

# Evaluation du taux de restitution d'énergie en modes I et II d'un LVL de peuplier

GT Imagerie – GDR Bois

22 Novembre 2023

PEIGNON Axel, HADIJI Hajer, SERRA Joël, CURTI Remi, CANTAREL Arthur, EYMA Florent, CASTANIE Bruno

ANR BOOST

(Le BOis pOUr les STtructures des véhicules)

3 groupes de travail : 

Stratégie de modélisation



Caractérisation des propriétés des plis et des multi-pis

Caractérisation de détails structuraux

  
LaBoratoire des Matériaux et Procédés

1- Introduction

2- Problématique de suivi de fissuration

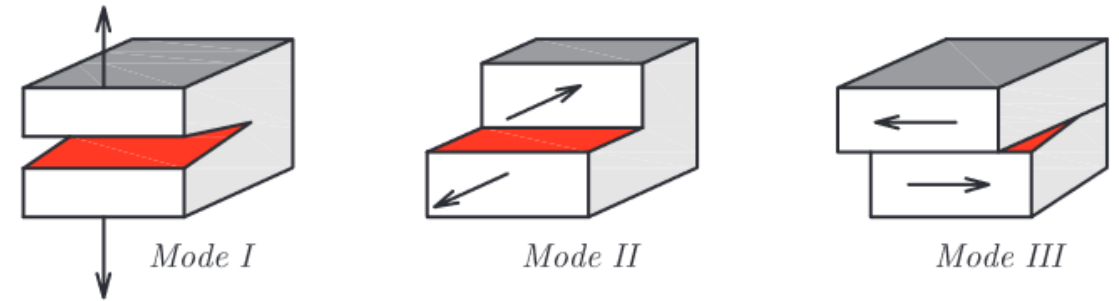
1- Mode I

2- Mode II

3- Conclusion

## Ténacité d'une interface :

- La ténacité, ou taux de restitution d'énergie, est la résistance à la propagation de fissure
- Caractérisation d'une interface collée
- Paramètres matériaux correspondant au délaminage d'une interface (modèles numériques)



**Mode I: délaminage normal au plan**  
(Mode dans lequel la ténacité est la plus faible)

**Mode II: délaminage en cisaillement plan**  
(Mode le plus critique pour l'initiation et la propagation du délaminage dans les stratifiés composites)

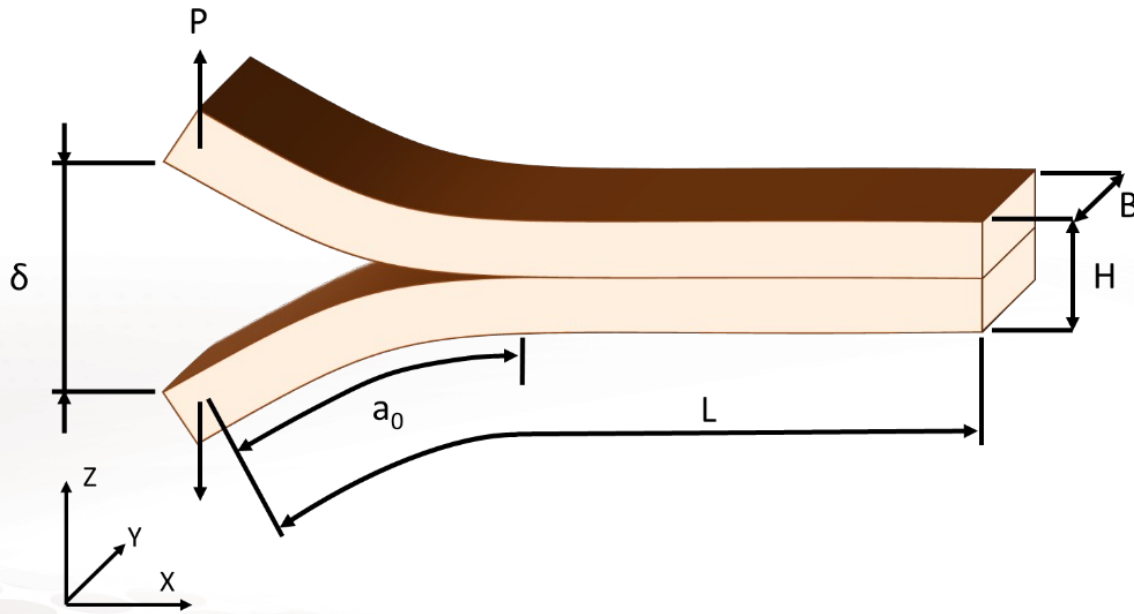
**Mode III: délaminage en cisaillement hors plan**  
(Mode complexe à caractériser, souvent assimilé au mode II en termes de valeur (Ge et al., 2016))

# ESSAIS DCB (MODE I)

# Double Cantilever Beam (DCB)

## Calcul de $G_{Ic}$ - taux de restitution d'énergie mode I :

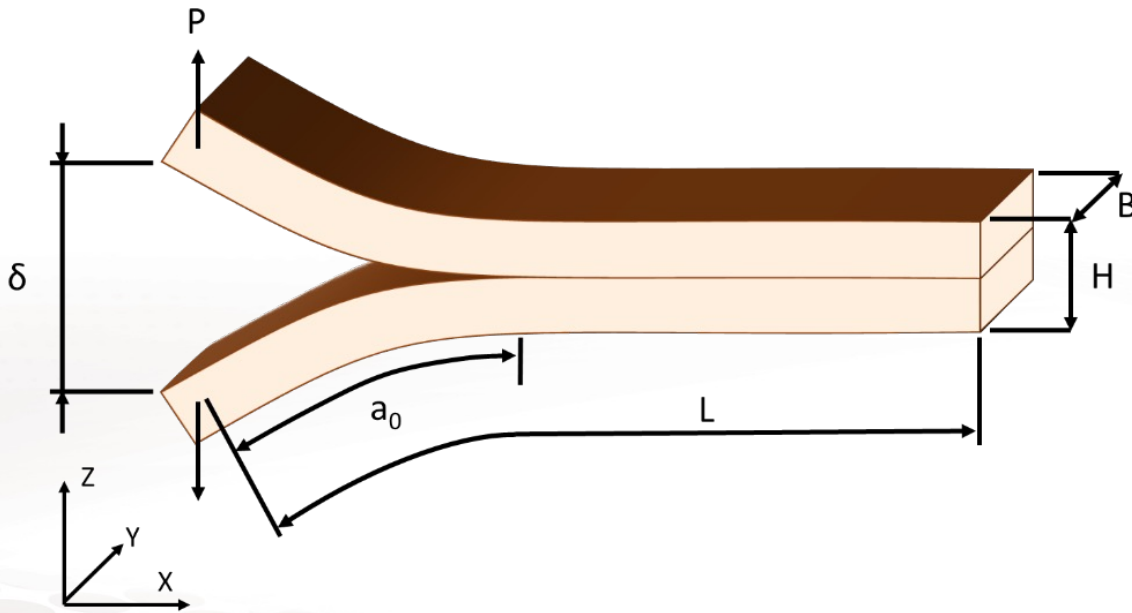
- Paramètre mécanique : modélisation du LVL



# Double Cantilever Beam (DCB)

## Calcul de $G_{Ic}$ - taux de restitution d'énergie mode I :

- Paramètre mécanique : modélisation du LVL



## Problématique:

Besoin de calculer  $dC/da$  pour calculer  $G_{Ic}=f(a)$

$$G_{Ic} = \frac{P^2}{2B} \frac{dC}{da} \quad C = \frac{\delta}{P} \quad (\text{Irwin-Kies, 1954})$$

Utilisation de 3 méthodes :

-Théorie des poutres corrigées

-Compliance Calibration

-Modified Compliance Calibration

Fournir une  
relation entre  
a et C

Nécessite une méthode de suivi de fissure

# MONTAGE EXPÉRIMENTAL

# Montage expérimental

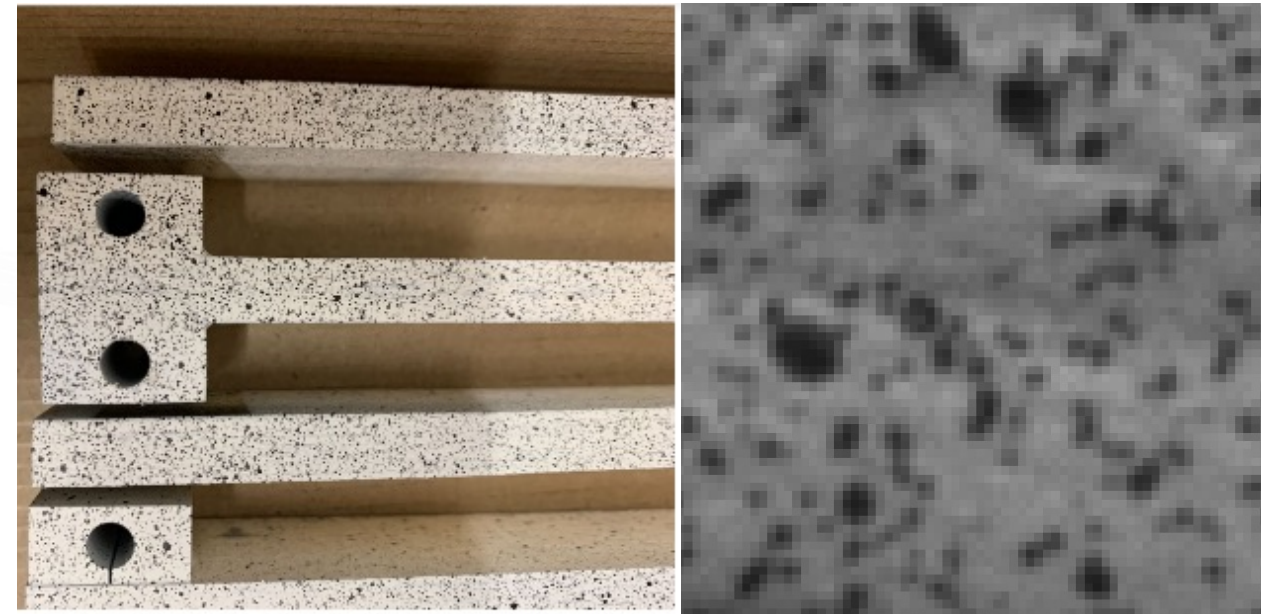
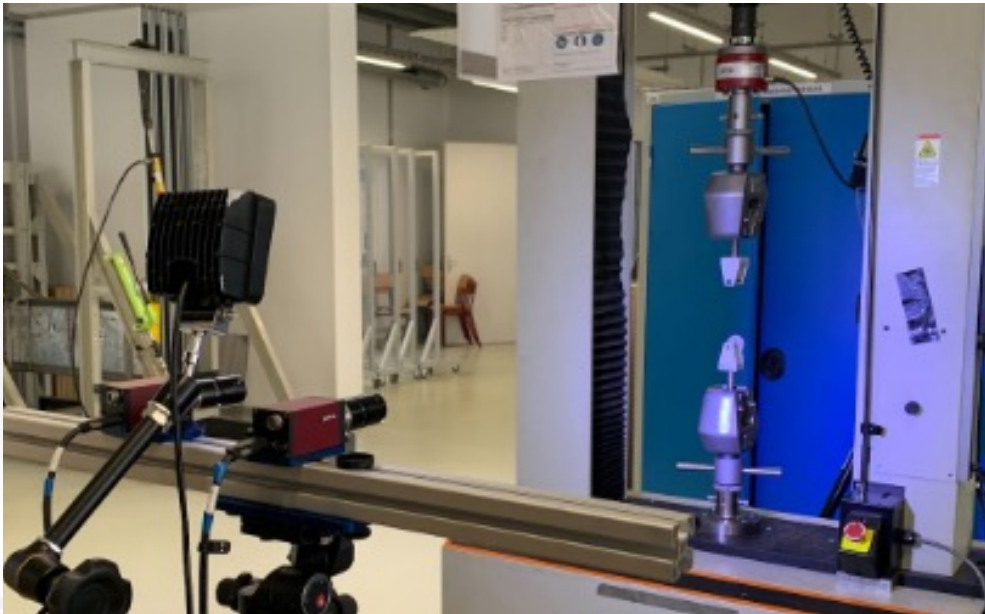
Machine de traction

Commande en déplacement 20mm/min

Stéréo-corrélation (2hz)

Mouchetis :  $\sim 3$  pixels par taches (Reu, 2014)

Mouchetis sur le moyen d'essai





# Montage expérimental

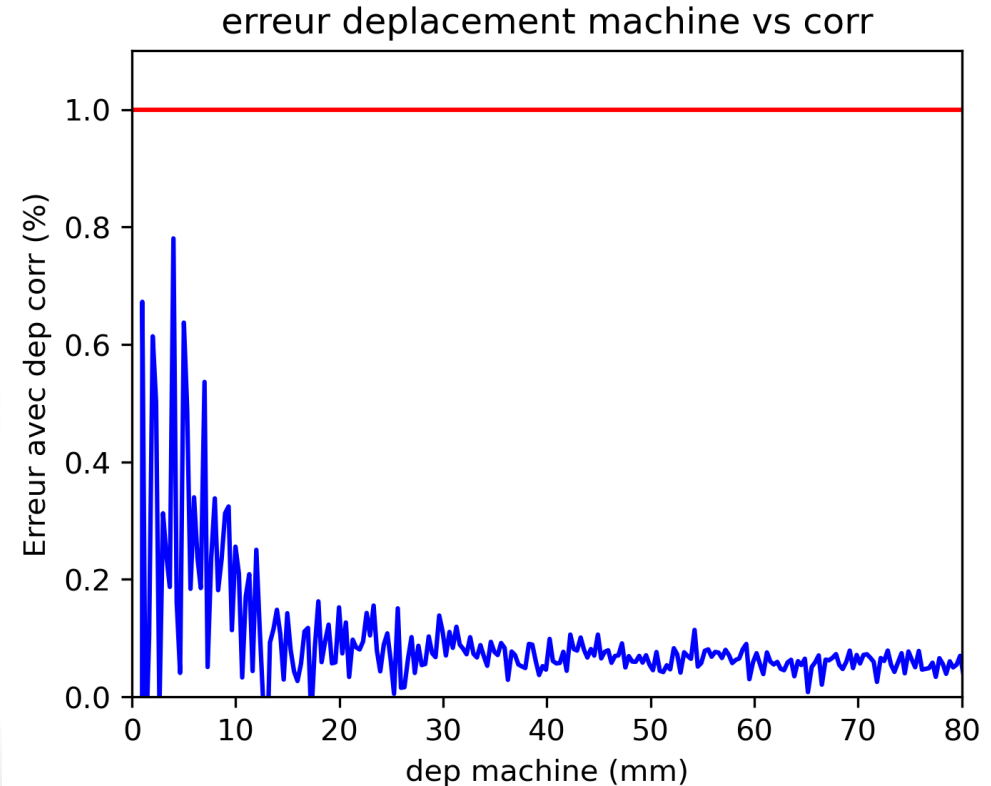
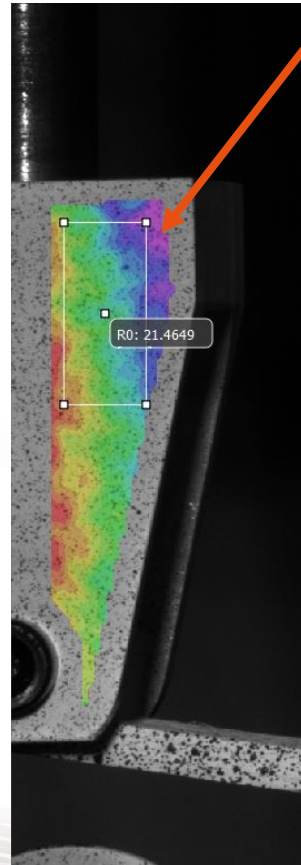
## Problématique :

Le déplacement mors est-il équivalent au déplacement éprouvette ?

⇒ Erreur < 0,8%

(< 0,2% après 10mm ouverture)

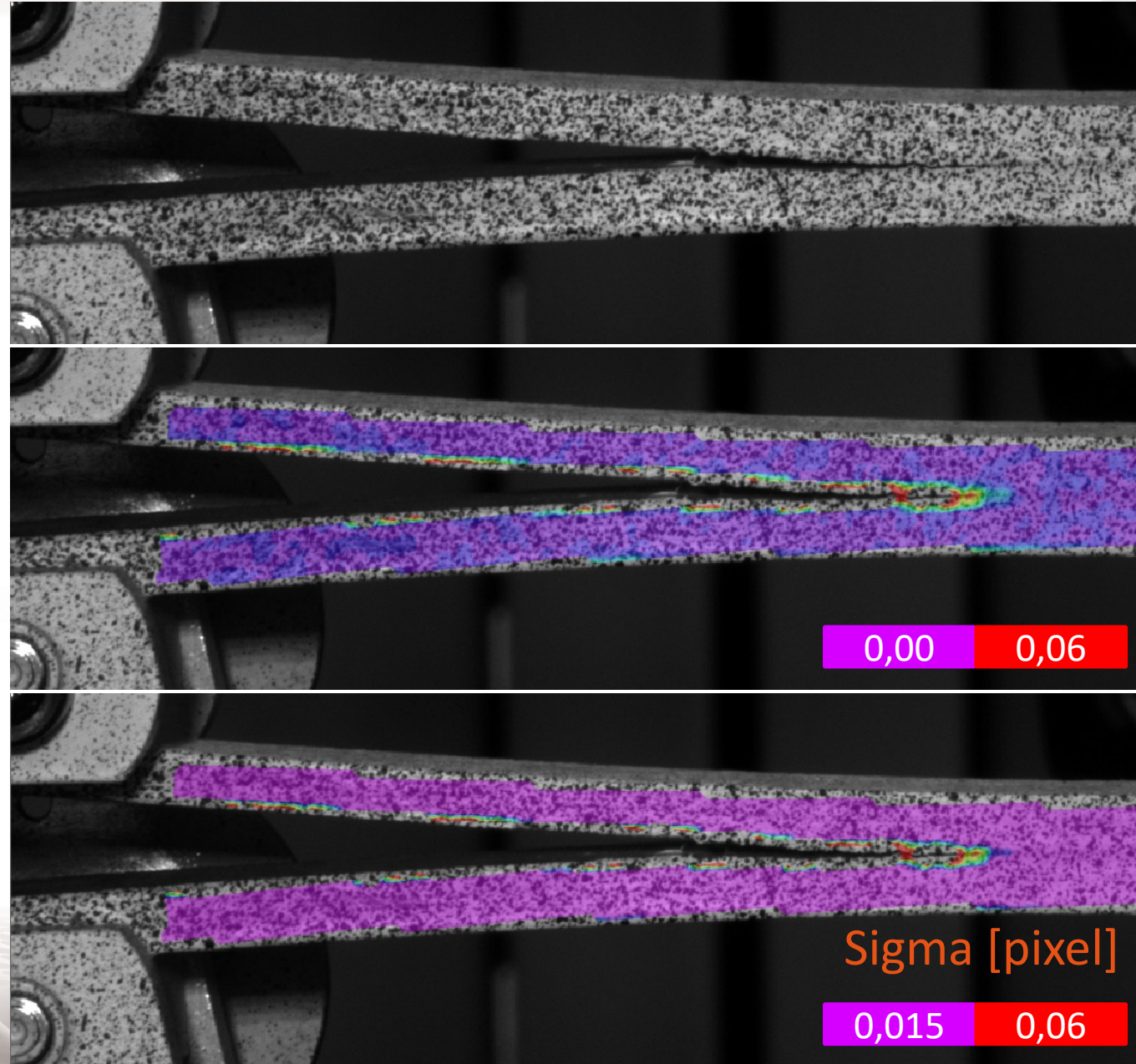
## Moyenne de déplacement sur le rectangle R0



# SUIVI DE LA FISSURATION

# Suivi de la fissuration

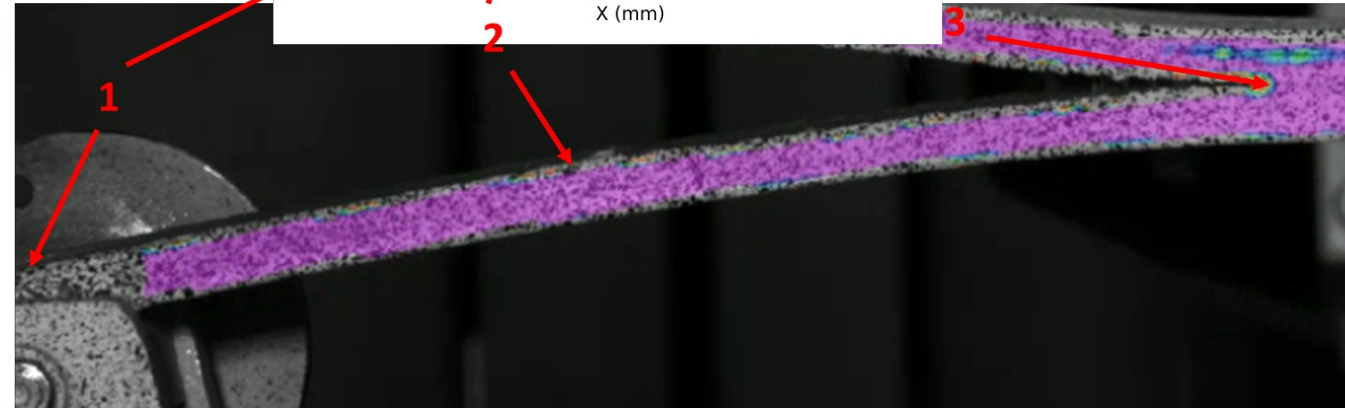
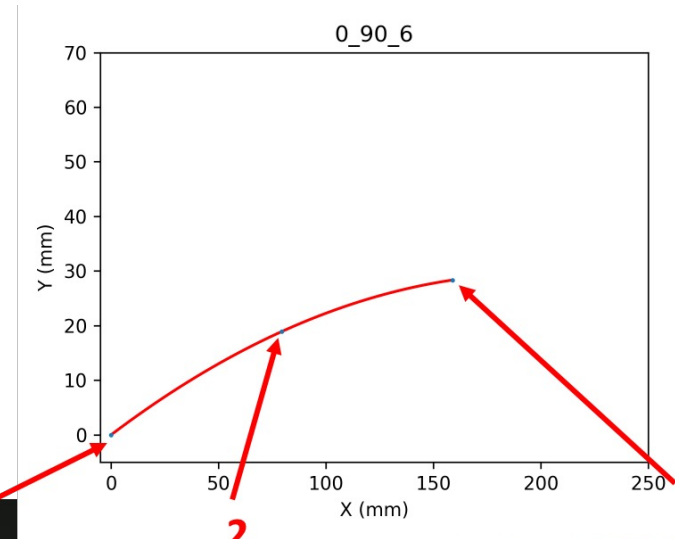
- **Sigma** (pixel) : intervalle de confiance de la corrélation :
  - mesure de l'incertitude dans les mesures de déplacement
  - fournit une estimation de la fiabilité des déplacements calculés
- Autocorrélation d'une même image
- Visualisation de la valeur max de sigma (bruit dans ce cas)  $\sim 0,015\text{px}$
- Utilisation de cette valeur comme d'un seuil minimal



# Suivi de la fissuration



Calcul de la longueur de fissure :



Prise en compte la courbure de l'éprouvette, suivis manuel de 3 points (code Python)

# Validation de la méthodologie

## Problématique :

- Sigma augmente = fissure avance ?
- Choix de la valeur seuil
- Suivi à la main du fond de fissure
- Calcul de la courbure
- ...

Valider la méthodologie proposée ?

# Validation de la méthodologie

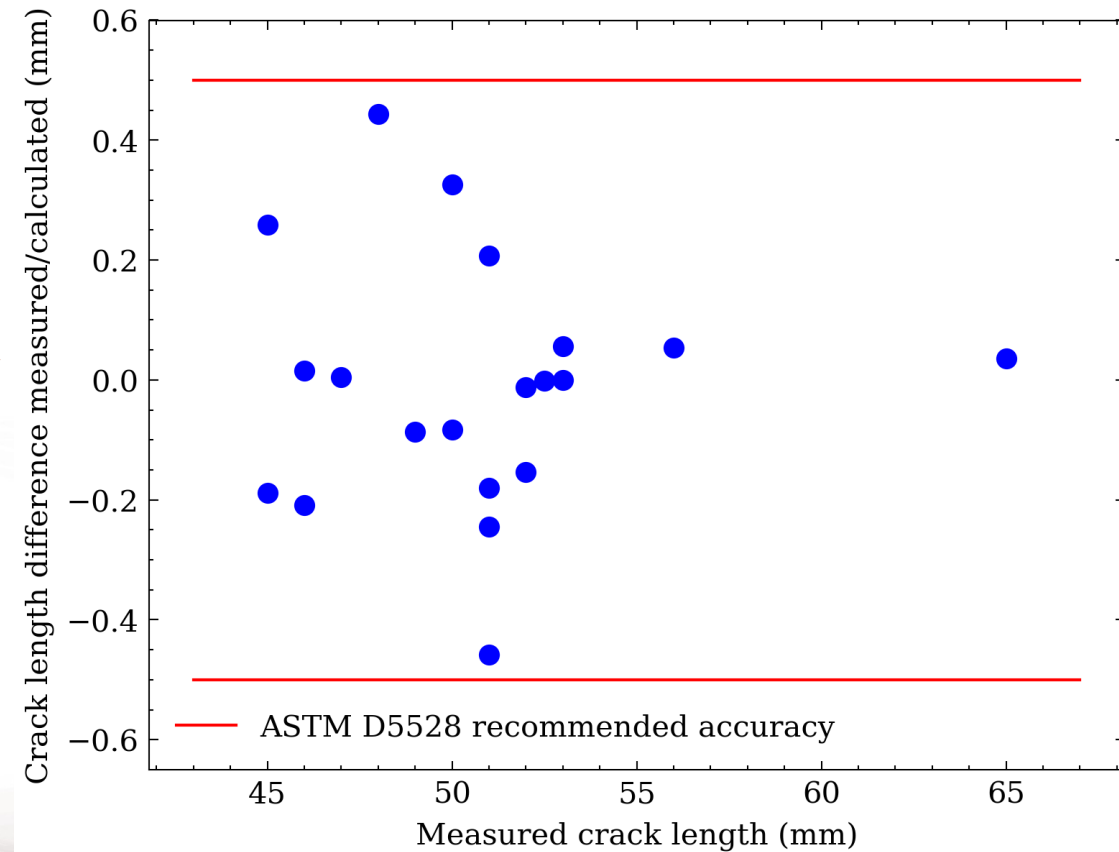
## Problématique :

- Sigma augmente = fissure avance ?
- Choix de la valeur seuil
- Suivi à la main du fond de fissure
- Calcul de la courbure
- ...



Valider la méthodologie proposée ?

## Comparer la longueur de fissure initiale

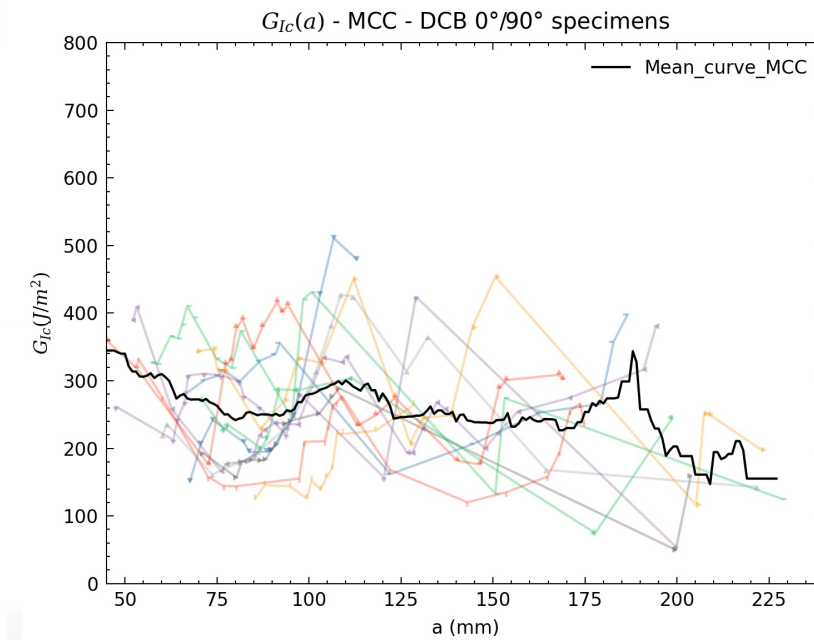
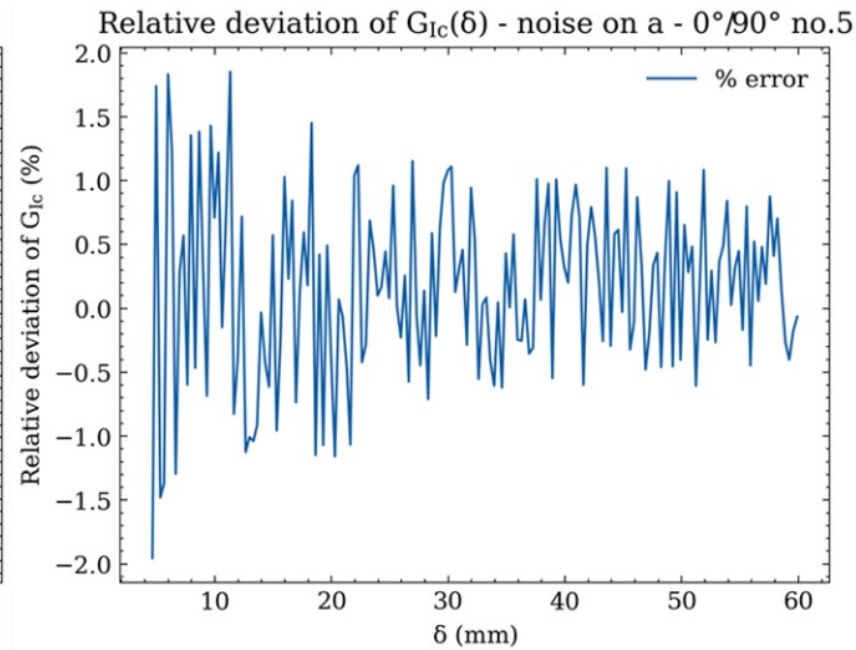
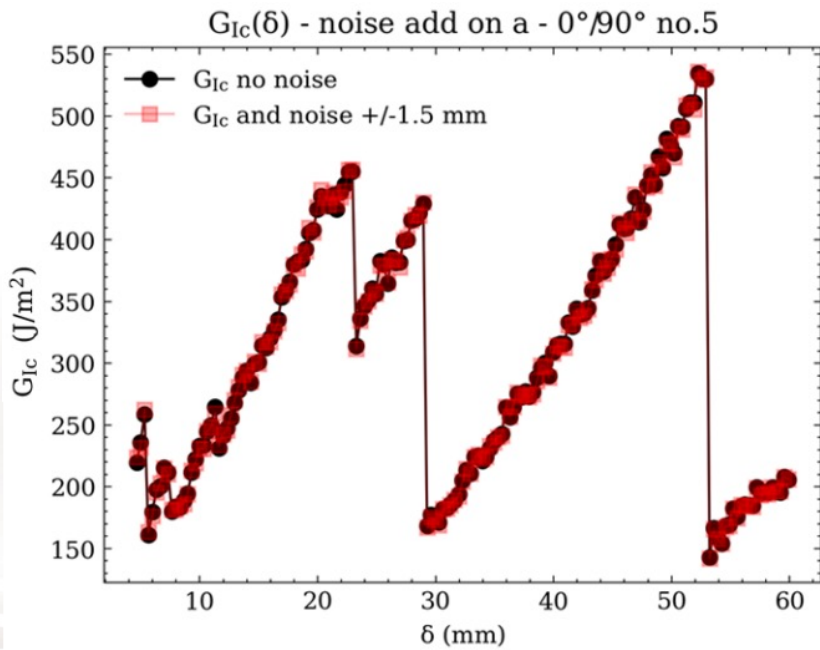


# Validation de la méthodologie

## Problématique :

- L'erreur de 0,5mm a-t-elle un effet sur les valeurs de  $G_{Ic}$  obtenues

Ajout d'un 'bruit' de 1,5mm sur la mesure de la longueur de fissure ( $a$ )



Travaux Hajer HADIJI (ICA)

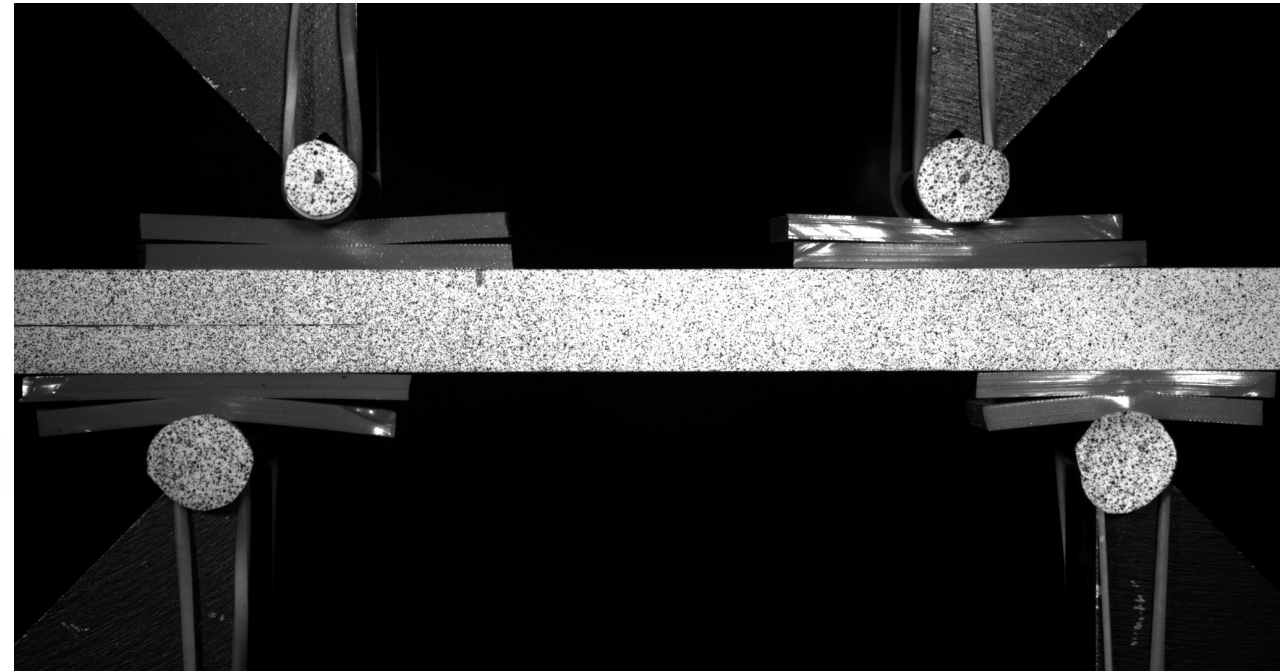
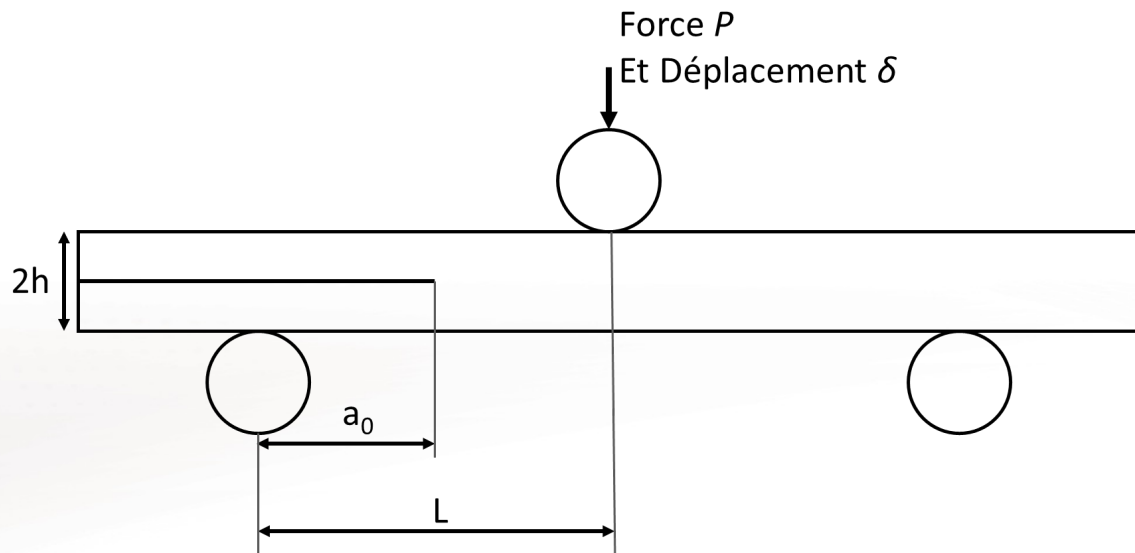
# ESSAIS ENF (MODE II)



# End Notched Flexure (ENF)

Calcul de  $G_{IIc}$  - taux de restitution d'énergie mode II :

- Paramètre mécanique : modélisation du LVL



Comme pour l'essai DCB :  
Nécessite une méthode de suivi de fissure

# Montage expérimental

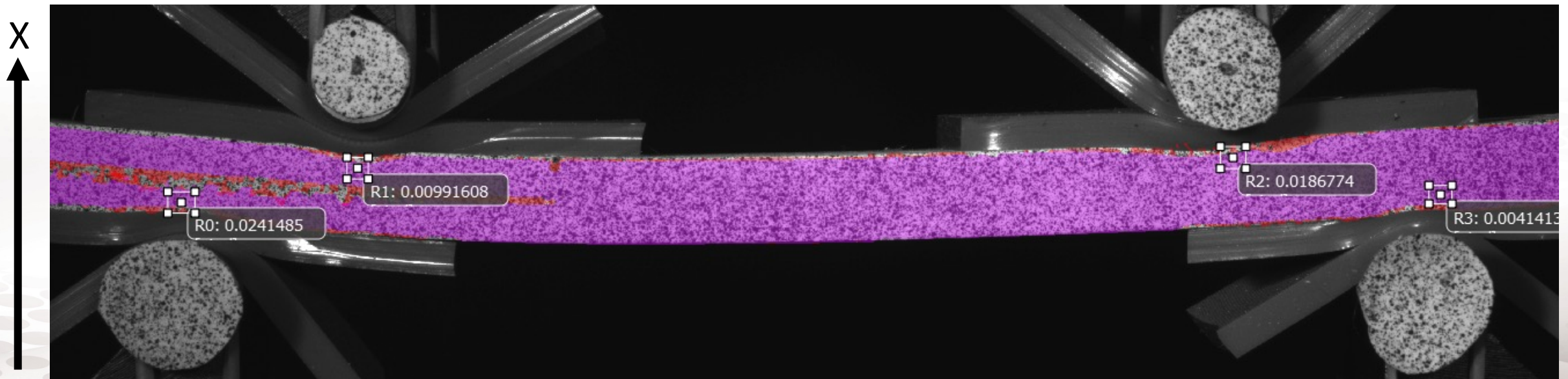
## Problématique :

Le déplacement mors est-il équivalent au déplacement éprouvette ?

⇒ Non

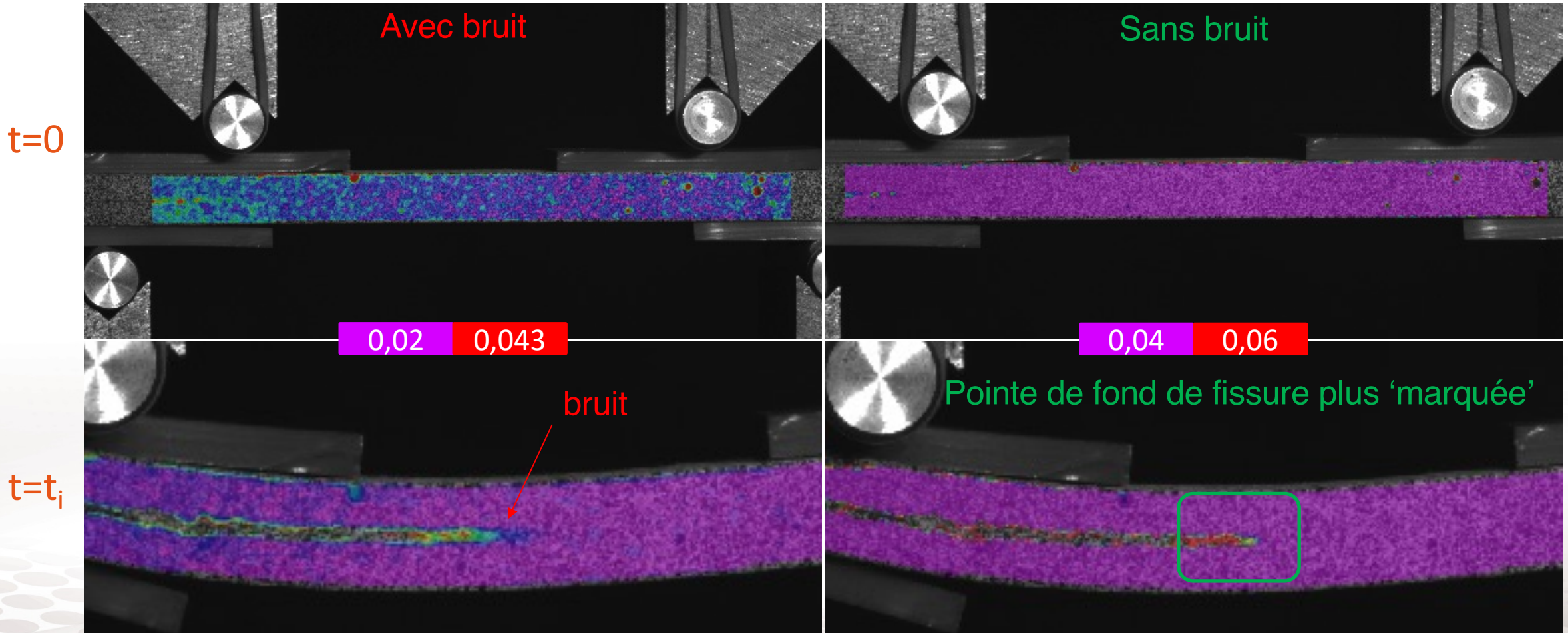
Utilisation de la DIC pour calculer le déplacement éprouvette :

$$\text{déplacement moyen} = 0,5x((R1_x - R0_x) + (R2_x - R3_x))$$



# Suivi de la fissuration

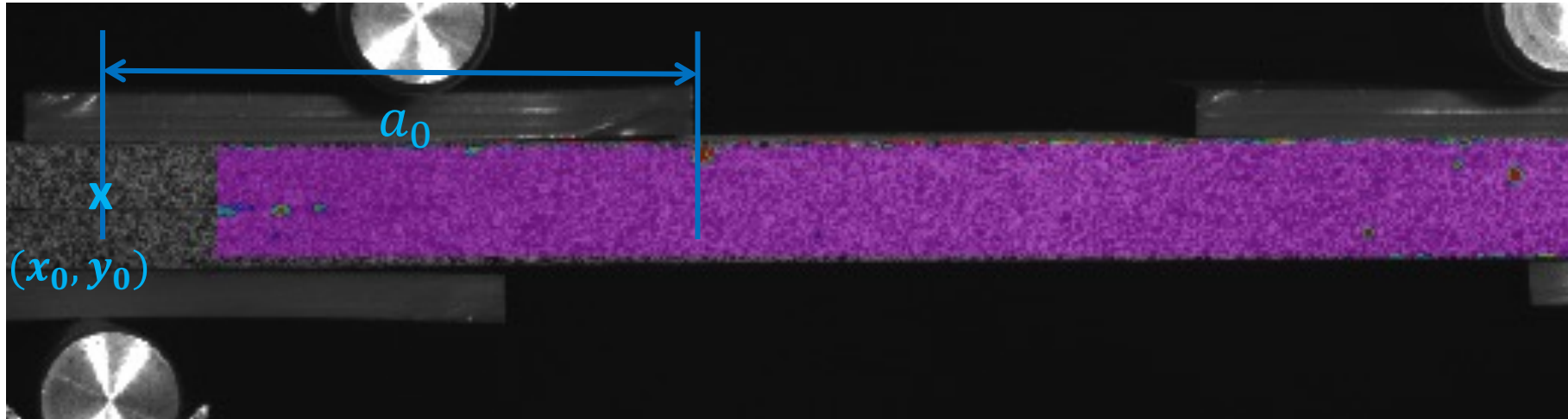
Même méthode que le DCB : valeur seuil de sigma : 0.04px



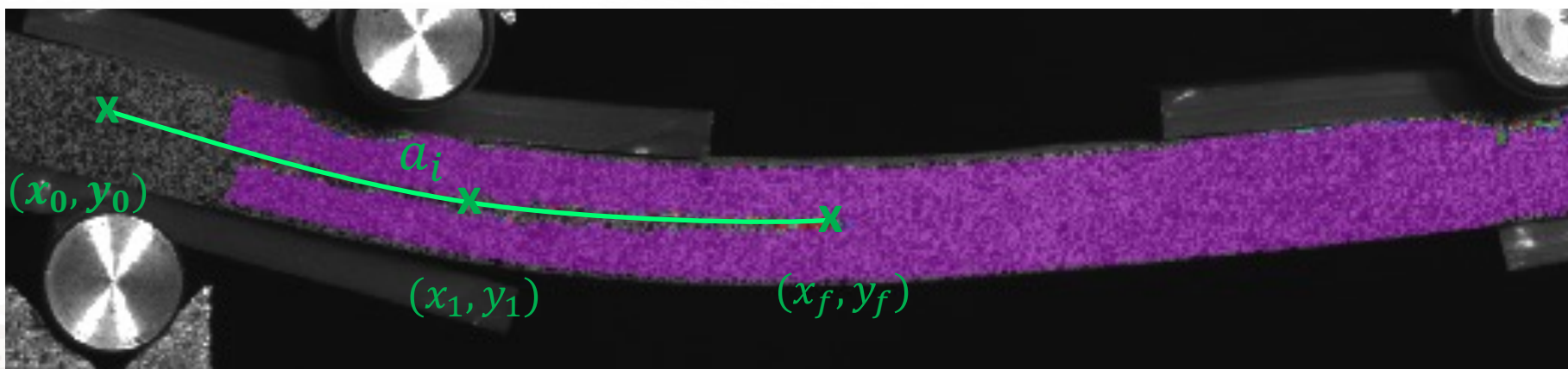
# Suivi de la fissuration

Même méthode que le DCB : suivi de 3 points

$t=0$



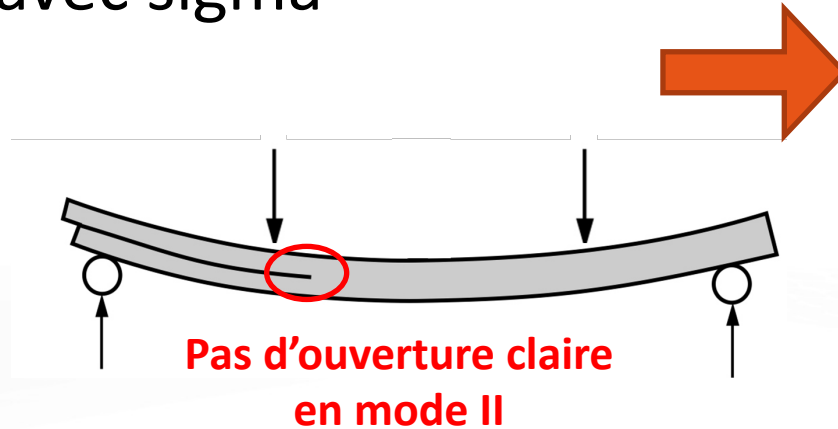
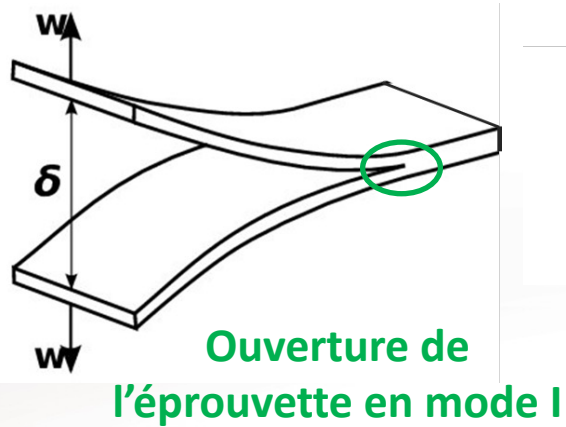
$t=t_i$



# Validation de la méthodologie

## Problématique :

- La fissure initiale n'est pas perceptible avec sigma



Comparer la longueur de fissure finale si possible

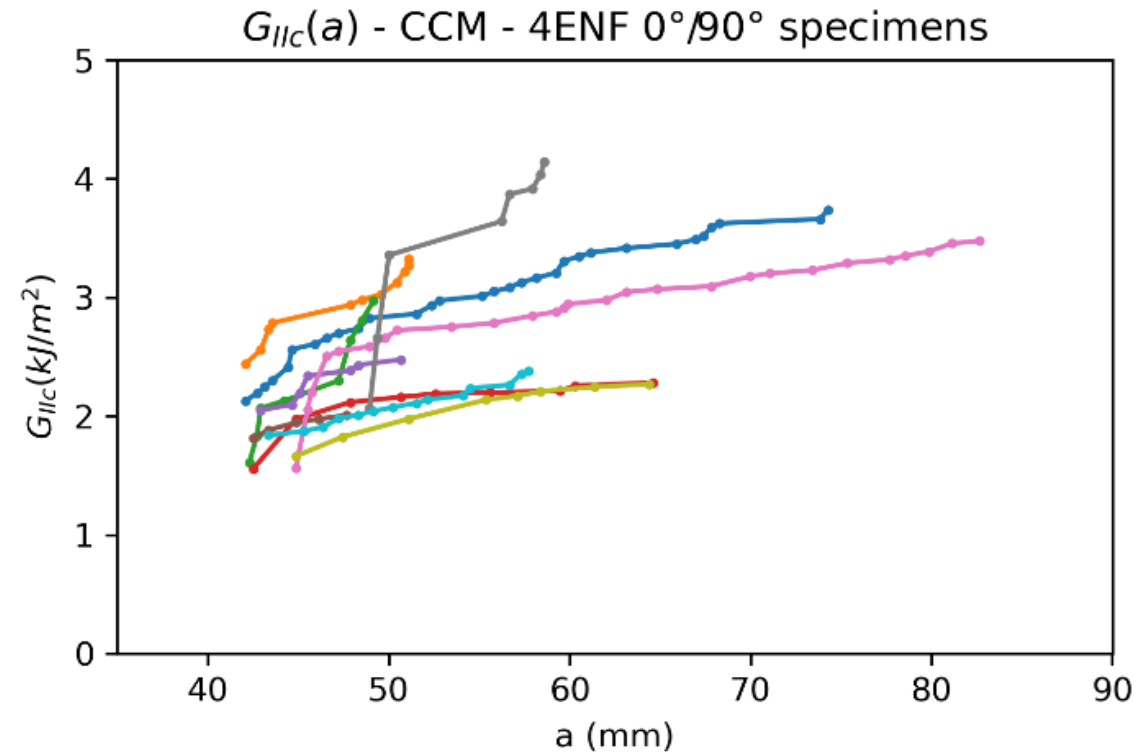
Eprouvette	$a_f$ (mm) Mesurée sur éprouvette	$a_f$ (mm) Mesurée en DIC	Ecart relatif (%)
0°/0°-2	52.80	52.71	0.17
0°/0°-4	55.50	56.28	-1.40
0°/0°-6	57.05	56.51	0.94
0°/90°-3	65.50	64.42	1.65
0°/90°-9	58.04	57.71	0.57

Comparaison des fissures finales

# CONCLUSION

# Conclusion

- Utilisation de la **DIC** et de la visualisation de **sigma** pour suivre une fissure lors d'un essai
- Validation de la méthode
- Estimation de l'influence de l'erreur de mesure sur les résultats



Merci pour votre attention

Questions ?