard@univ-lorraine.fr) [sebastien.mercier@univ-lorraine.fr](mailto:sebastien.mercier@univ-lorraine.fr)

*Université de Lorraine – Metz, LEM3 – UMR CNRS 7239, Metz, France*

## *Sommaire*

- ❑ **Objectif de la recherche au LEM3 - Contexte**
- ❑ Partie 1 : Résultats de simulations numériques avec données de la littérature
- ❑ Partie 2 : Besoin de caractérisation
  - Stratifiés, cuivre
  - Interface cuivre/ diélectrique
- ❑ Partie 3 : Résultats de simulations numériques avec données identifiées au LEM3.
- ❑ Conclusion et Q/R



# LEM3

UMR CNRS 7239

## Laboratoire d'Etudes des Microstructures et de Mécanique des Matériaux

80 enseignants-chercheurs, 200 personnes

- Caractérisation des matériaux (métaux, composite..)
- Modélisation du comportement
- Simulations numériques des microstructures et des structures

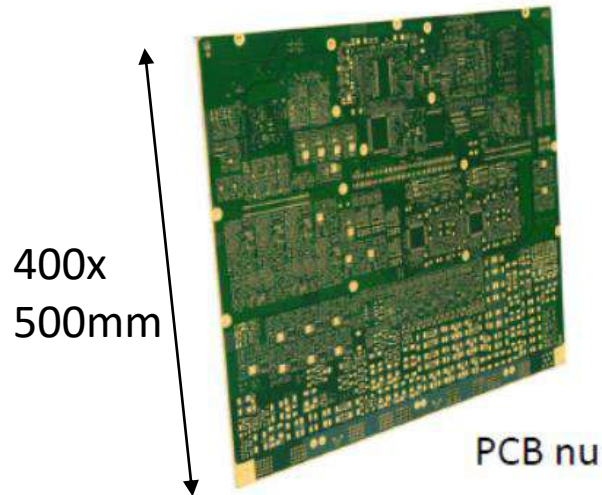


PCB : depuis 2007 avec CIMULEC (Ennery)  
collaboration avec MEREDIT, MBDA, Thales, TAS, CNES....

2020-22 Chaire avec les 3 PMEs de CIMULEC group (CIMULEC, SYSTRONIC, CSI SUD OUEST)

## Contexte

### Système concerné :



Composé de stratifié,  
résine, piste en cuivre, ...

### Milieu concerné :

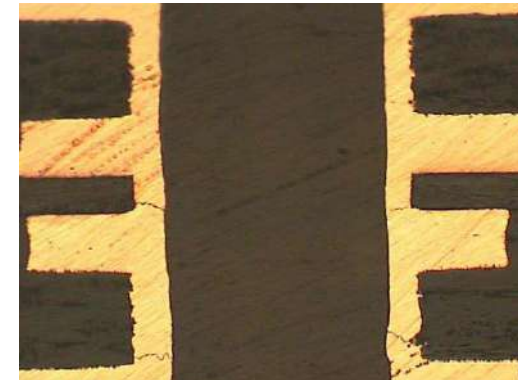
Applications Aéronautiques (Civile, Défense et Spatiale)

→ La certification **MIL-STD** représente la capacité à résister  
à des conditions extrêmes.

→ Tests environnementaux  $[-55^{\circ}\text{C} \text{ --- } +125^{\circ}\text{C}]$

### Modes de défaillance à considérer :

#### Fissure dans un trou traversant



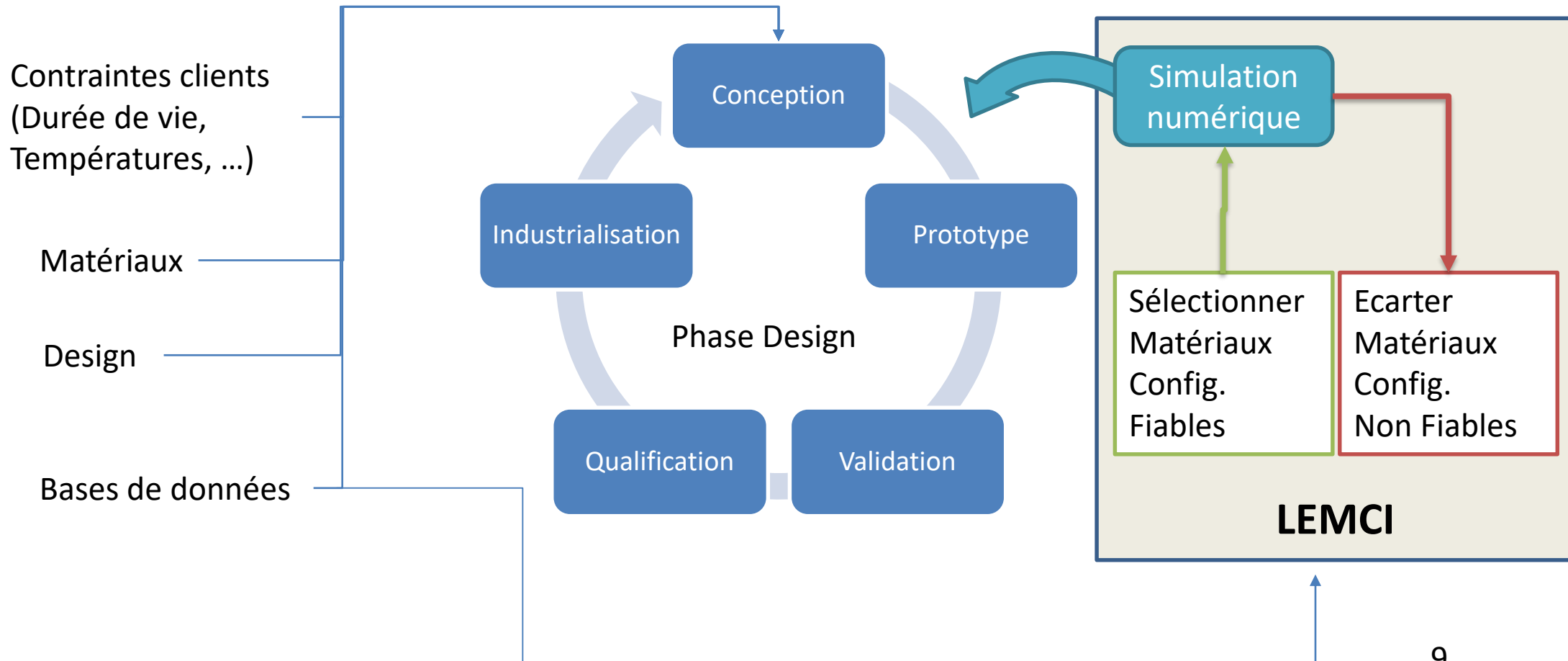
#### Délamination entre couches





## *Objectif des travaux du LEMCI*

- Anticiper les problèmes de fiabilité (thermomécanique) en amont, dès la phase Design
- Valider les nouveautés technologiques (matériaux, process de fabrications, ...)



## *Sommaire*

- ❑ Objectif de la recherche au LEM3 - Contexte
- ❑ **Partie 1 : Résultats de simulations numériques avec données de la littérature**
- ❑ Partie 2 : Besoin de caractérisation
  - Stratifiés, cuivre
  - Interface cuivre/ diélectrique
- ❑ Partie 3 : Résultats de simulations numérique avec données identifiées au LEM3.
- ❑ Conclusion et Q/R

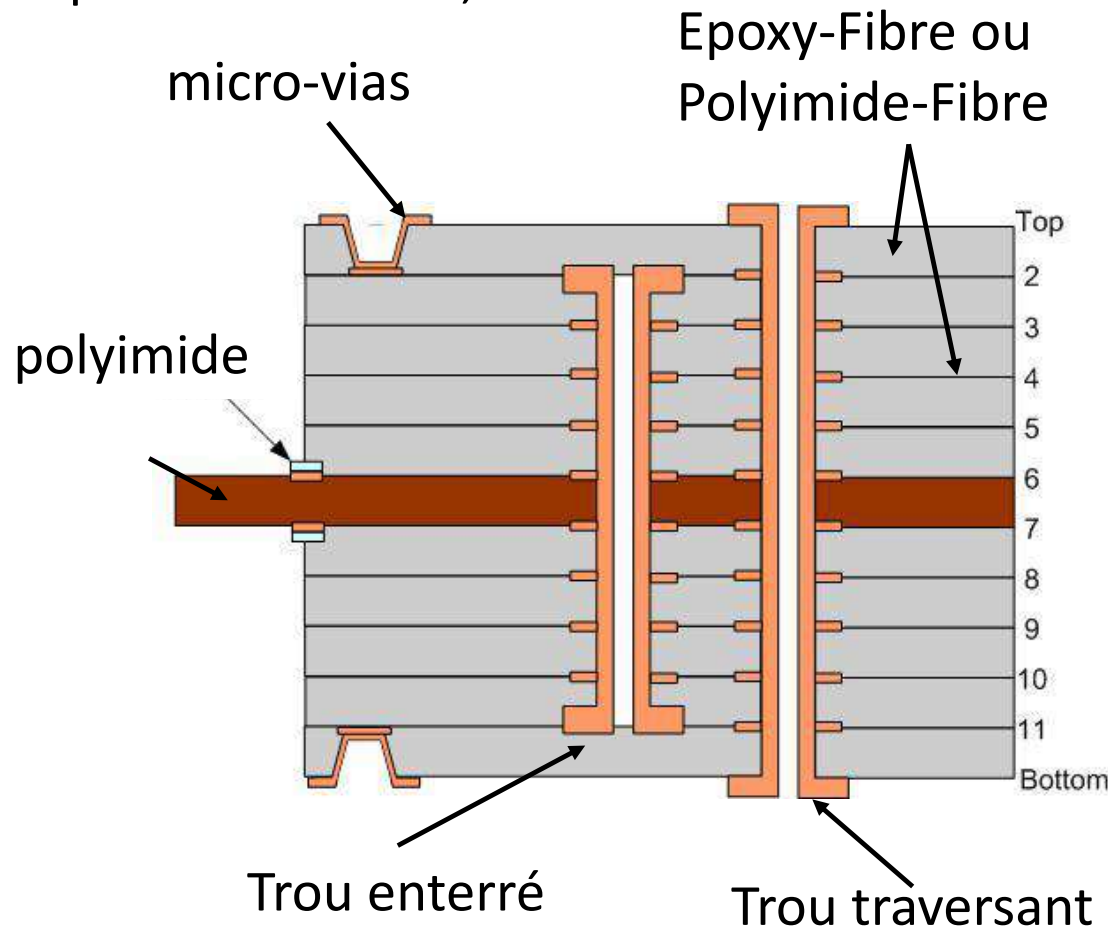
# Structure Flex-rigid

## Projet MACIF

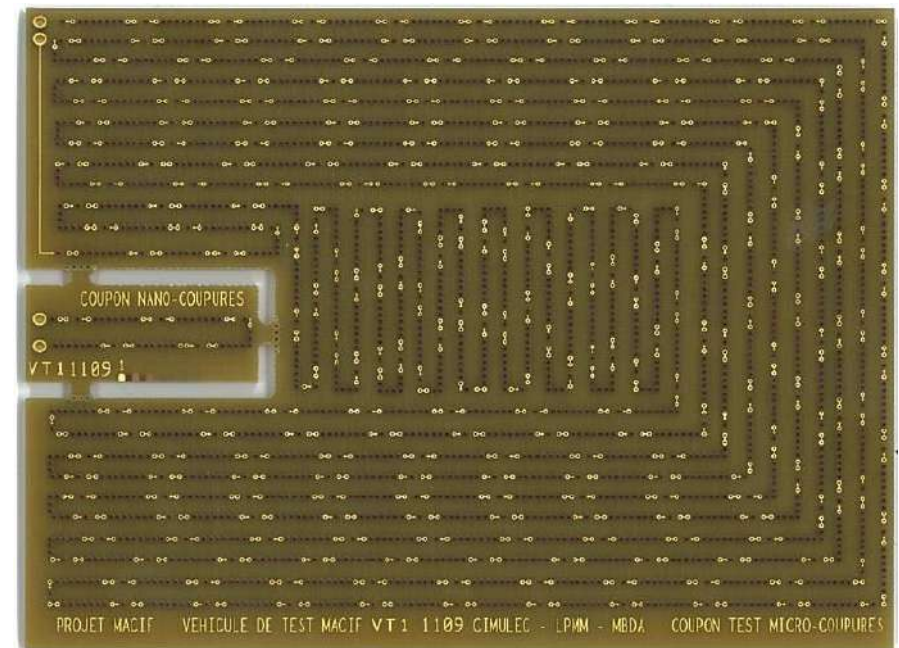
Diamètre=  $350\mu\text{m}$

Epaisseur Cuivre =  $30\mu\text{m}$

Epaisseur PCB = 1,6mm

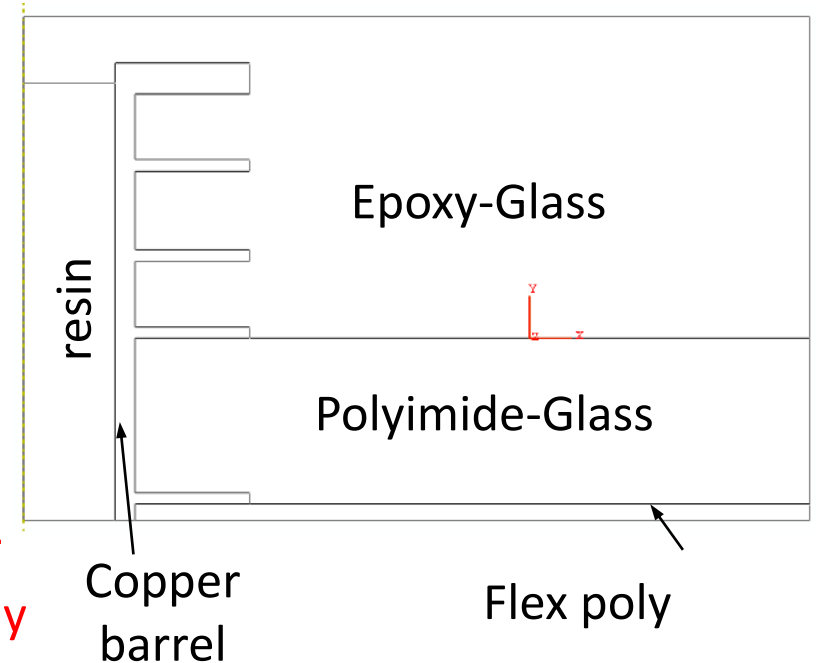
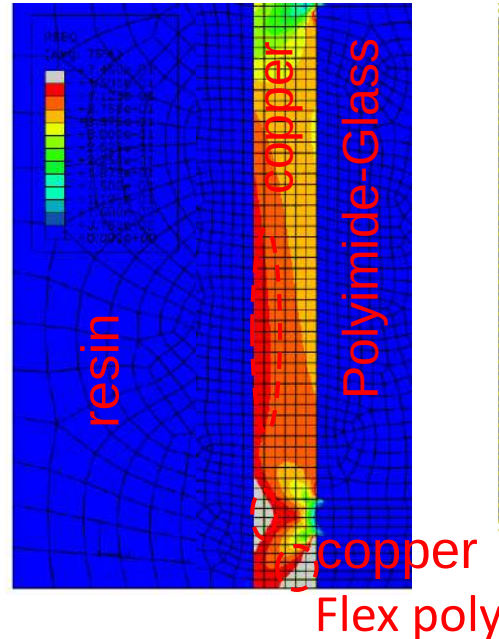
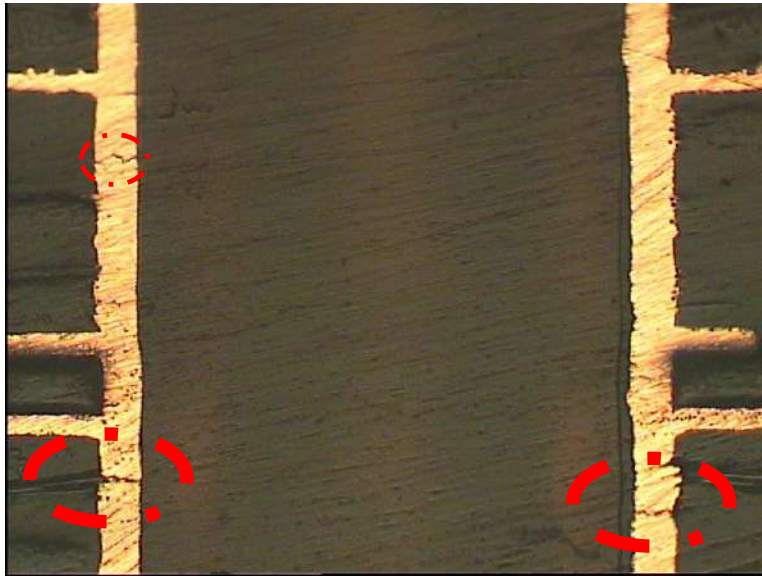


| Matériau        | Flexible polyimide | cuivre | FR-4  |
|-----------------|--------------------|--------|-------|
| CTE z [ppm/° K] | 112                | 17     | 55-80 |



Véhicule de tests

# Trou enterré (influence du diamètre)



Tendance confirmée par la simulation numérique :

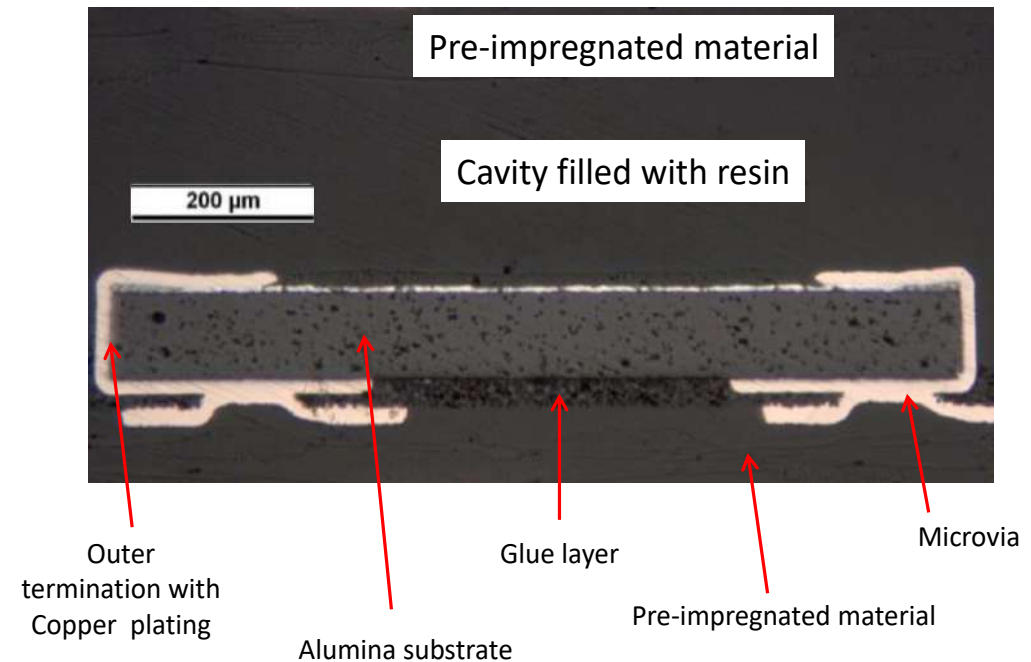
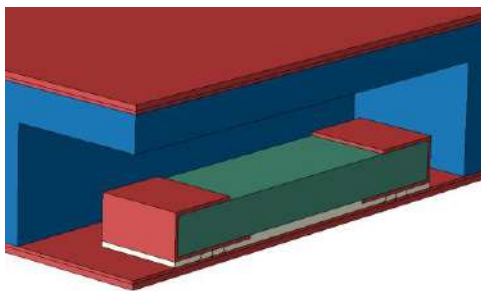
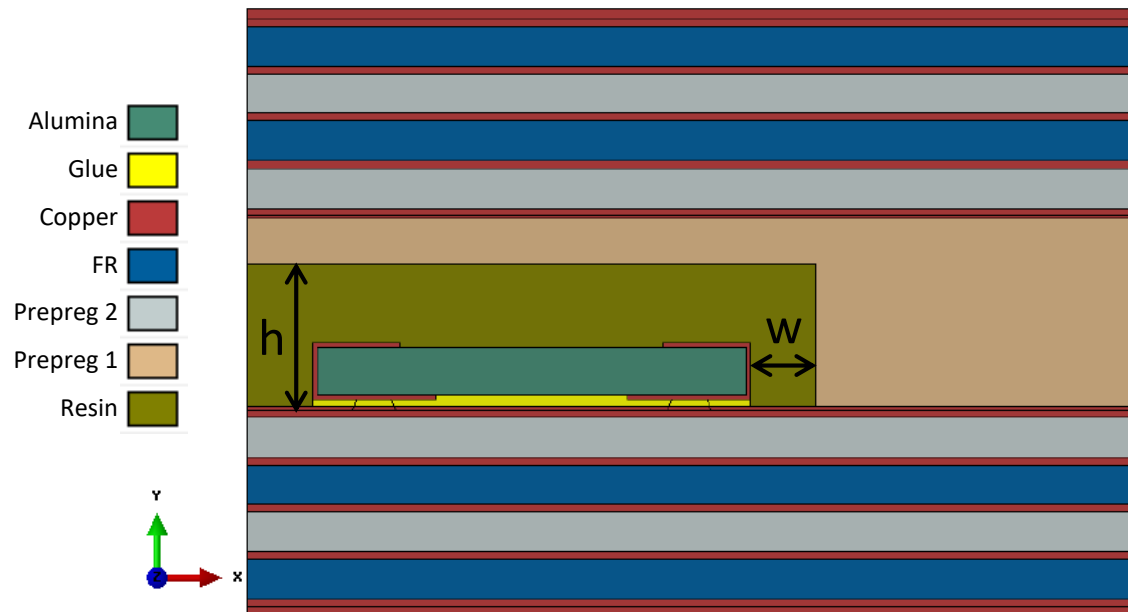
Ex : la durée de vie diminue avec la réduction du diamètre  
effet sur la déformation plastique

**Simulations prédictives nécessitent des données matériau précises.**

# BoB Project

## components passifs

- But: PCB avec composants enterrés, process.



- Fort effet du rétreint lors de la cuisson, qui promeut la compression dans le composant.
- Fortes contraintes de traction dans la résine à basse température.

**Simulations prédictives nécessitent des données matériau précises.**



## Création du LEMCI



Laboratoire commun

**LEMCI**

Laboratoire d'études et de modélisation des circuits imprimés



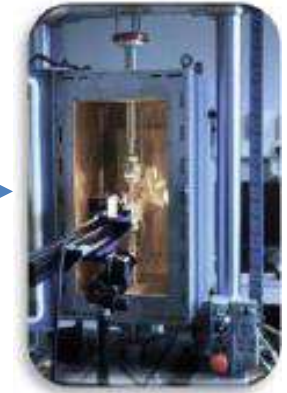
[labcom-lemci.univ-lorraine.fr](http://labcom-lemci.univ-lorraine.fr)

Créé en 2015, financé pendant 3 ans par l'ANR

Sujet d'étude : Les **PCB** = structure **multi-matériaux** de **~100 micromètres**

### Equipements Scientifiques :

- Machine de traction avec chambre (-80°C - +300°C)  
+ Correlation d'Images Numériques
- TMA pour CTE Netzch TMA 402 Hyperion F1 [-70°C,1000°C]
- Test de pelage
- Tomographie,
- MEB,
- EBSD
- ...

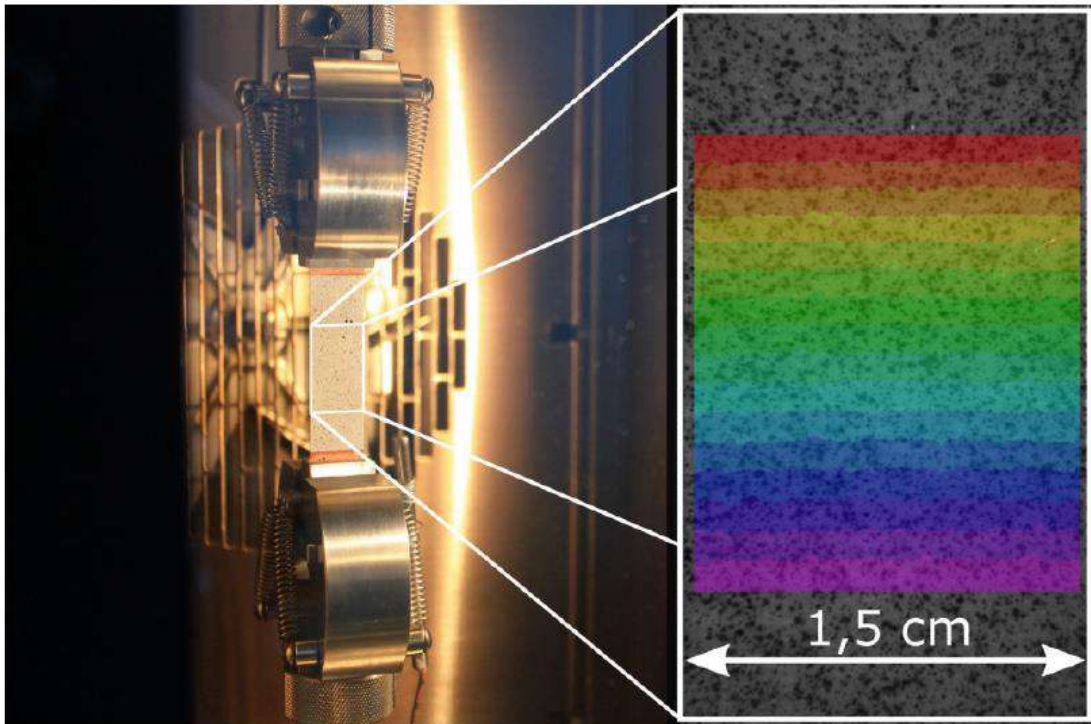




## *Sommaire*

- ❑ Objectif de la recherche au LEM3 - Contexte
- ❑ Partie 1 : Résultats de simulations numériques avec données de la littérature
- ❑ **Partie 2 : Besoin de caractérisation**
  - **Stratifiés, cuivre**
  - **Interface cuivre/ diélectrique**
- ❑ Partie 3 : Résultats de simulations numérique avec données identifiées au LEM3.
- ❑ Conclusion et Q/R

Composite tissé : comportement orthotrope (9 modules élastiques)  
Essais de traction (Instron E3000), mesures dans le plan



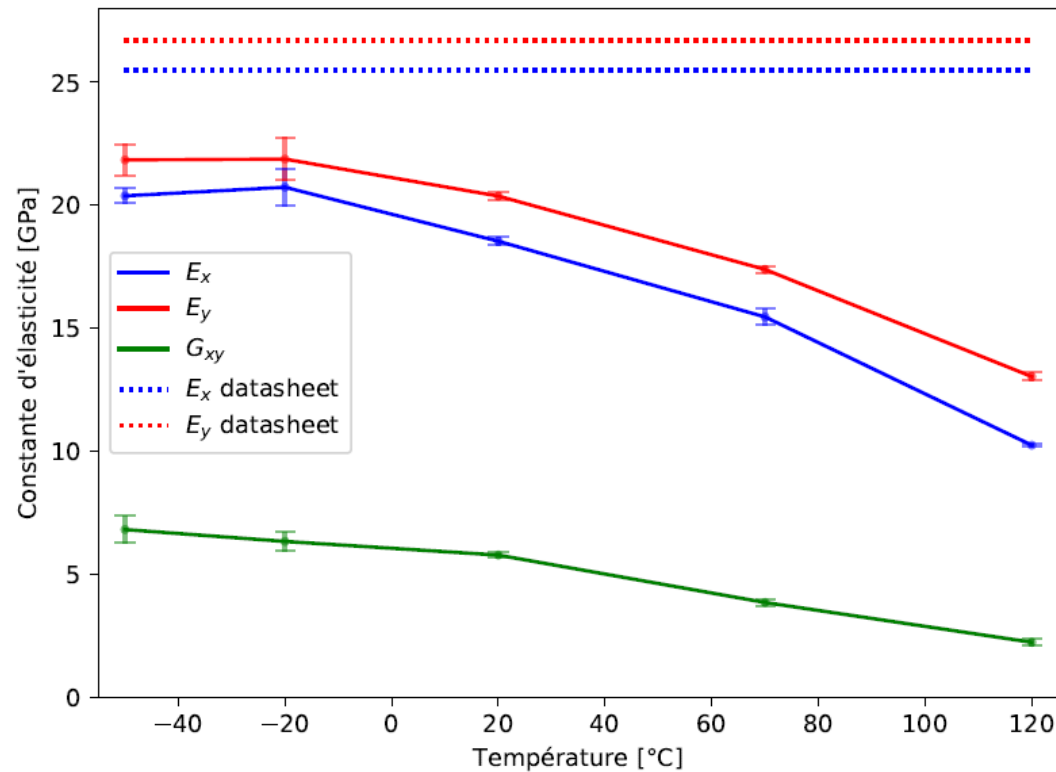
- Mesures sur la plage de température  $[-55^{\circ}\text{C}; 125^{\circ}\text{C}]$
- Mesure des déformations par corrélation d'images numériques

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{33} \\ 2\varepsilon_{12} \\ 2\varepsilon_{13} \\ 2\varepsilon_{23} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_1} & -\frac{\nu_{12}}{E_1} & -\frac{\nu_{13}}{E_1} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{12}}{E_1} & \frac{1}{E_2} & -\frac{\nu_{23}}{E_2} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{13}}{E_1} & -\frac{\nu_{23}}{E_2} & \frac{1}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{12}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{13}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{23}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{33} \\ \sigma_{12} \\ \sigma_{13} \\ \sigma_{23} \end{Bmatrix}$$

**9 coefficients à identifier :**

- 4 mesurables
- 5 à estimer

## Résultats de mesures dans le plan



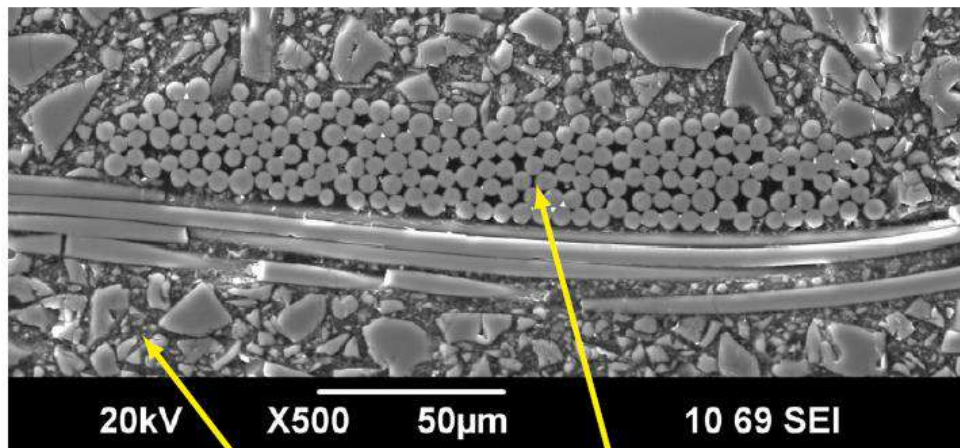
|                                                     |     |                      |            |
|-----------------------------------------------------|-----|----------------------|------------|
| Dielectric Constant @10 GHz                         |     | 3.38 ± 0.05          | –          |
| Thermal Coefficient of $\epsilon_r$<br>@ 0 to 100°C |     | +40                  | ppm/°C     |
| Dissipation Factor @10 GHz                          |     | 0.0027               | –          |
| Youngs Modulus                                      | X   | 3700 (25,510)        | kpsi (MPa) |
|                                                     | Y   | 3900 (26,889)        |            |
| Volume Resistivity                                  |     | $1.7 \times 10^{10}$ | Mohm•cm    |
| Surface Resistivity                                 |     | $4.2 \times 10^9$    | Mohm       |
| Moisture Absorption                                 |     | 0.06                 | %          |
| Dimensional Stability                               | X Y | <0.3                 | mm/m       |

Modules mesurés très différents de ceux transmis par le fournisseur

Effet important de la température

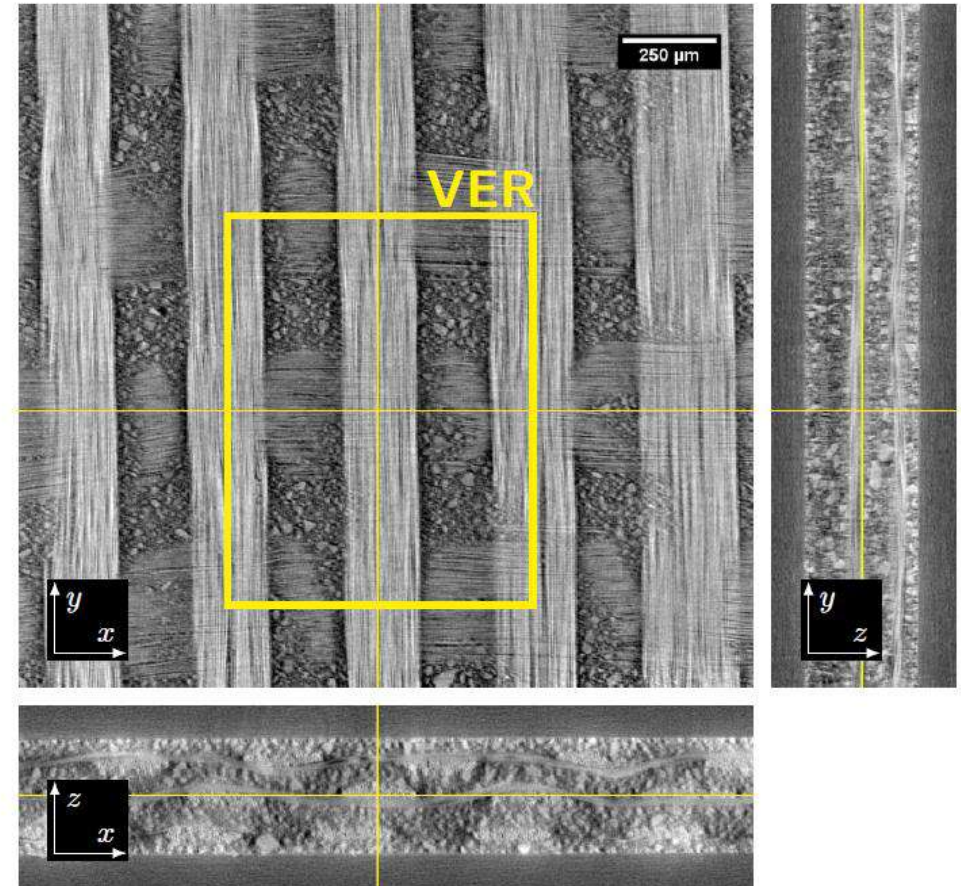
# Composite stratifié

- Observations au microtomographe et au MEB
- Taille du VER étudié : 513x402x304  $\mu\text{m}$



Résine chargée

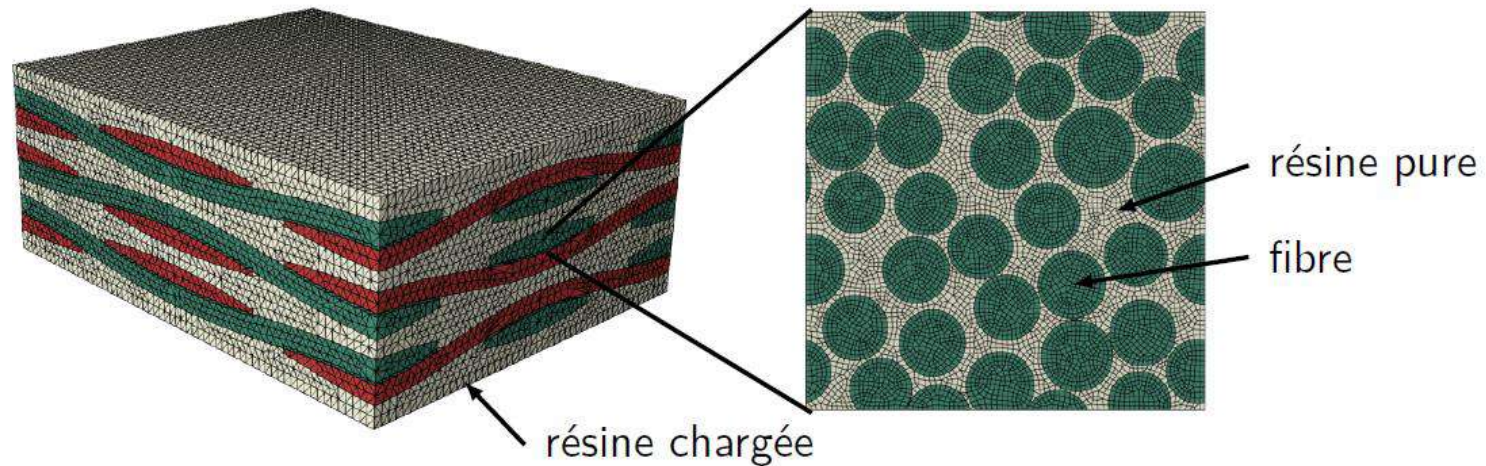
Résine pure





Une homogénéisation à deux échelles :

1. Toron
2. Composite tissé



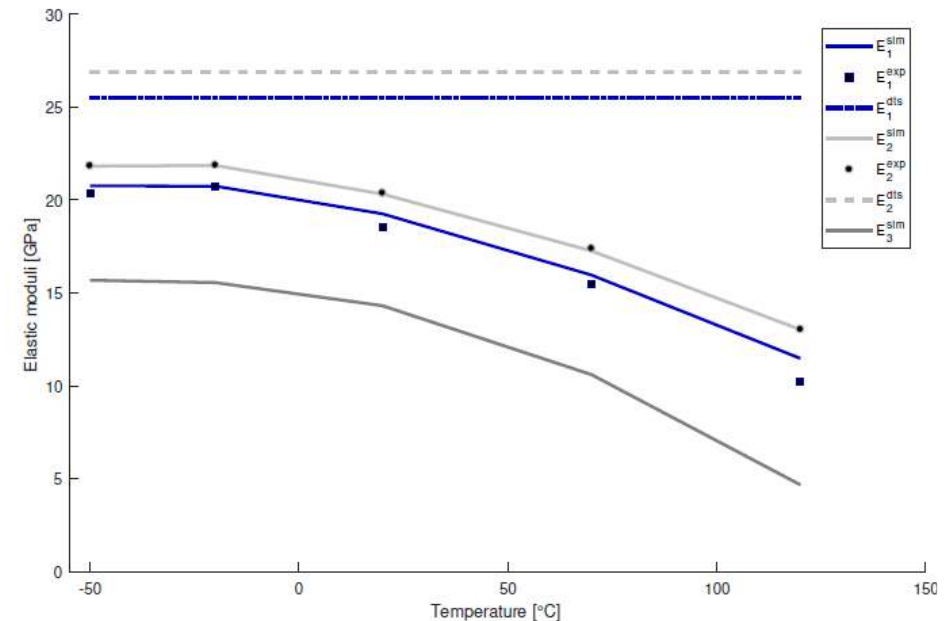
Les comportements des résines et des fibres sont introduits dans un modèle 3D avec des conditions aux limites périodiques

6 simulations sont réalisées pour obtenir les 9 modules élastiques :

- Traction selon l'axe 1
- Traction selon l'axe 2
- Traction selon l'axe 3
- Cisaillement 12
- Cisaillement 13
- Cisaillement 23



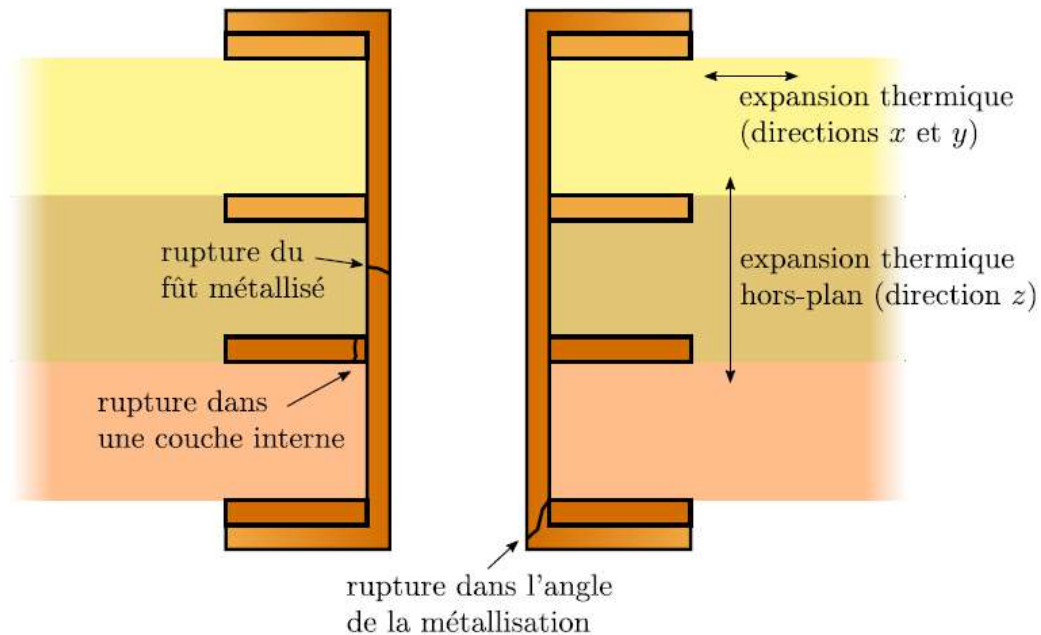
- Une optimisation fournit les 9 modules élastiques orthotropes à une température donnée<sup>a</sup>
- Les simulations sont réalisées à différentes températures dans la plage  $[-55^{\circ}\text{C}; 125^{\circ}\text{C}]$



a. Gautier GIRARD et al. "Experimental and numerical characterization of thin woven composites used in printed circuit boards for high frequency applications". In : *Composite Structures* 193 (2018), p. 140 -153.

Résultats de l'optimisation à température ambiante :

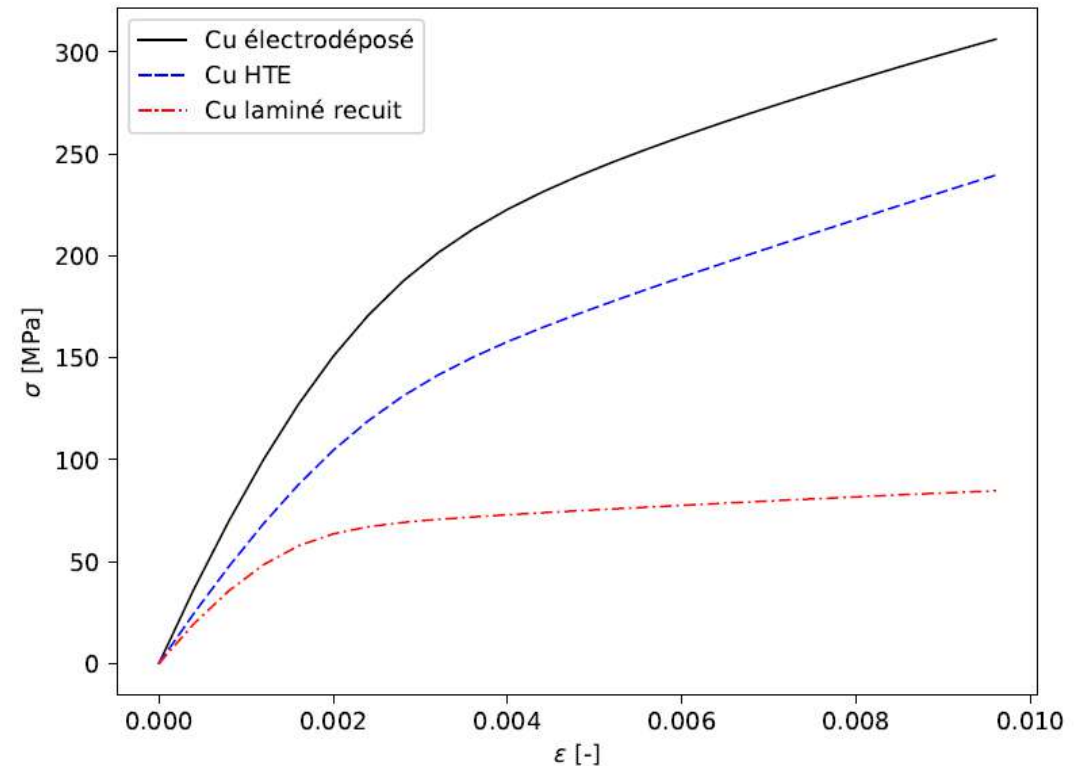
|            | $E_1$ [MPa] | $E_2$ [MPa] | $E_3$ [MPa] | $\nu_{12}$ [-] | $\nu_{13}$ [-] | $\nu_{23}$ [-] | $G_{12}$ [MPa] | $G_{13}$ [MPa] | $G_{23}$ [MPa] |
|------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| expérience | 18540       | 20370       | -           | 0.168          | -              | -              | 5782           | -              | -              |
| simulation | 19257       | 20321       | 14310       | 0.168          | 0.270          | 0.264          | 5776           | 5638           | 5597           |



- Différents cuivres utilisés dans les circuits imprimés
- Différentes méthodes de production
  - Électrodéposition
  - Laminage
  - traitements thermiques
- Des comportements mécaniques différents

- Chargements thermiques cycliques appliqués au circuit imprimé
- Chargements mécaniques cycliques appliqués au cuivre (en plasticité)

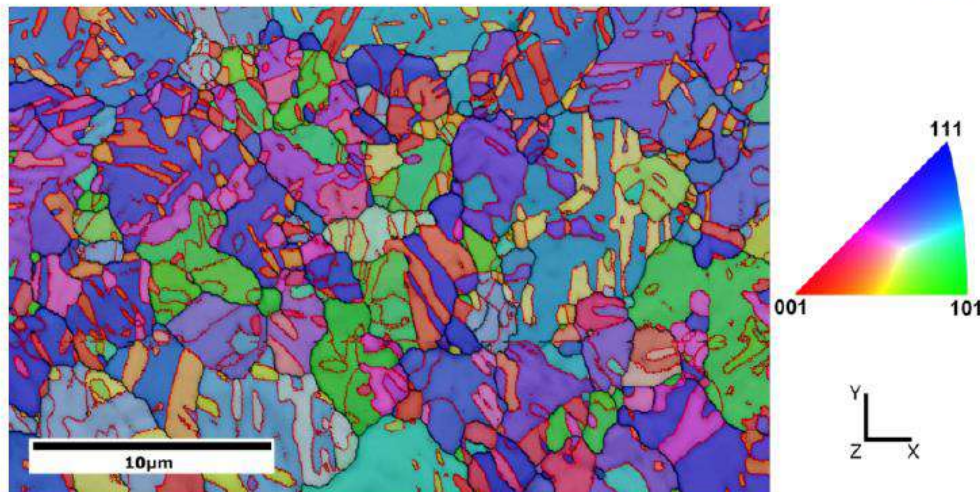
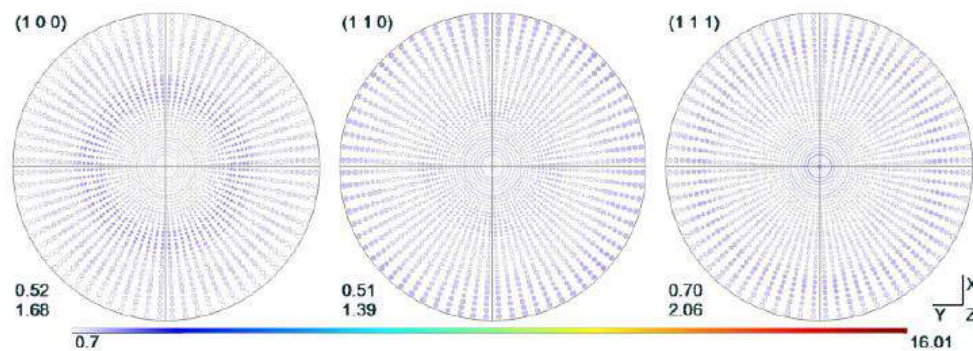
- Identification du comportement de différentes nuances de cuivre
- Différences importantes entre les différents types de cuivre



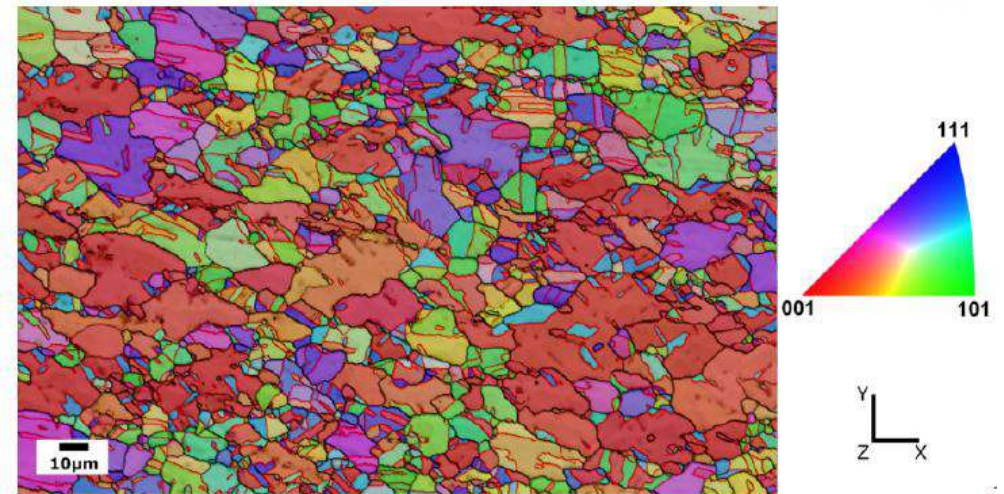
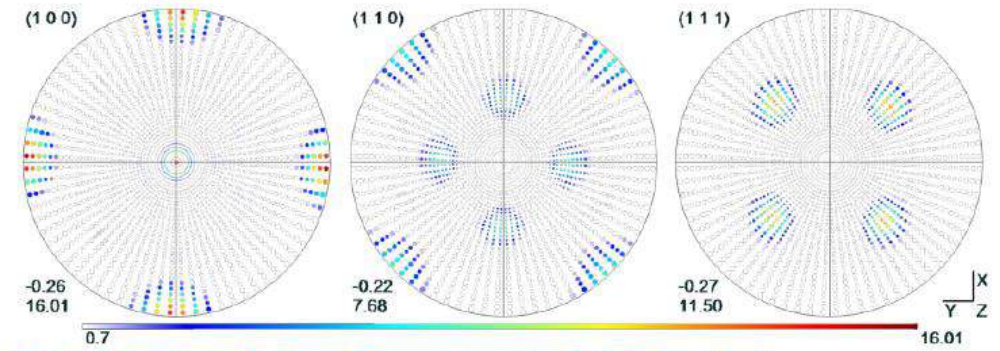
Il est nécessaire de caractériser les nuances de cuivre présentes dans les circuits imprimés



## - Cuivre électrodéposé



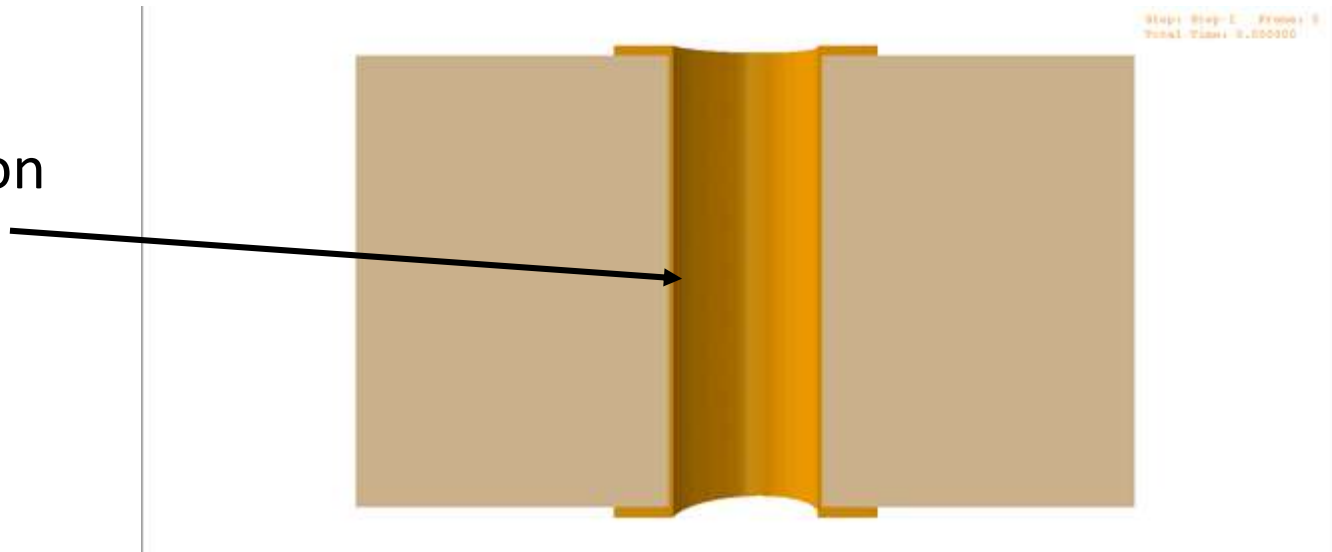
## - Cuivre laminé recuit



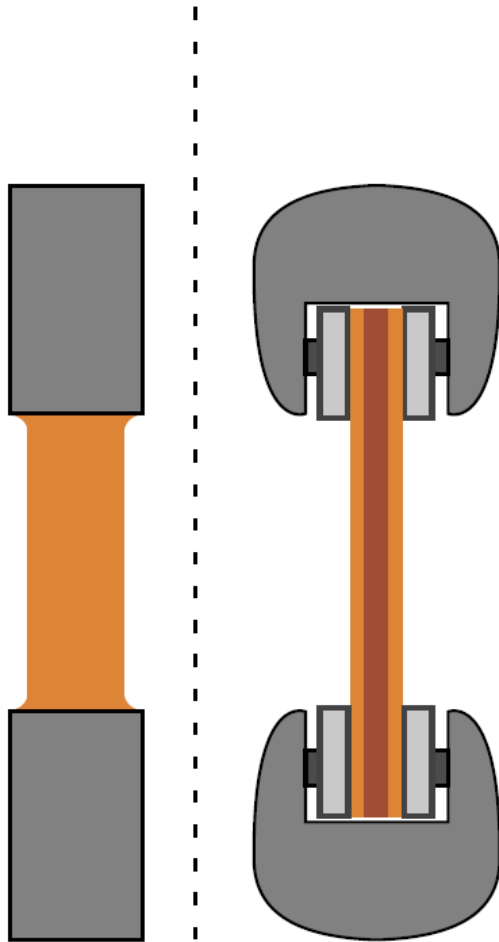
Des cycles thermiques entraînent des chargements cycliques sur les matériaux

- Les substrats restent dans leur domaine élastique donc pas de soucis
- Le cuivre plastifie à chaque cycle, donc il faut étudier sa réponse cyclique

Cycles de traction-compression  
sur le cuivre dans les PTH

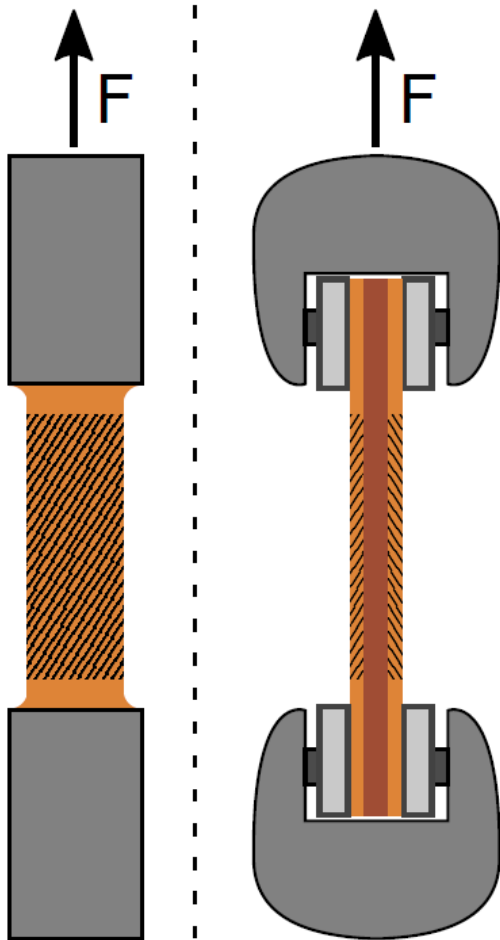






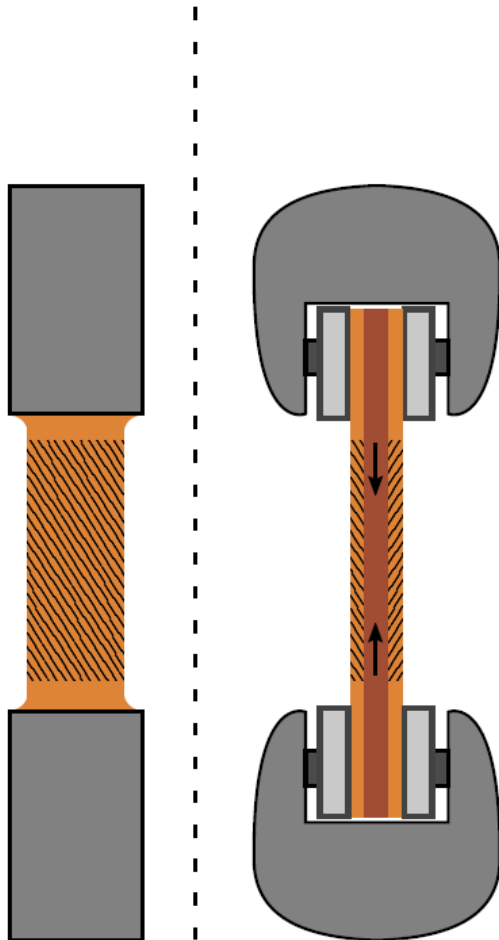
Impossible d'appliquer un chargement de compression sur un film de cuivre seul

- Utilisation d'un substrat souple sur lequel le cuivre est déposé



Impossible d'appliquer un chargement de compression sur un film de cuivre seul

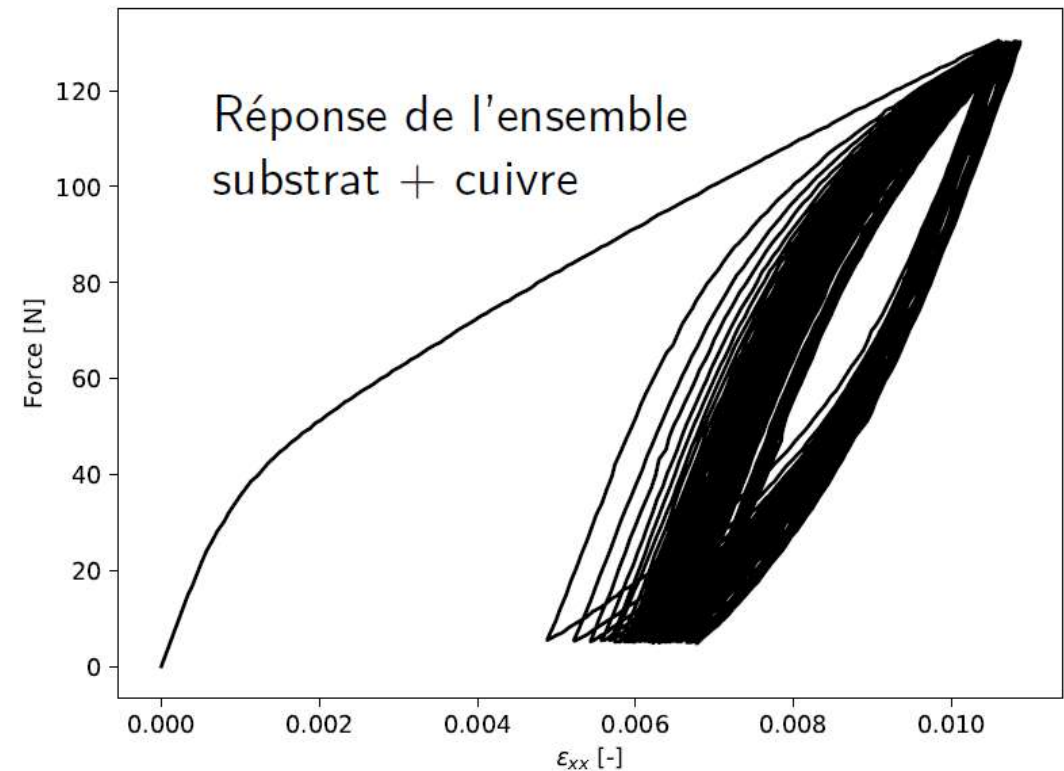
- Utilisation d'un substrat souple sur lequel le cuivre est déposé
- Traction sur l'ensemble substrat + cuivre
  - Le substrat reste dans le domaine élastique
  - Le cuivre plastifie en traction



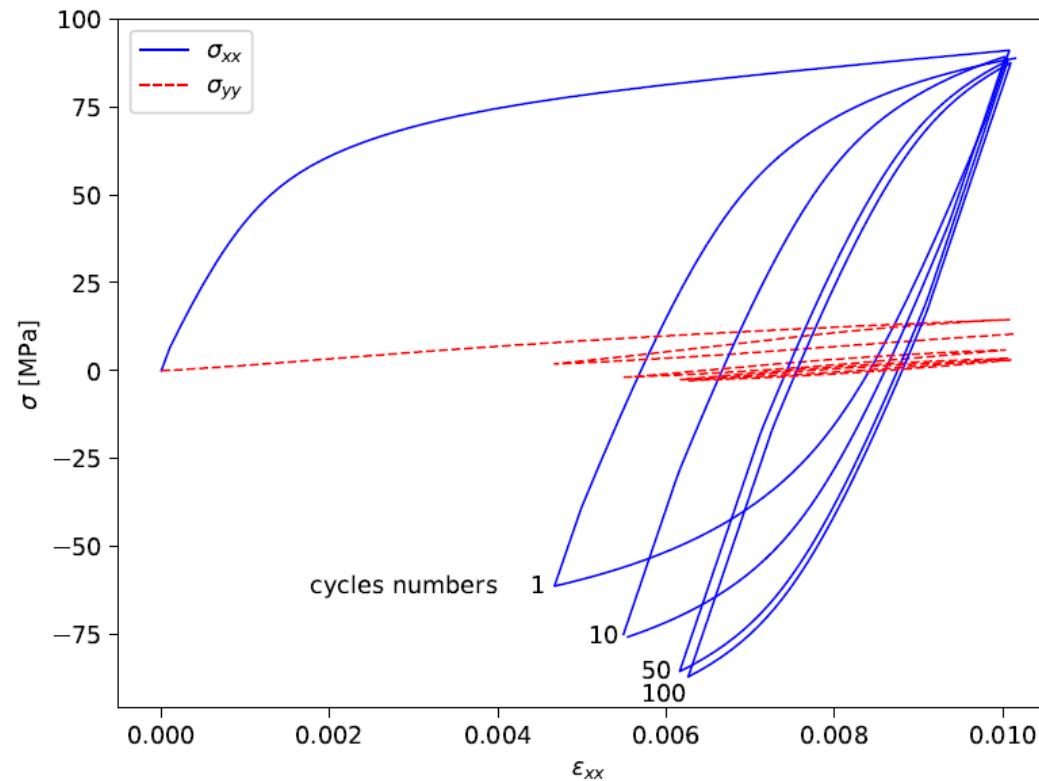
Impossible d'appliquer un chargement de compression sur un film de cuivre seul

- Utilisation d'un substrat souple sur lequel le cuivre est déposé
- Traction sur l'ensemble substrat + cuivre
  - Le substrat reste dans le domaine élastique
  - Le cuivre plastifie en traction
- Relaxation de l'ensemble substrat + cuivre
  - Le substrat exerce une force de rappel pour recouvrer sa déformation élastique
  - Le cuivre plastifie en compression

- Nouveau montage expérimental
- Mesure des déformations par corrélation d'images
- Proportions substrat/cuivre à déterminer :
  - Substrat 75  $\mu\text{m}$
  - Cuivre 17  $\mu\text{m}$  sur chaque face
- On observe des boucles d'écrouissage, signe d'un écrouissage cinématique



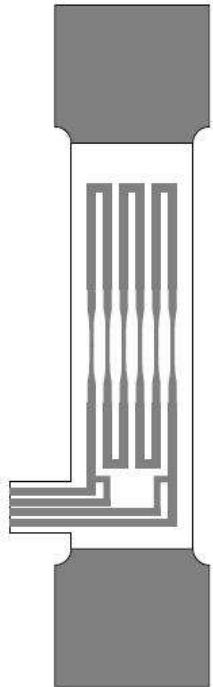




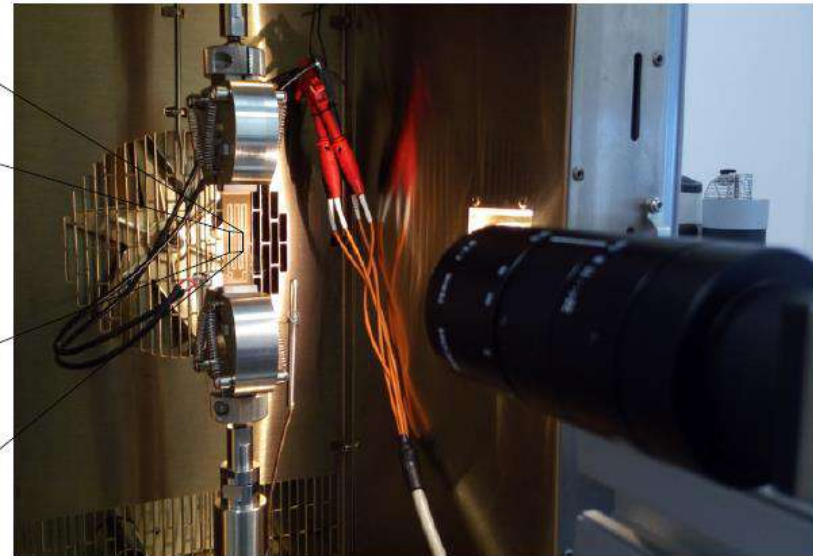
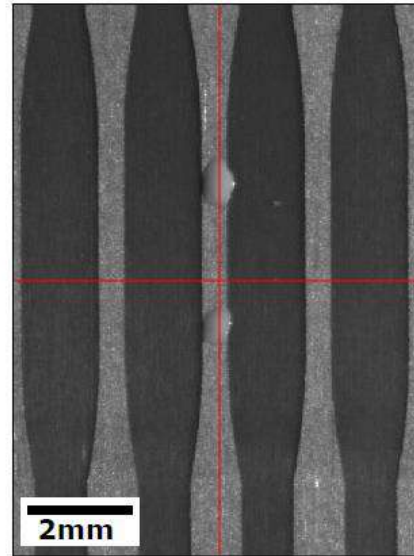
Cycle stabilisé = Ecouissage cinématique.

Peu pris en compte dans la littérature.

# Fatigue du cuivre



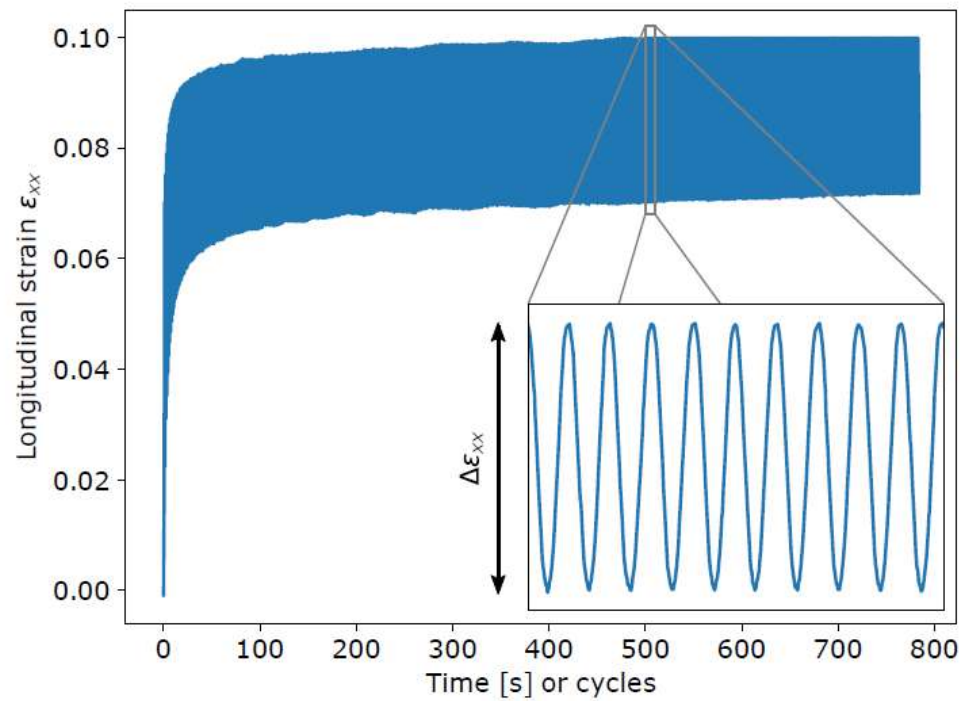
largeur 15 mm  
épaisseur 100  $\mu\text{m}$



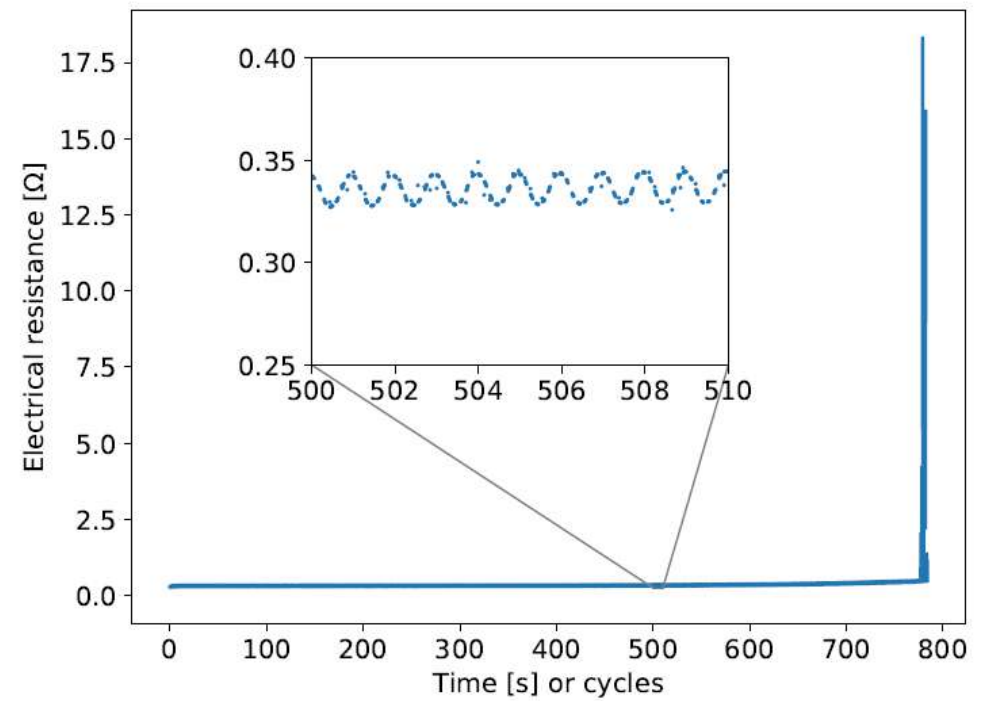
- Mise en place d'un montage expérimental
- Mesure de la déformation locale par suivi de points
- Mesure de la résistance électrique dans la piste de cuivre (pont de Kelvin)

# Fatigue du cuivre

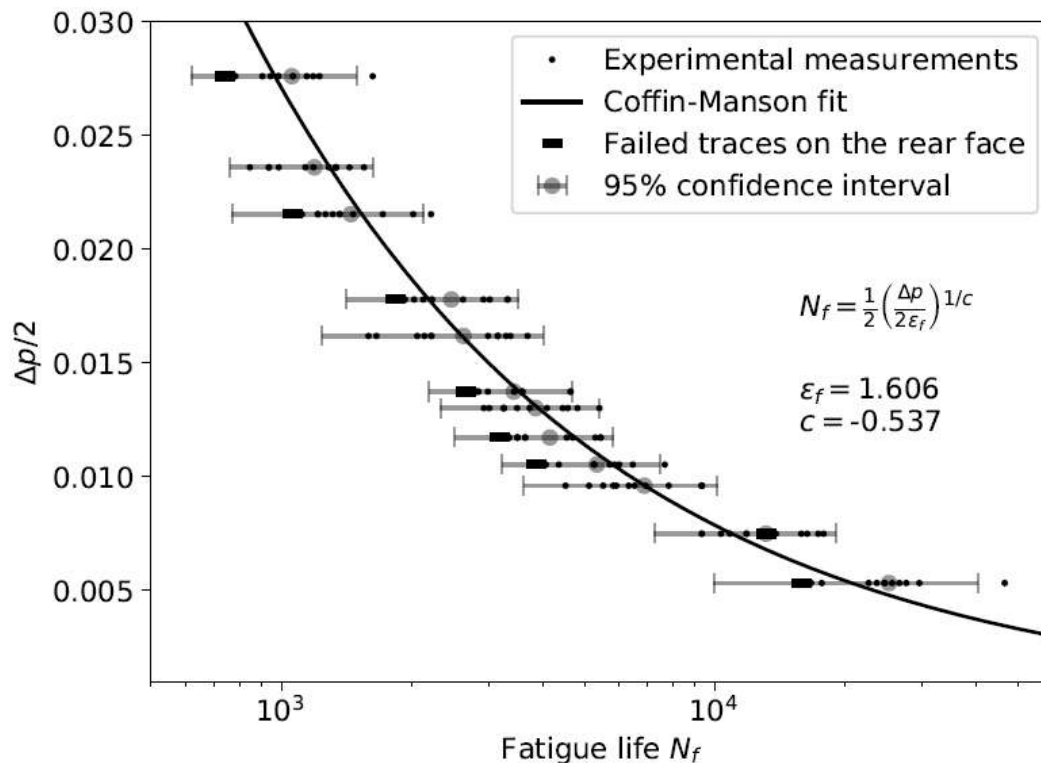
## - Déformation au cours des cycles



## - Résistance électrique au cours des cycles



- 12 pistes par éprouvette (6 sur chaque face)
- Essais à différentes amplitudes
- Report du nombre de cycles à rupture avec l'amplitude de déformation correspondante
- Ajustement du modèle de Coffin-Manson (sur la déformation plastique cumulée)<sup>a</sup>



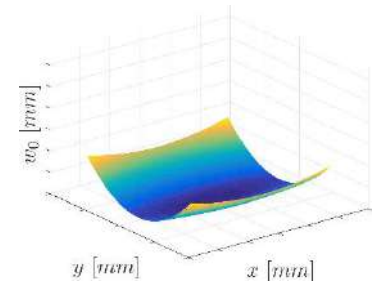
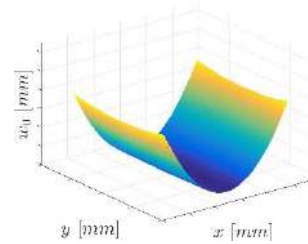
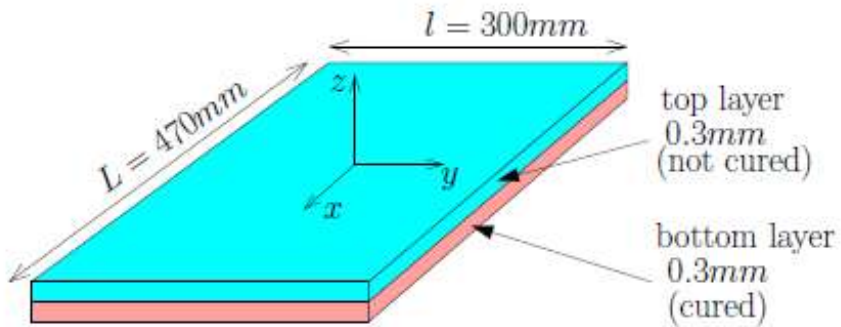
a. G. GIRARD, M. MARTINY et S. MERCIER.  
"Experimental characterization of rolled annealed copper film used in flexible printed circuit boards : Identification of the elastic-plastic and low-cycle fatigue behaviors". In : *Microelectronics Reliability* 115 (2020), p. 113976. ISSN : 0026-2714. DOI : <sup>19</sup>

Loi de Manson Coffin

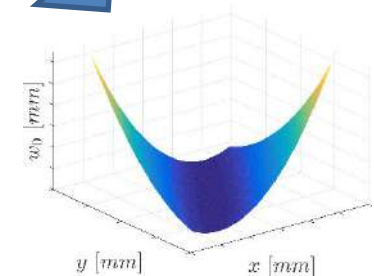
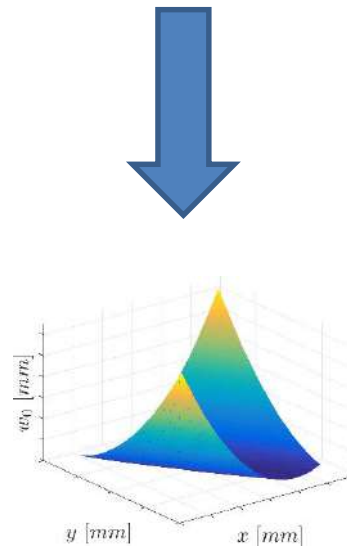
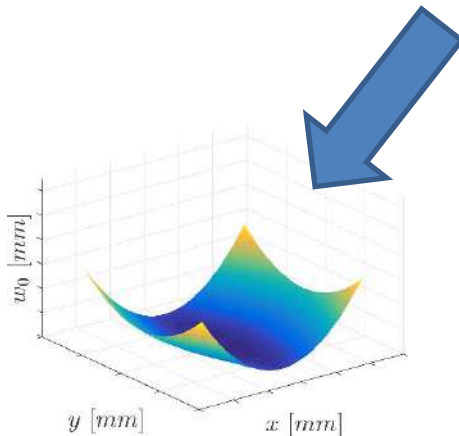
$$N_f = \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta p}{2\varepsilon_f} \right)^{1/c}$$

$$\varepsilon_f = 1,6 \quad c = -0,54$$

# Retreint lors de la cuisson

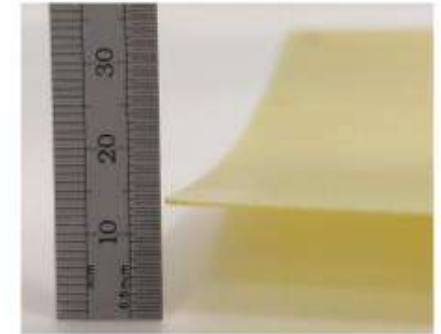


Suivant la valeur du retreint lors de la polymérisation, 5 formes possibles





- Bi-couche



- Mesure de la déflexion = Digital Image Correlation



$$\begin{aligned} \left(\varepsilon_{xx}^{sh}\right)^{\text{identified}} &= -1.90 \cdot 10^{-4} \pm 2.7 \cdot 10^{-6} \\ \left(\varepsilon_{yy}^{sh}\right)^{\text{identified}} &= -3.43 \cdot 10^{-4} \pm 1.7 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

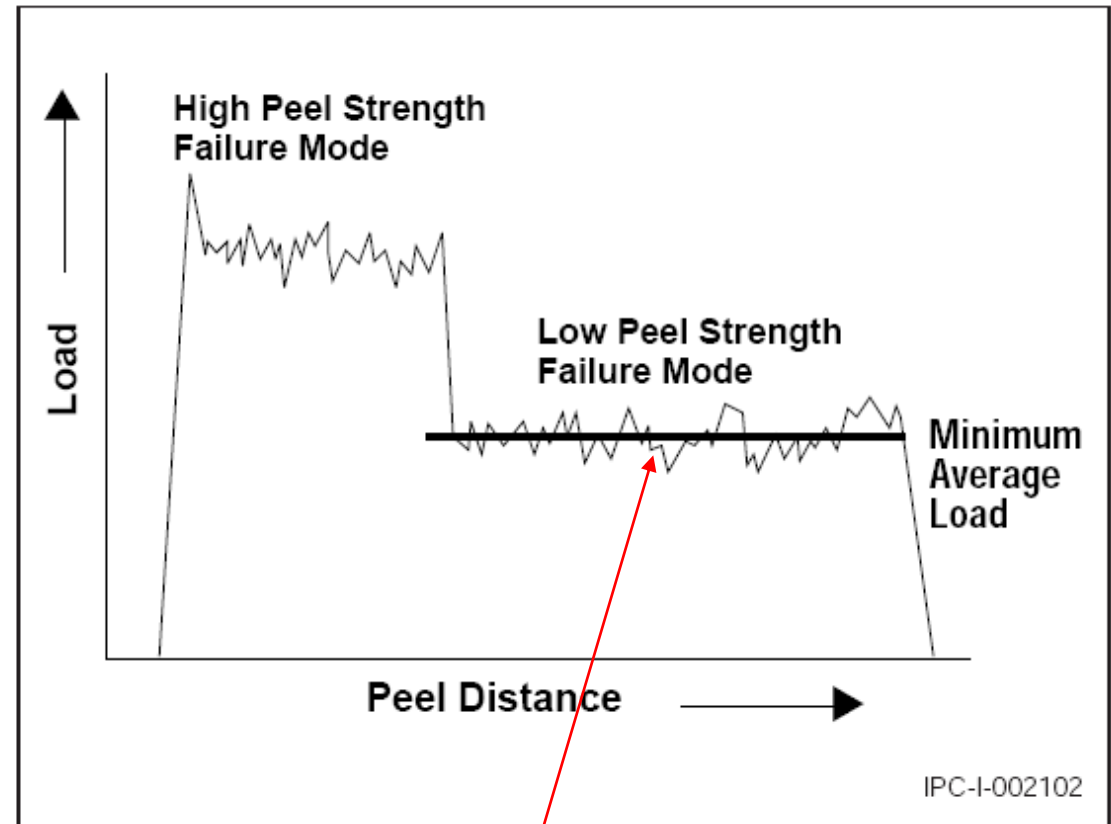
N. Mathieu, C. Czarnota, H. Obeid, S. Mercier, *Prediction of flatness defects and of the stable configuration of thin multilayer assemblies due to chemical shrinkage*, **Computational Materials Science**, Vol.210, 2022  
<https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2022.111389>

## IPC 2.4.8c-1 Standard

Résistance au pelage  
= Force/ Largeur (N/mm)  
=Energie de rupture de l'interface ?

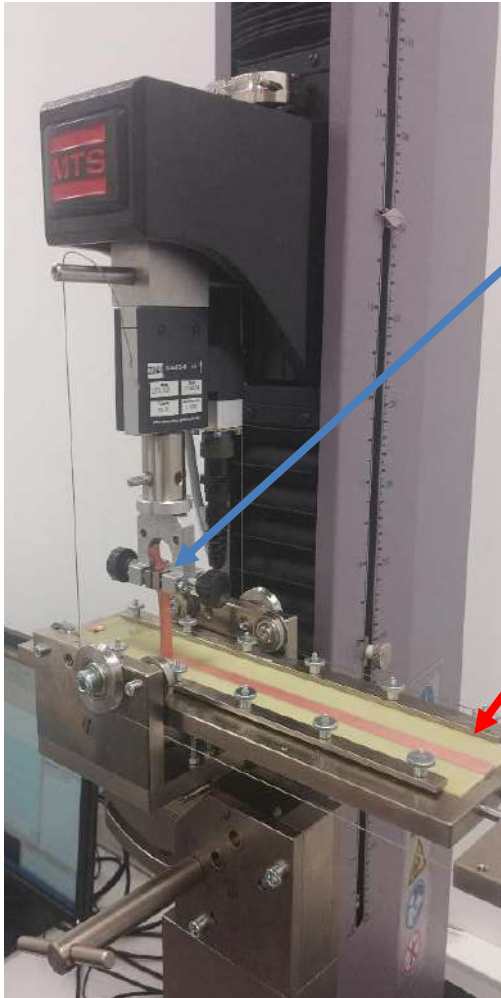


Donnée importante pour  
simuler la décohésion



Résistance de l'interface

# Peel test

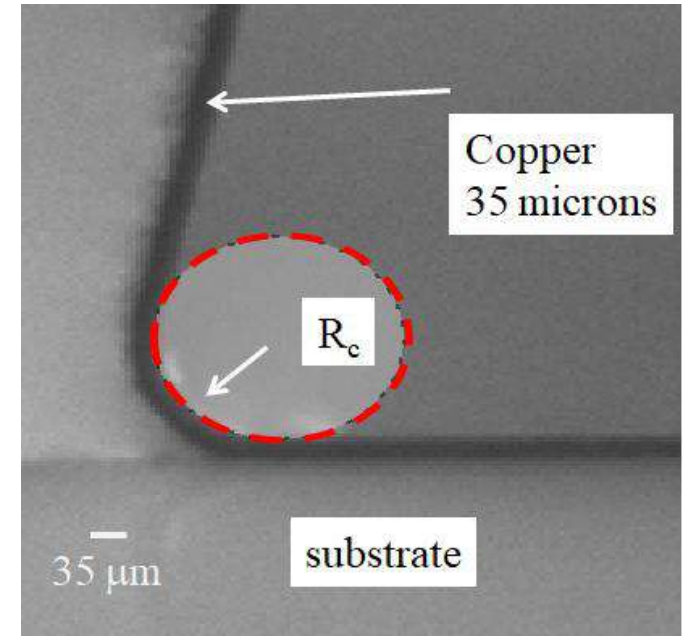


Bande de cuivre

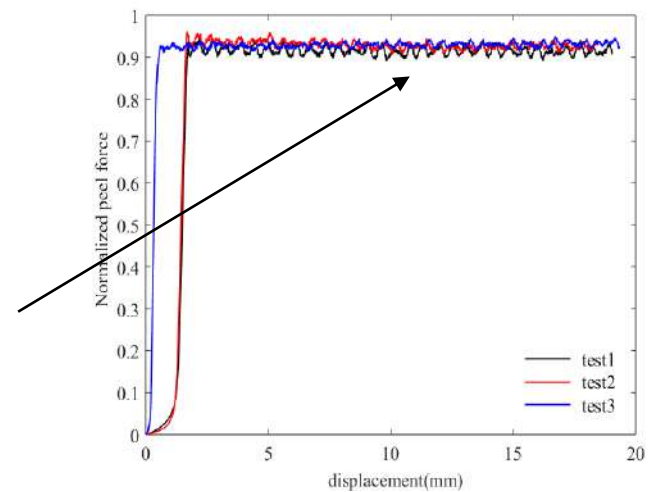
Substrat utilisé dans les PCB

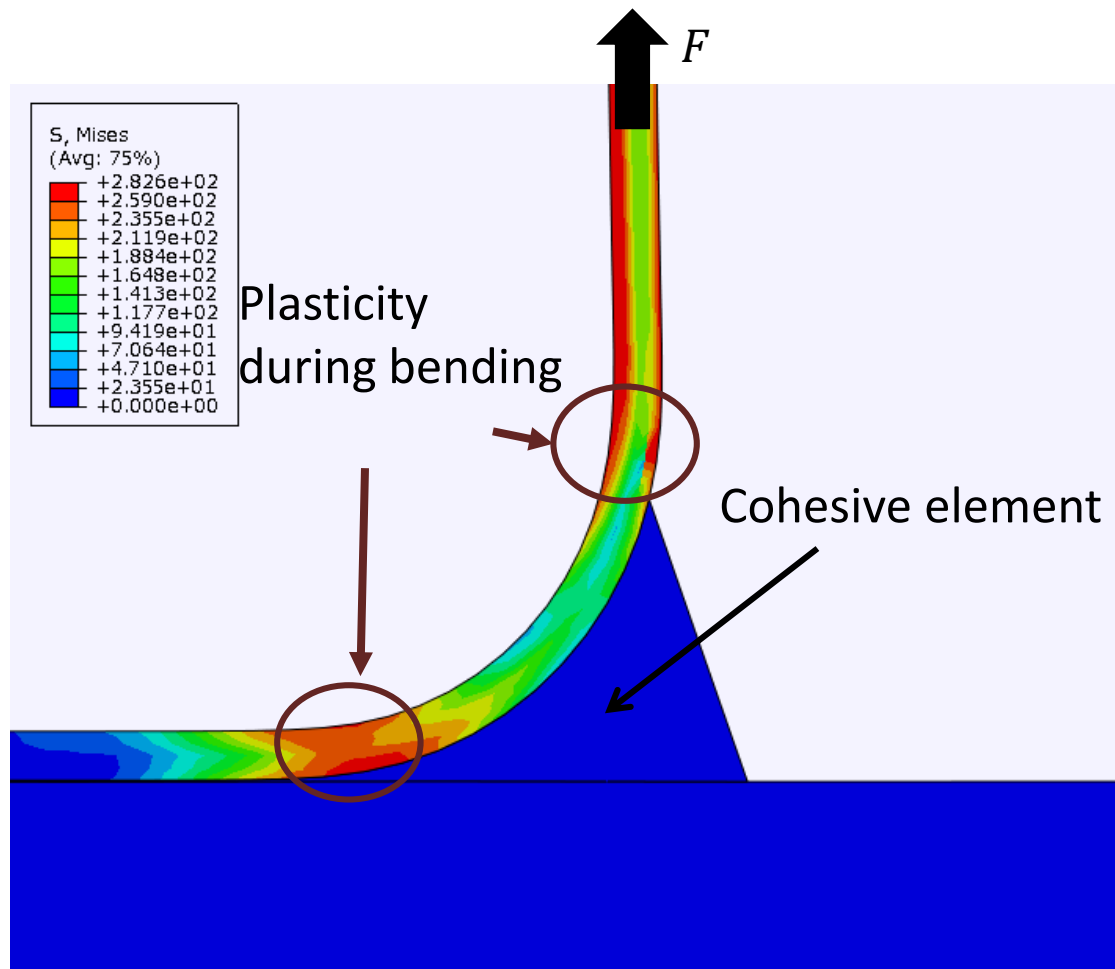
**IPC 2.4.8c-1 Standard**

Force de pelage



Process zone





$$\text{Peel strength} = \frac{F}{b} = 1,6 \text{ N/mm}$$

## Bilan d'énergie

$$\frac{F}{b} = \Gamma + W^p$$

## EF ou modèle analytique

$$W^p = 1,2 \text{ N/mm}$$

$$\Gamma^{pred} = 0.4 \text{ N/mm}$$

Datasheet : Copper 1.25 N/mm,  
spécification 0.8 N/mm

Simlissi et al, Int. J. Frac., 2019

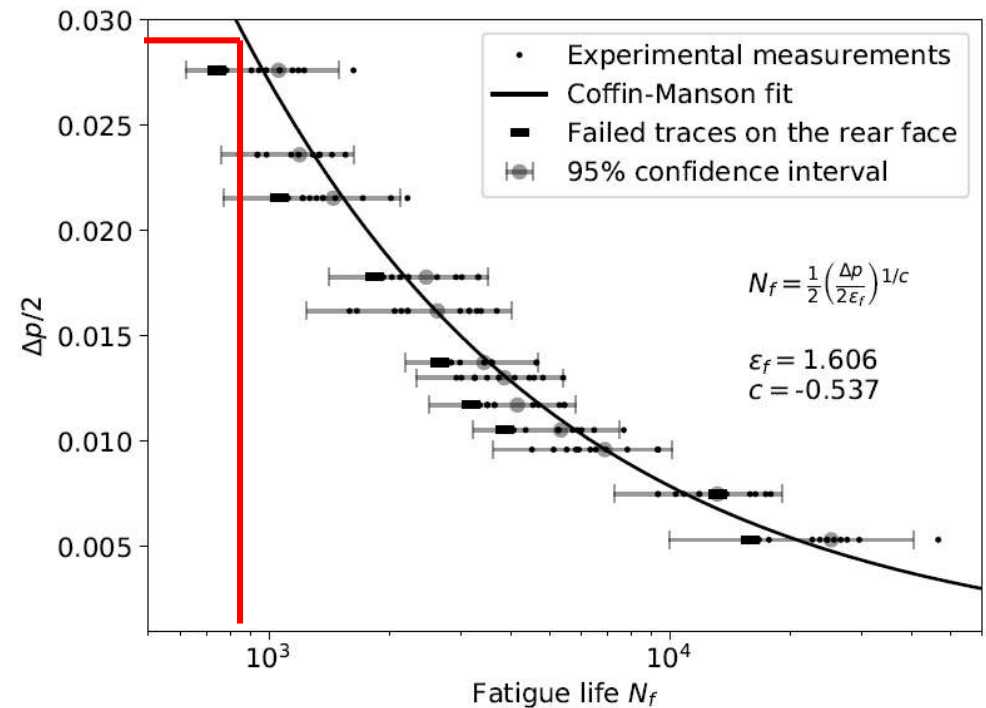
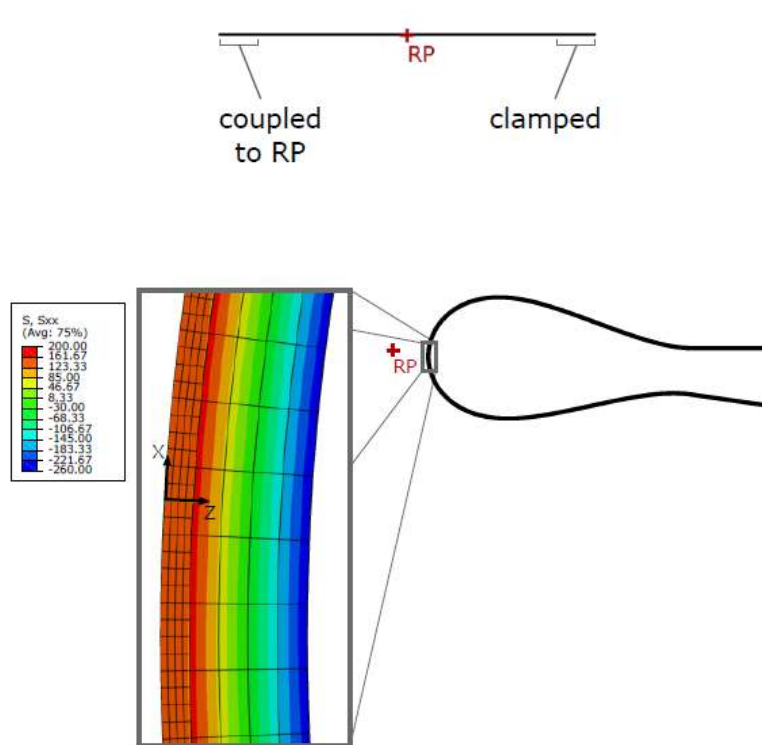
Phd dissertation, Simlissi 2019 <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-02877354/document>

Girard et al, Int J. Frac, 2021

## *Sommaire*

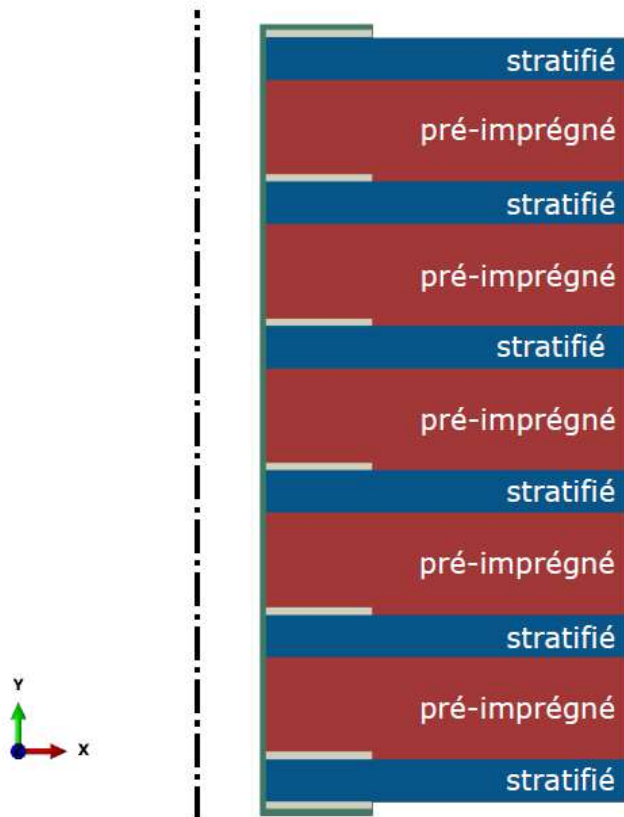
- ❑ Objectif de la recherche au LEM3 - Contexte
- ❑ Partie 1 : Résultats de simulations numériques avec données de la littérature
- ❑ Partie 2 : Besoin de caractérisation
  - Stratifiés, cuivre
  - Interface cuivre/ diélectrique
- ❑ **Partie 3 : Résultats de simulations numérique avec données identifiées au LEM3.**
- ❑ Conclusion et Q/R



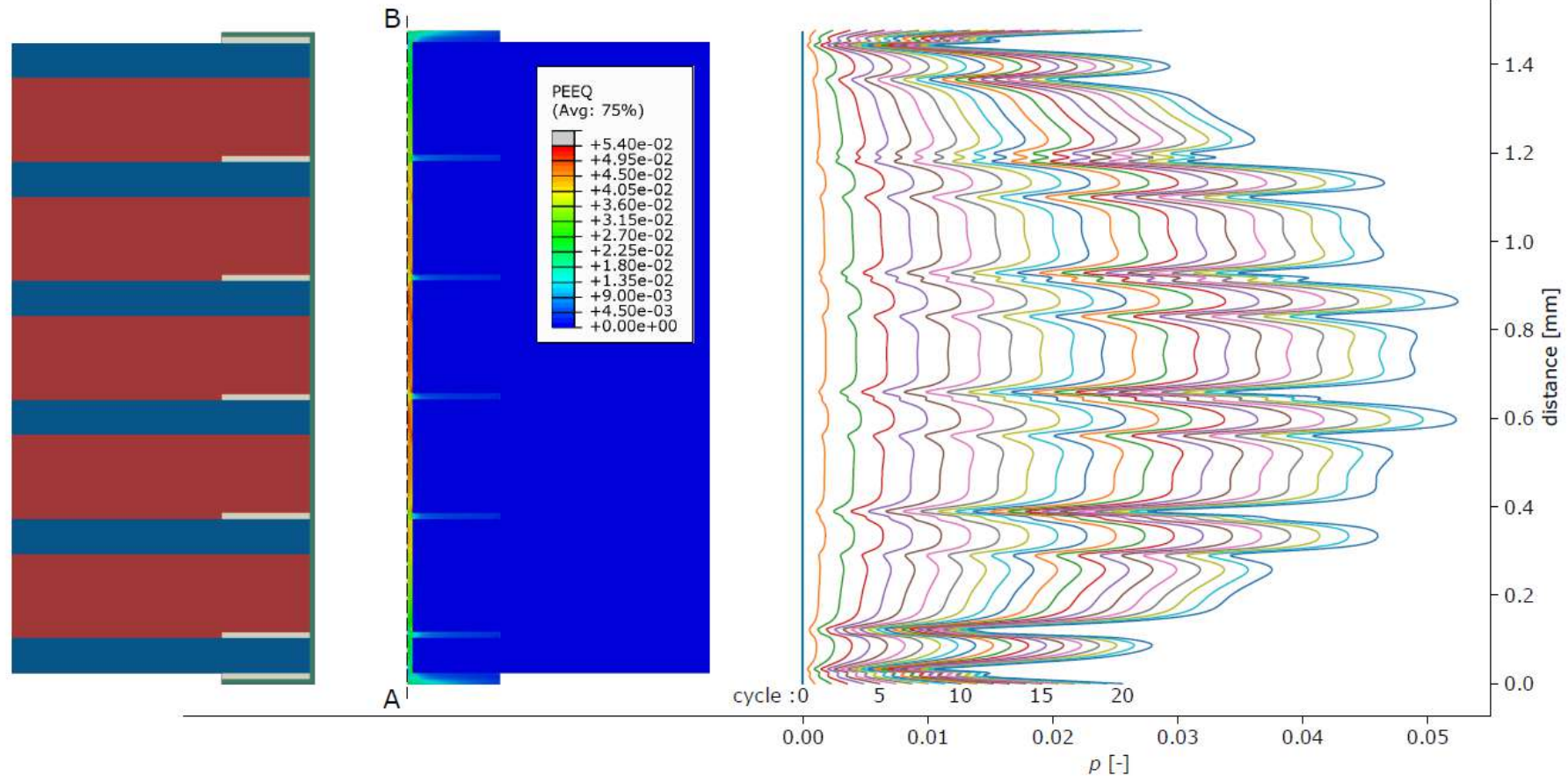


Simulation d'un circuit en flexions répétées (longueur 20mm)  
Dans cette configuration, le  $\Delta p$  calculé (0.058) conduit à  $N_f = 882$  cycles

Girard et al, Microelectronics Reliability, 2020



- Diamètre du trou traversant : 300  $\mu\text{m}$
- Épaisseur totale : 1,8 mm
- Épaisseur de cuivre dans le PTH : 15  $\mu\text{m}$
- Matériaux utilisés :
  - stratifié : fibres de verre / résine époxy
  - pré-imprégné : fibres de verre / résine inconnue chargée d'inclusions de céramique
- Plage de température :  $[-55\text{ }^{\circ}\text{C}; 145\text{ }^{\circ}\text{C}]$

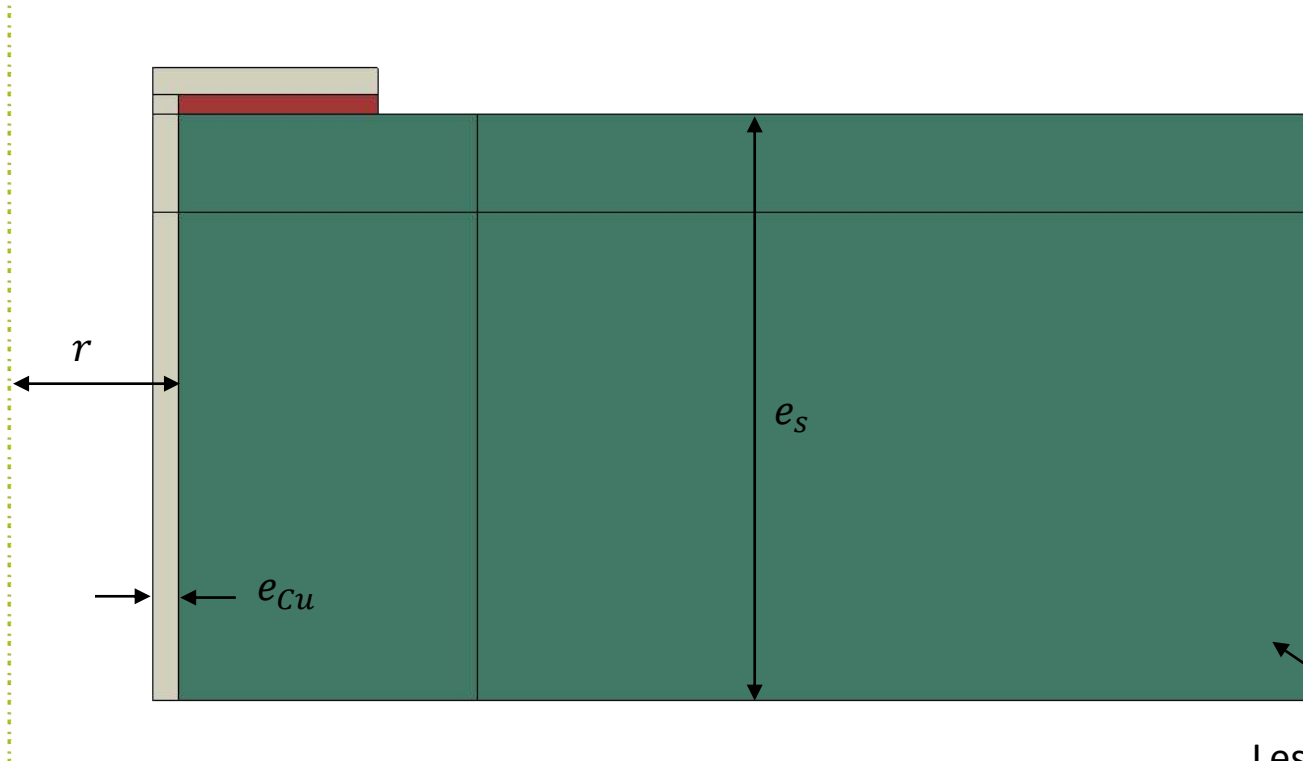


Peeq : déformation plastique dans le cuivre

Evolution de la déformation plastique au cours des cycles. La déformation plastique est plus importante au centre

5 paramètres :

$r, e_{Cu}, e_s, CTE_z, E_z$



Les valeurs de  $CTE_z$  et de  $E_z$  du substrat sont variés

1000 simulations sont réalisées avec des valeurs aléatoires de chaque paramètre :

$$r \in [50 ; 300] \mu m$$

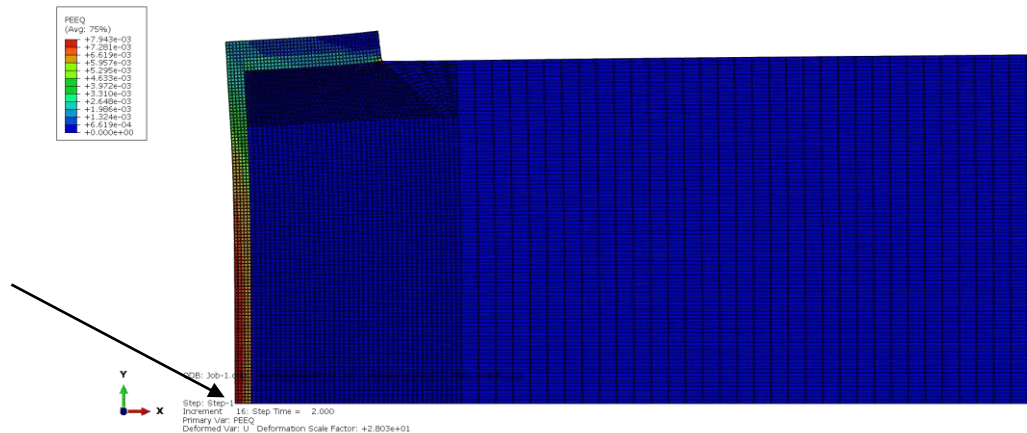
$$e_{Cu} \in [6 ; 40] \mu m$$

$$e_s \in [400 ; 1200] \mu m$$

$$CTE_z \in [20 ; 100] ppm/K$$

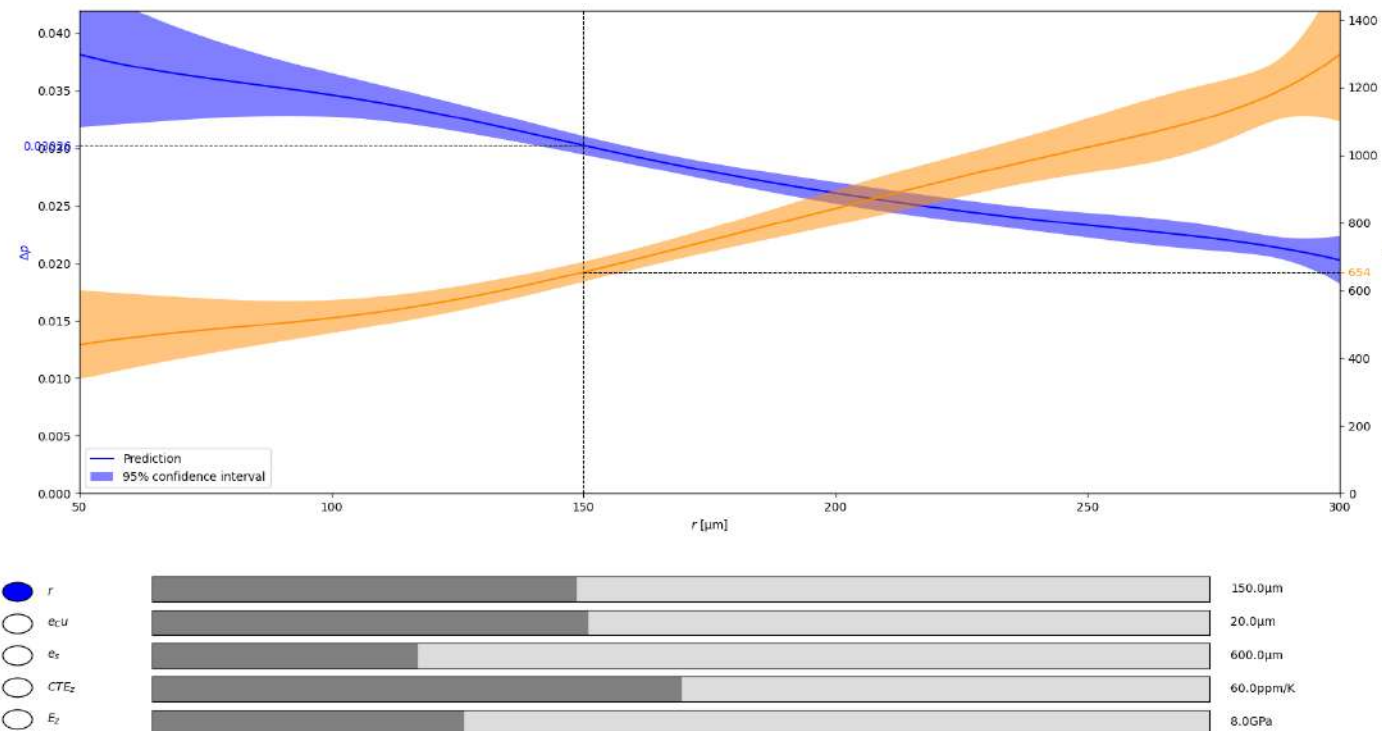
$$E_z \in [3 ; 20] GPa$$

- Pour chaque calcul, on récupère l'amplitude de déformation plastique cumulée (au dernier cycle) au point où elle est maximale, au centre du trou.
- On exporte cette valeur avec les paramètres  $r$ ,  $e_{Cu}$ ,  $e_s$ ,  $CTE_z$ ,  $E_z$  correspondants





Les résultats des calculs alimentent un algorithme de Machine Learning qui « apprend » à estimer la durée de vie d'un PTH en fonction des paramètres qui le définissent



## Formation initiale

### Master de Mécanique M1

- 1 module sur les PCBs : Intervenant F. Lechleiter R&D Cimulec
- 1 module sur la simulation numérique des PCBs

### Module ouvert pour les industriels (30h)

- Thème 1 : Problématique et développement d'une configuration basique.
- Thème 2 : Elasticité anisotrope.
- Thème 3 : Calculs de microstructure sur volume élémentaire représentatif.
- Thème 4 : Essais Mécaniques, TMA, Tomographie.
- Thème 5 : Fichier de commande du calcul EF.
- Thème 6 : Elasto-Plasticité du cuivre, plasticité isotrope.
- Thème 7 : Introduction à l'utilisation d'une subroutine utilisateur.
- Thème 8 : Ecrouissage cinématique.
- Thème 9 : Automatisation des tâches, extraction des données, script Python.
- Thème 10 : Etude de cas.

## *Sommaire*

- ❑ Objectif de la recherche au LEM3 - Contexte
- ❑ Partie 1 : Résultats de simulations numériques avec données de la littérature
- ❑ Partie 2 : Besoin de caractérisation
  - Stratifiés, cuivre
  - Interface cuivre/ diélectrique
- ❑ Partie 3 : Résultats de simulations numérique avec données identifiées au LEM3.
- ❑ **Conclusion et Q/R**

## Conclusion

Le comportement des matériaux des PCB est identifié pour être utilisé dans les modélisations

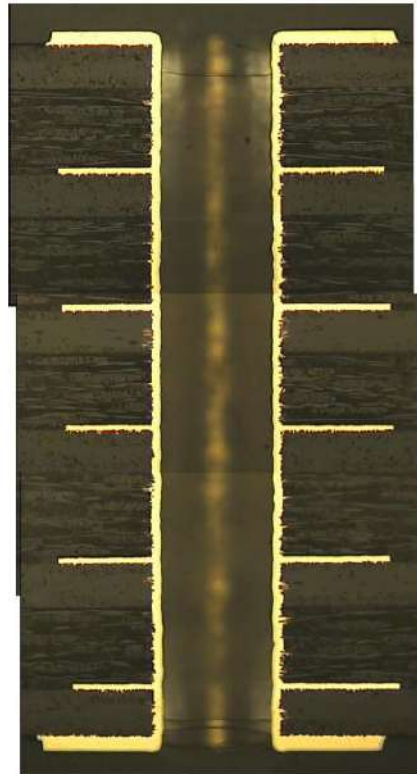
## Perspectives



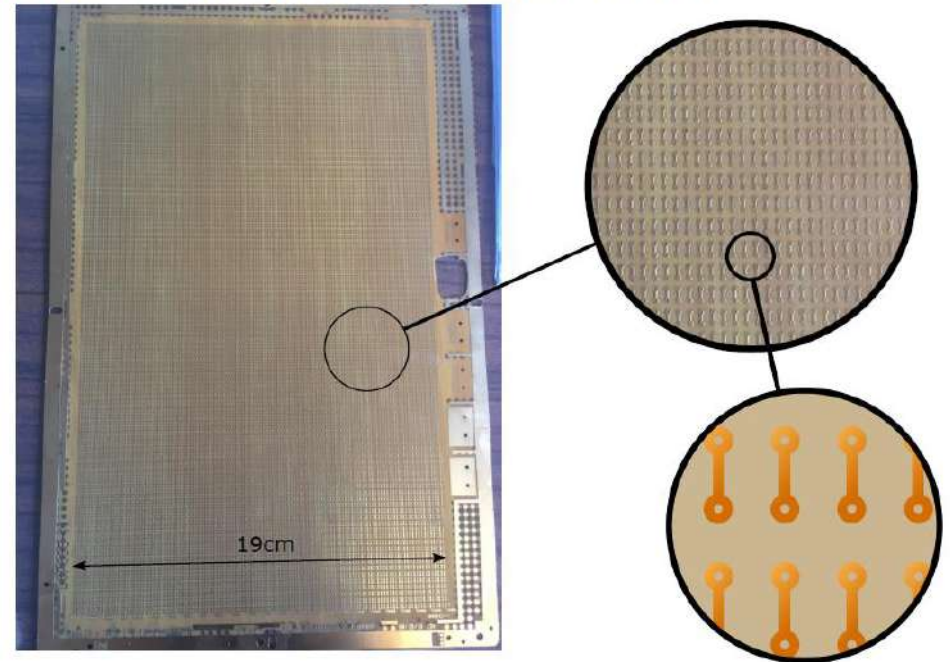
- Continuation du travail sur les interfaces.
  - ANR JCJC Gautier Girard / 1 thèse en octobre 2022 Charaf-Eddine Ziouani
- Confrontation essais / simulation numérique

# Confrontation essai simulation

Projet : acquisition d'une enceinte + détecteur d'événements

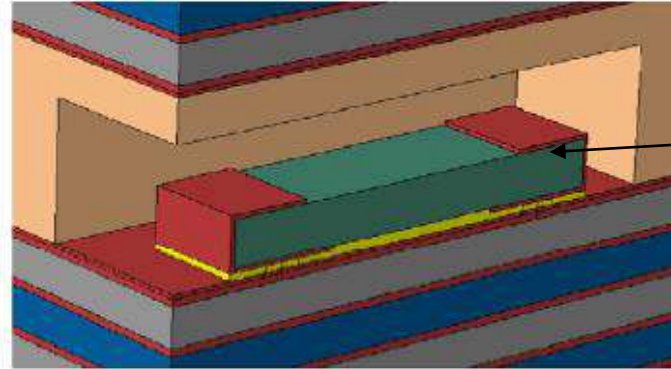


Daisy chain : 24000 trous traversants en série





- Mobilité électrique / module de puissance



Puce GaN

Thèse de Paul Perin Octobre 2021-2024 / Cimulec – Région Grand Est, soutien de la DGA

Thèse de Flora Dailland Octobre 2022-2025 / ANR Modufect (LEM3 –SATIE)



Continuation de la chaire « circuits imprimés » :

**Tous les industriels peuvent nous rejoindre pour 2023-2025**

<https://labcom-lemci.univ-lorraine.fr/fr/presentation-de-la-chaire-circuits-imprimes/>

29 novembre 2022 au LEM3 - Metz

## Journée 9h45-16h45

- Echange avec des industriels
- Exposé sur les travaux du LEM3
- Visite des équipements

## Journée ouverte aux industriels

**Inscription** : sans frais

**Contact** :  
sebastien.mercier@univ-lorraine.fr

| Horaire     | Descriptif                                                                                                                | Intervenant / Animateur               |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 9h15-9h45   | Café / Accueil                                                                                                            |                                       |
| 9h45h-10h15 | Mot d'accueil (Université de Lorraine / Laboratoire / Soutien institutionnel (Metz Métropole / Département de la Moselle) |                                       |
| 10h15-10h45 | Enjeux industriels et Enjeux en R&D fiabilité du PCB                                                                      | CIMULEC groupe / DGA / LEM3           |
| 10h45-11h15 | Caractérisation des matériaux /Couplage avec l'Intelligence artificielle pour prédire la durée de vie d'un PTH            | G. Girard                             |
| 11h15-12h00 | Visite Equipement LEM3                                                                                                    |                                       |
| 12h00-13h45 | Repas                                                                                                                     |                                       |
| 13h45-14h15 | Planéité                                                                                                                  | N. Mathieu                            |
| 14h15-14h40 | France Relance LEM3-SYSTRONIC                                                                                             | S. Hazam / X. Mougeneot / SYSTRONIC   |
| 14h40-14h50 | Projet actuels                                                                                                            | S. Mercier                            |
| 14h50-15h00 | Formation initiale / continue                                                                                             | S. Mercier                            |
| 15h-15h30   | Pause                                                                                                                     |                                       |
| 15h30-16h   | Poursuite Chaire industrielle 2023-2026 / Presentation fondation ID+Lorraine                                              | S. Mercier / V. Queudot (ID+Lorraine) |
| 16h-16h30   | Discussion ouverte LEM3 / Industriels                                                                                     | CIMULEC                               |
| 16h45       | Fin de la journée                                                                                                         |                                       |
|             | Poursuite visite équipements si demande                                                                                   |                                       |
|             |                                                                                                                           |                                       |

## Merci de votre attention

Contact : [sebastien.mercier@univ-lorraine.fr](mailto:sebastien.mercier@univ-lorraine.fr)

### Partenaires actuels



### Collectivités



### DGA



### Agences de la recherche





# Les Rendez-Vous Fiabilité du CFF

## Agenda

L'agenda est susceptible d'être modifié. Voir agenda NAE pour confirmation. [Lien](#)

| Date du webinar<br>2 <sup>e</sup> mardi du mois | Intervenant<br>13h00 - 14h00                                                                                                                                                                                   | Sujet                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Inscription          |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| mardi 11 octobre 2022                           | LEM3<br>                                                                                                                      | Caractérisation thermo-mécanique des matériaux et des interfaces, en vue de prédire la fiabilité des Circuits imprimés                                                                                                                                                                                    | <a href="#">Lien</a> |
| mardi 13 décembre 2022                          | IRSEEM ESIGELEC<br>AREELIS Technologies<br>  | DiThAA (Dissipation Thermique des Antennes Actives)<br>- Communication 5G, avec NXP<br>- Internet à bord d'un avion civil, avec SAFRAN Data Systems<br>Solutions technologiques :<br>- Matériaux à changement de phase - AREELIS Technologies<br>- Module Peltier (Thermoélectricité) - IRSEEM - ESIGELEC | <a href="#">Lien</a> |
| mardi 14 février 2023                           | CEA Tech<br>                                                                                                                | Caractérisation des éléments parasites de composants grand gap et de leur packaging en utilisant des méthodes issues de la RF. Perspectives sur l'impact de la fiabilité des interrupteurs de puissance.                                                                                                  | <a href="#">Lien</a> |
| mardi 11 avril 2023                             | Intervenant                                                                                                                                                                                                    | Sujet à identifier                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      |
| mardi 13 juin 2023                              | Intervenant                                                                                                                                                                                                    | Sujet à identifier                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      |



# Les Rendez-Vous Fiabilité du CFF

**NRTW**  
National **Reliability** Technology Workshop

*NRTW 2023*  
*16 mars 2023*

**Sujet : La température dans la fiabilité des systèmes et des composants électroniques**

## Agenda en construction :

- 9.00 Introduction
- 9.15 Inventaire des techniques et moyens de mesure
  - A compléter (techno puissance, tech Si numérique, ...)
  - Quels progrès ? Comparaison 2000 – 2020
  - Table ronde
- 12.00 Pause déjeuner + Rendez-vous BtoB
- 14.00 Quelles mesures de T° pour quel type de besoins ?
  - Tj et ... techno
  - Tj et ... sureté de fonctionnement
  - Tj et ... design des composants
  - Table ronde
- 16.00 Quels de mesure ? Quels nouveaux PETS ?
  - Quels PETS pertinents pour des Power GaN
  - Autre ...
- 17.30 Conclusion

**BROUILLON**  
Travail en cours

## PROCHAINE EDITION

*16 mars 2023*

*Campus du Madrillet - Rouen*

## CALL FOR TECHNICAL PAPERS

Vous souhaitez venir en tant  
qu'orateur au NRTW 2023 ?

**Prochaine diffusion**  
Travail en cours

Evènement en présentiel. Accès payant. Tarif préférentiel réservé aux membres du CFF.





Centre Français Fiabilité

Contacts CFF : [cff@nae.fr](mailto:cff@nae.fr)

Samuel CUTULLIC  
François BOUVRY



Geoffroy MARTIN  
Pierre DE BOUCAUD



Severine COUPE



Notre site internet :

[Centre-francais-fiabilite](http://Centre-francais-fiabilite.fr)

Notre compte LinkedIn :

[Centre-francais-fiabilite](https://www.linkedin.com/company/Centre-francais-fiabilite)