

ESSAI DYNAMIQUE DE CISAILLEMENT SUR UN MATERIAU FRAGILE

BASTIEN DURAND, HAN ZHAO

LMT-Cachan, Secteur Mécanique & Matériaux, UTR Dynamique

Sommaire :

- **Contexte et dispositif expérimental**
- **Dépouillement des mesures**
- **Simulations numériques**
- **Conclusions et perspectives**

Objectif :

- caractérisation du comportement dynamique d'un joint de colle d'épaisseur 0,15 mm
- estimation de la contrainte de cisaillement à rupture et du module de cisaillement apparent

Objectif :

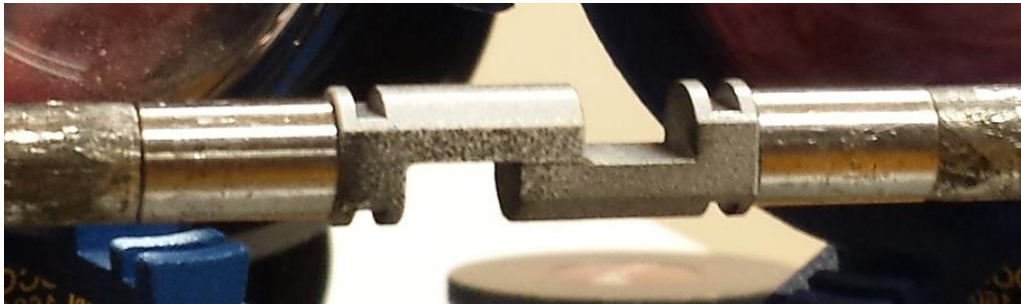
- caractérisation du comportement dynamique d'un joint de colle d'épaisseur 0,15 mm
- estimation de la contrainte de cisaillement à rupture et du module de cisaillement apparent

Géométrie rectangulaire de l'échantillon imposée par les contraintes de mise en forme de la colle

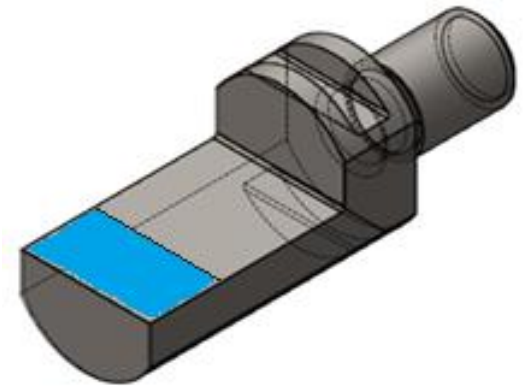
Objectif :

- caractérisation du comportement dynamique d'un joint de colle d'épaisseur 0,15 mm
- estimation de la contrainte de cisaillement à rupture et du module de cisaillement apparent

Géométrie rectangulaire de l'échantillon imposée par les contraintes de mise en forme de la colle

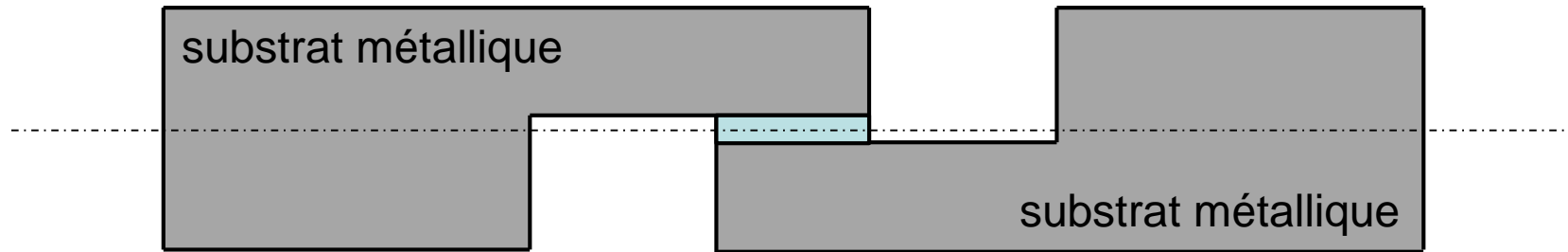


barres de Hopkinson : \varnothing 10 mm

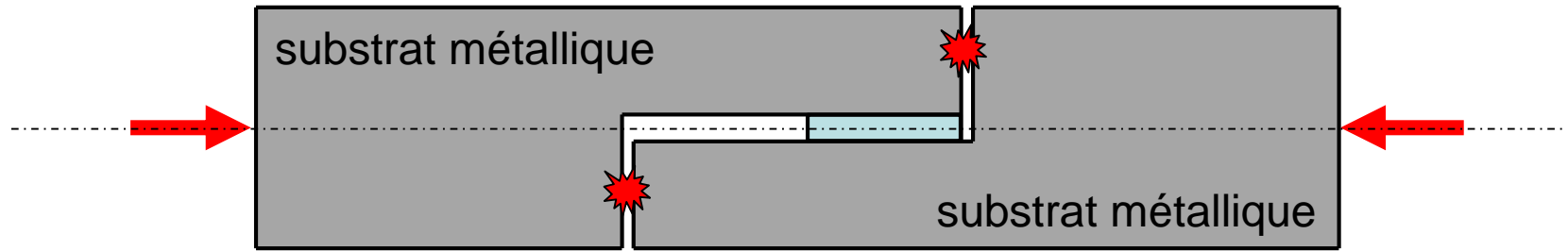


joint de colle : 7 mm \times 9,85 mm

Utilisation des barres de compression impossible :

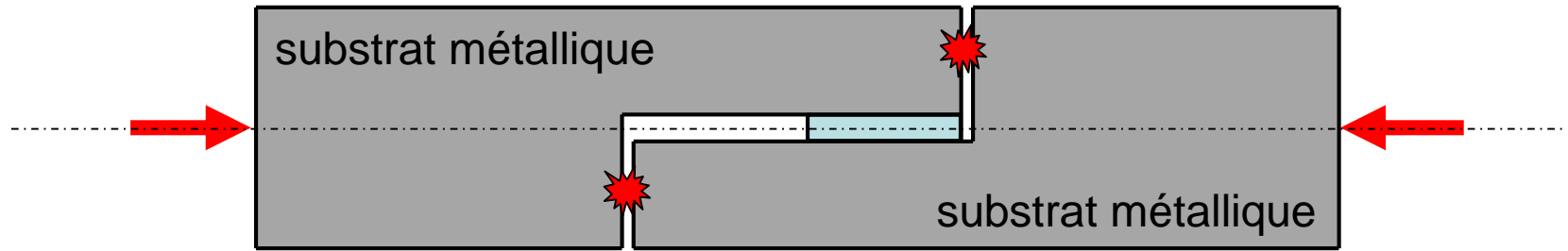


Utilisation des barres de compression impossible :



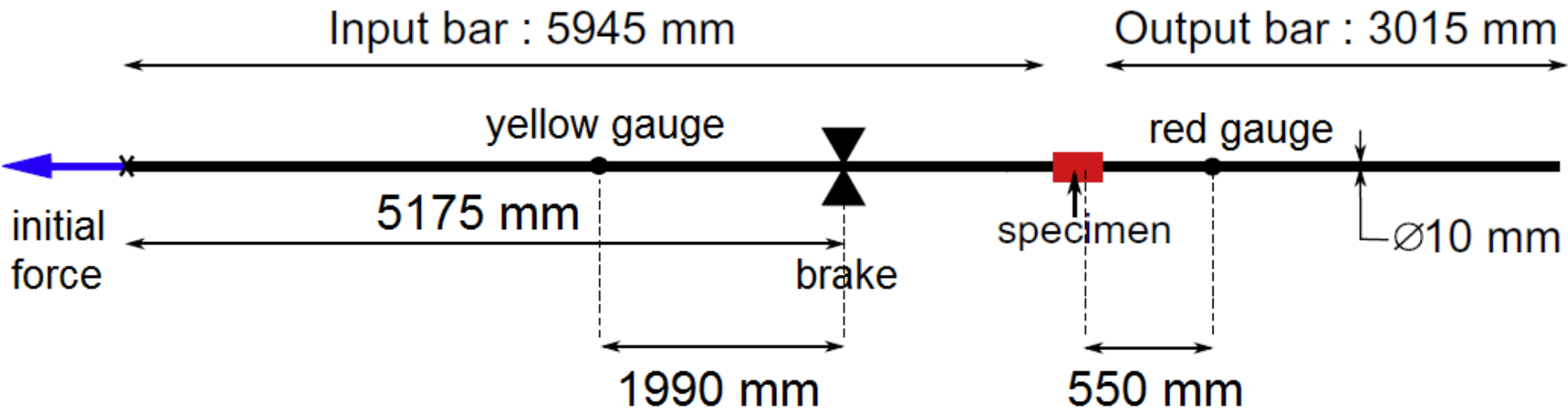
Risque d'endommagement du substrat métallique coûteux

Utilisation des barres de compression impossible :

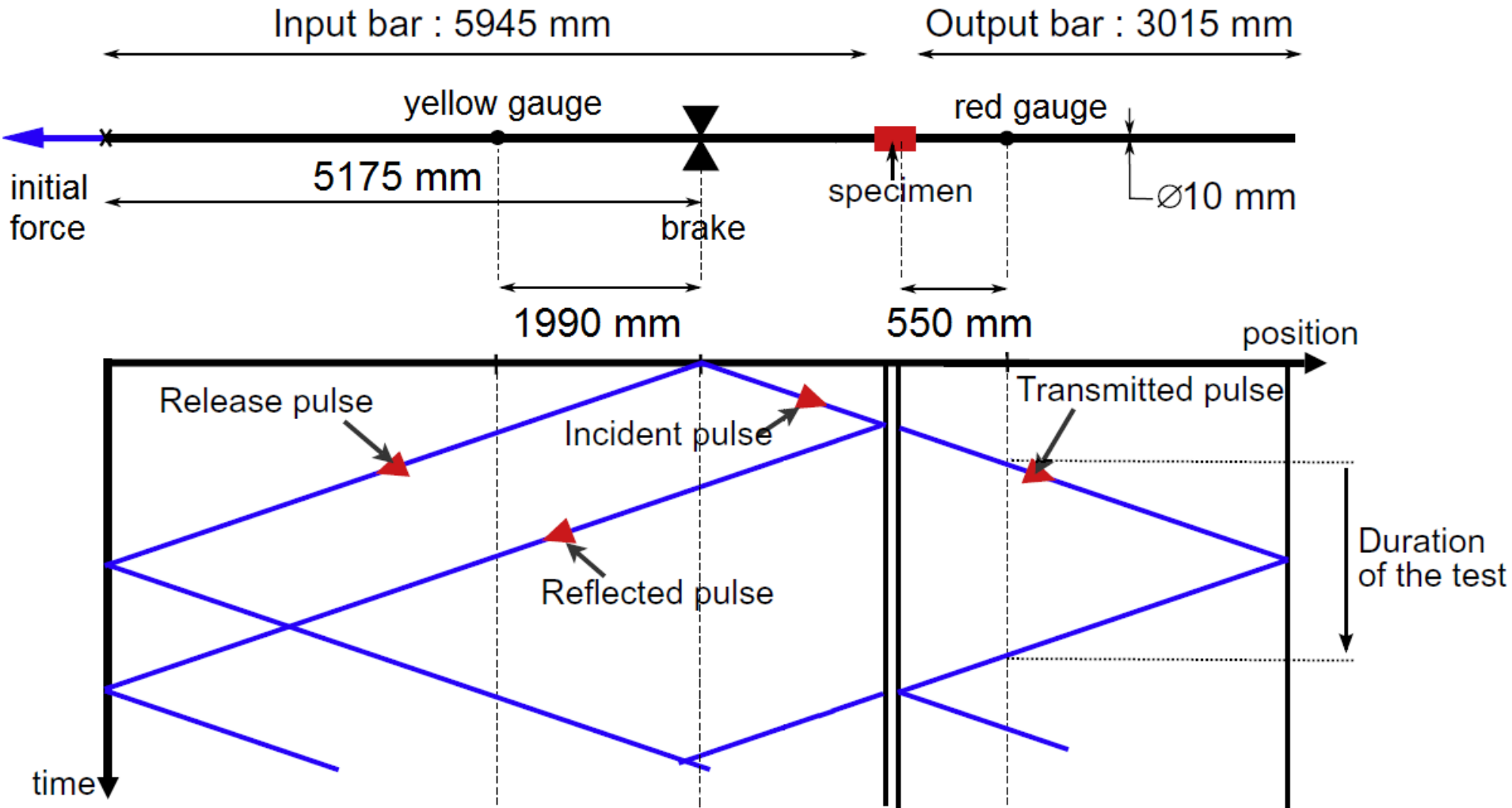


Risque d'endommagement du substrat métallique coûteux

⇒ choix des barres de traction :



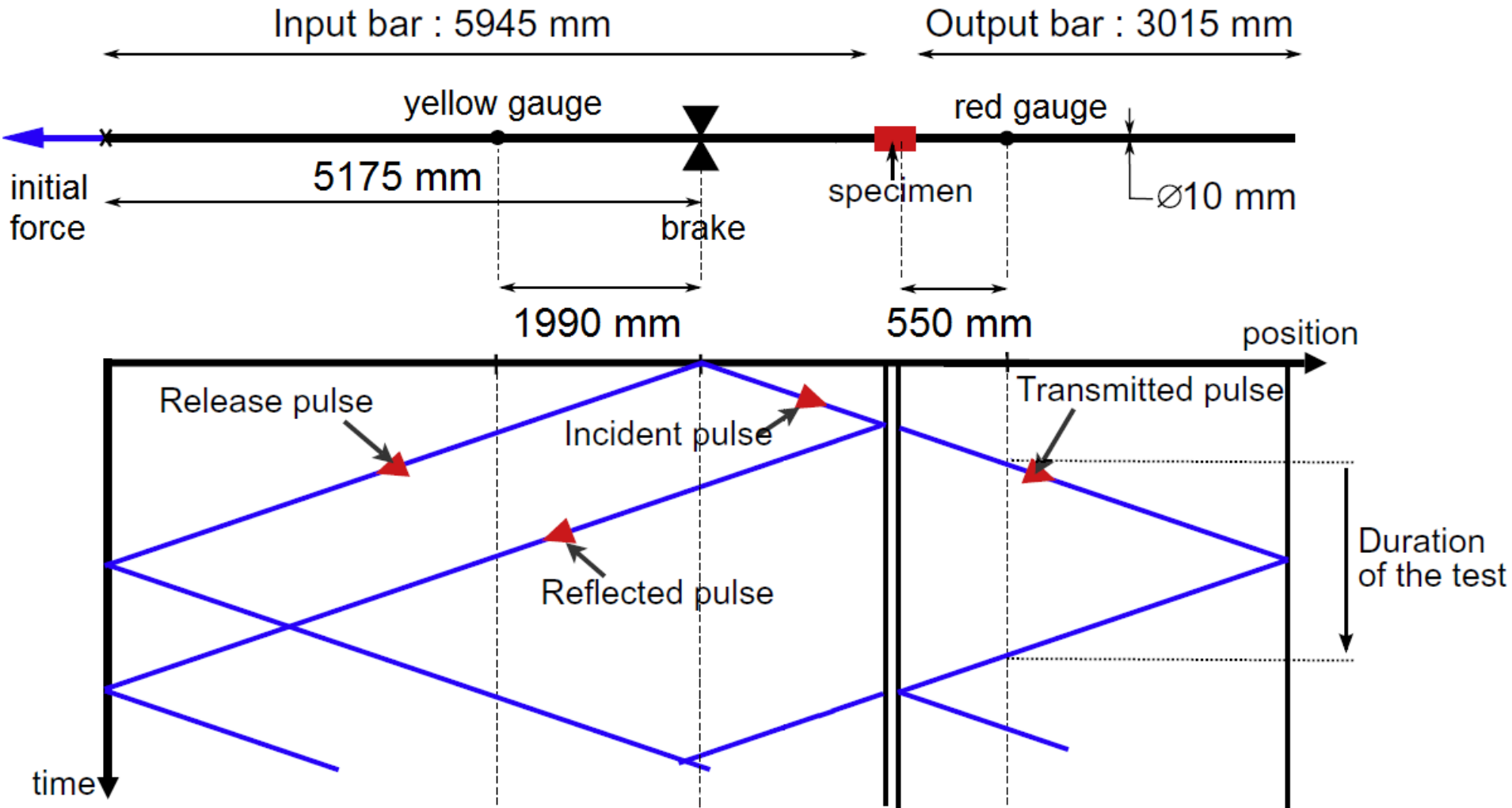
rupture du frein \Rightarrow libération d'une onde de traction



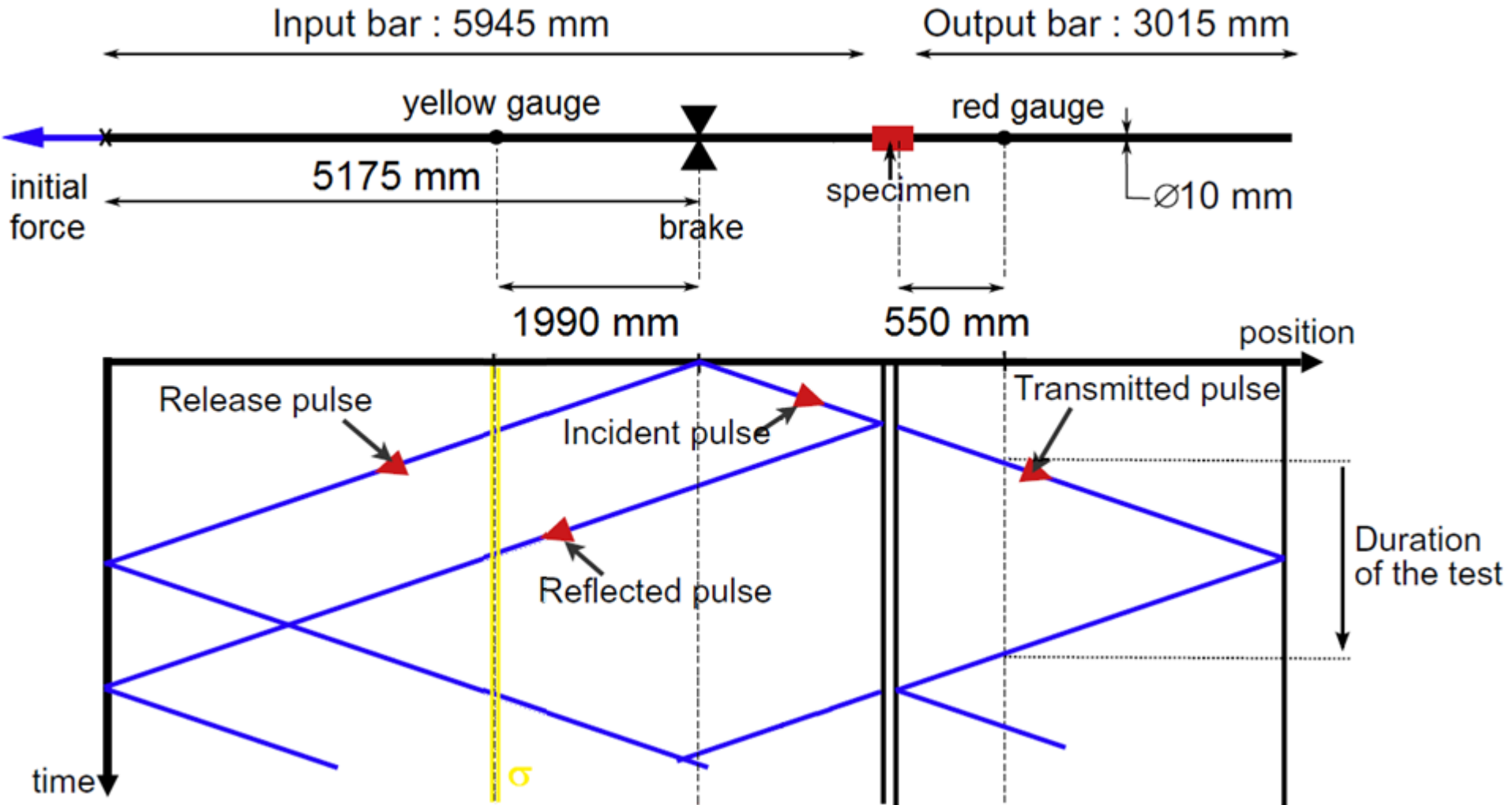
Sommaire :

- **Contexte et dispositif expérimental**
- **Dépouillement des mesures**
- **Simulations numériques**
- **Conclusions et perspectives**

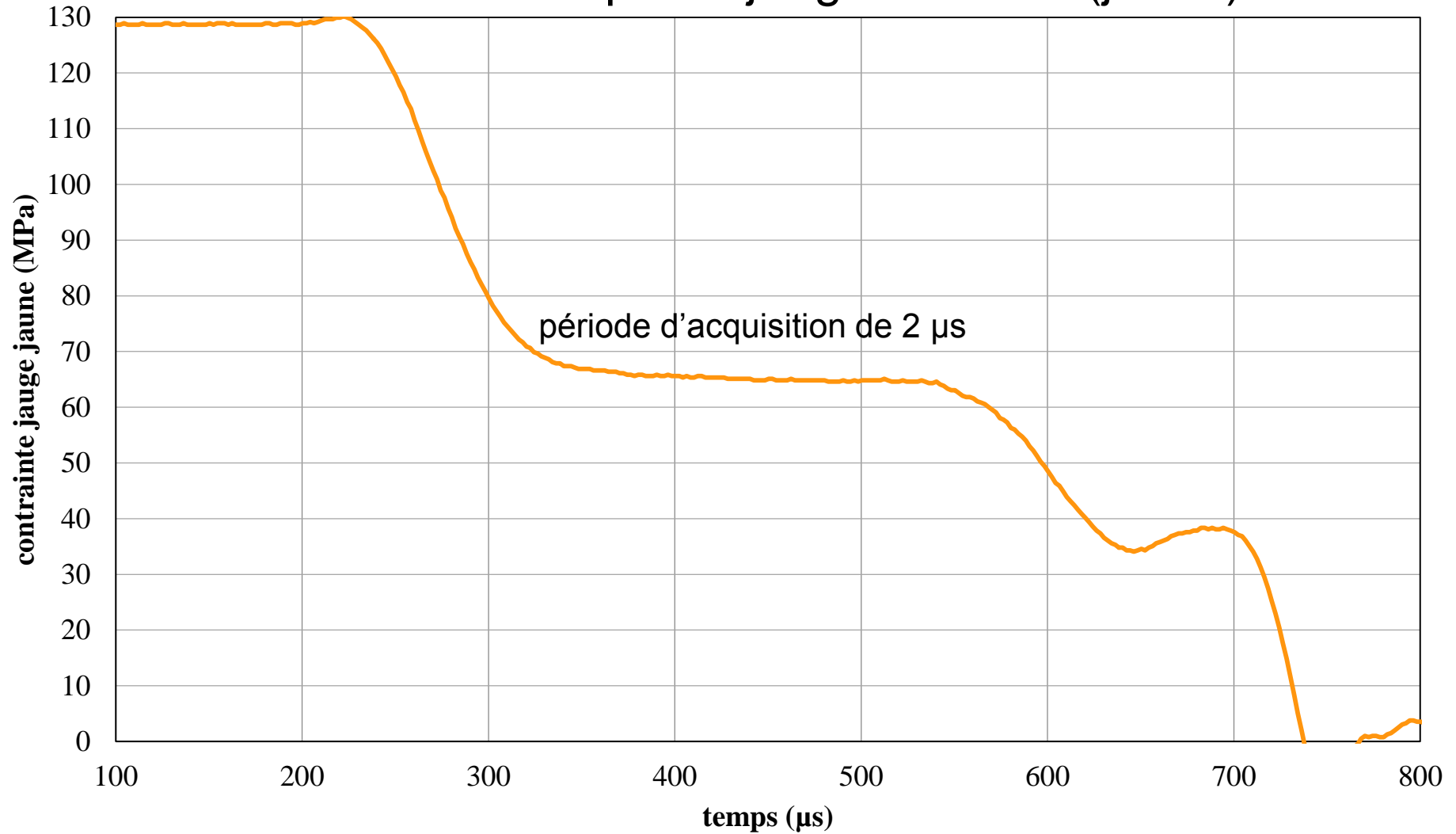
mesure effectuée par la jauge entrante (jaune) :



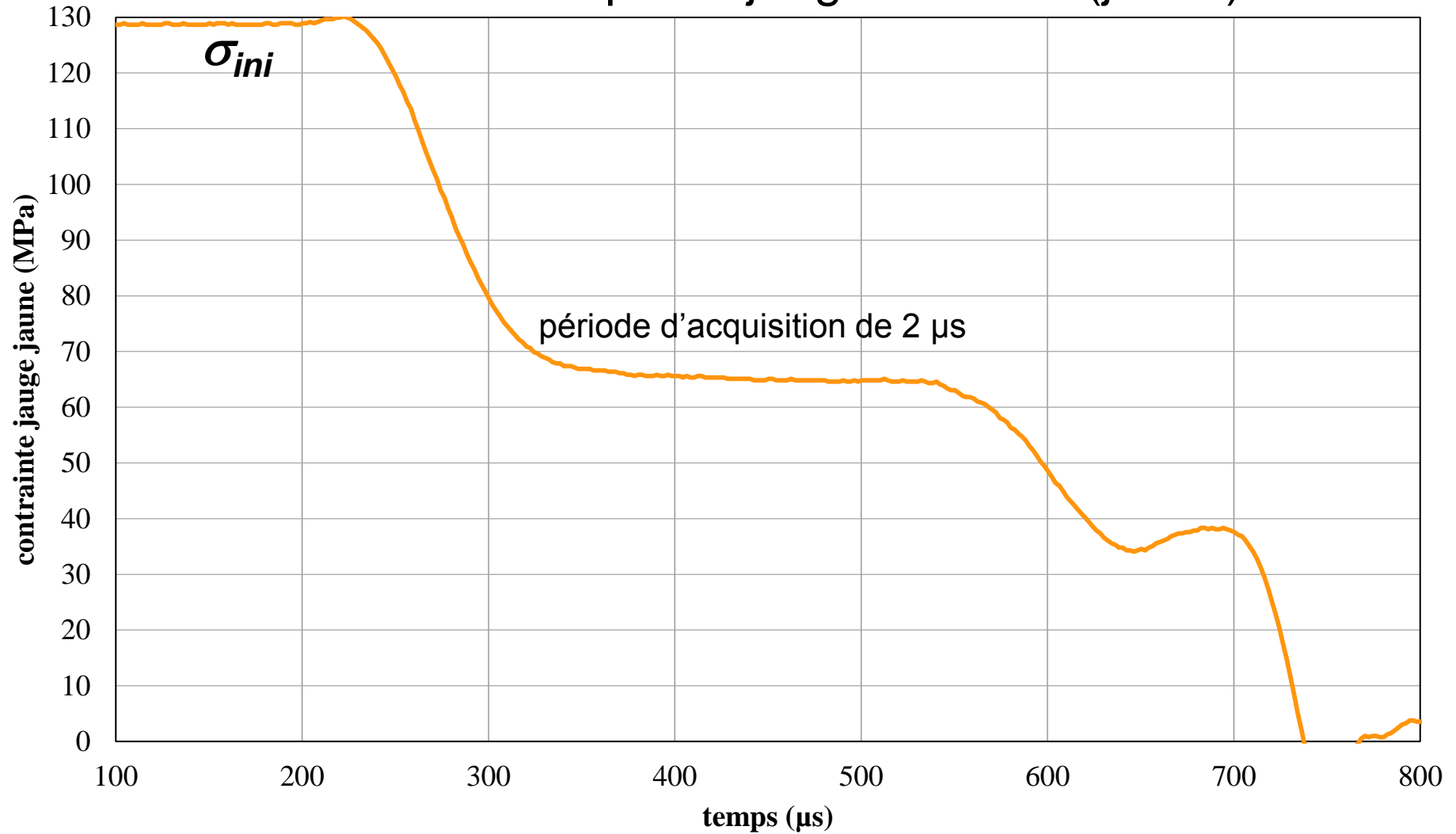
mesure effectuée par la jauge entrante (jaune) :



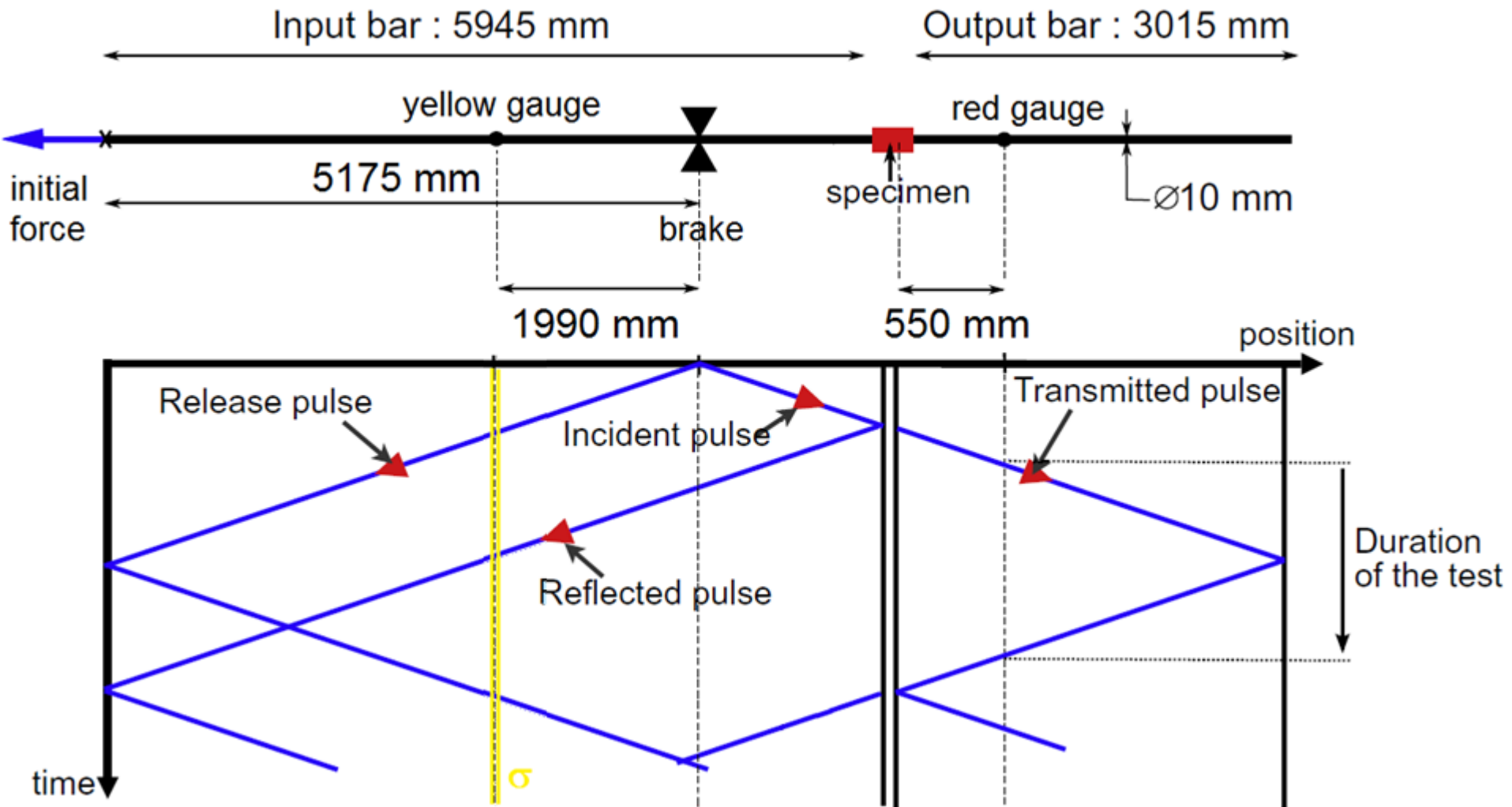
mesure effectuée par la jauge entrante (jaune) :



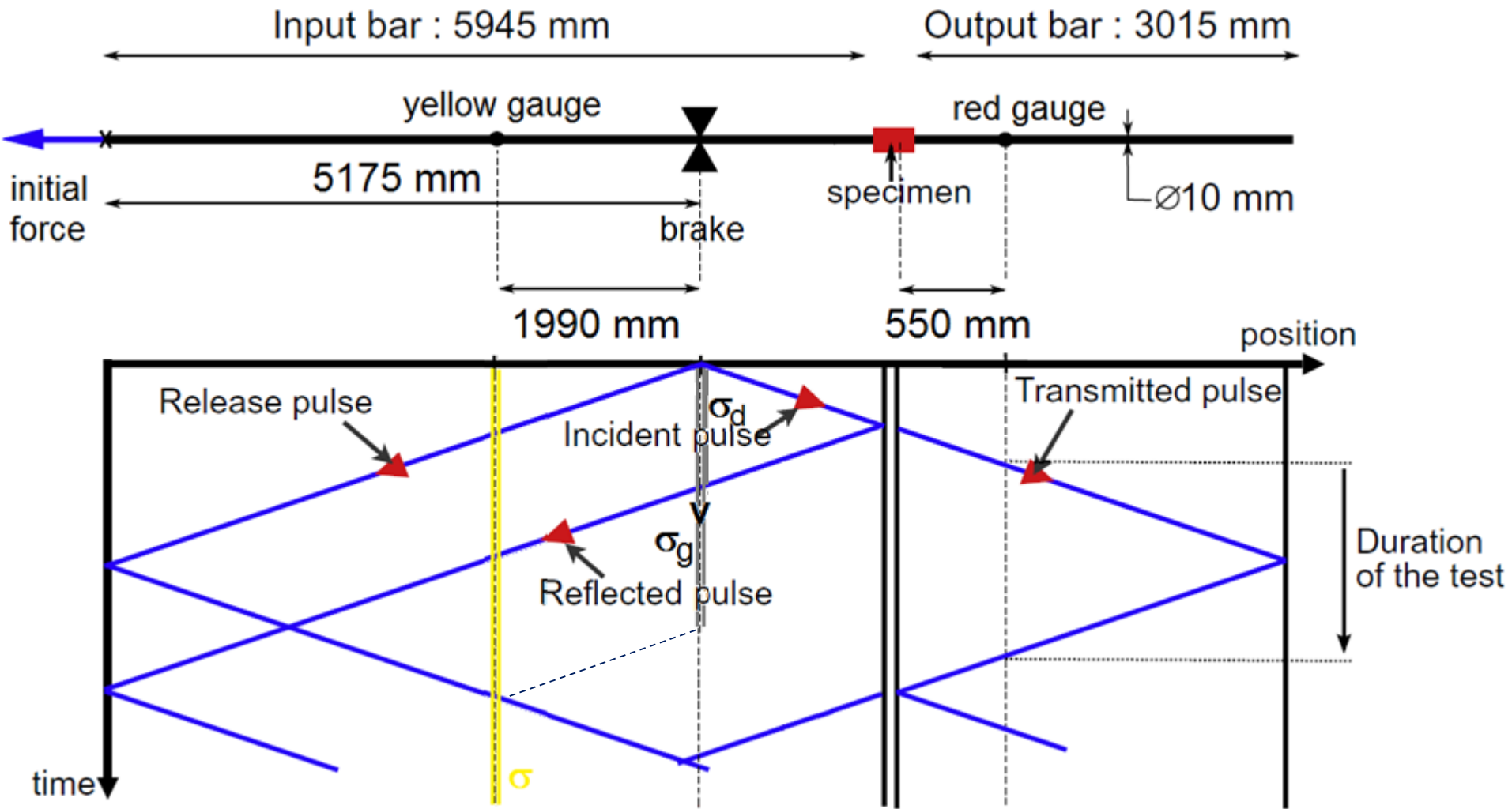
mesure effectuée par la jauge entrante (jaune) :



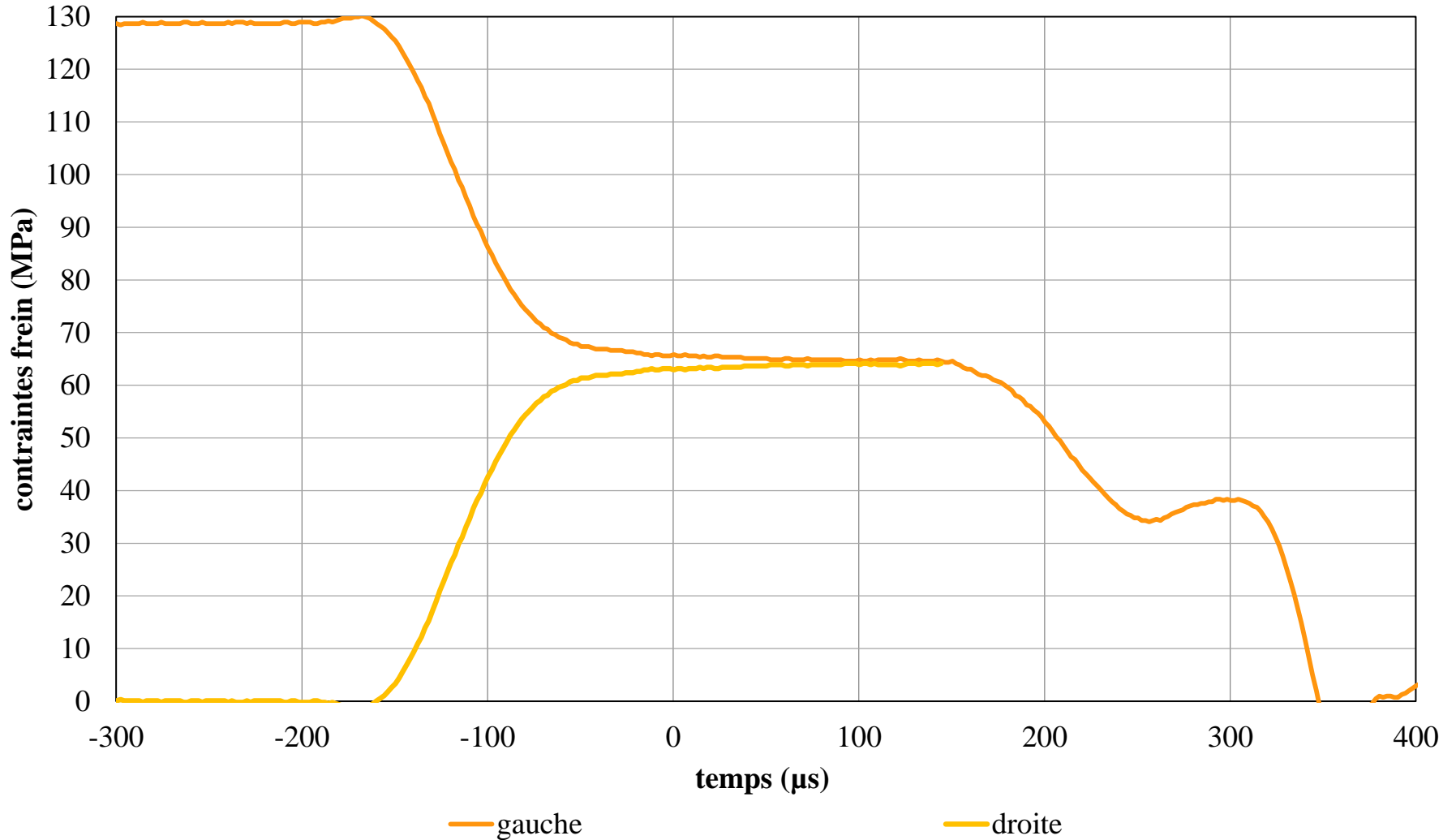
méthode des caractéristiques + continuité vitesse autour du frein :



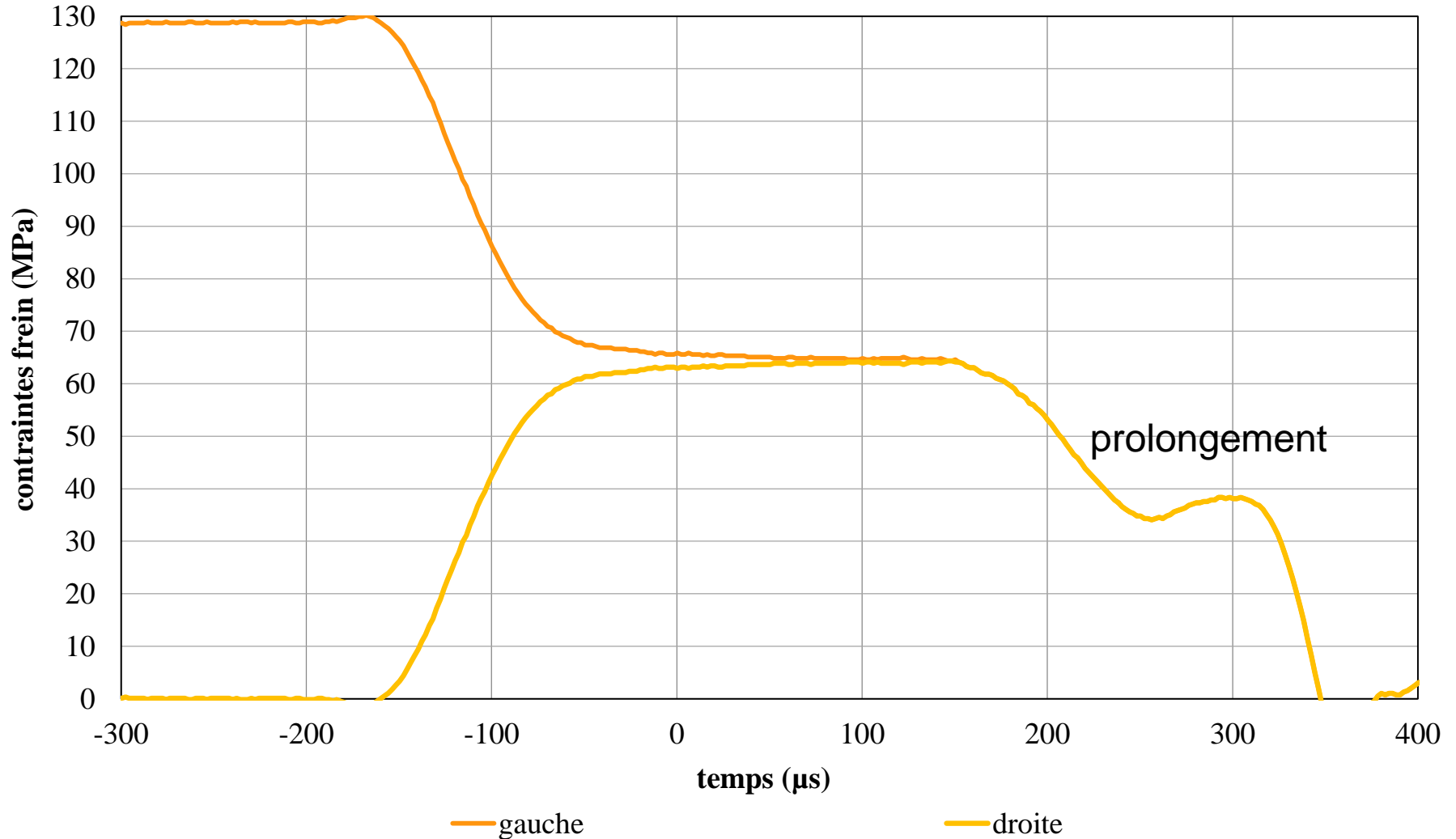
méthode des caractéristiques + continuité vitesse autour du frein :



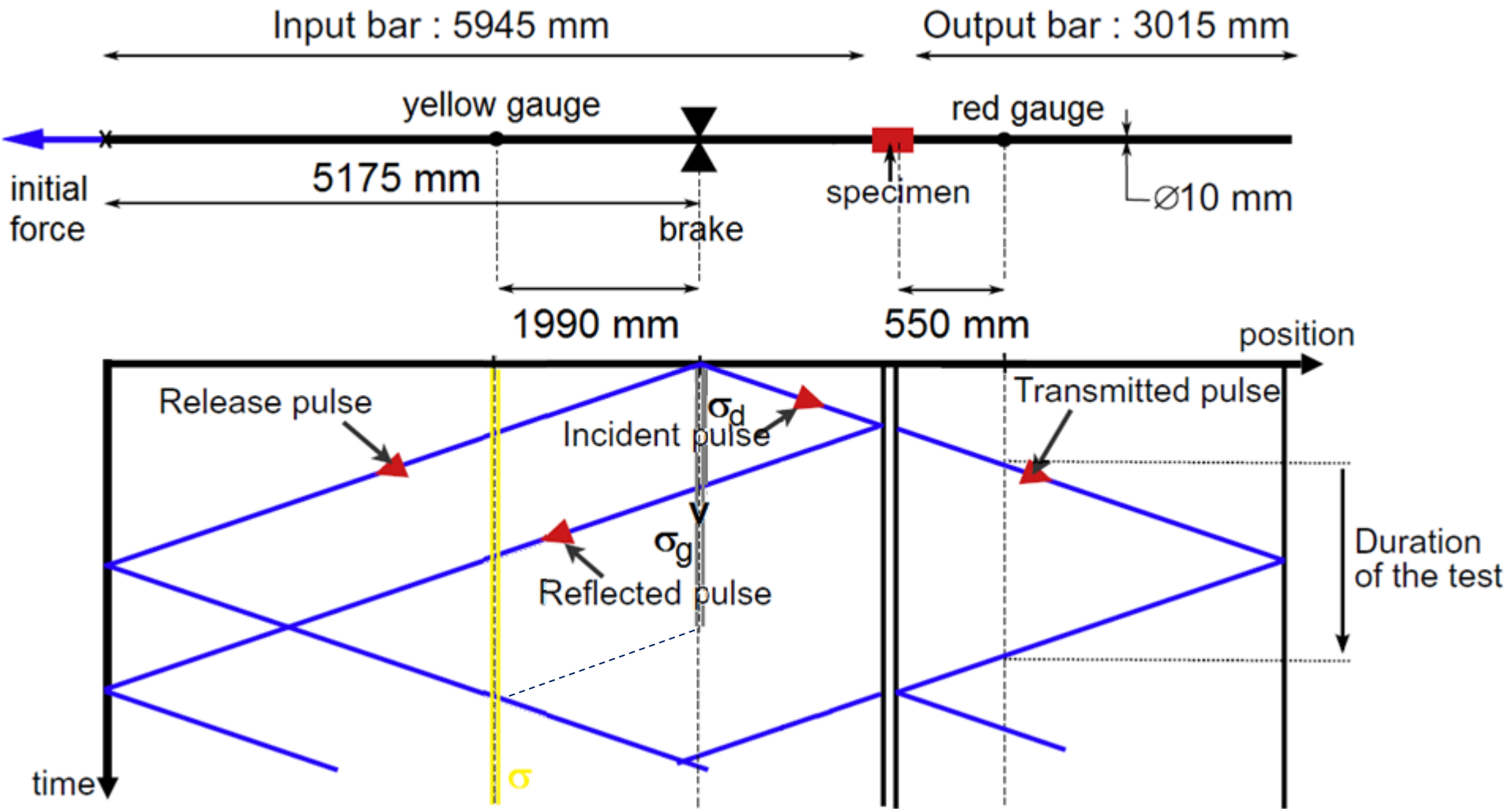
contraintes autour du frein :



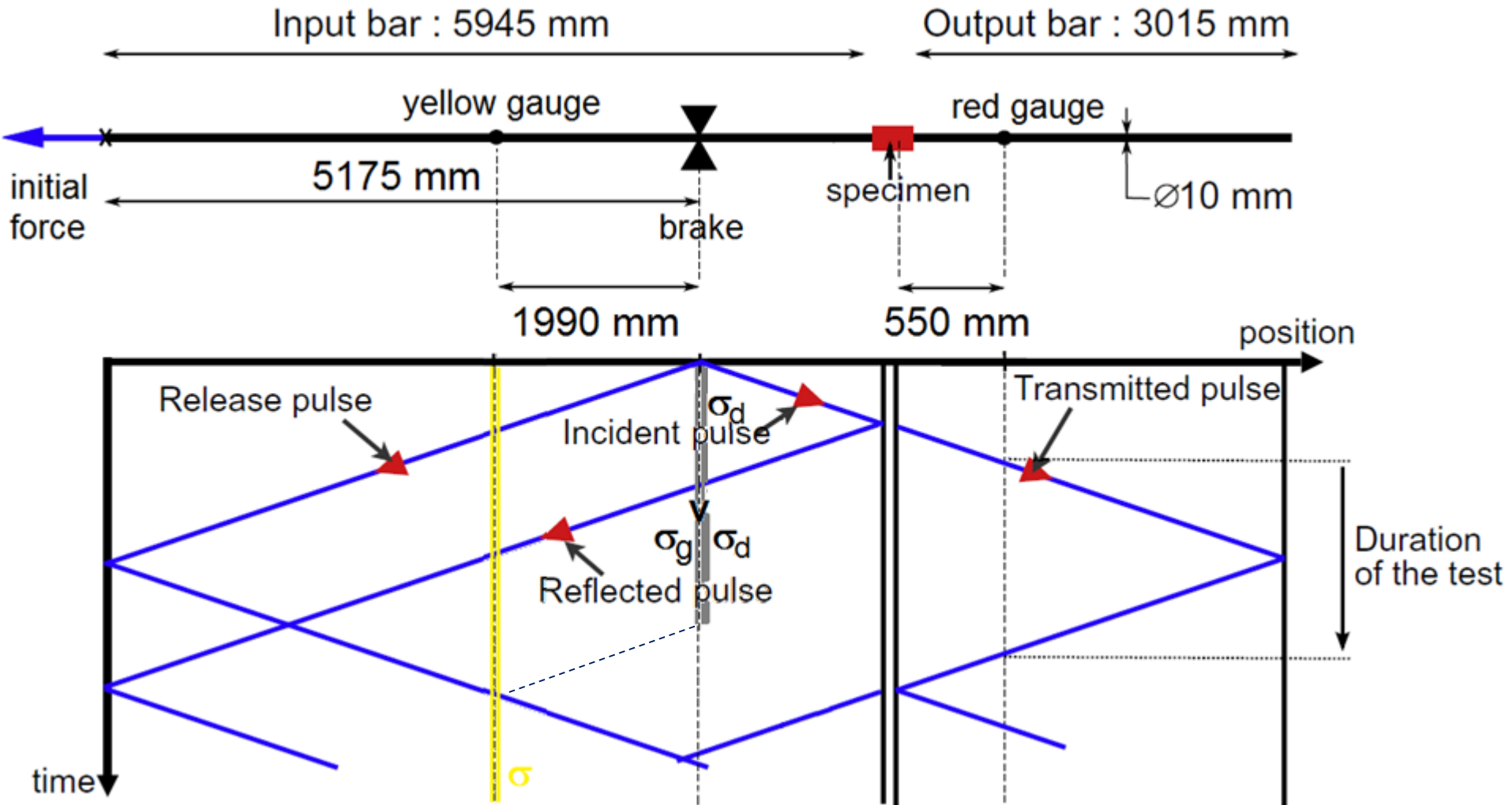
contraintes autour du frein :



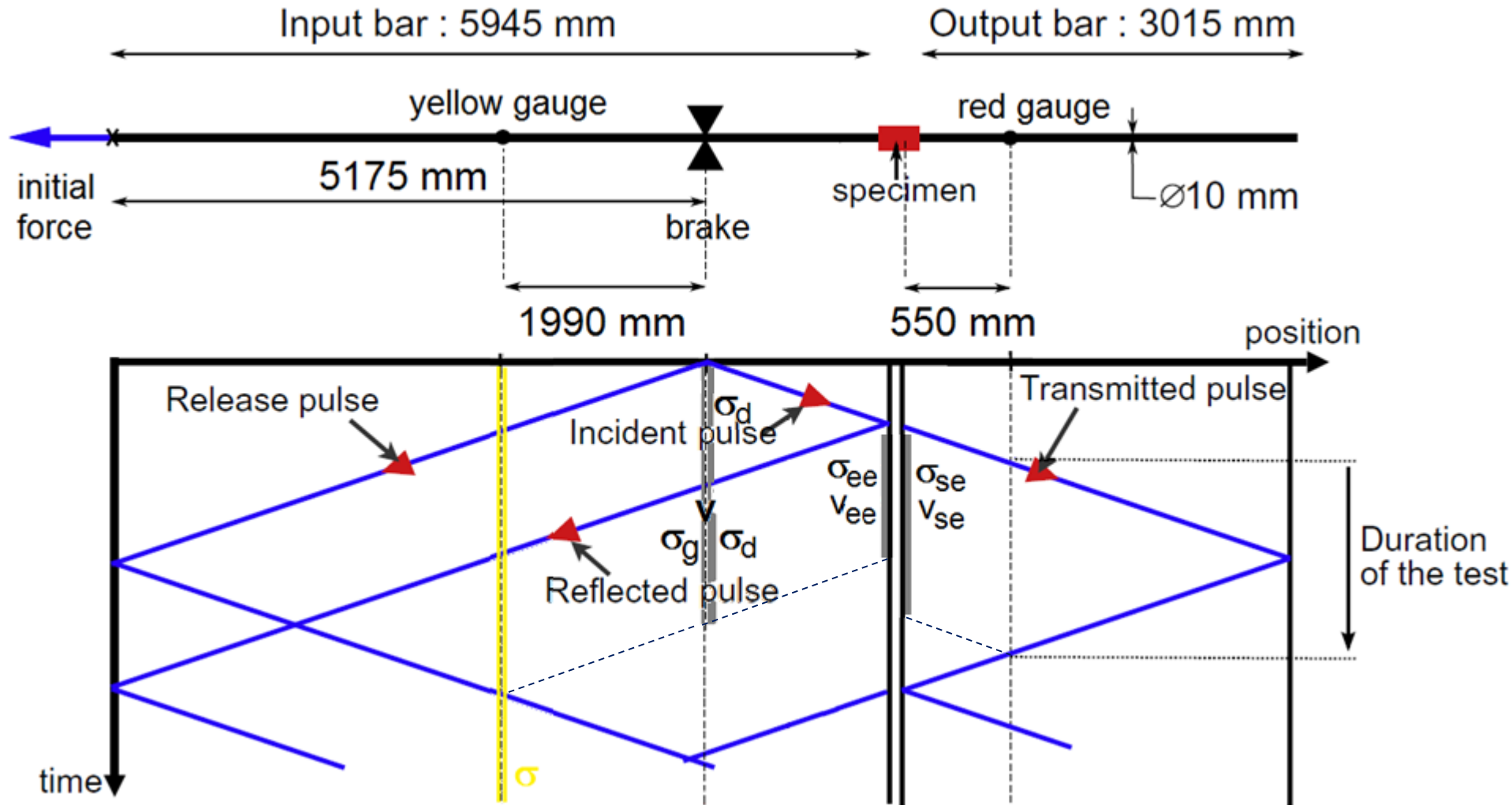
prolongement de la contrainte à droite du frein :



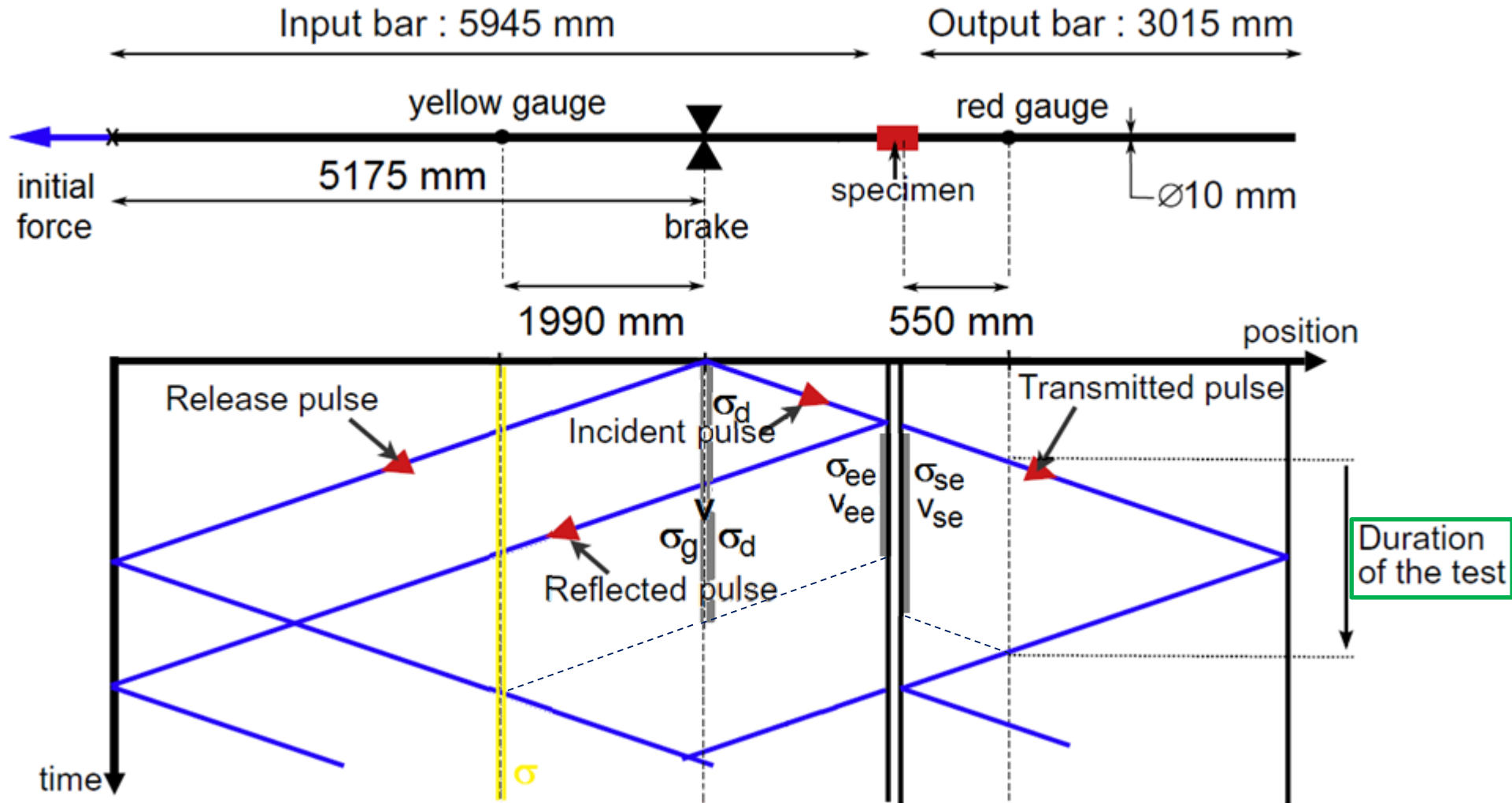
prolongement de la contrainte à droite du frein :



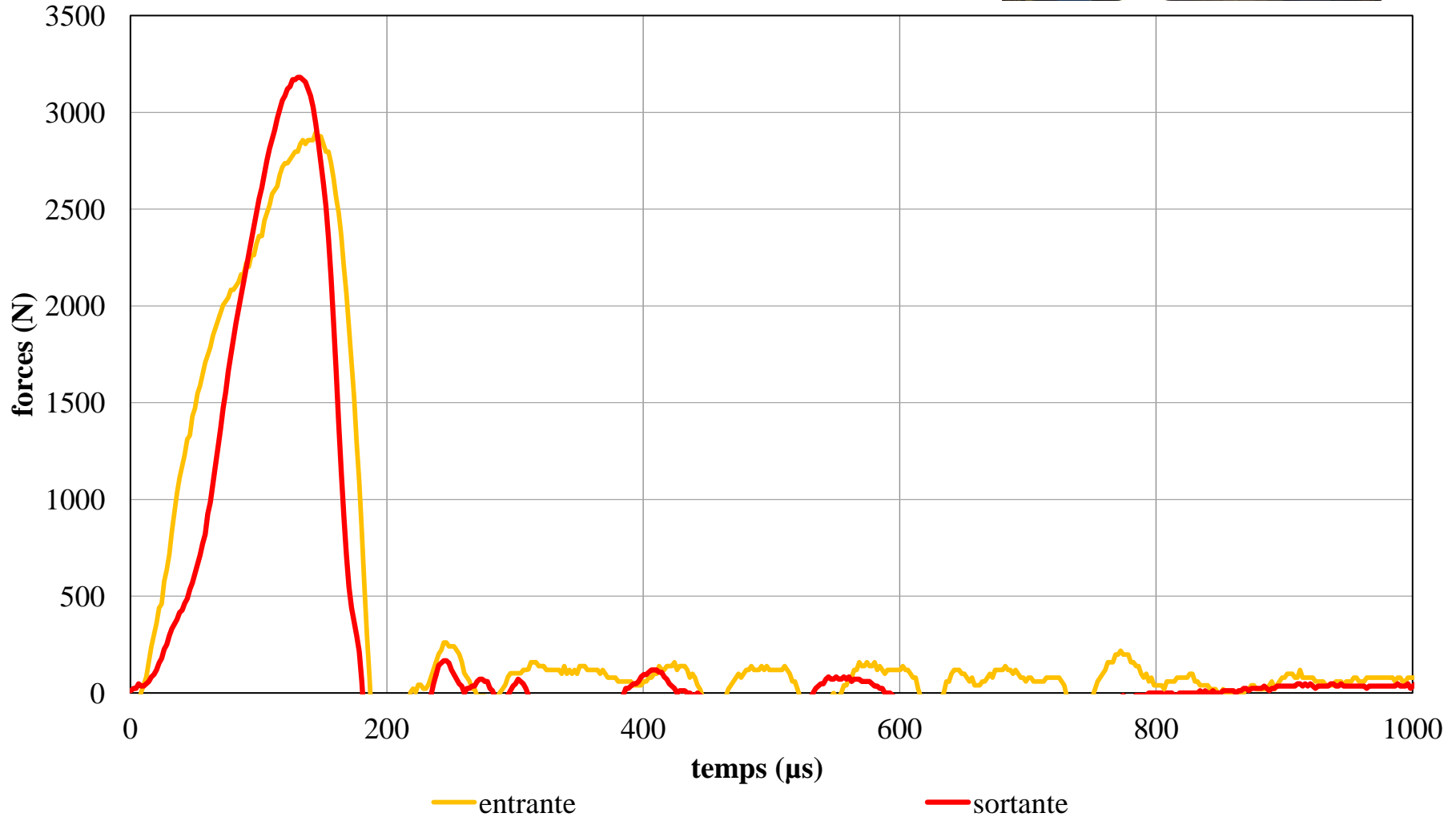
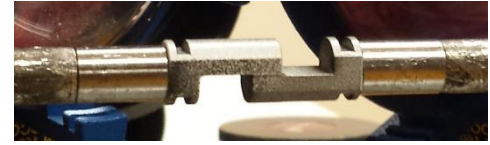
méthode des caractéristiques :



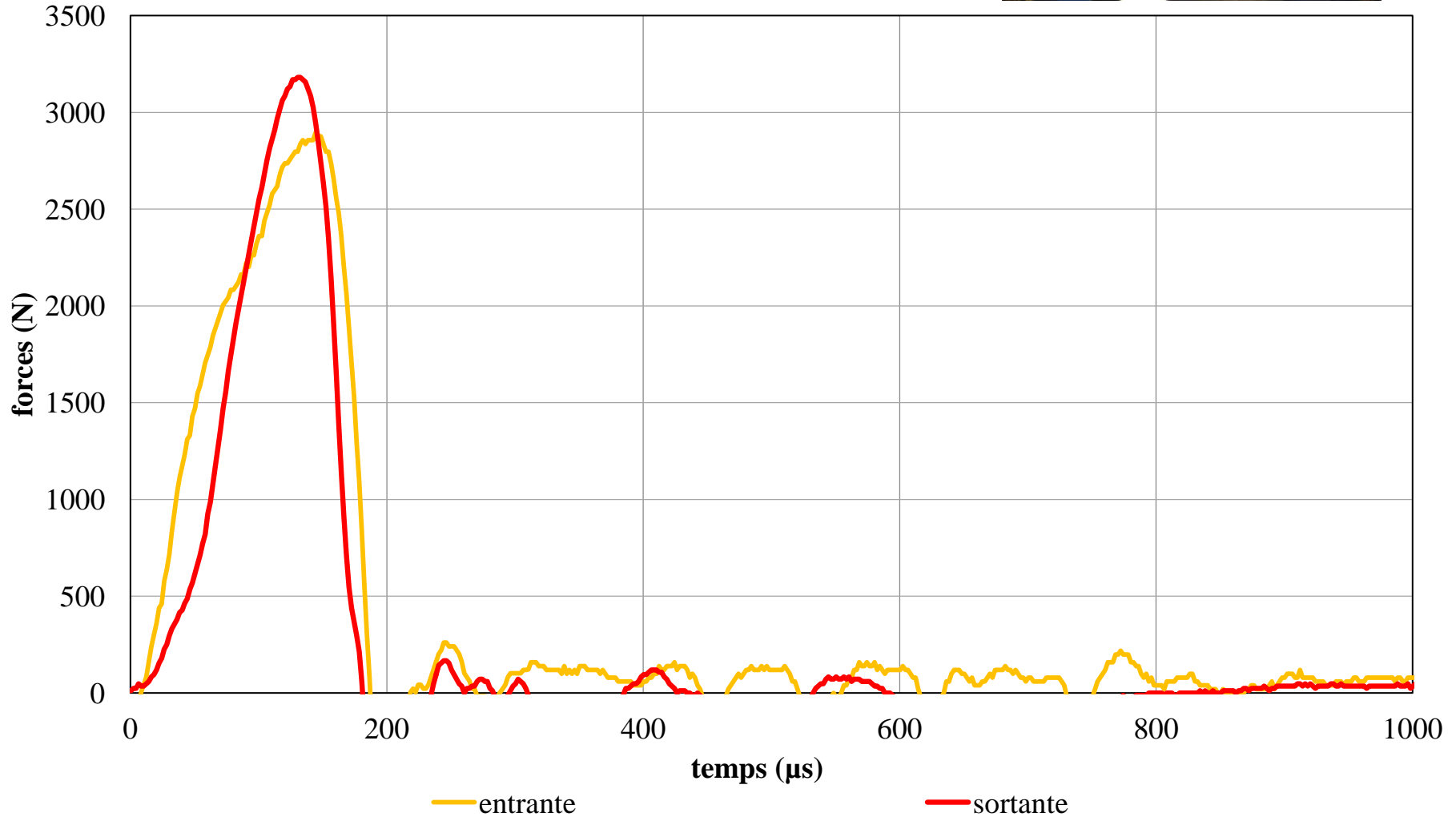
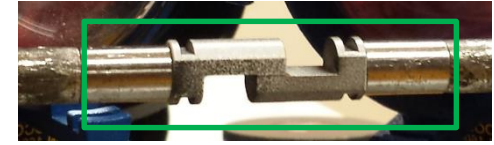
méthode des caractéristiques :



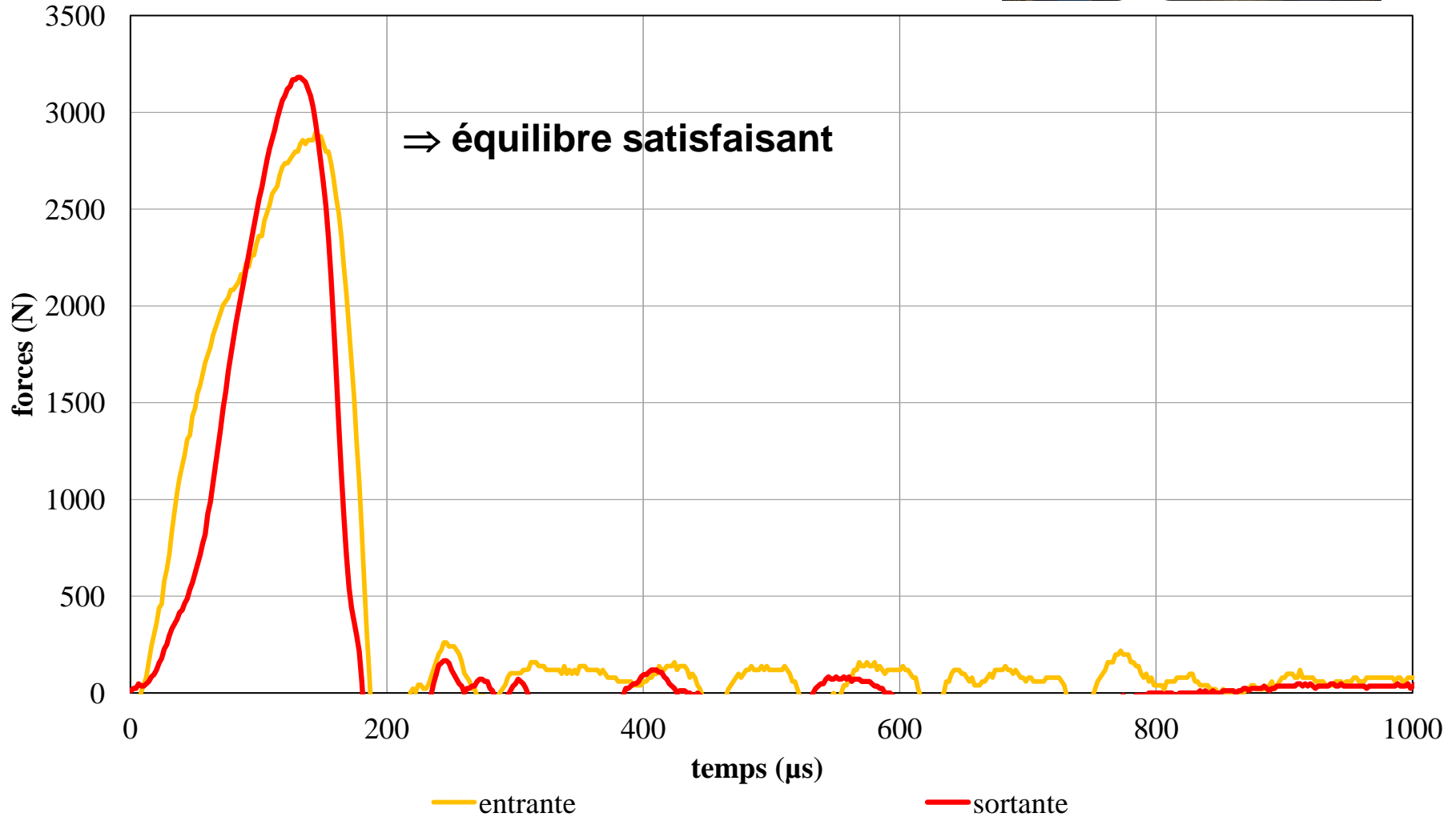
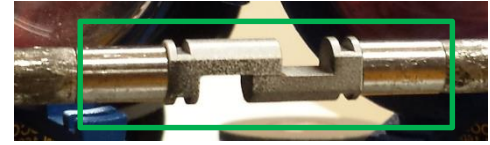
forces autour de l'échantillon :



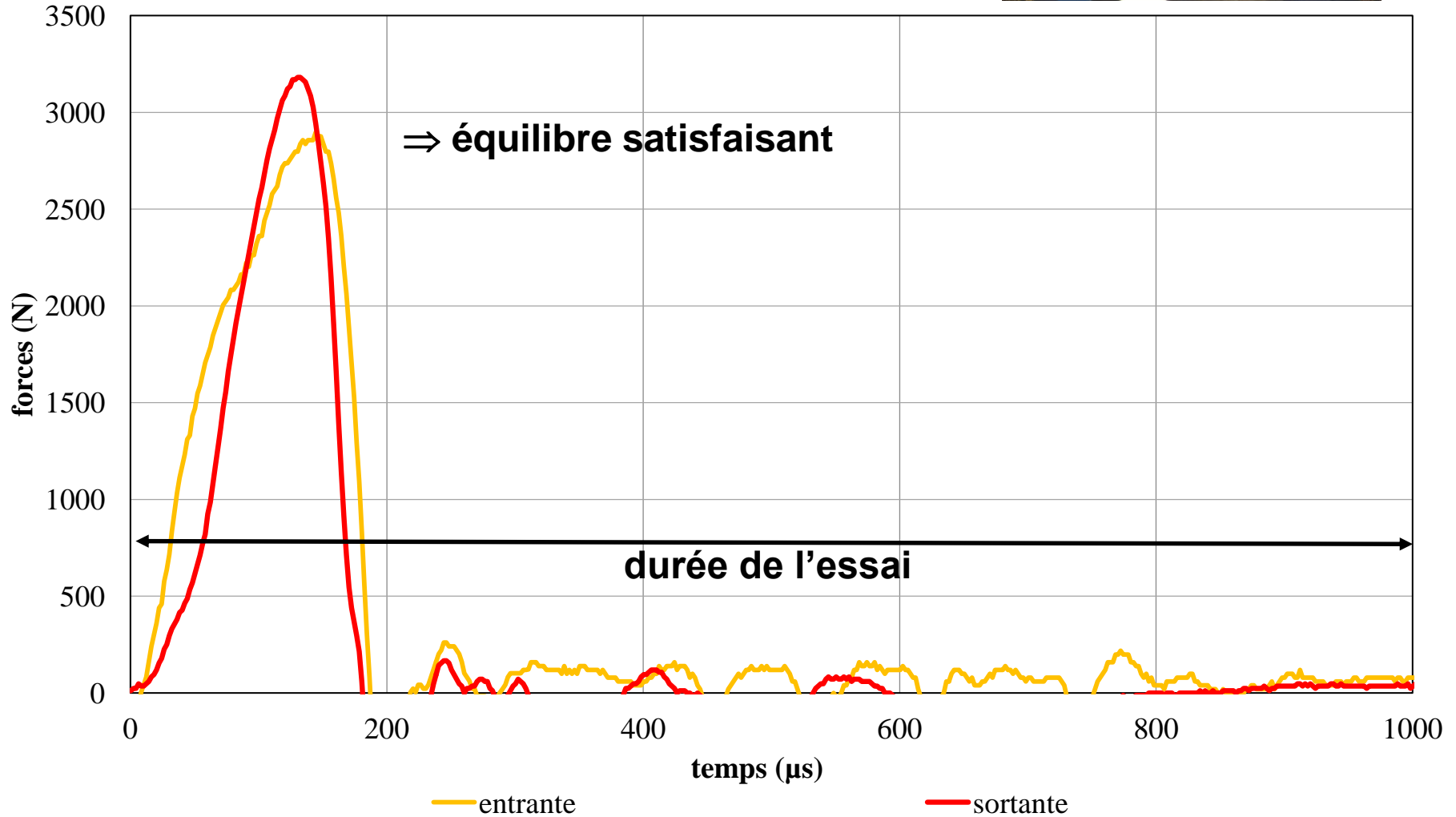
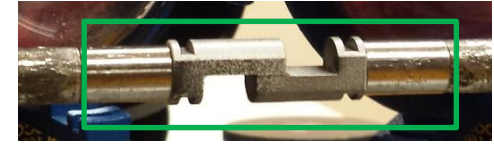
forces autour de l'échantillon :



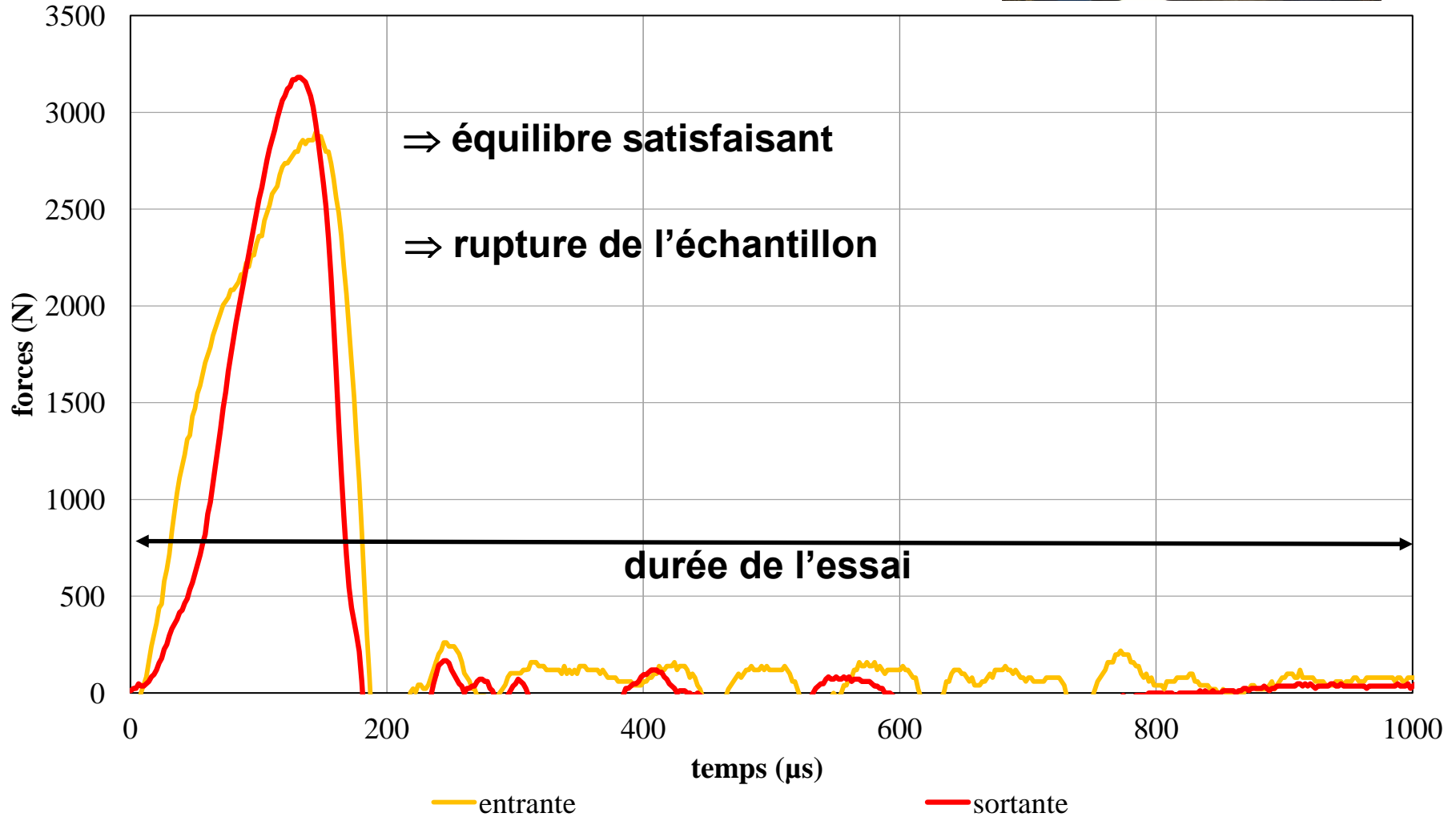
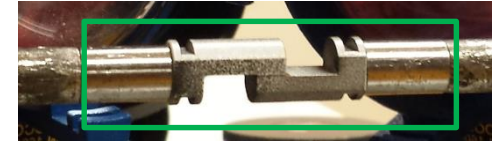
forces autour de l'échantillon :



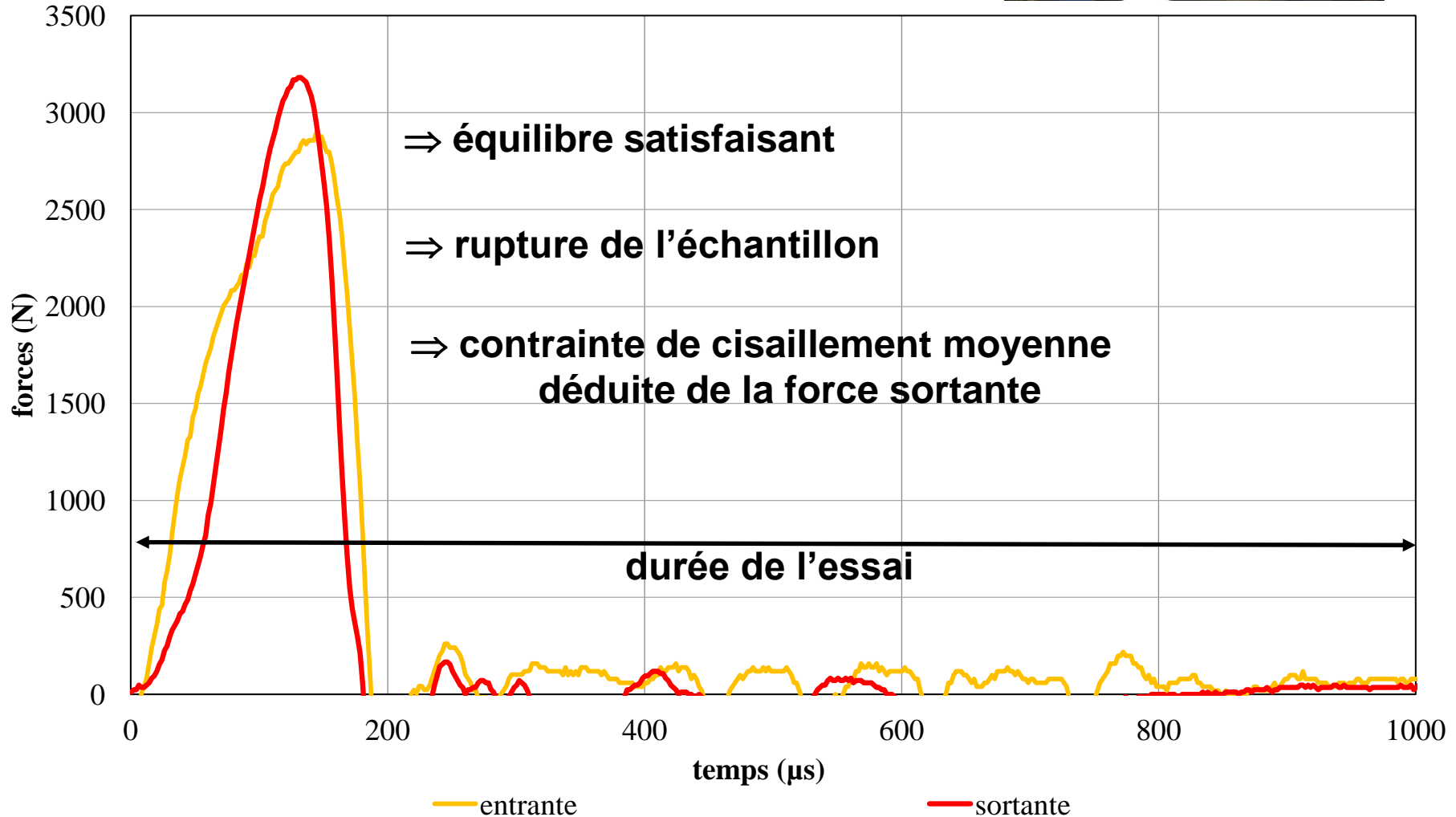
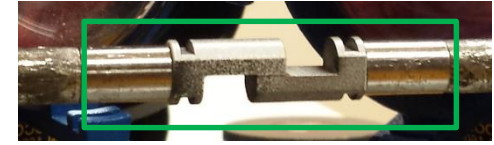
forces autour de l'échantillon :



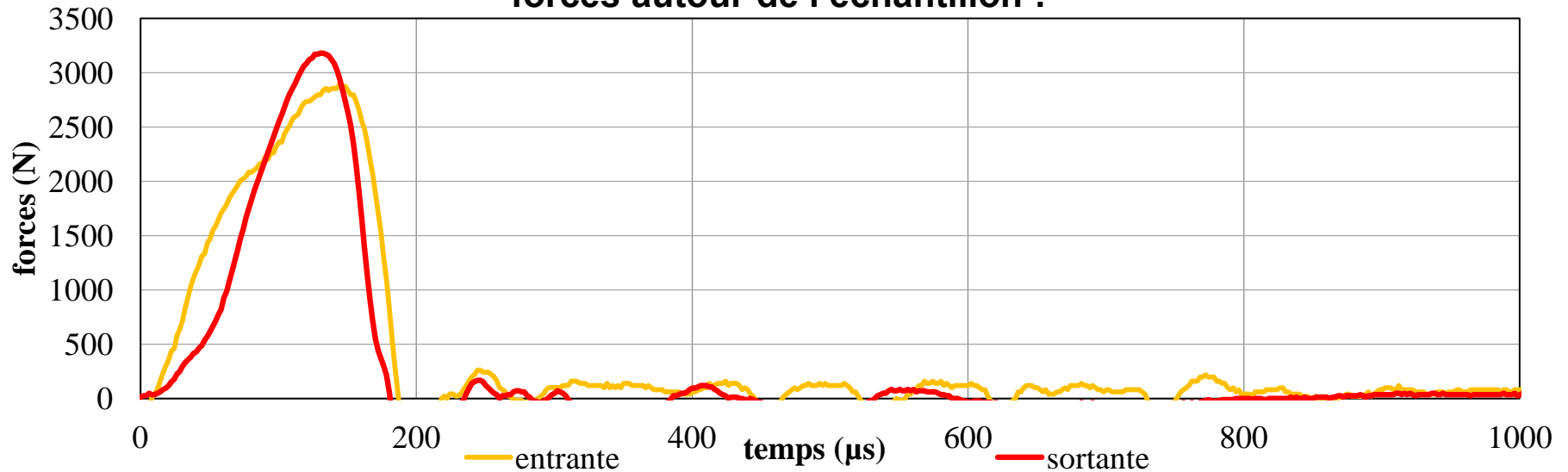
forces autour de l'échantillon :



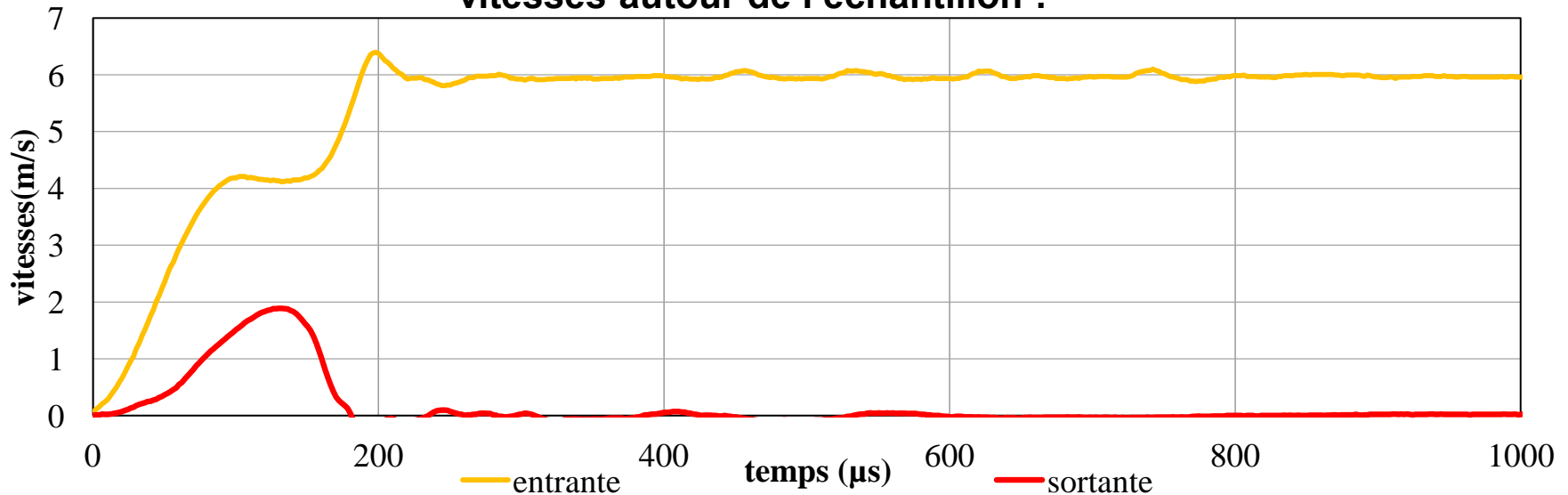
forces autour de l'échantillon :



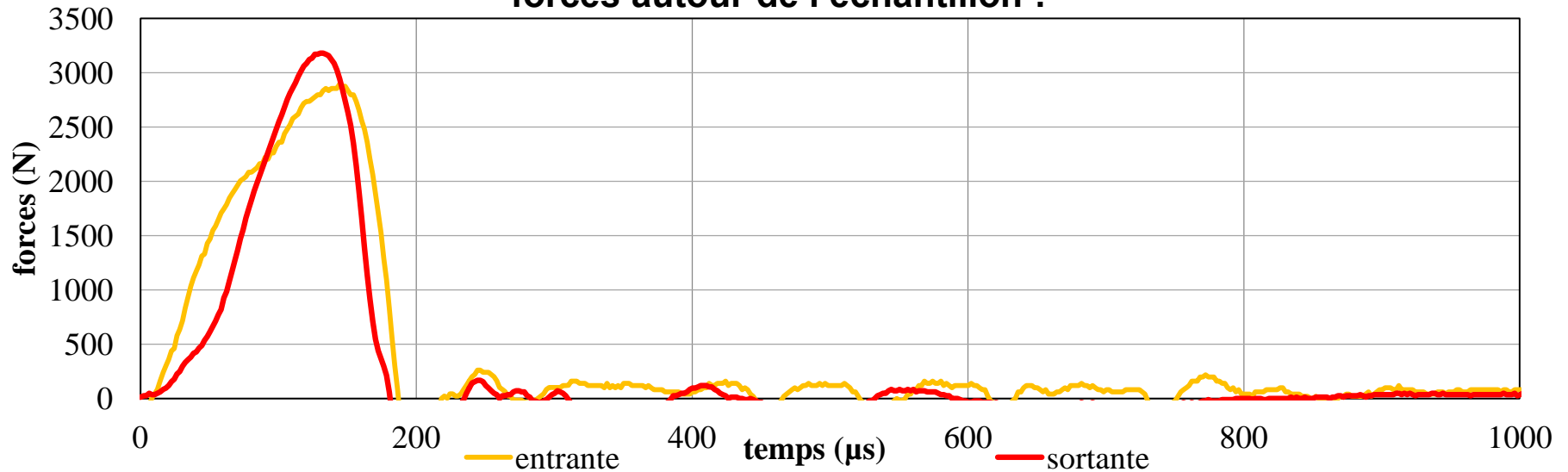
forces autour de l'échantillon :



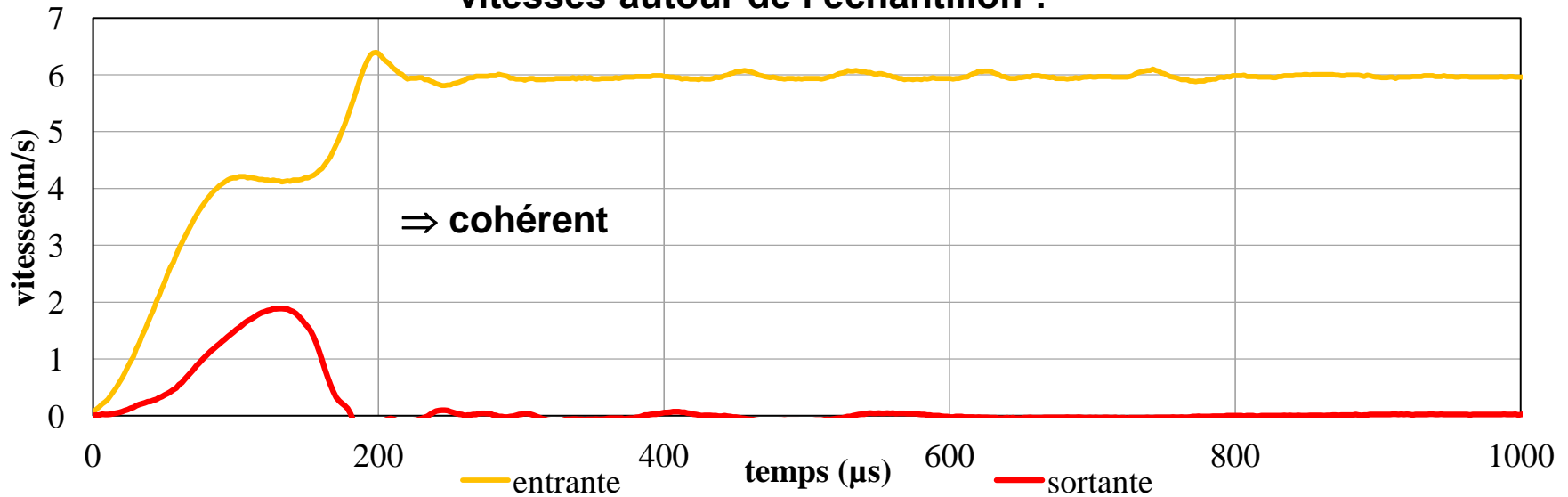
vitesse autour de l'échantillon :



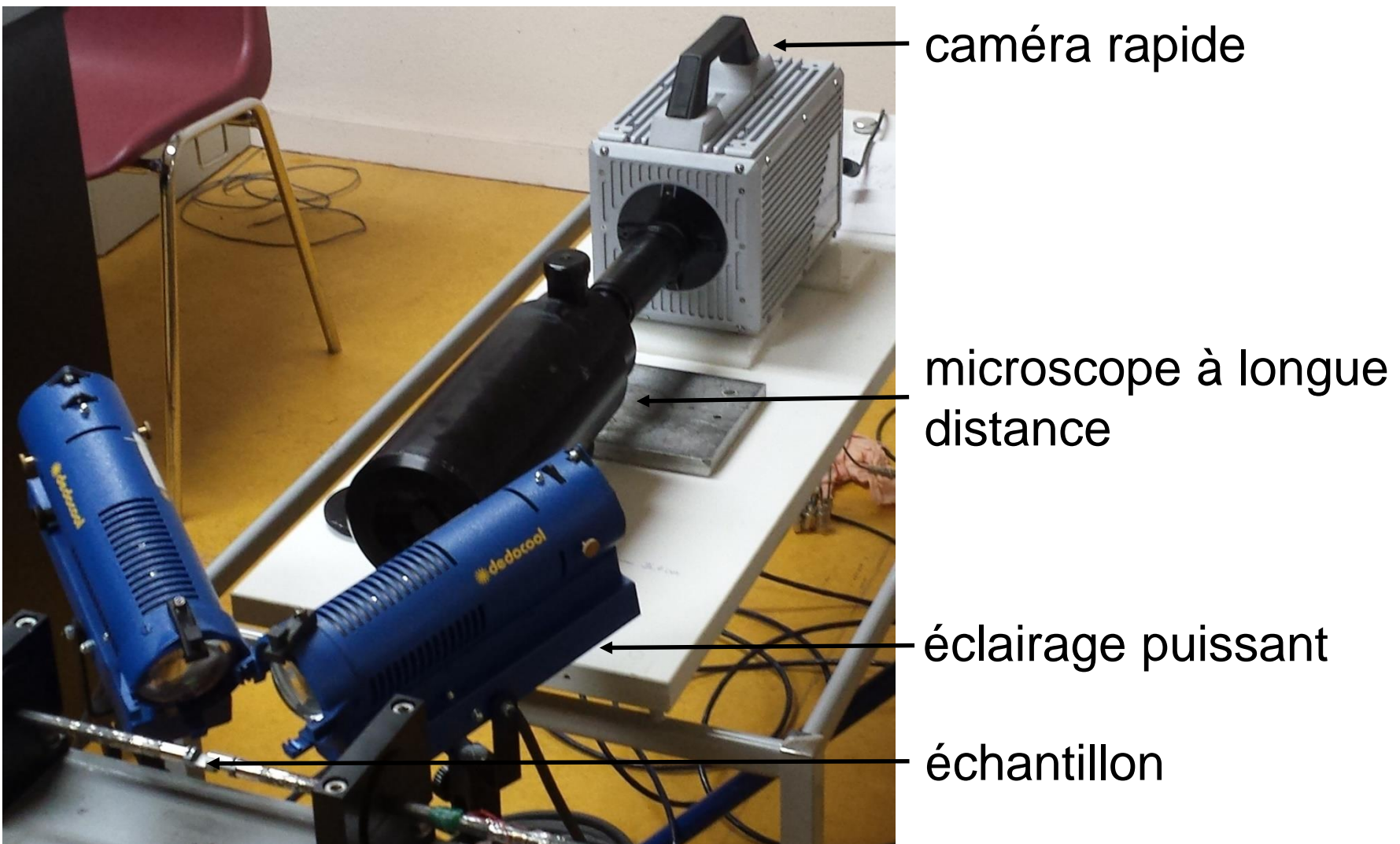
forces autour de l'échantillon :



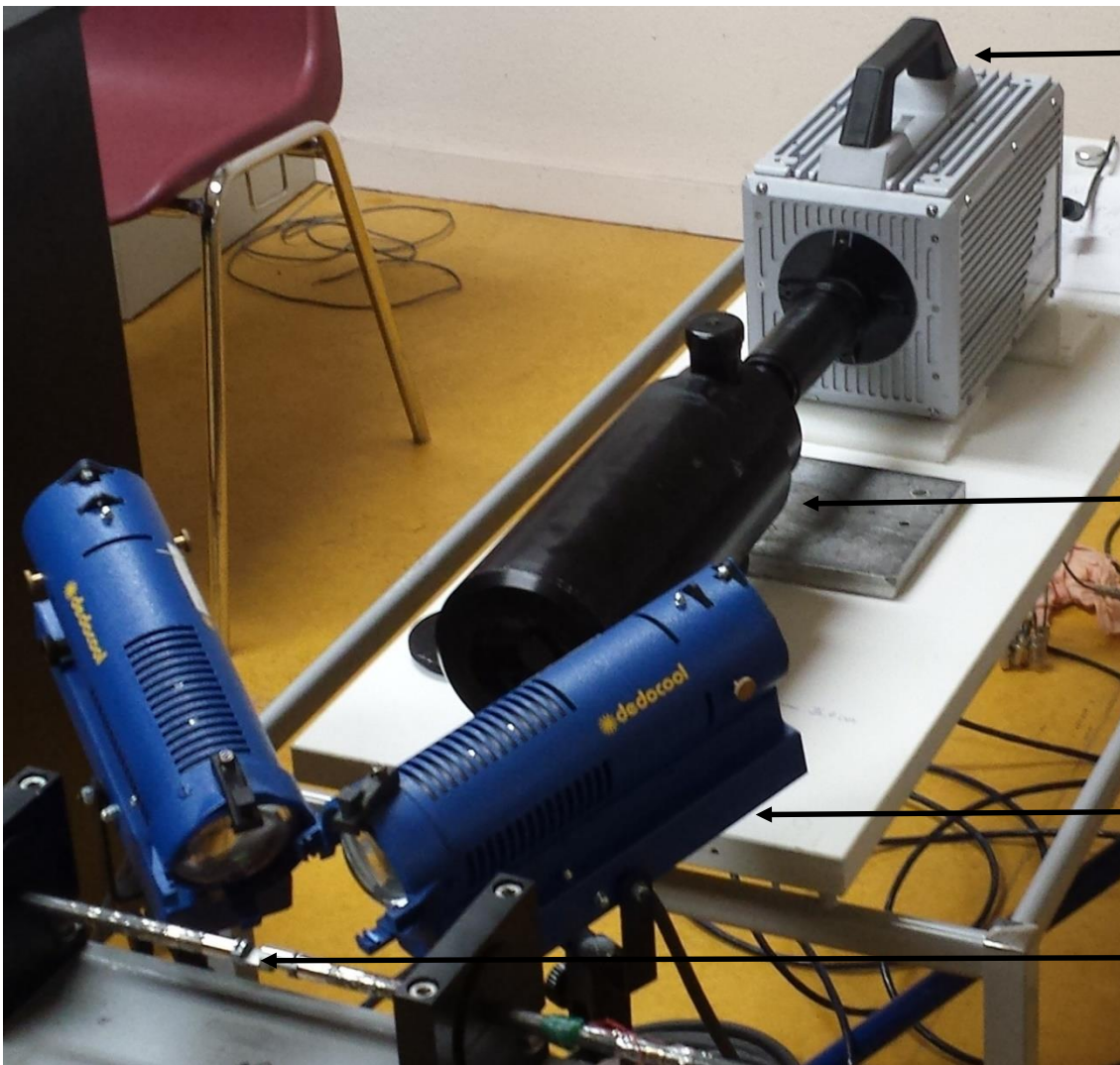
vitesse autour de l'échantillon :



Acquisition d'images en vue de la corrélation :



Acquisition d'images en vue de la corrélation :



← caméra rapide

30000 images/s

640×376 pixels

23790 images en mémoire ($\approx 0,8s$)

meilleur compromis

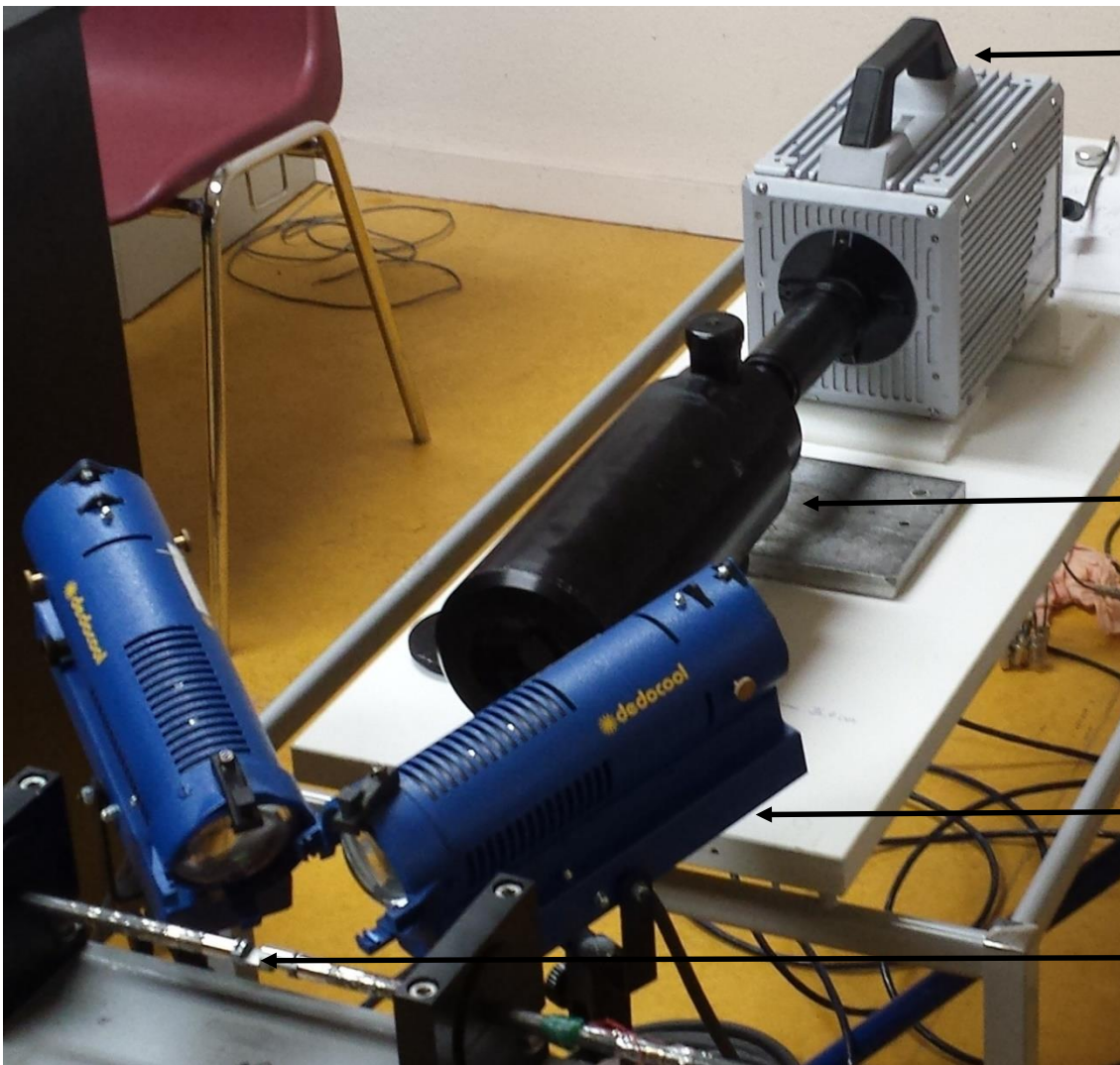
fréquence/résolution/éclairage

← microscope à longue distance

← éclairage puissant

← échantillon

Acquisition d'images en vue de la corrélation :



← caméra rapide

30000 images/s

640×376 pixels

23790 images en mémoire ($\approx 0,8s$)

meilleur compromis

fréquence/résolution/éclairage

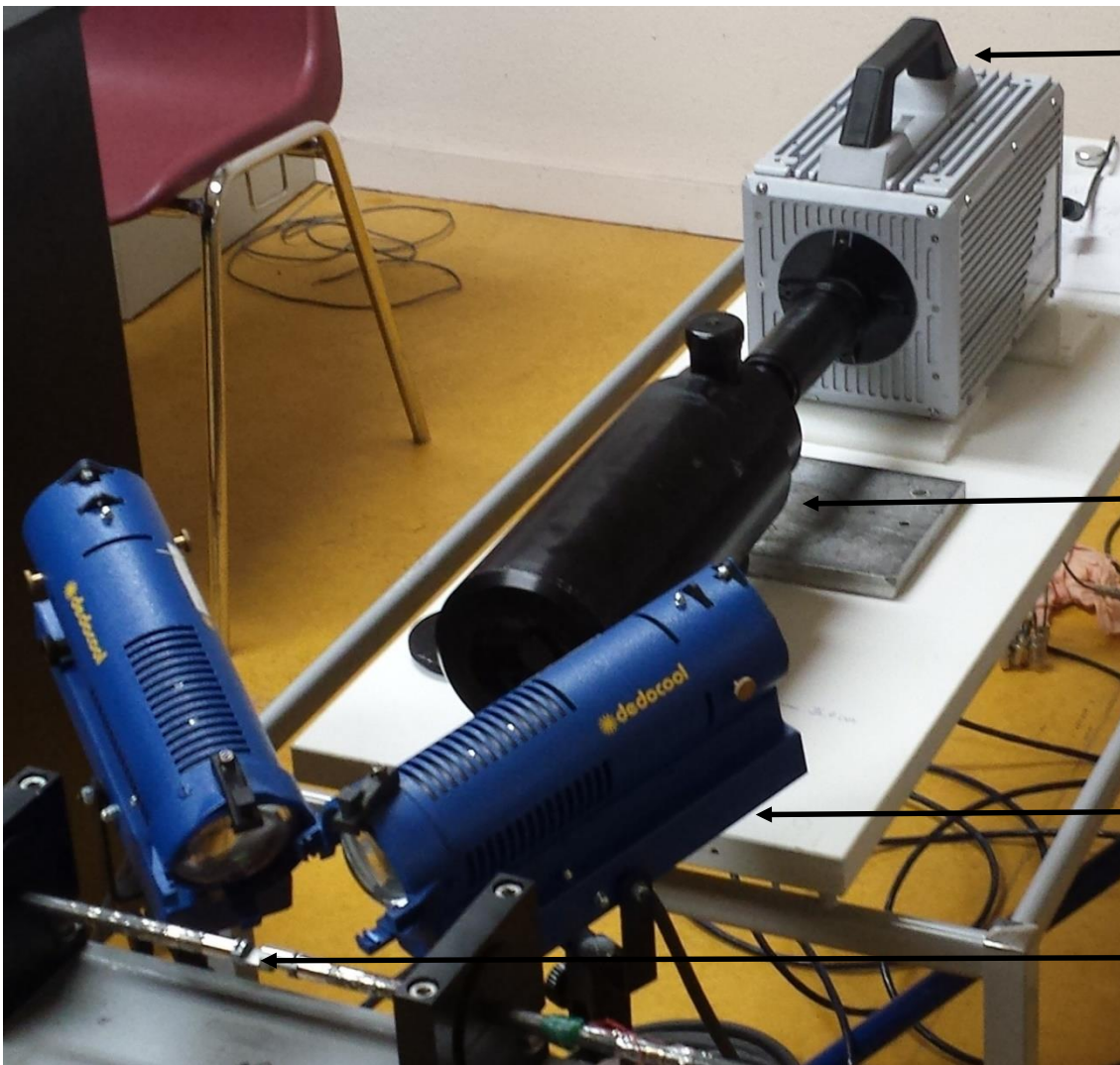
← microscope à longue
distance

agrandissement d'une zone
d'environ 3mm × 3mm

← éclairage puissant

← échantillon

Acquisition d'images en vue de la corrélation :



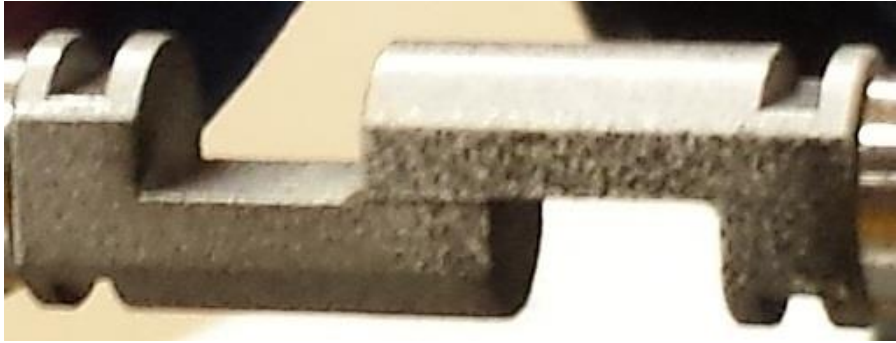
← caméra rapide
30000 images/s
640×376 pixels
23790 images en mémoire ($\approx 0,8$ s)
meilleur compromis
fréquence/résolution/éclairage

← microscope à longue
distance
agrandissement d'une zone
d'environ 3mm × 3mm

← éclairage puissant
durée d'exposition courte (33 μ s)

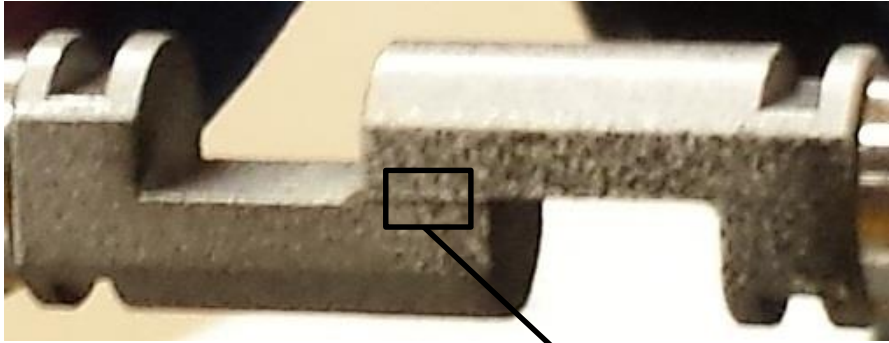
← échantillon

Acquisition d'images en vue de la corrélation :

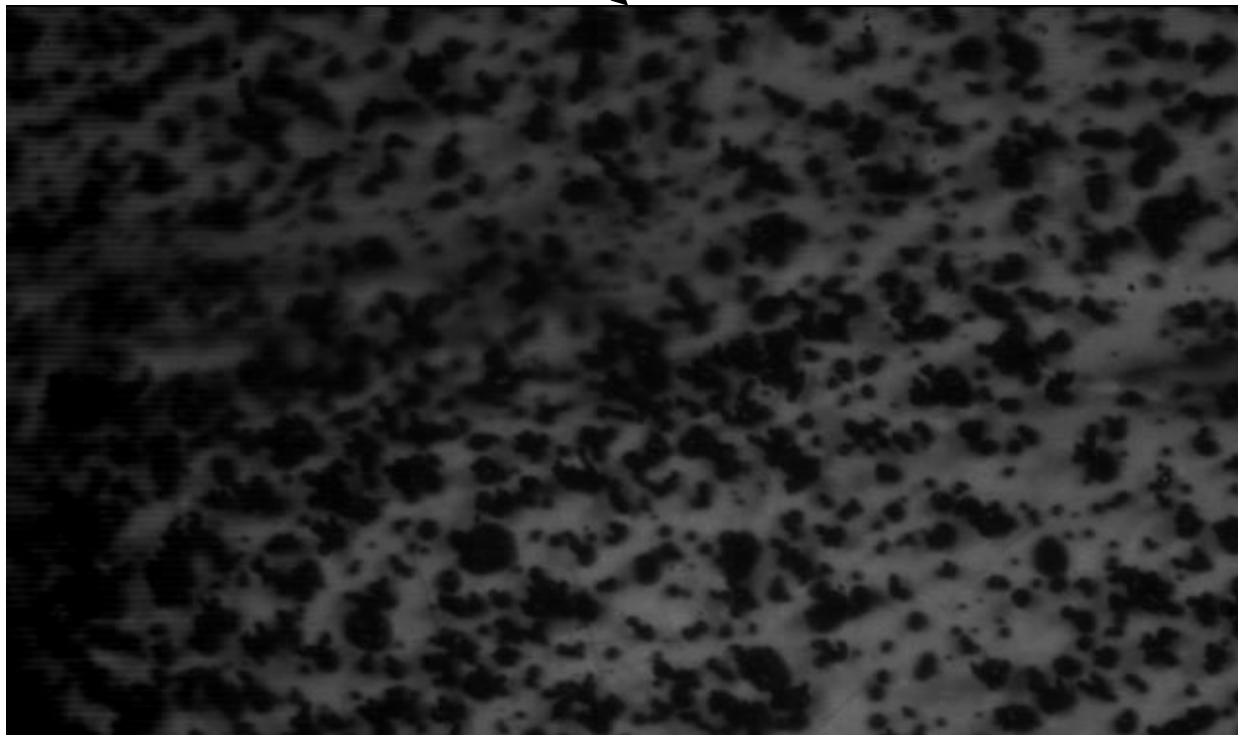


application d'un mouchetis
sur l'échantillon

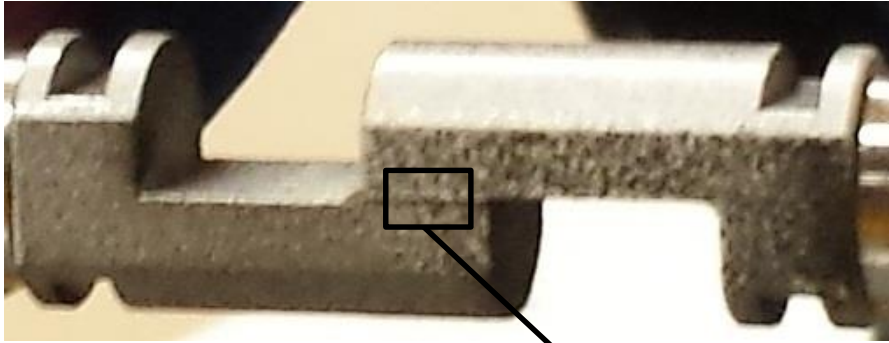
Acquisition d'images en vue de la corrélation :



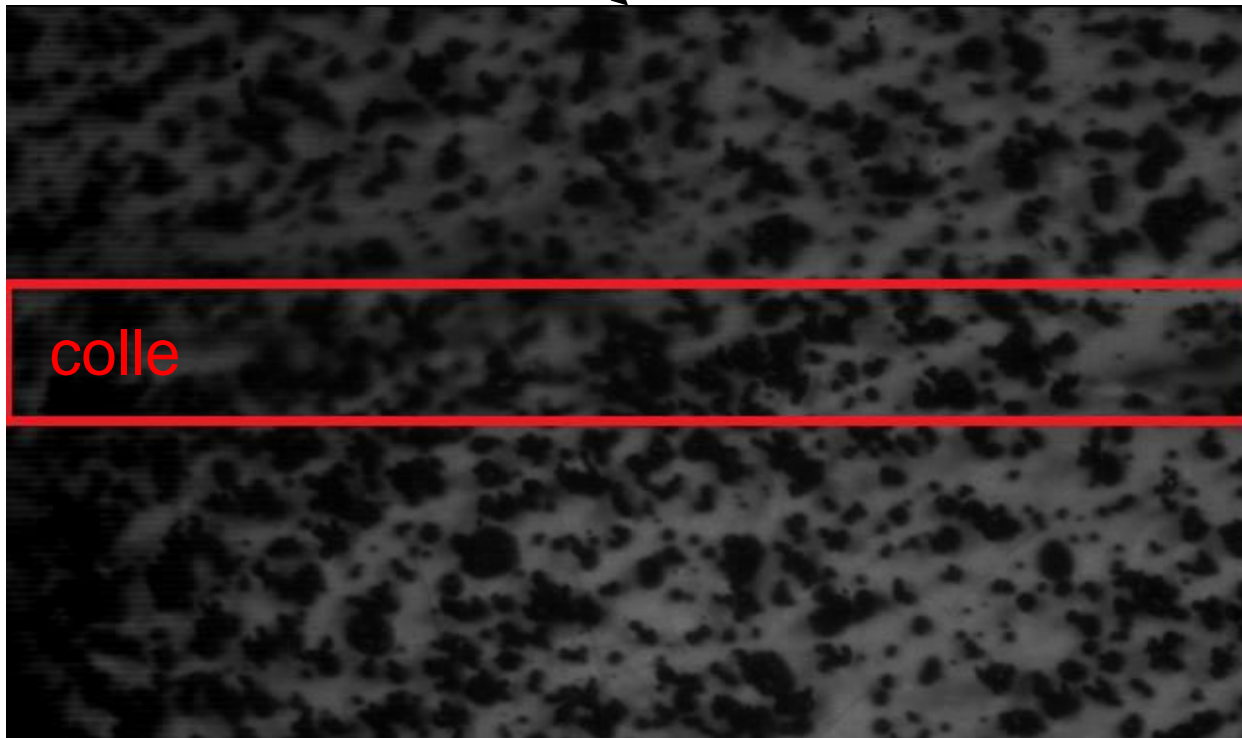
application d'un mouchetis
sur l'échantillon



Acquisition d'images en vue de la corrélation :



application d'un mouchetis
sur l'échantillon



aérosol suffisant
pour une épaisseur
de 0,15 mm

Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:

pour $0 < \tau_{moy} < 3 \text{ MPa}$ (incertitude sur synchronisation) :



paramètres utilisés
dans Corréli RT3 :

éléments triangulaires

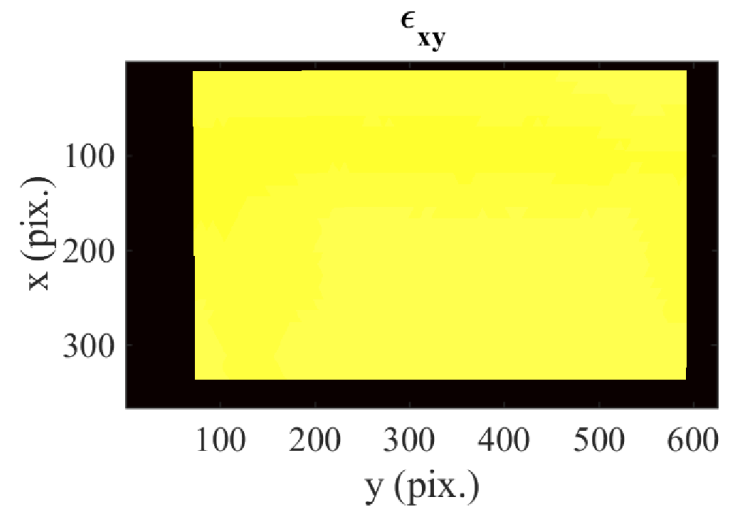
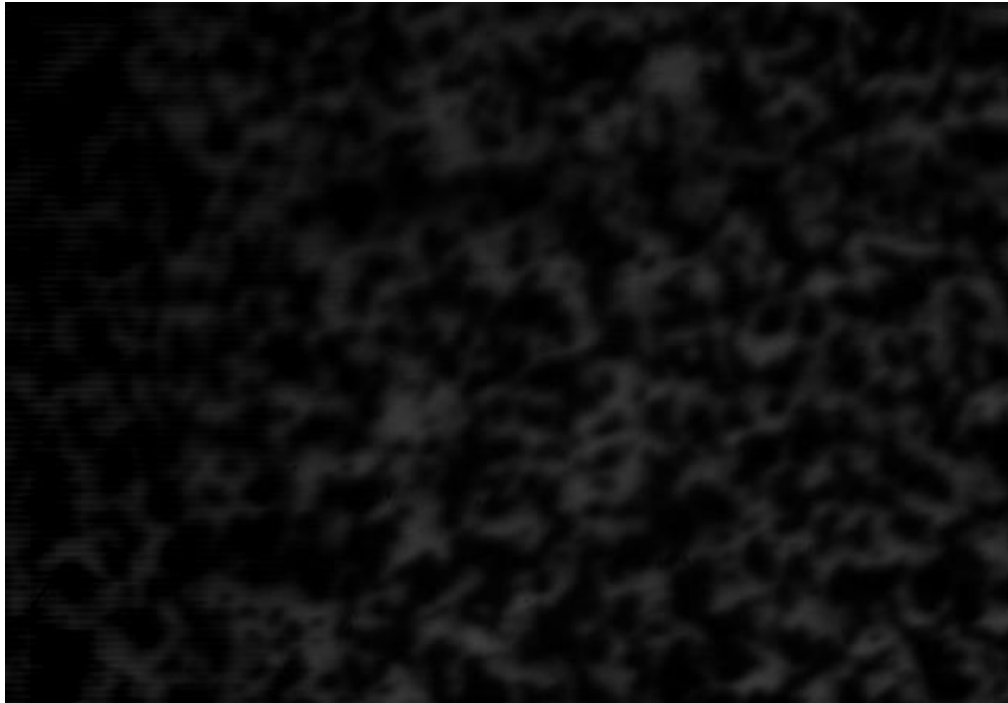
taille des éléments : 12 pixels

longueur de régularisation : 256 pixels

coefficient de Poisson : 0,3

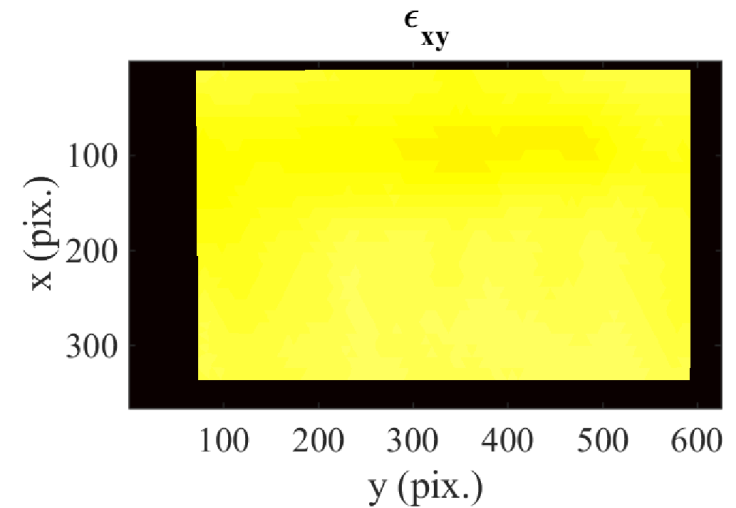
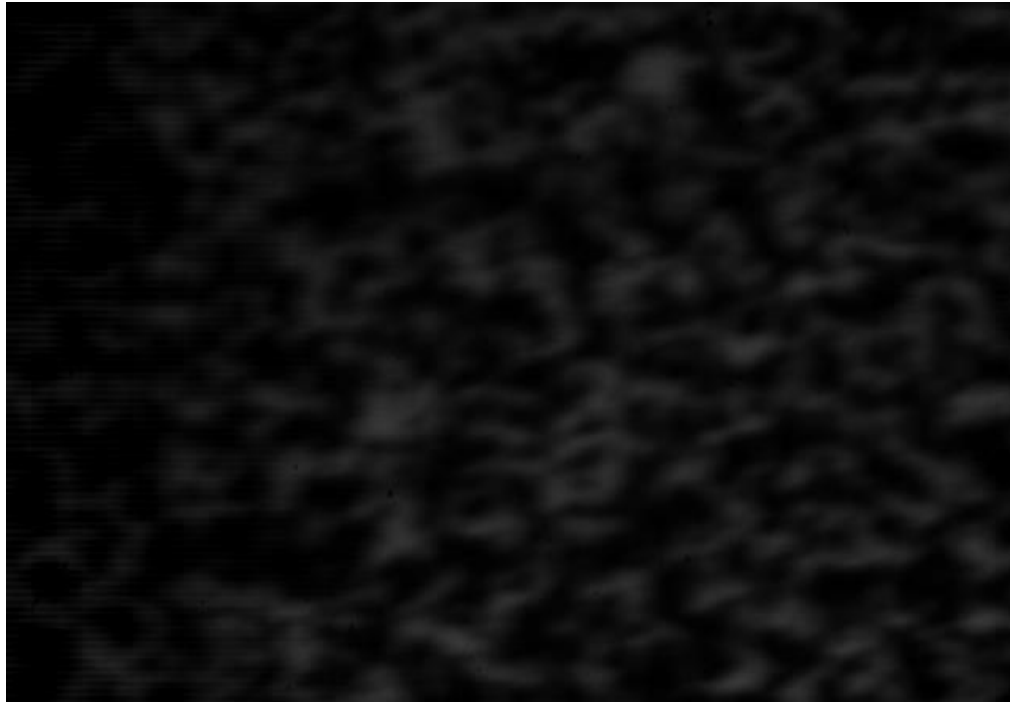
Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:

pour $3 \text{ MPa} < \tau_{moy} < 15 \text{ MPa}$:



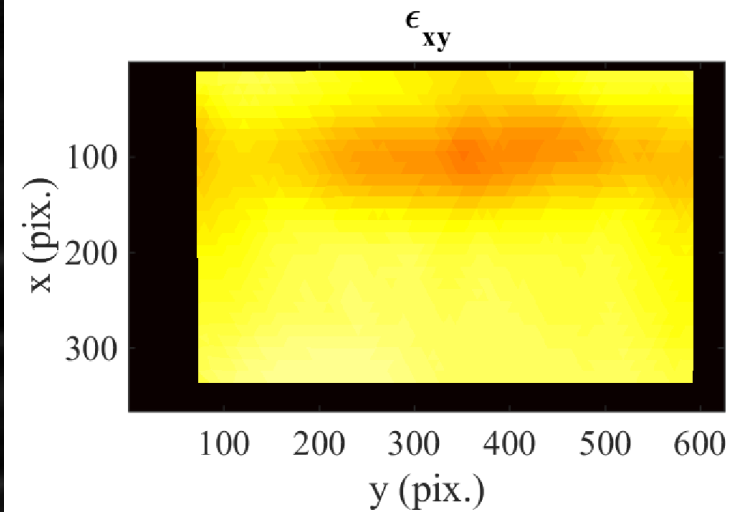
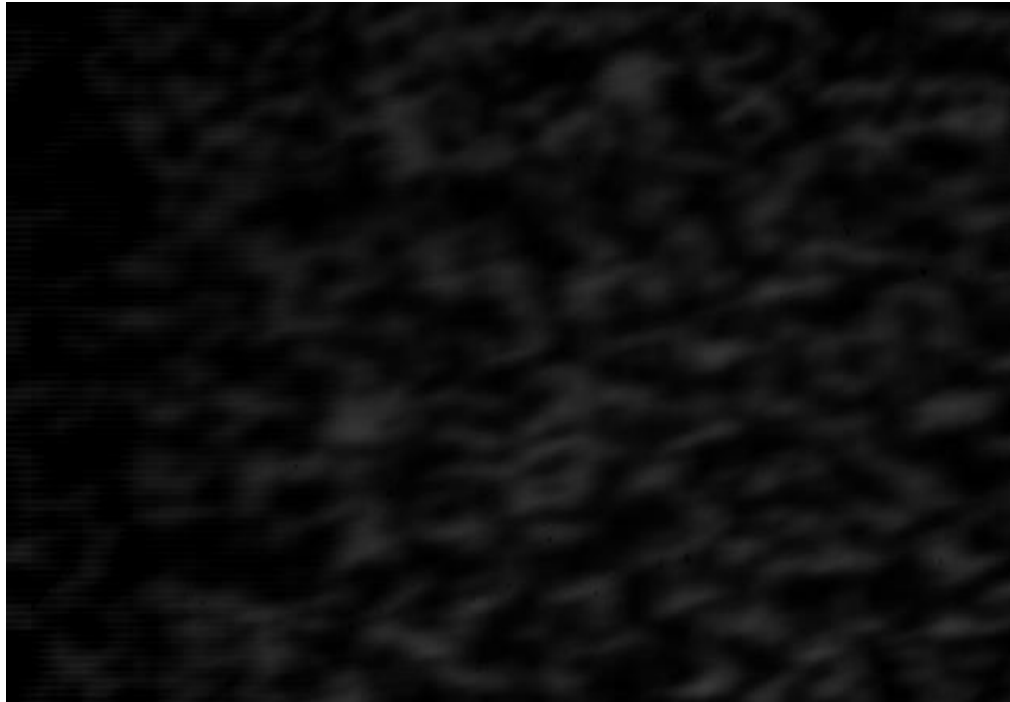
Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:

pour $15 \text{ MPa} < \tau_{\text{moy}} < 40 \text{ MPa}$:



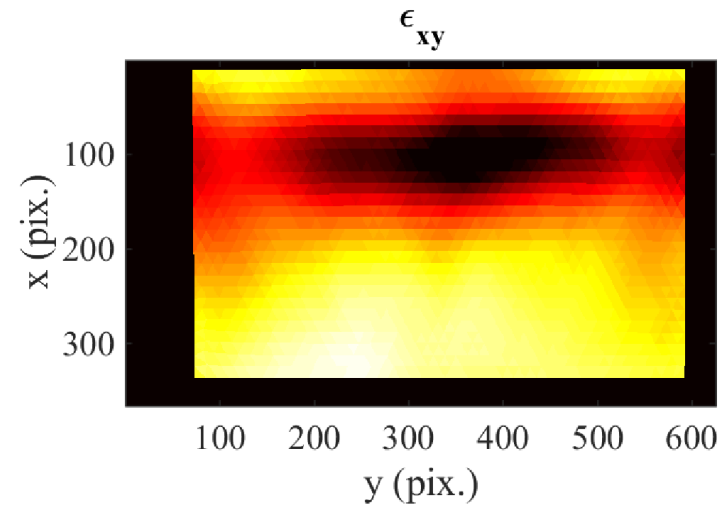
Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:

pour $41 \text{ MPa} < \tau_{moy} < 61 \text{ MPa}$:



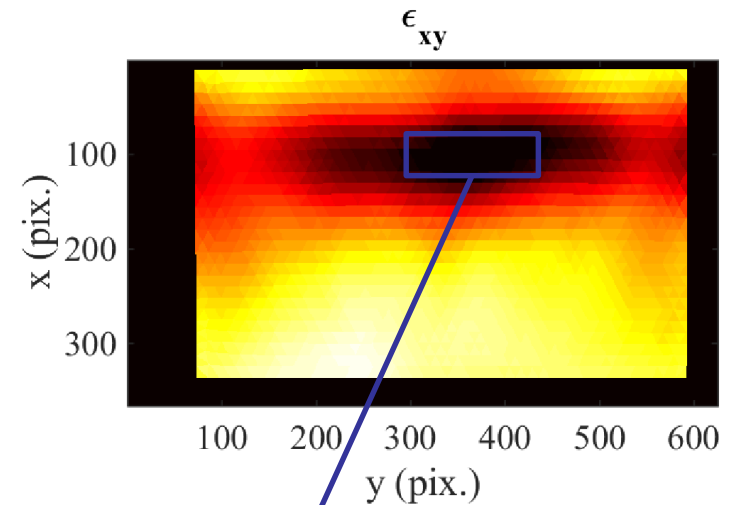
Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:

pour $46 \text{ MPa} < \tau_{\text{moy}} < 62 \text{ MPa}$:



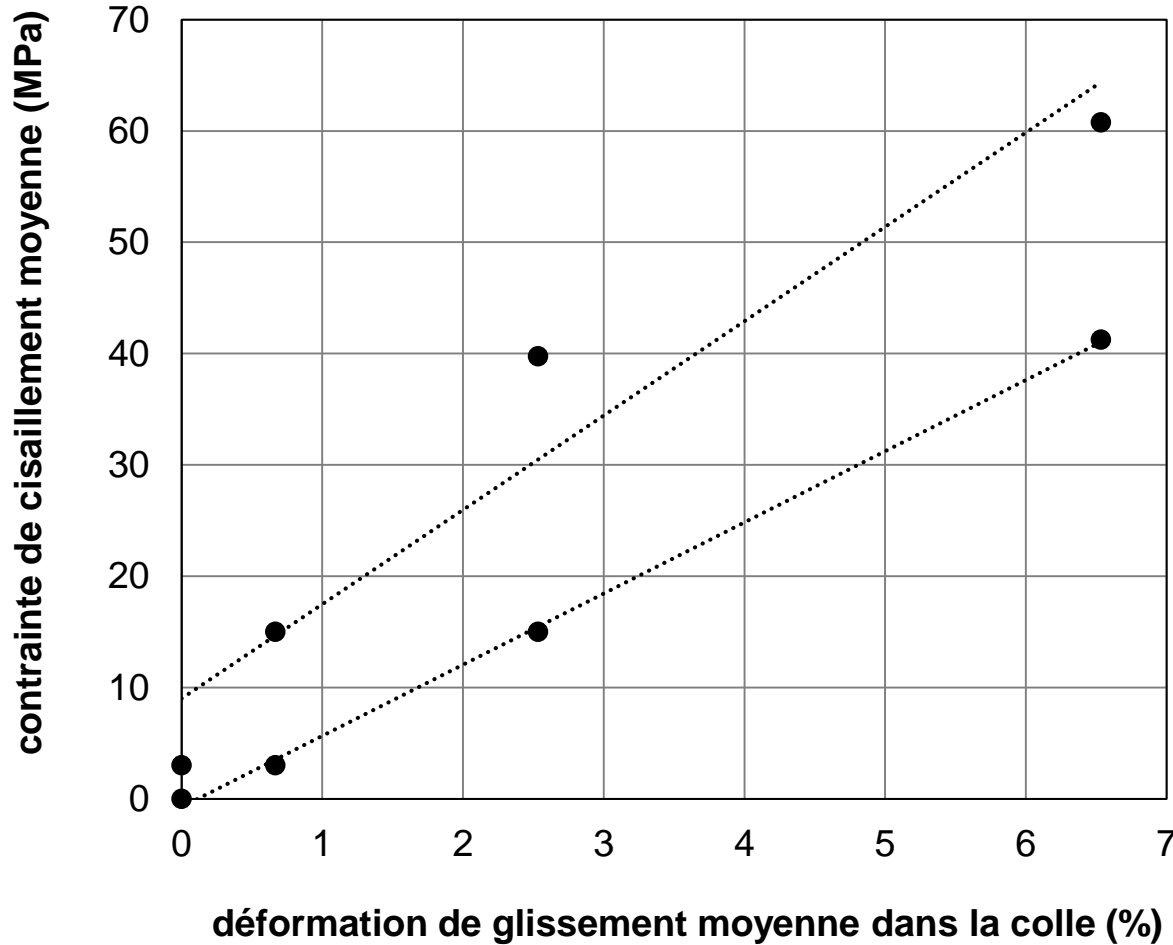
Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:

pour $46 \text{ MPa} < \tau_{\text{moy}} < 62 \text{ MPa}$:

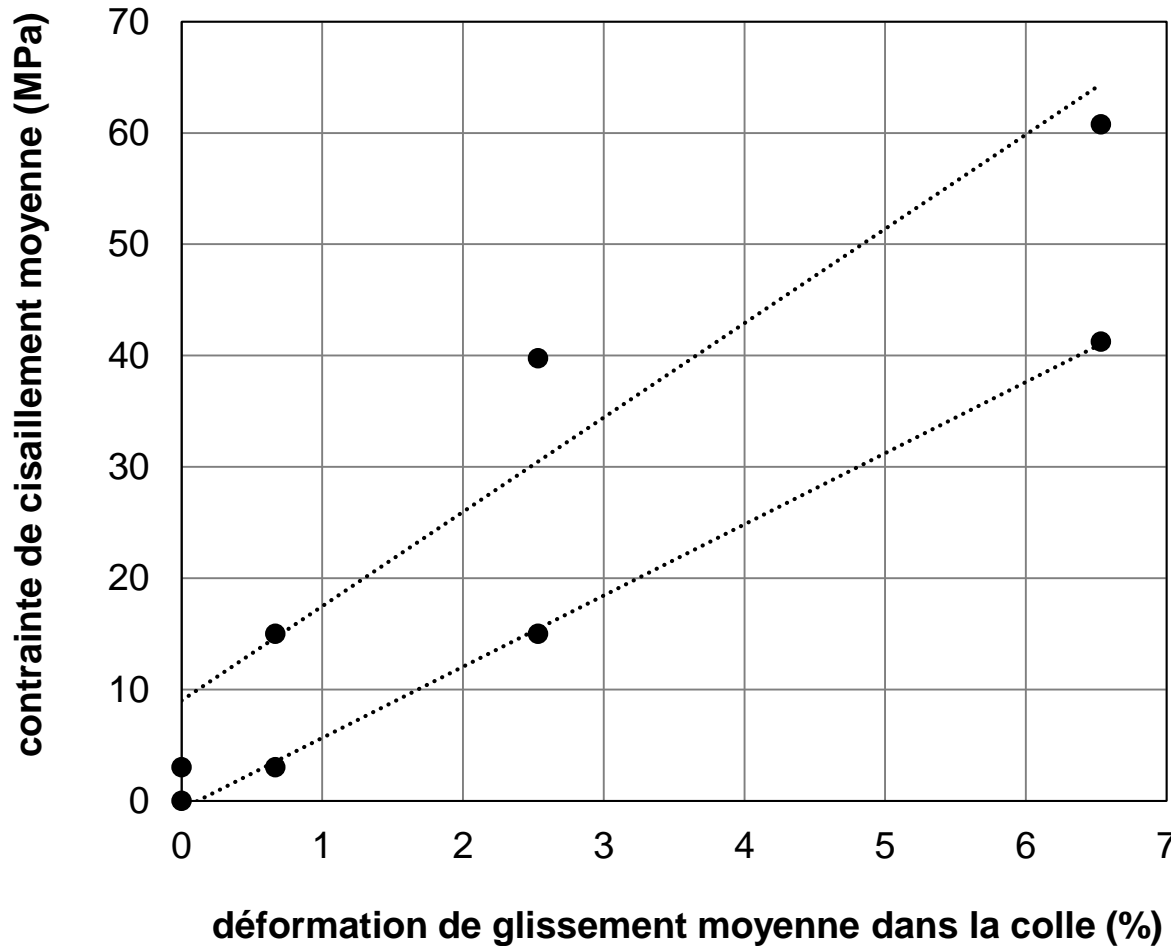


zone uniforme
 \Rightarrow calcul de la moyenne

Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:



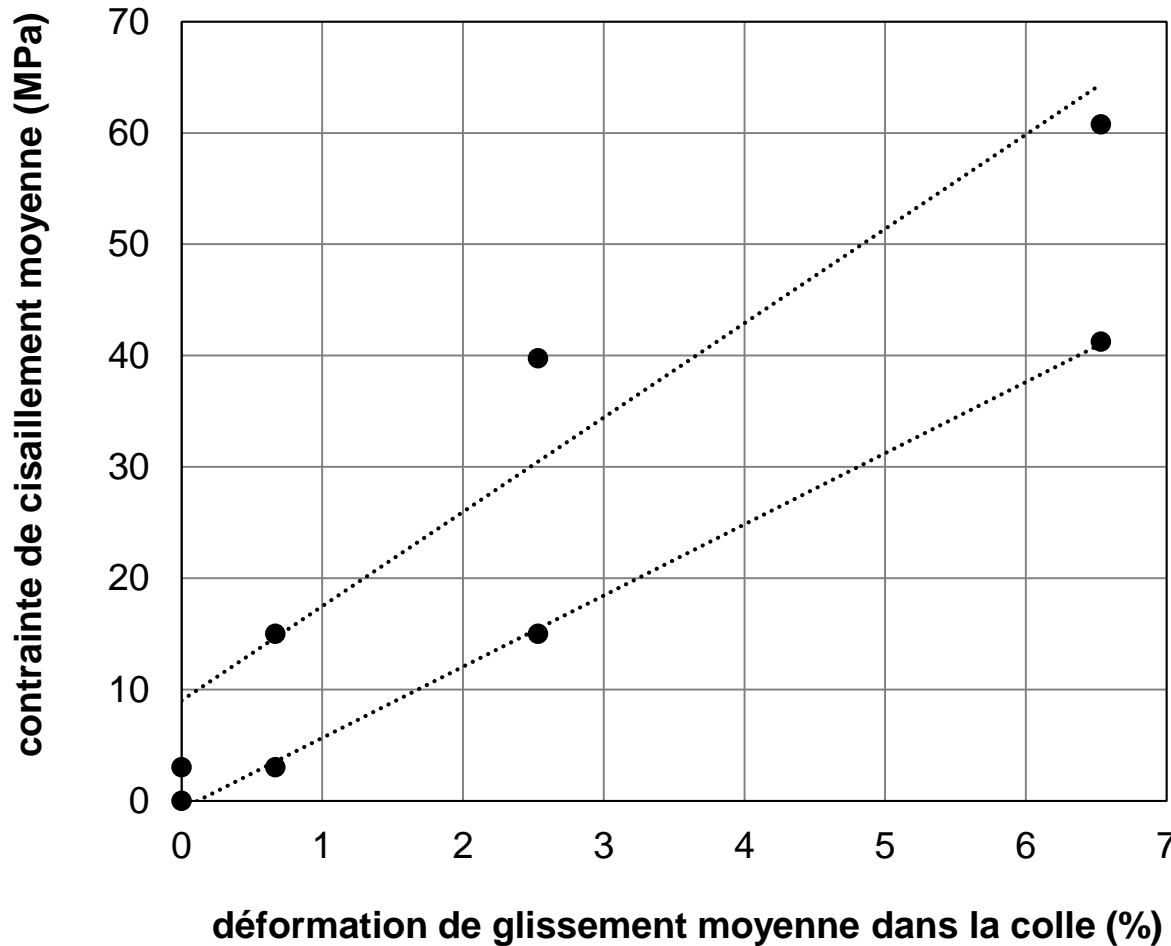
Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:



Module de cisaillement
apparent :

$$G \approx 650-850 \text{ MPa}$$

Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:

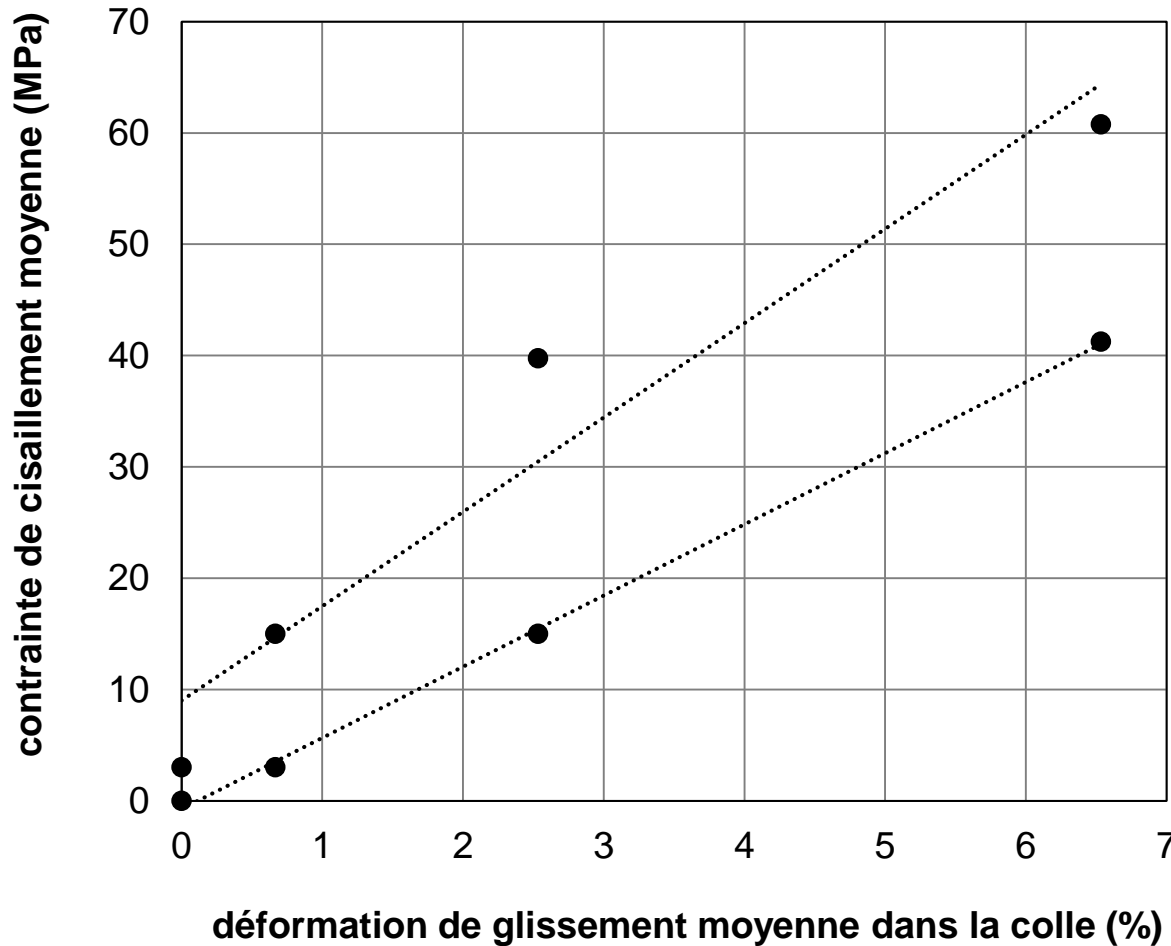


Module de cisaillement
apparent :

$$G \approx 650-850 \text{ MPa}$$

allongement colle /
allongement échantillon :
 $\approx 0,1$

Avec une période d'acquisition de $33 \mu\text{s}$:



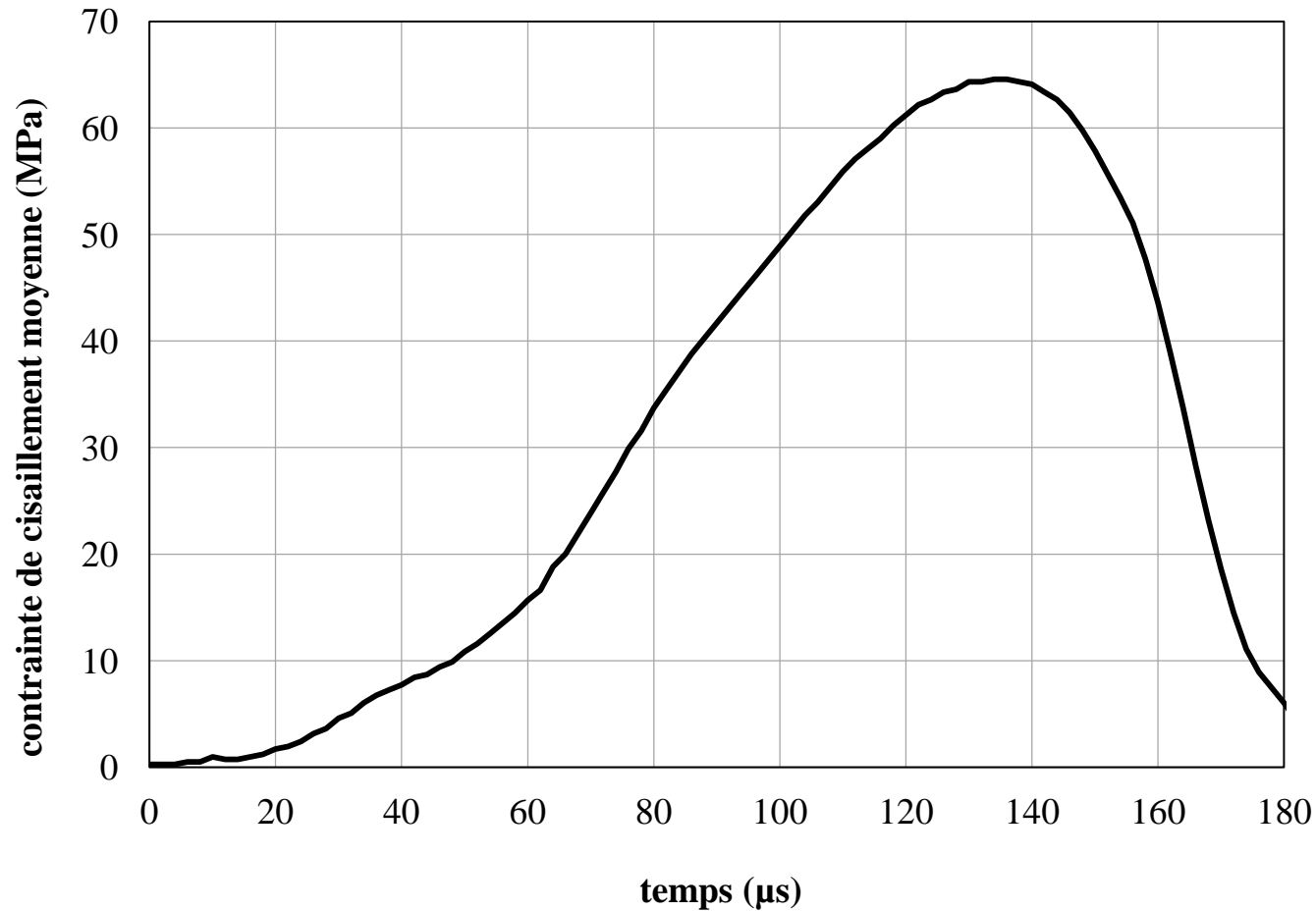
Module de cisaillement
apparent :

$$G \approx 650-850 \text{ MPa}$$

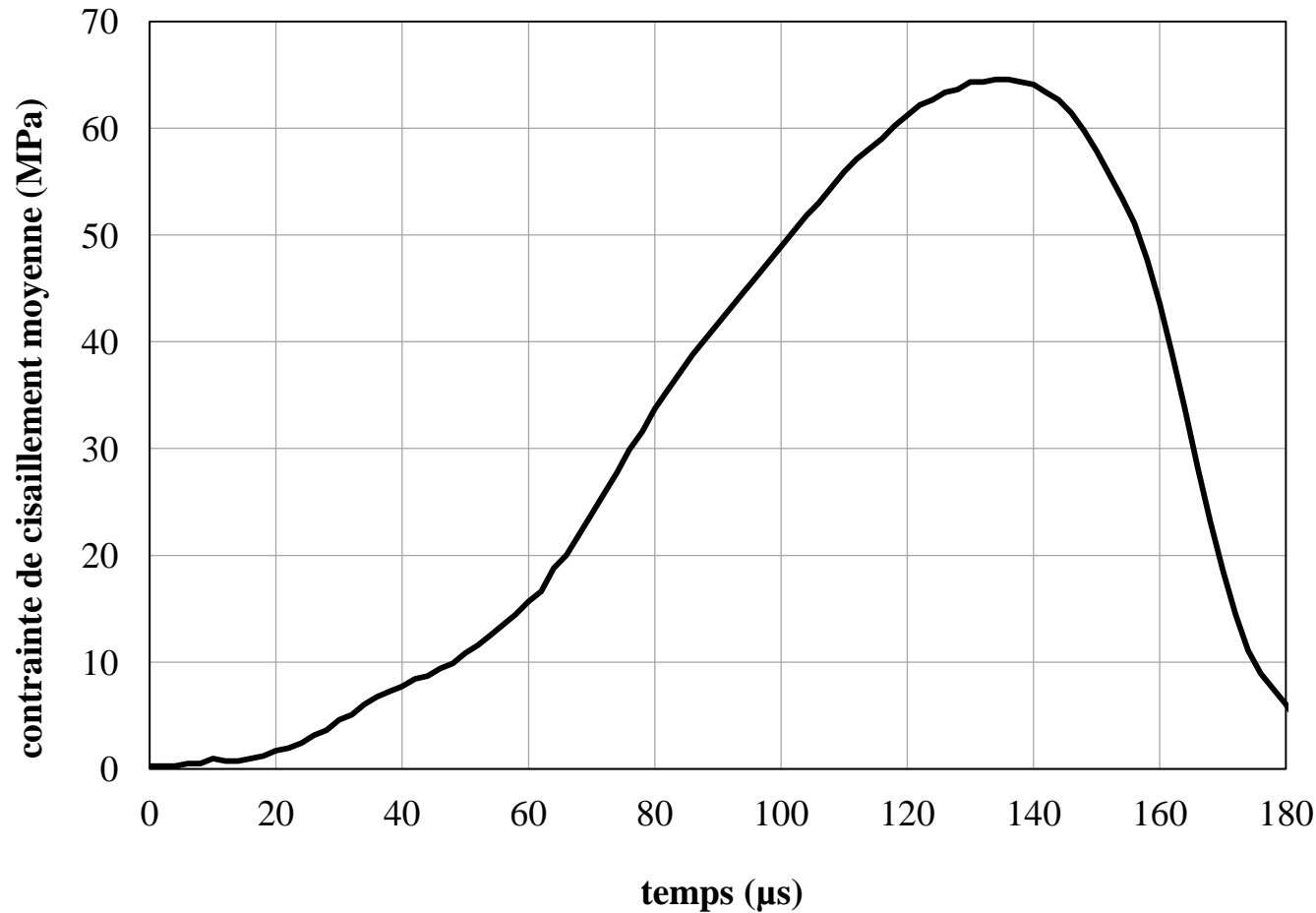
allongement colle /
allongement échantillon :
 $\approx 0,1$

Perte d'élasticité pour
dernière image

Avec une période d'acquisition de $2 \mu\text{s}$:



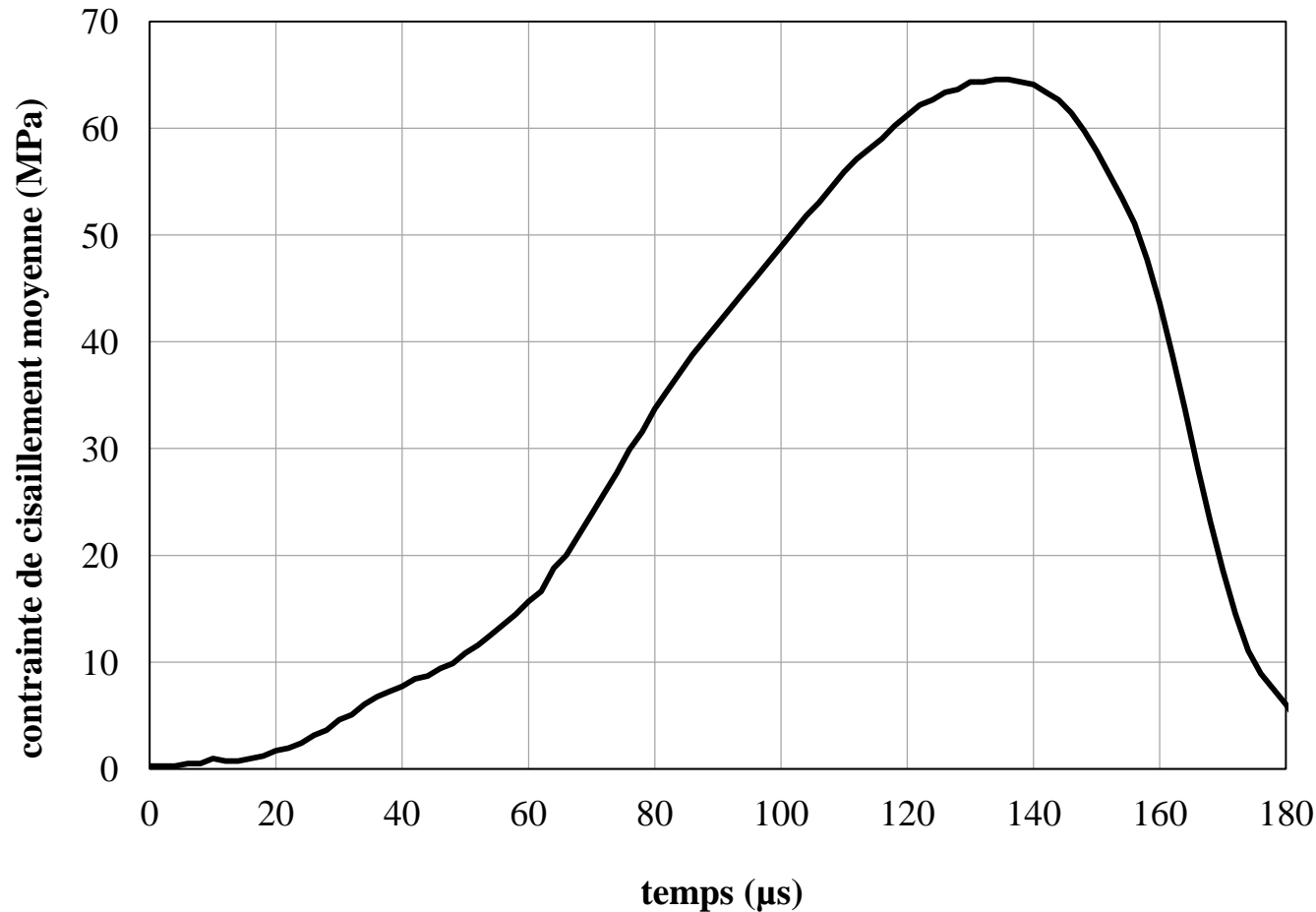
Avec une période d'acquisition de $2 \mu\text{s}$:



À rupture :

$$\tau_{moy} = 65 \text{ MPa}$$

Avec une période d'acquisition de $2 \mu\text{s}$:



À rupture :

$$\tau_{moy} = 65 \text{ MPa}$$

En fin de phase
élastique :

$$\approx 1000 / \text{s}$$

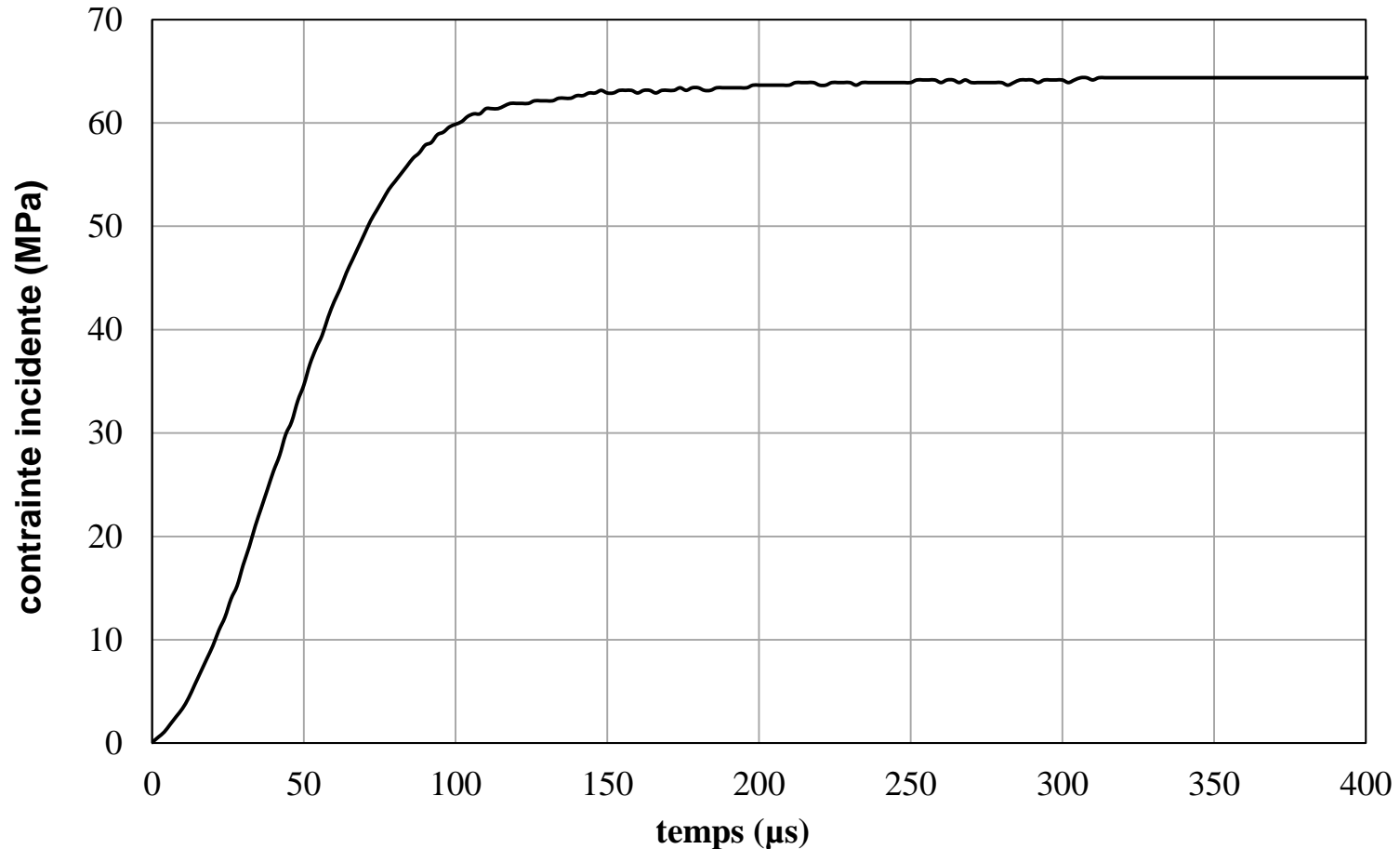
Durcissement de la colle en dynamique :

vitesse de cisaillement	10^{-5} /s	10^3 /s
limite à rupture	22 MPa	65 MPa
module apparent	550 MPa	650-850 MPa

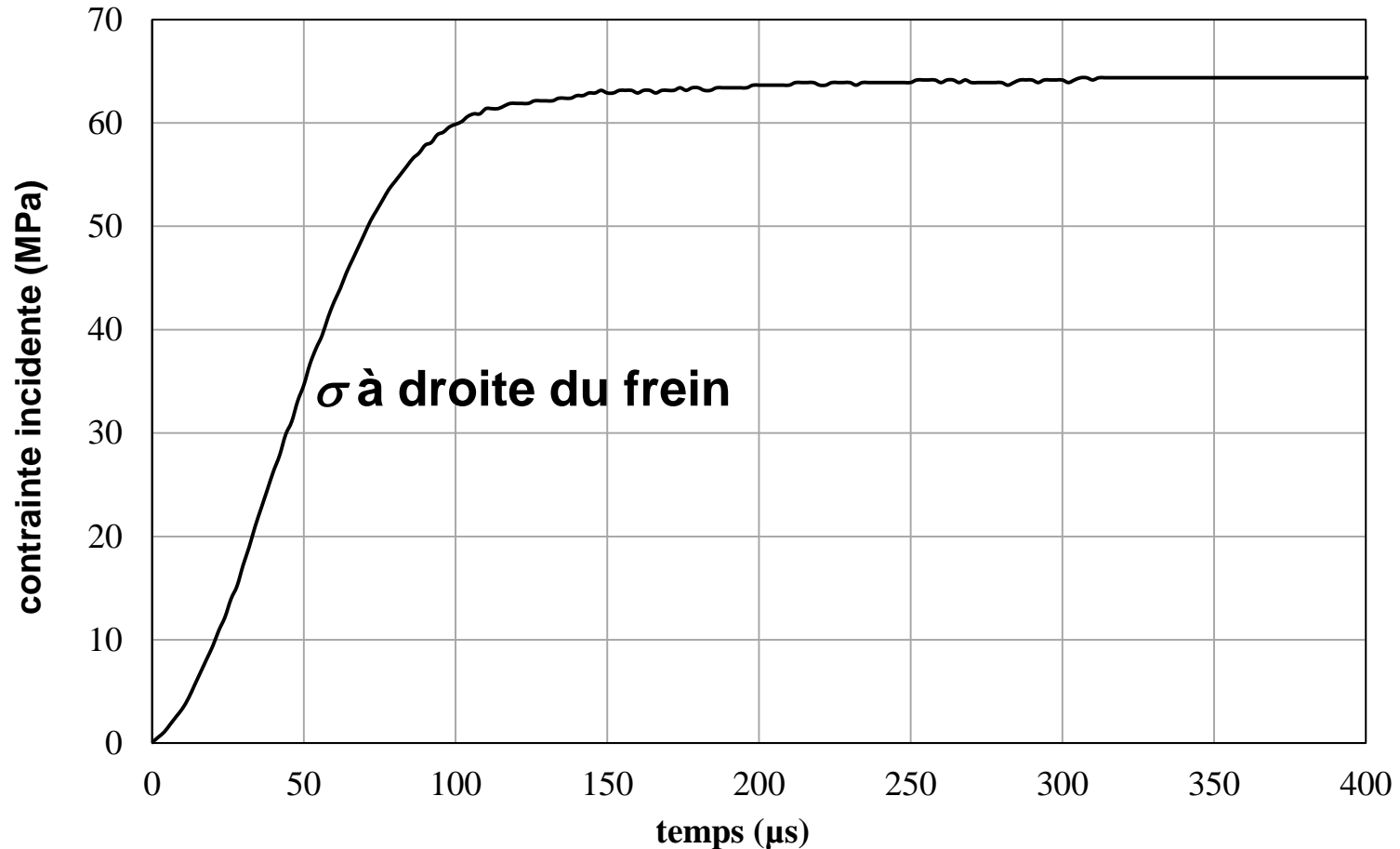
Sommaire :

- **Contexte et dispositif expérimental**
- **Dépouillement des mesures**
- **Simulations numériques**
- **Conclusions et perspectives**

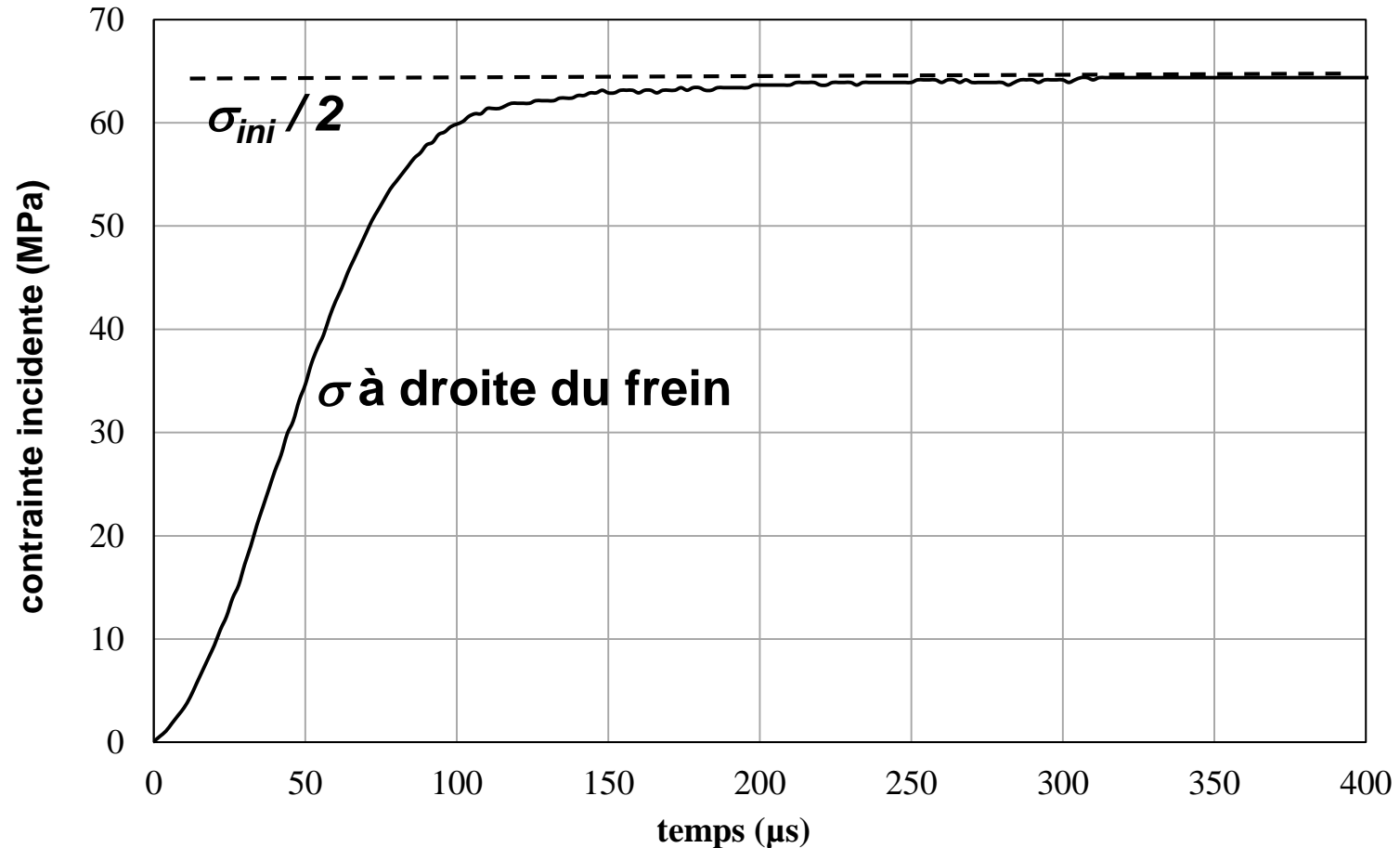
2D contraintes planes, chargement imposé : contrainte incidente



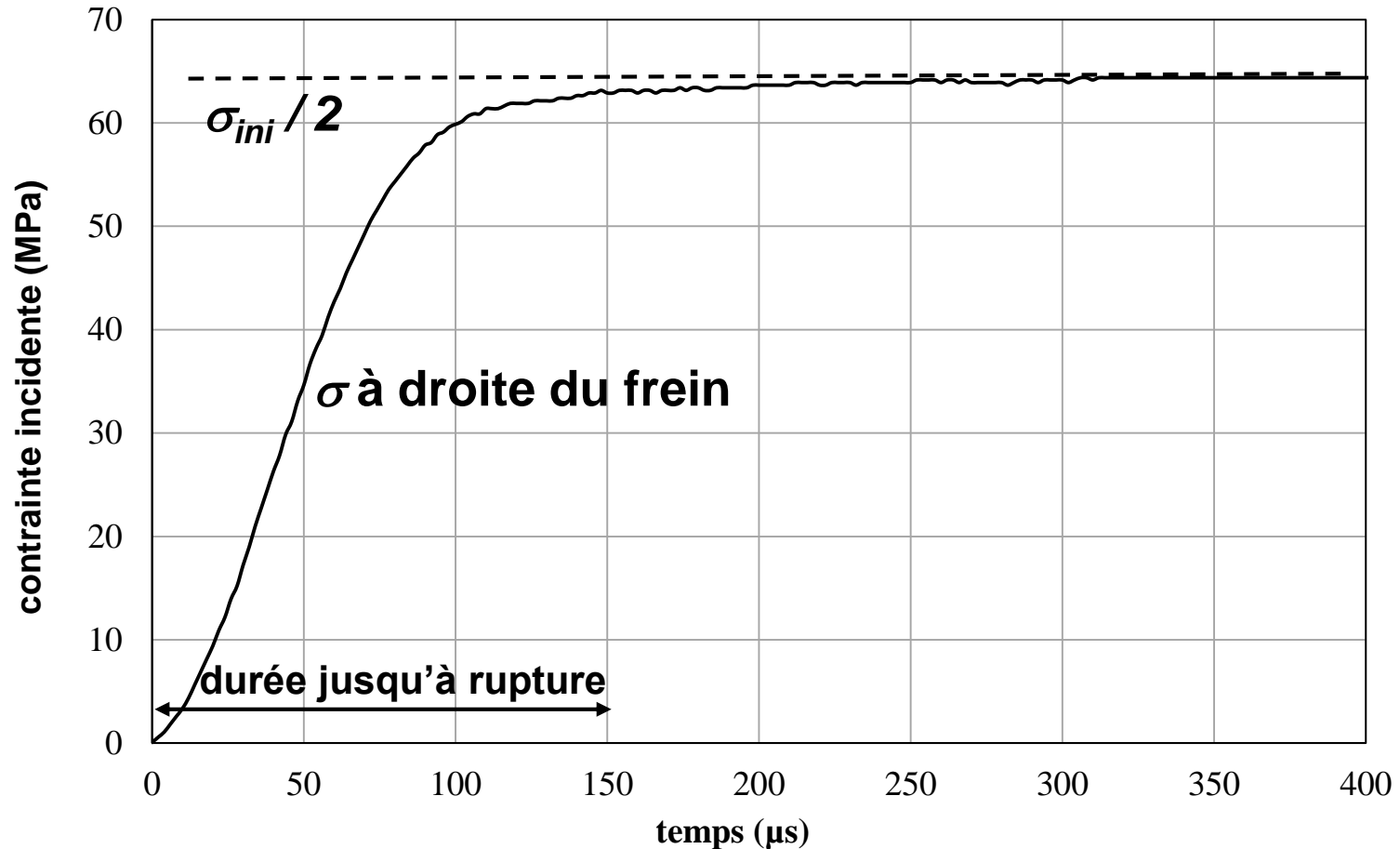
2D contraintes planes, chargement imposé : contrainte incidente



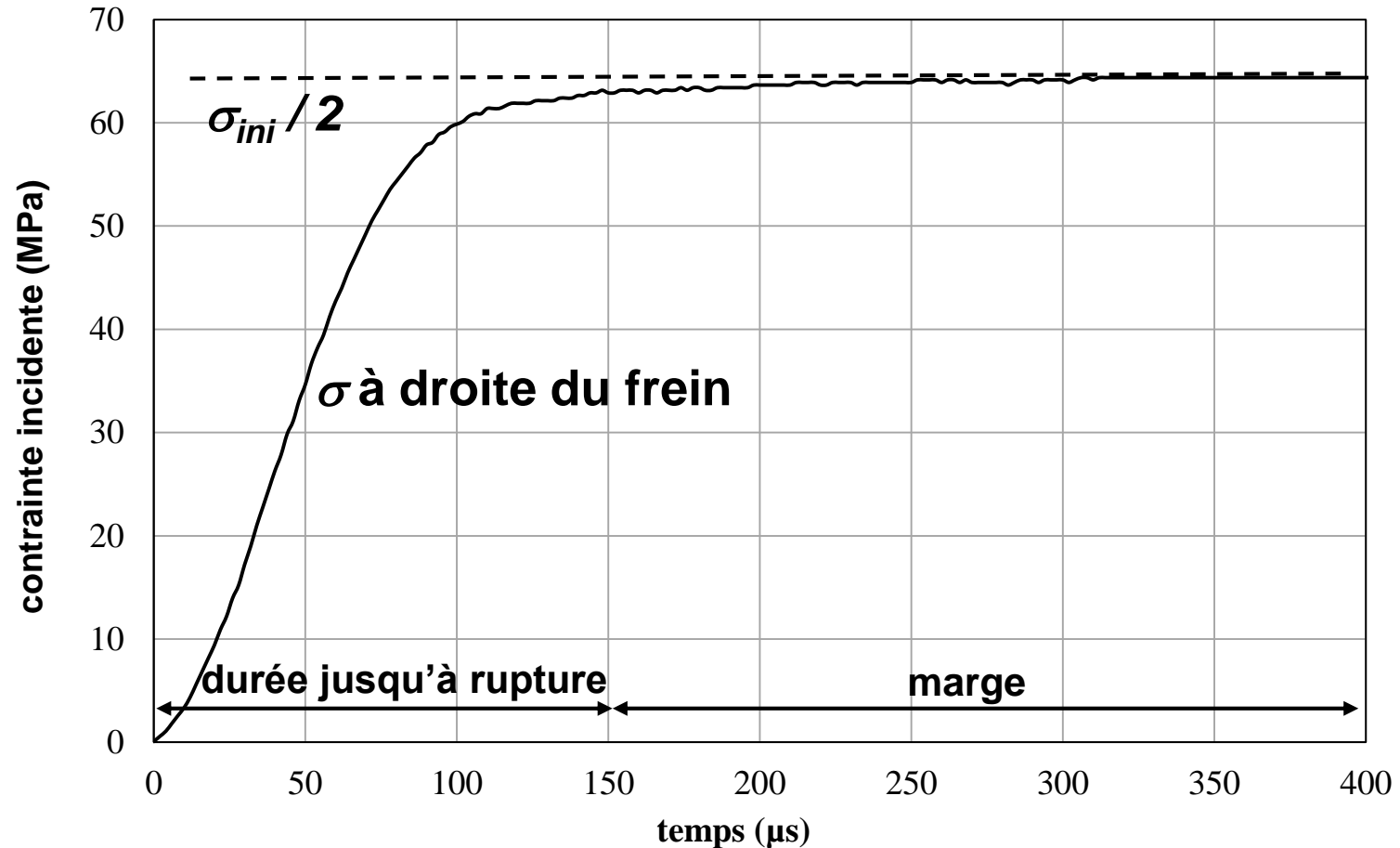
2D contraintes planes, chargement imposé : contrainte incidente



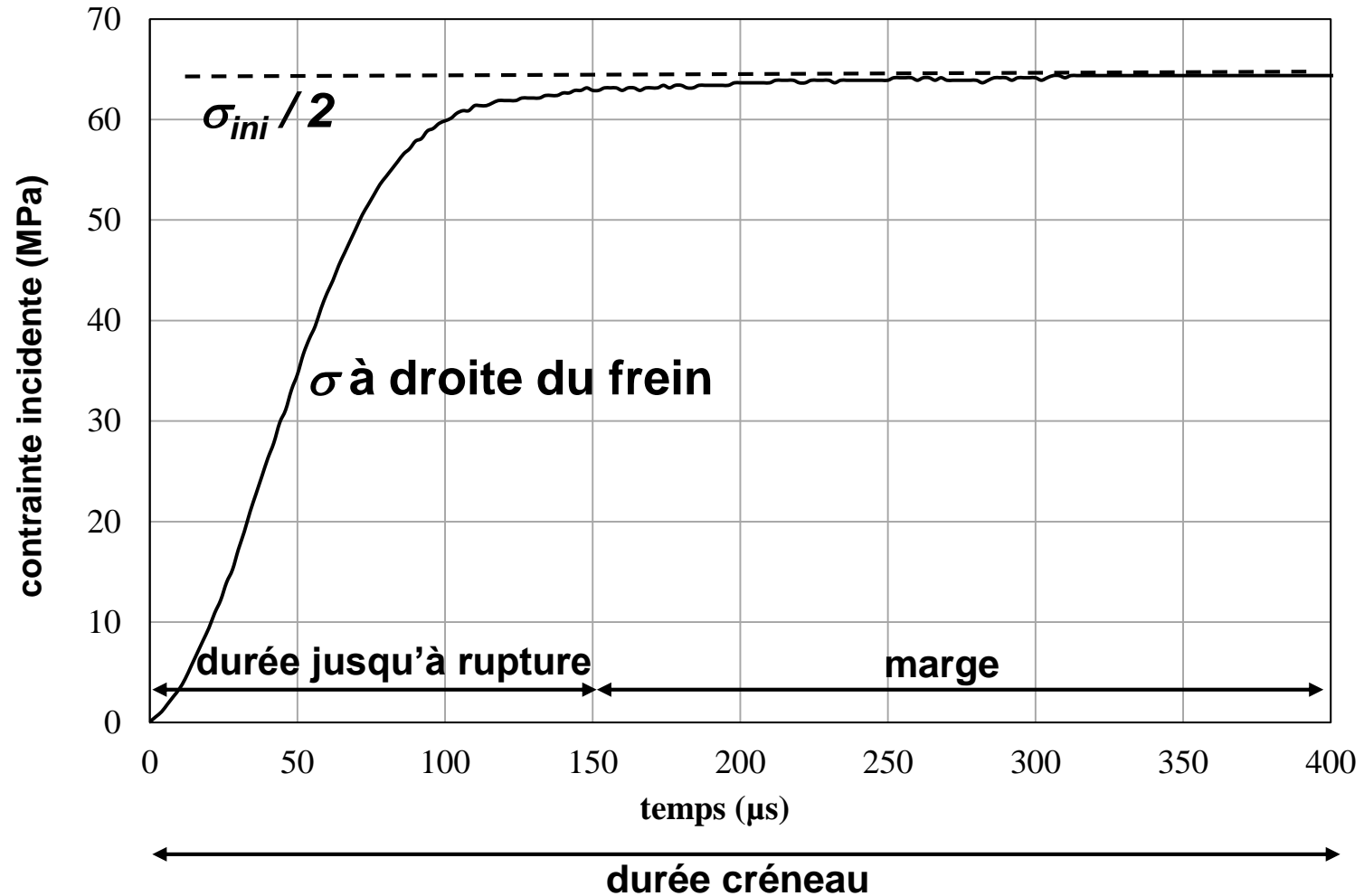
2D contraintes planes, chargement imposé : contrainte incidente

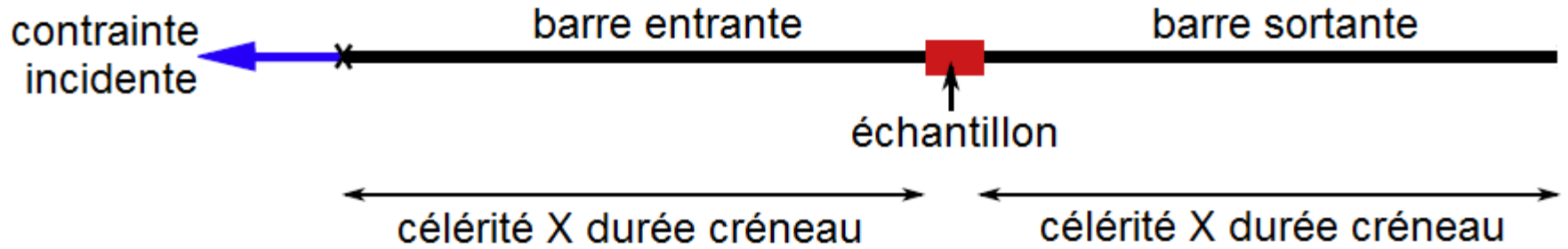


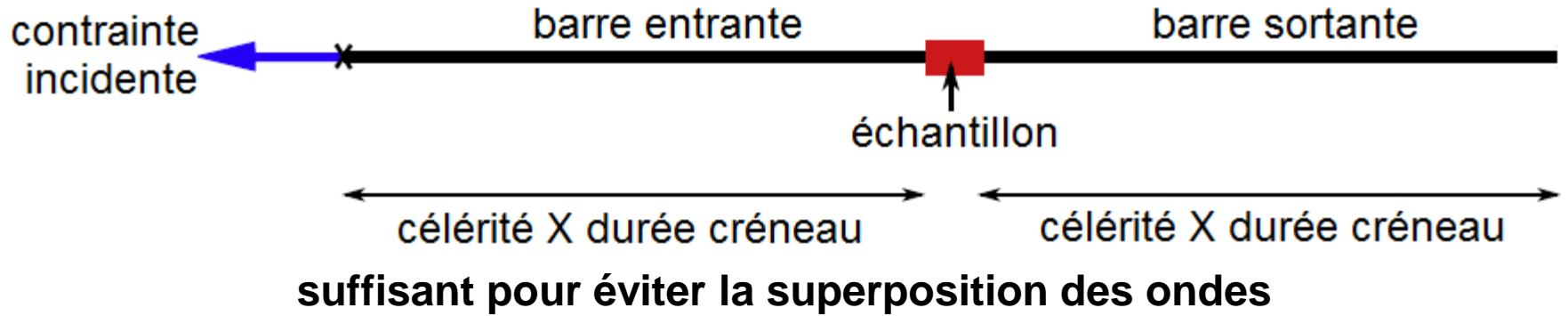
2D contraintes planes, chargement imposé : contrainte incidente

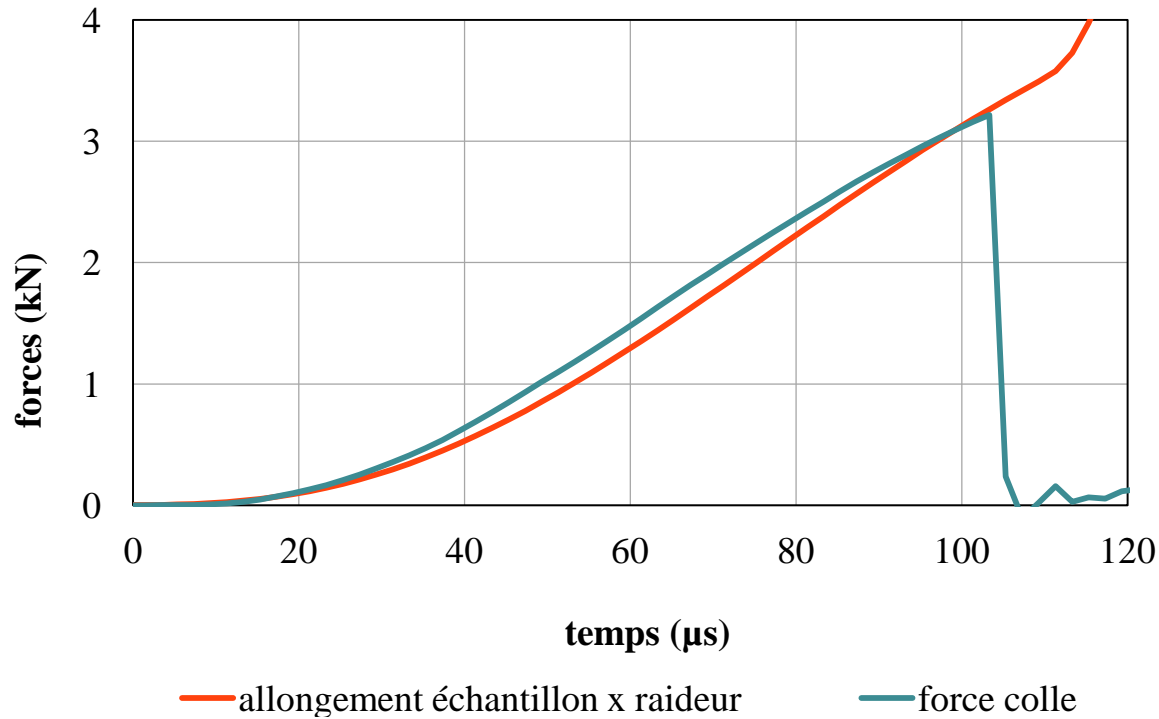
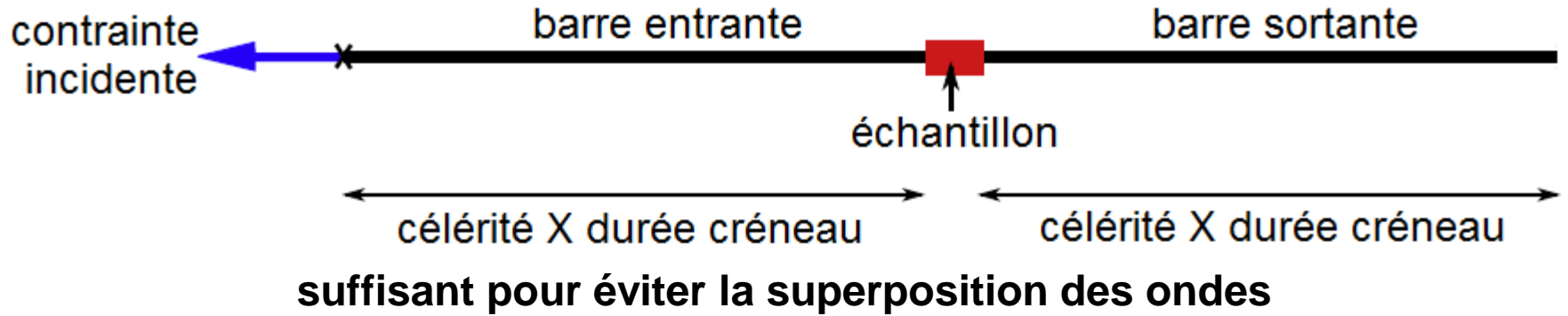


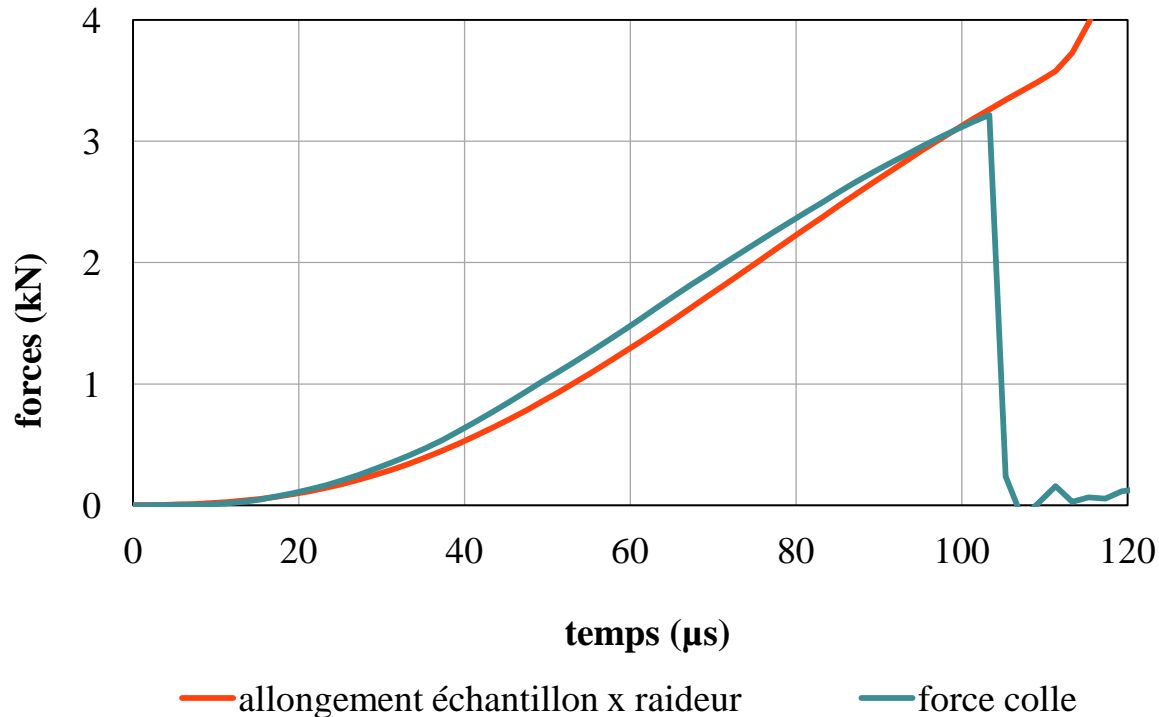
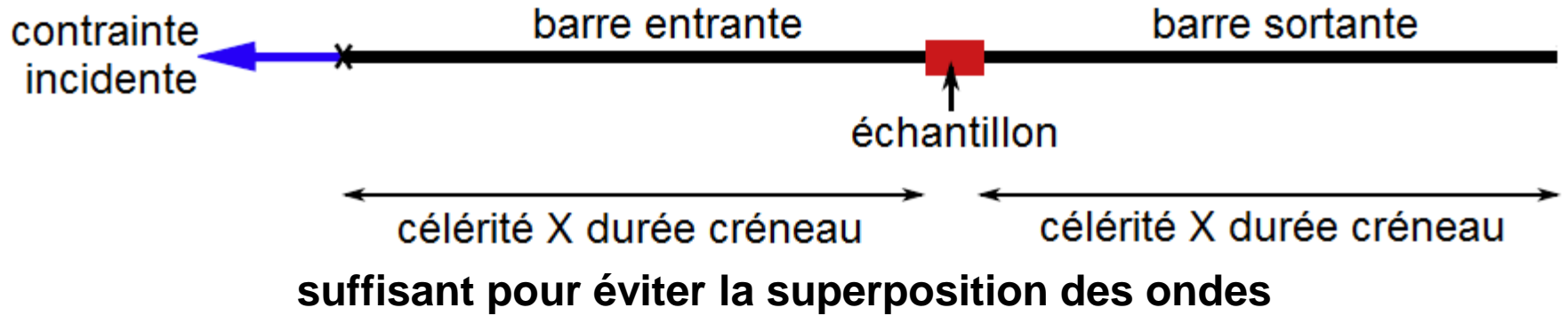
2D contraintes planes, chargement imposé : contrainte incidente



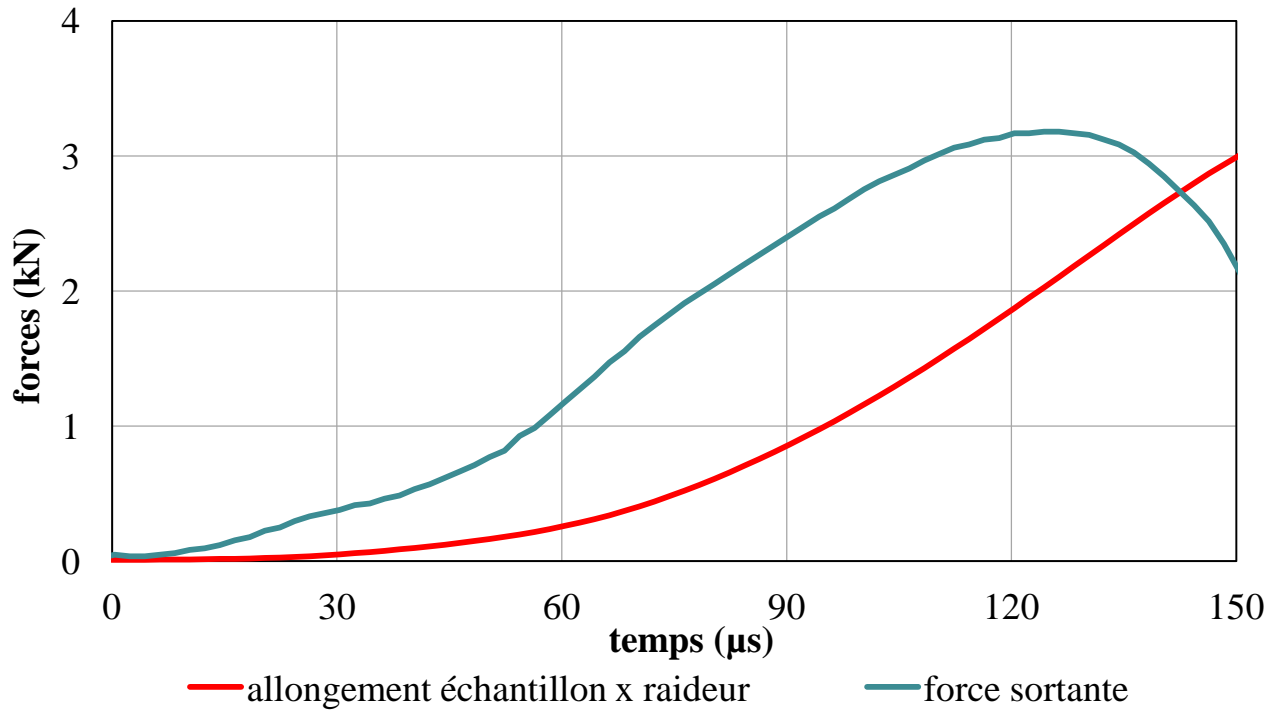
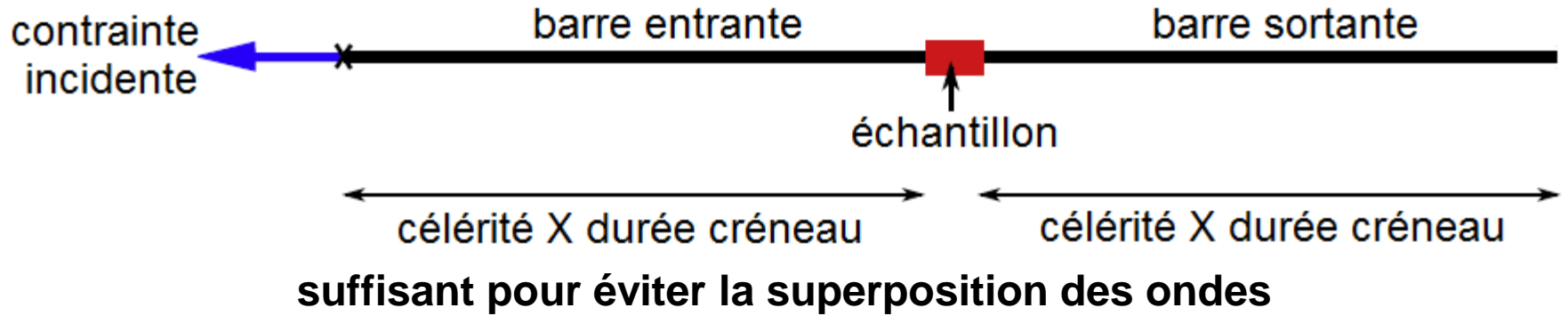


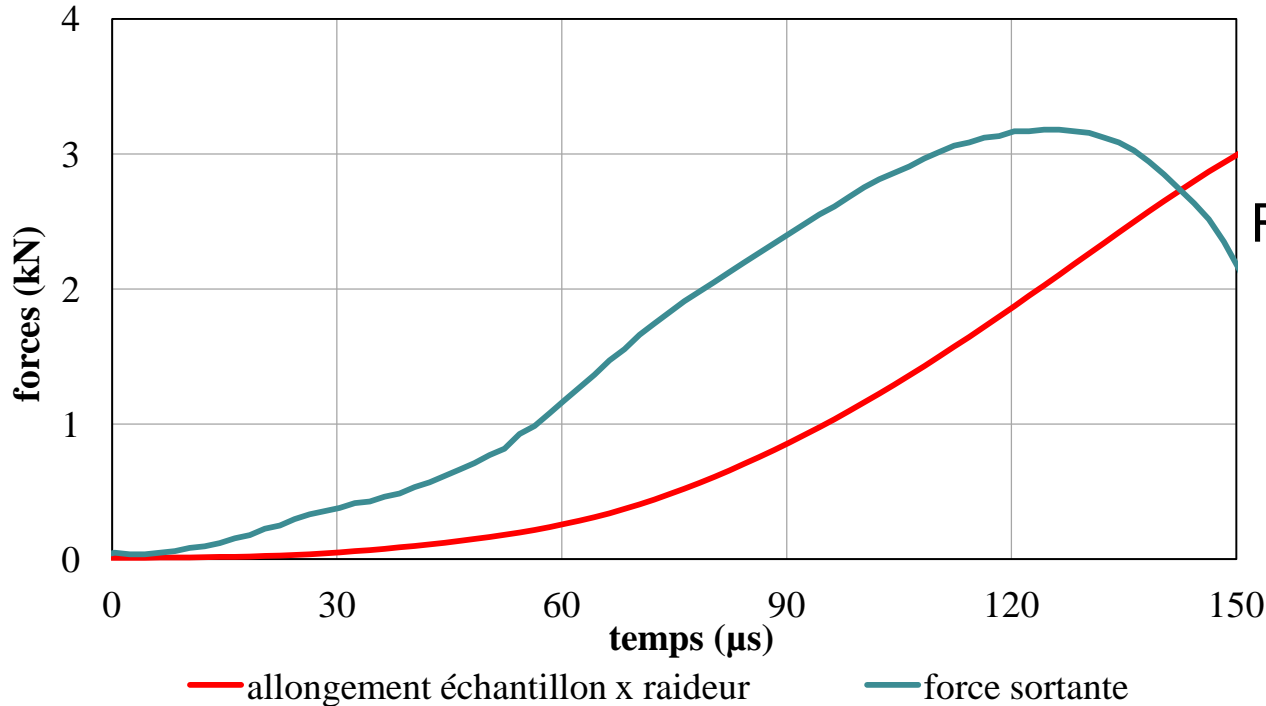
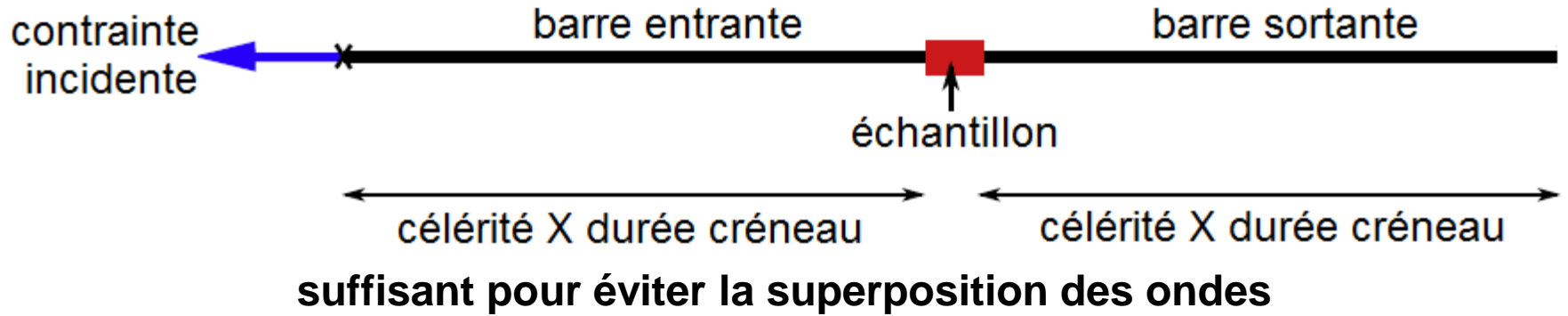




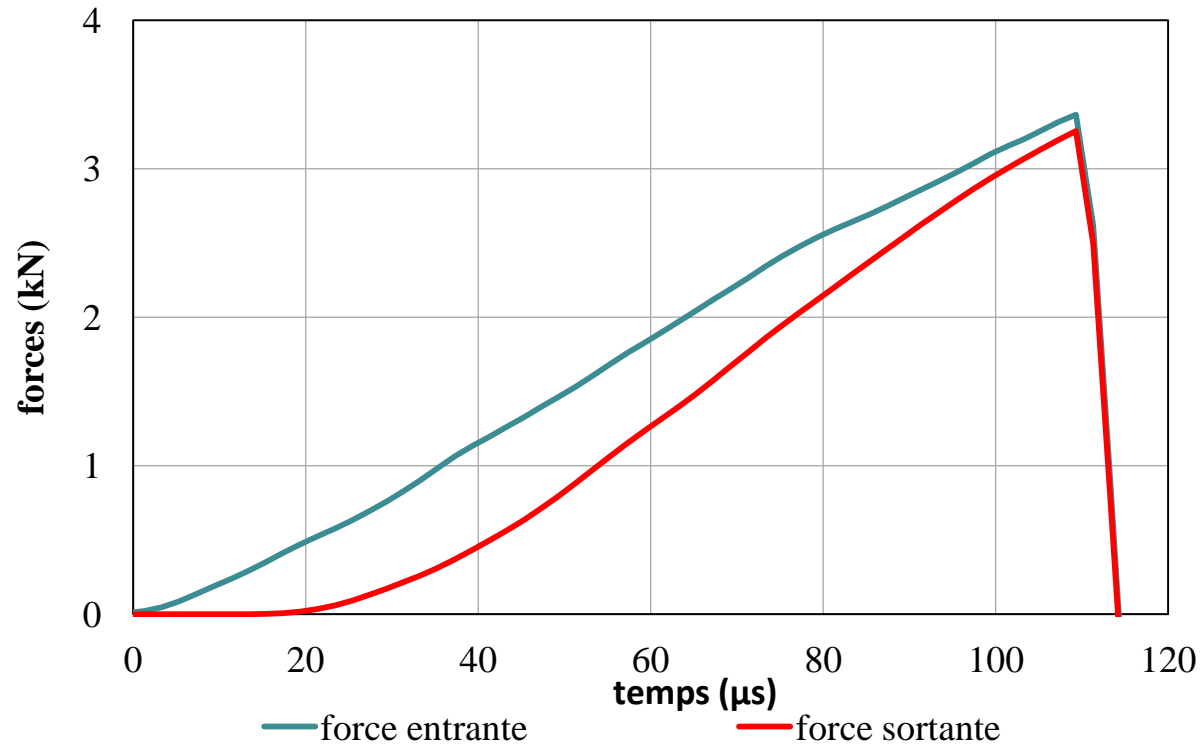
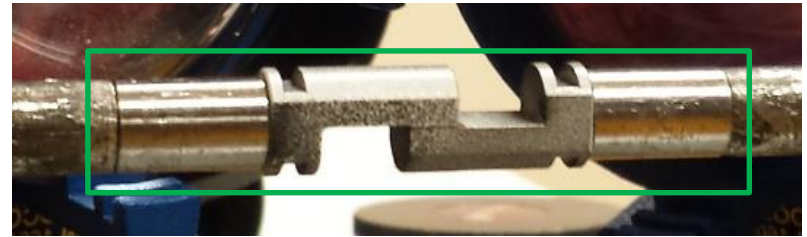
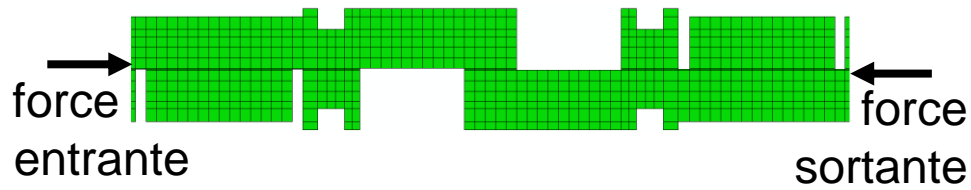


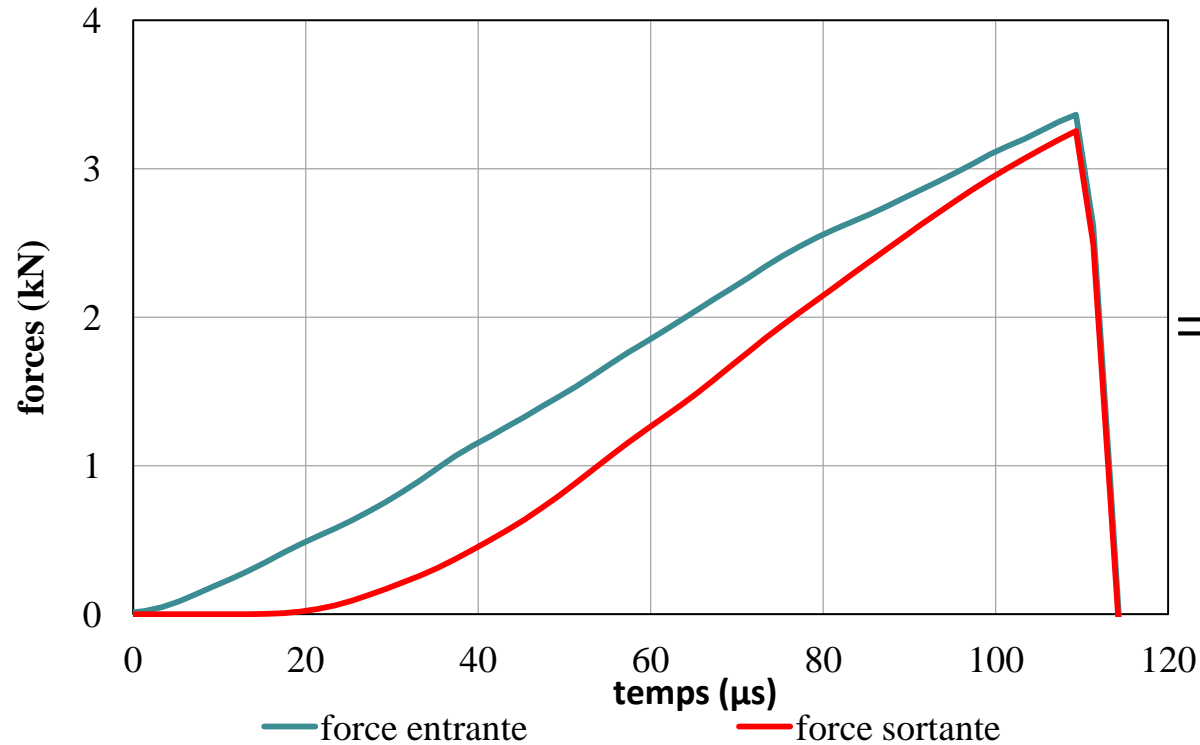
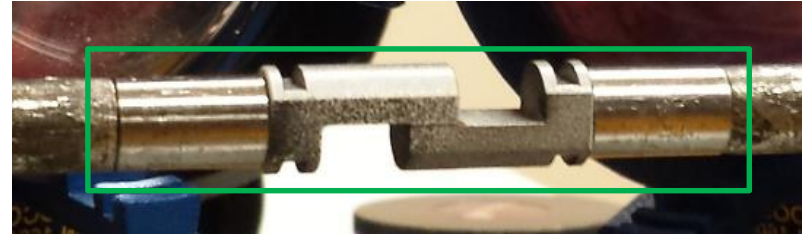
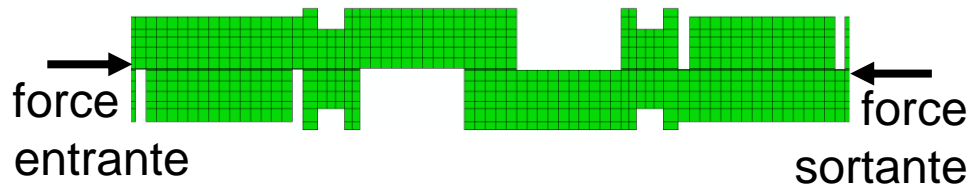
Raideur numérique :
21000 N/mm



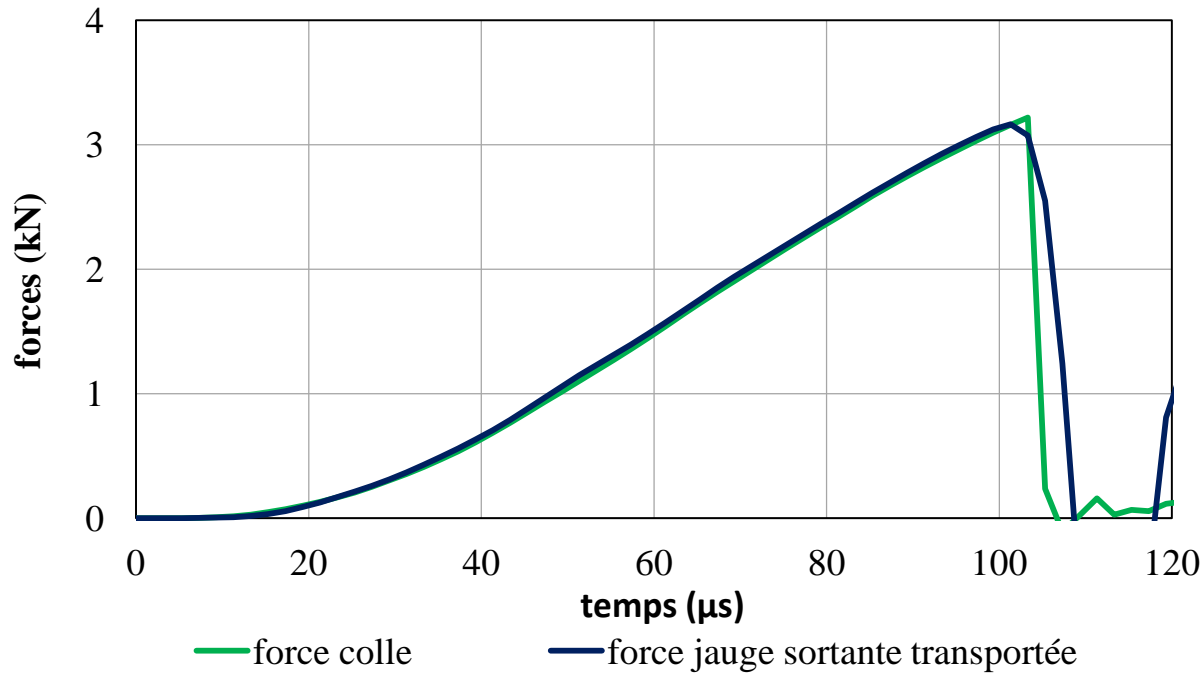
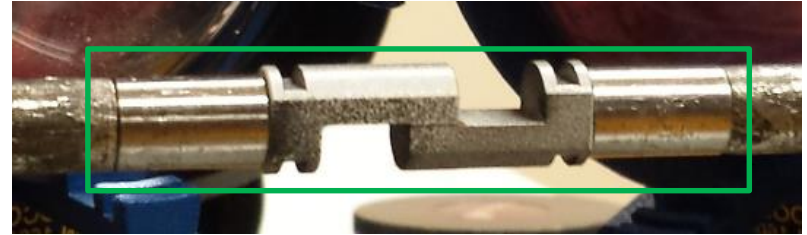
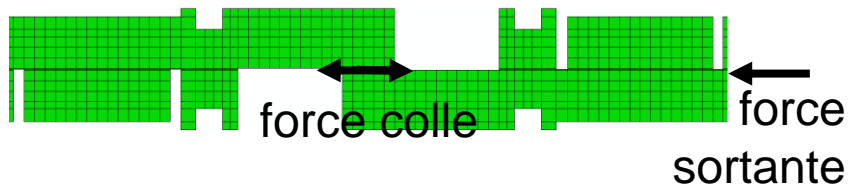


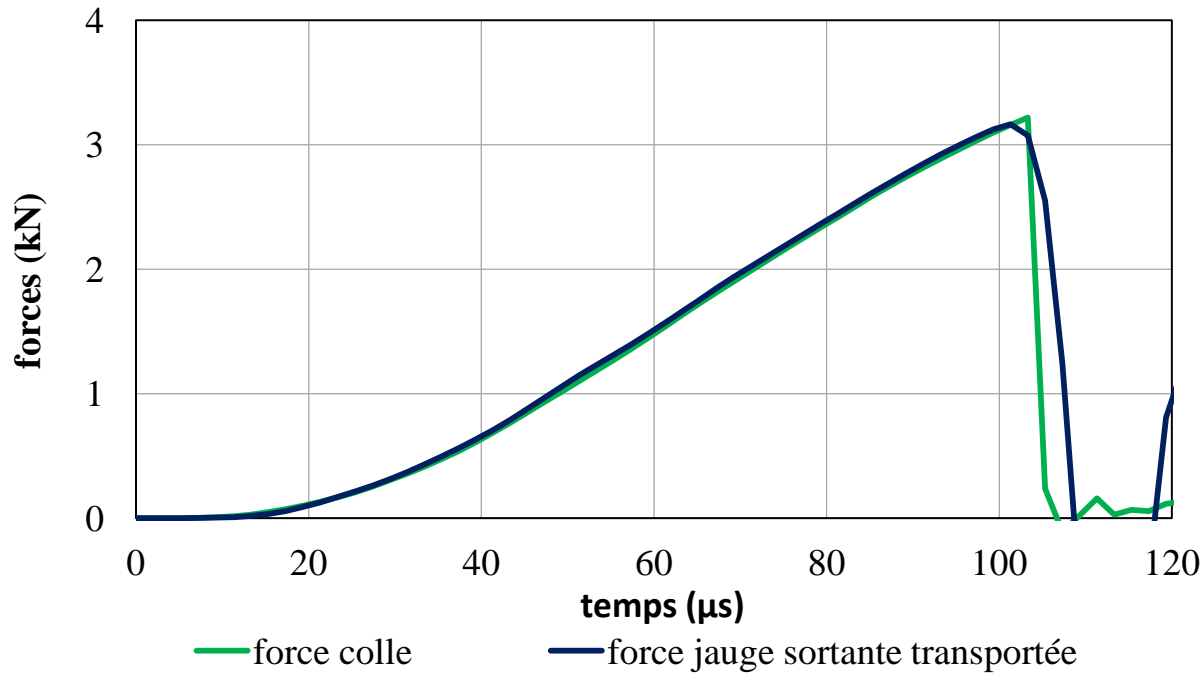
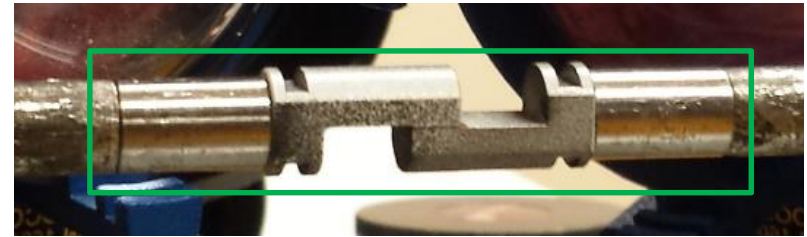
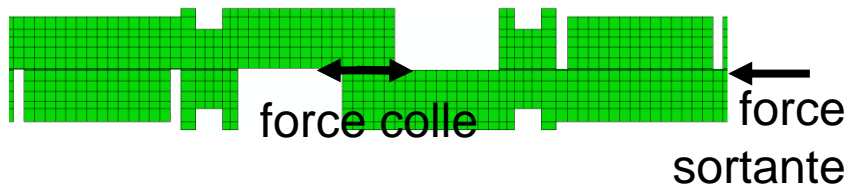
Raideur expérimentale de
21000 N/mm cohérente





⇒ équilibre non satisfaisant





⇒ transport 1D fiable

Sommaire :

- **Contexte et dispositif expérimental**
- **Dépouillement des mesures**
- **Simulations numériques**
- **Conclusions et perspectives**

Conclusions :

- détermination de la contrainte de cisaillement moyenne de manière fiable par le transport des ondes (jauge)
- identification fiable de la contrainte moyenne à rupture (jauge)
- première estimation des déformations et du module de cisaillement apparent (synchronisation jauge et caméra)

Conclusions :

- détermination de la contrainte de cisaillement moyenne de manière fiable par le transport des ondes (jauge)
- identification fiable de la contrainte moyenne à rupture (jauge)
- première estimation des déformations et du module de cisaillement apparent (synchronisation jauge et caméra)

Perspectives :

- rapprocher la durée d'obturation de la caméra de la période d'acquisition des jauges (rapport 17 environ)
- étudier à partir des simulations l'hétérogénéité des contraintes de cisaillement (facteur de concentration d'approximativement 1,08 en phase élastique)

Remerciements :

- **Han (initiateur du projet)**
- **Morgan (microscope, mouchetis)**
- **Omar, HH (barres de Hopkinson, caméra)**
- **Amine, François, Stéphane (Corréli)**