

Thermoformage et caractérisation du verre



Laetitia SOUDRE-BAU
Yves MESHAKA, Gérard JEANDEL
Gilles PARENT, Benjamin LECOR

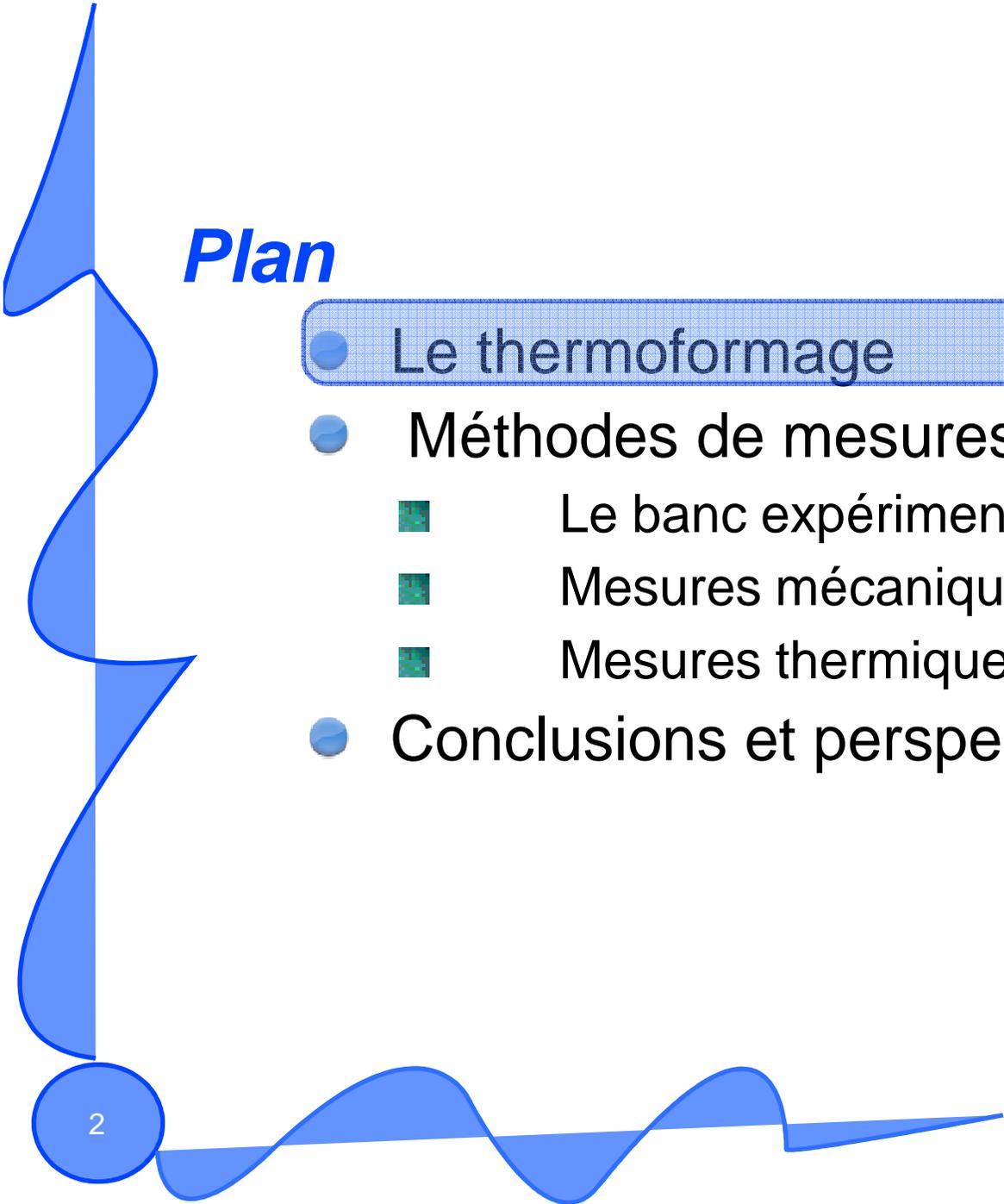


IJL
Nancy Université
CNRS



LEMTA
Nancy Université
CNRS

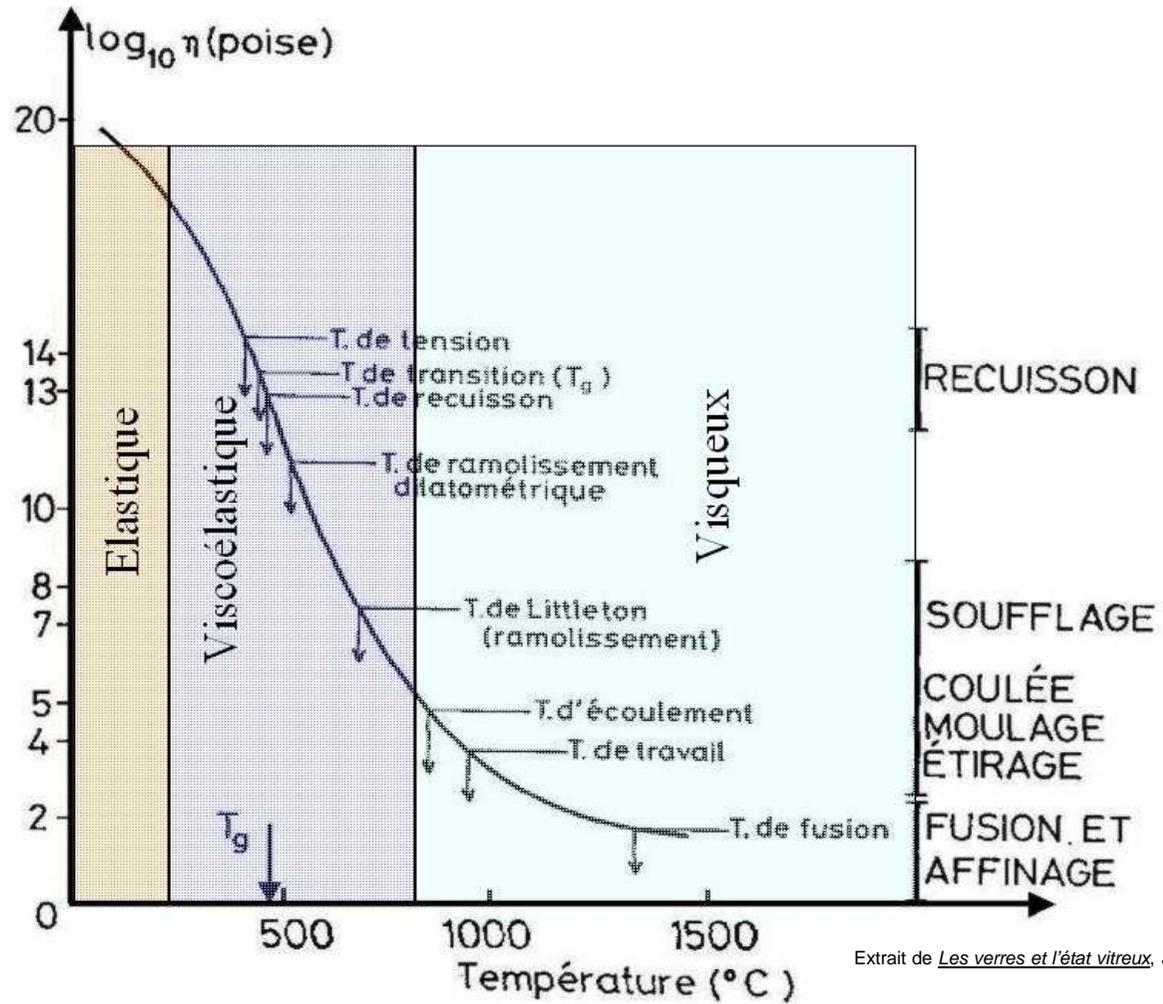
GDR ACCORT - le 8 décembre 2011



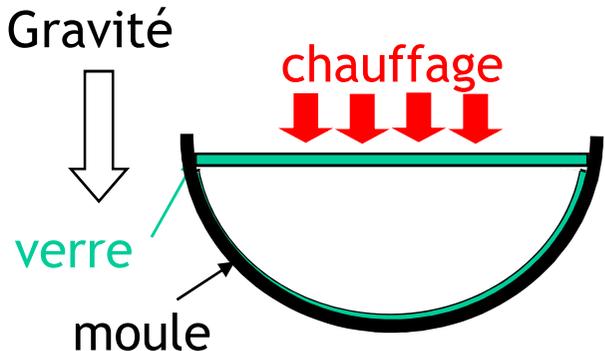
Plan

- Le thermoformage
- Méthodes de mesures lors du procédé
 - Le banc expérimental
 - Mesures mécaniques
 - Mesures thermiques et caractérisation du matériau
- Conclusions et perspectives

Qu'est-ce que le thermoformage ?



Extrait de *Les verres et l'état vitreux*, J. ZARZYCKI



Essai réel

Contexte de l'étude

Procédé artisanal

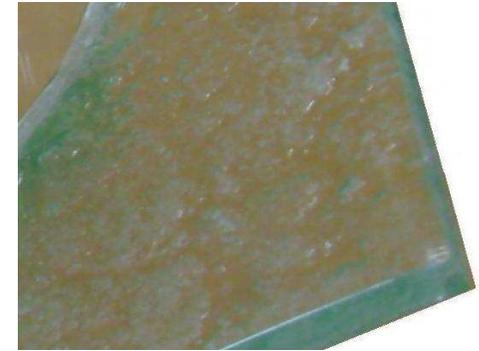
Méthodes empiriques \Rightarrow essais-erreur

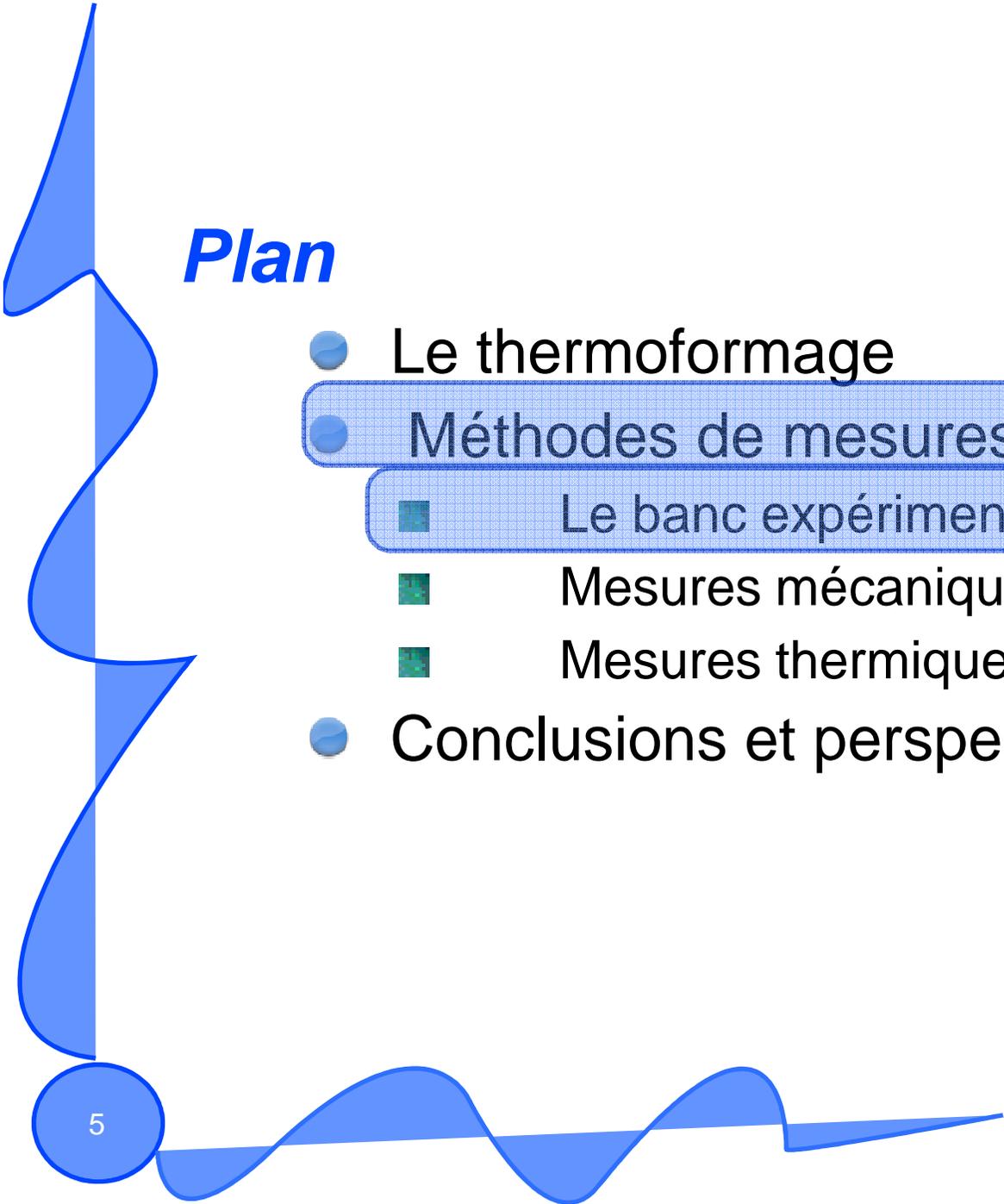
Défauts constatés expérimentalement

- ▶ **traces du moule sur le verre**
- ▶ **épaisseur non-uniforme**
- ▶ **rupture occasionnelle de pièces**

\rightarrow CERFAV

**meilleure connaissance du
procédé et optimisation**



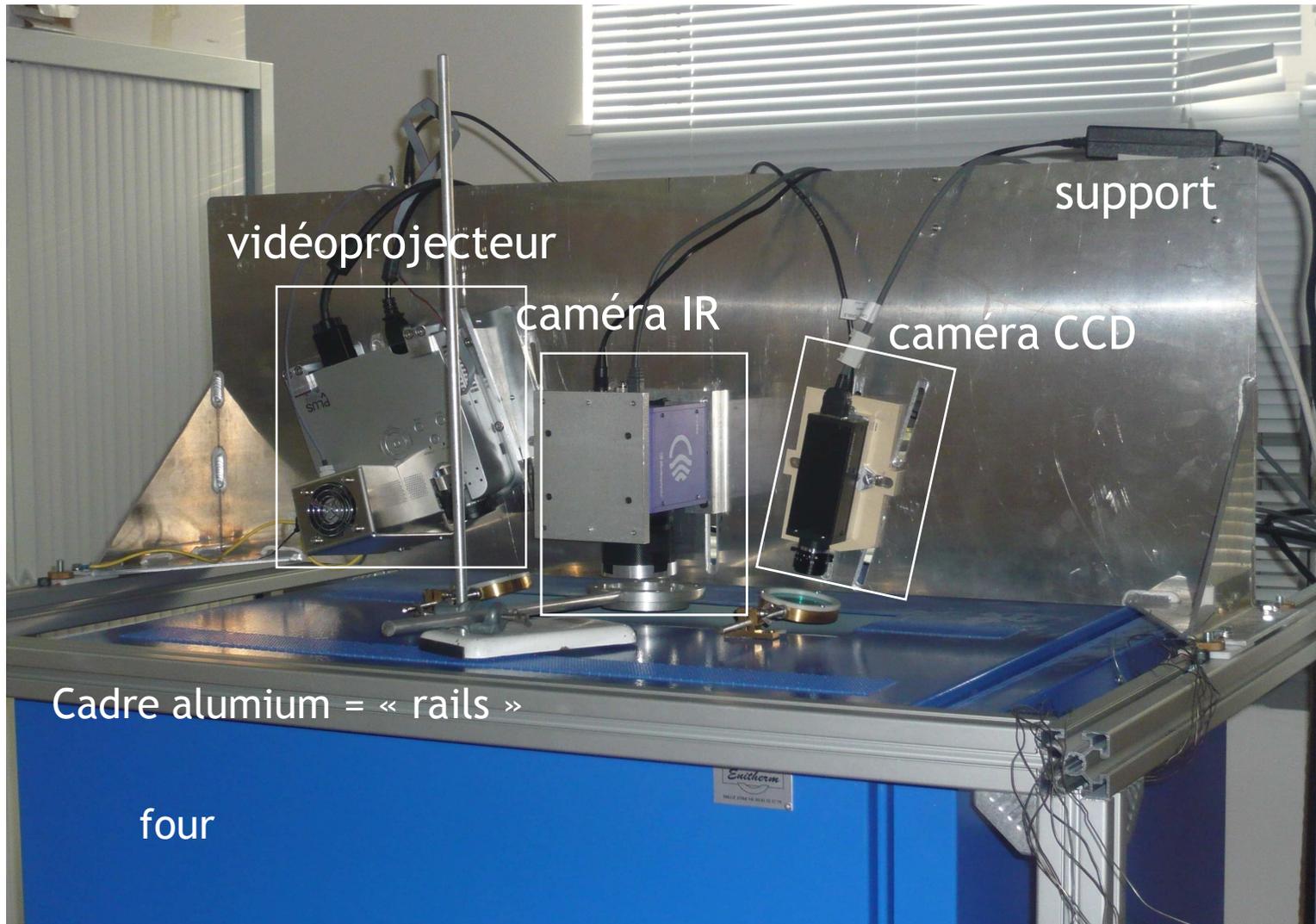


Plan

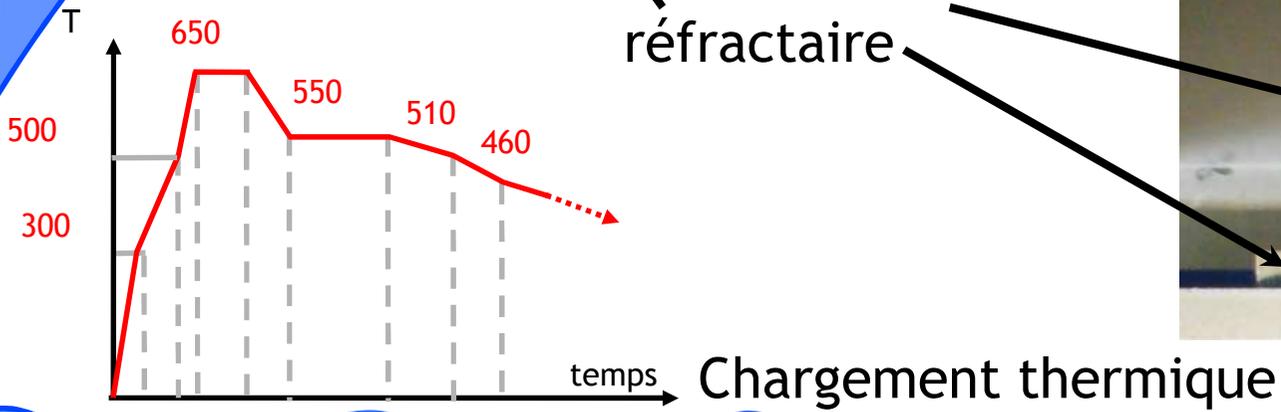
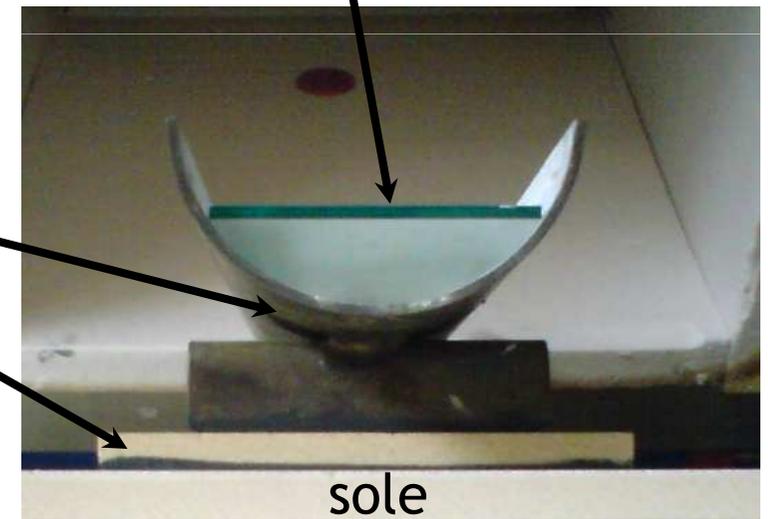
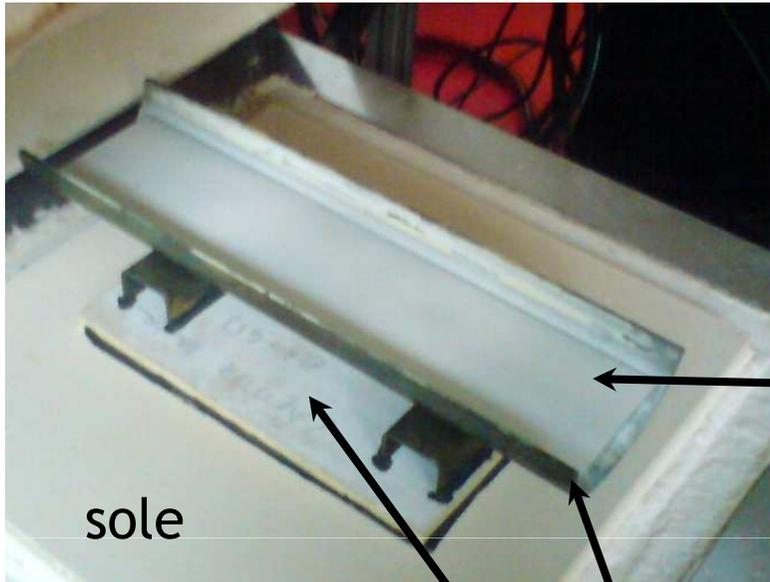
- Le thermoformage
- Méthodes de mesures lors du procédé
 - Le banc expérimental
 - Mesures mécaniques
 - Mesures thermiques et caractérisation du matériau
- Conclusions et perspectives

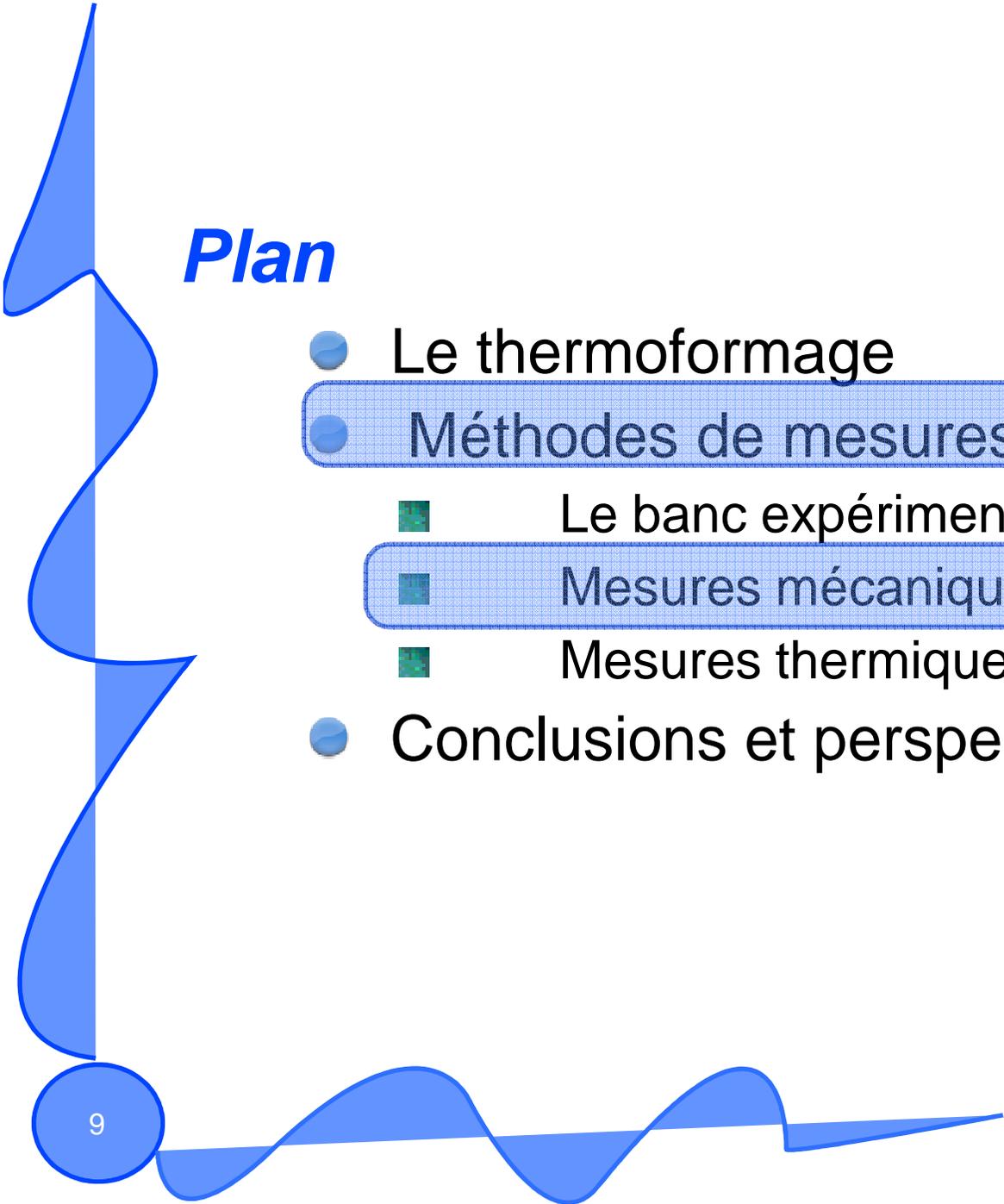
Vue d'ensemble du banc





Cas étudié

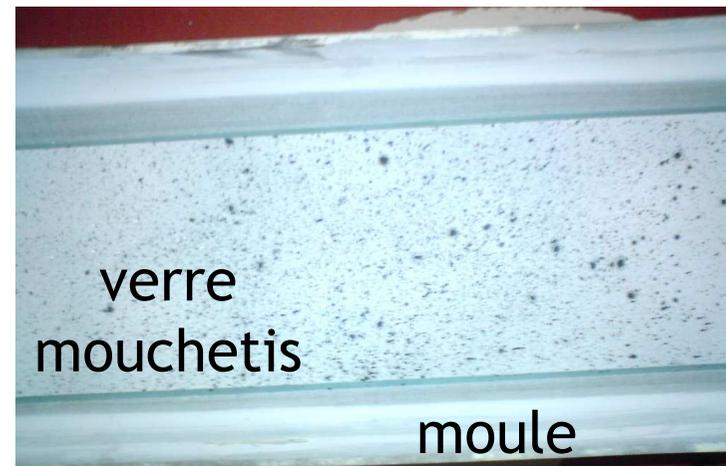




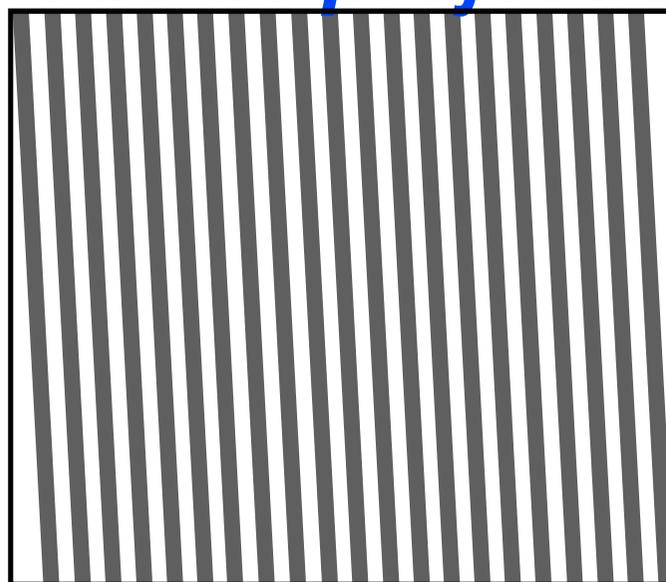
Plan

- Le thermoformage
- Méthodes de mesures lors du procédé
 - Le banc expérimental
 - Mesures mécaniques
 - Mesures thermiques et caractérisation du matériau
- Conclusions et perspectives

Corrélation d'image

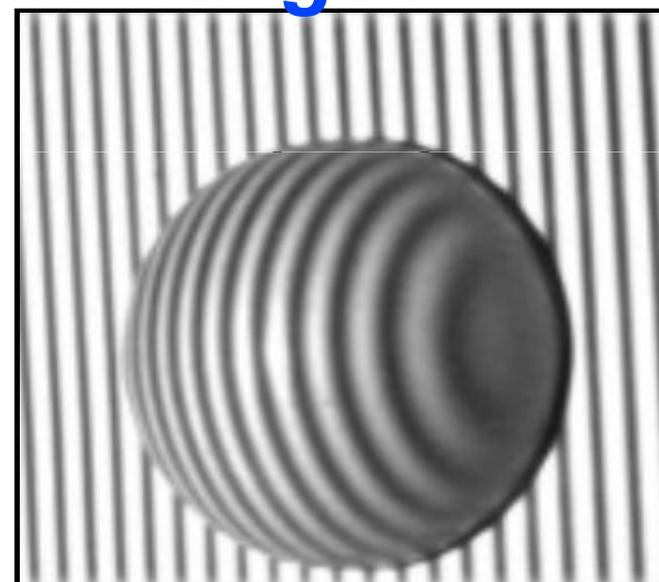


Méthode de projection de franges



Plan perpendiculaire à la projection

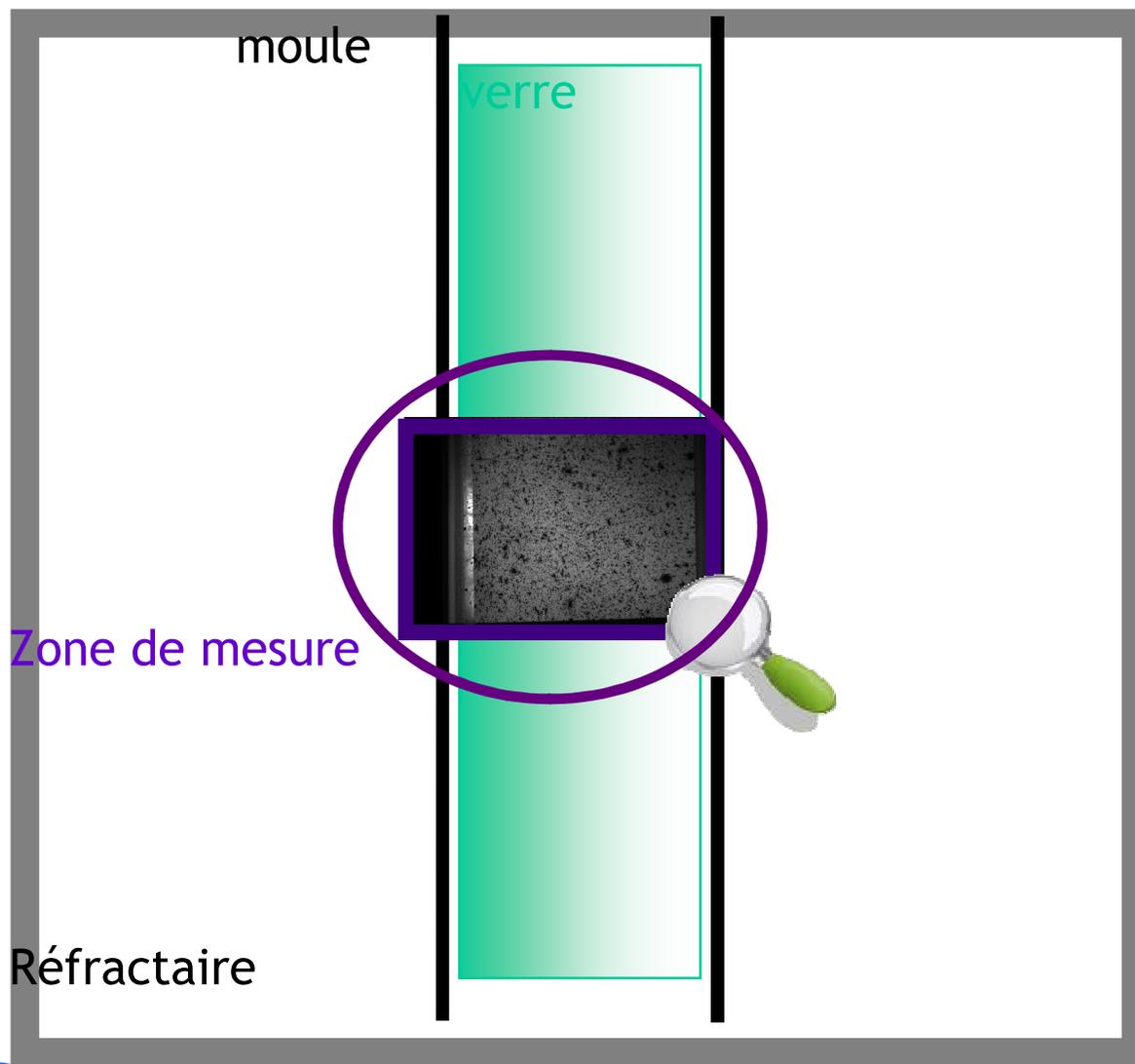
Réseau projeté



Plan identique avec bille

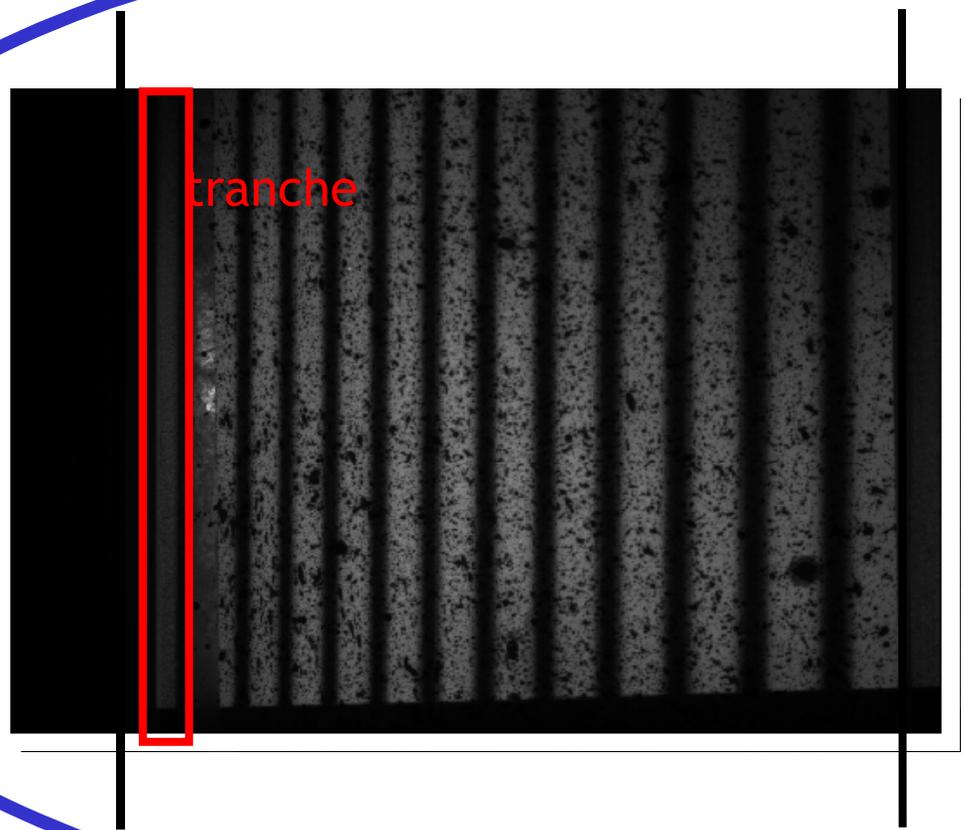
Réseau déformé

Zone de mesure



10 cm

Zone de mesure

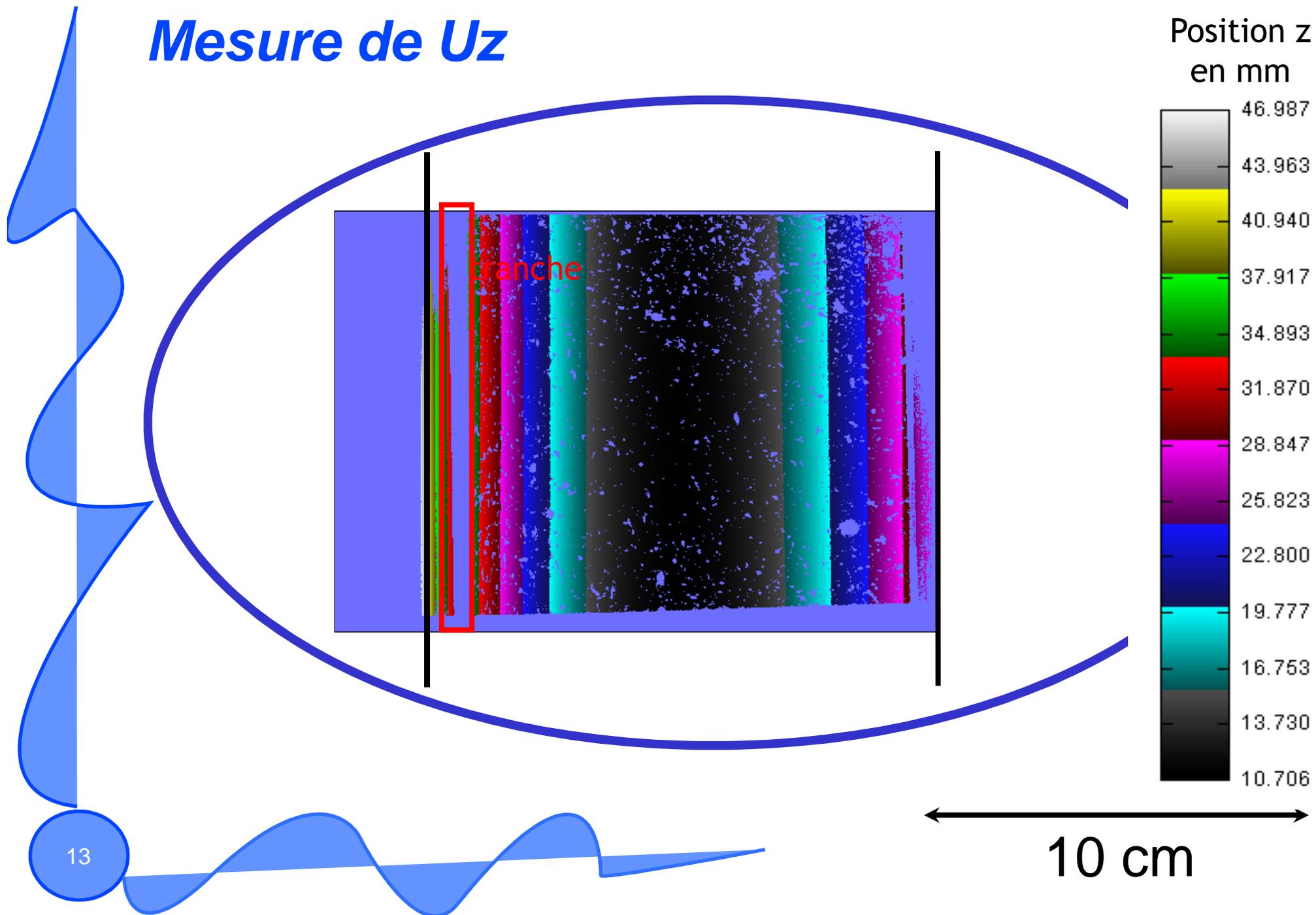


tranche

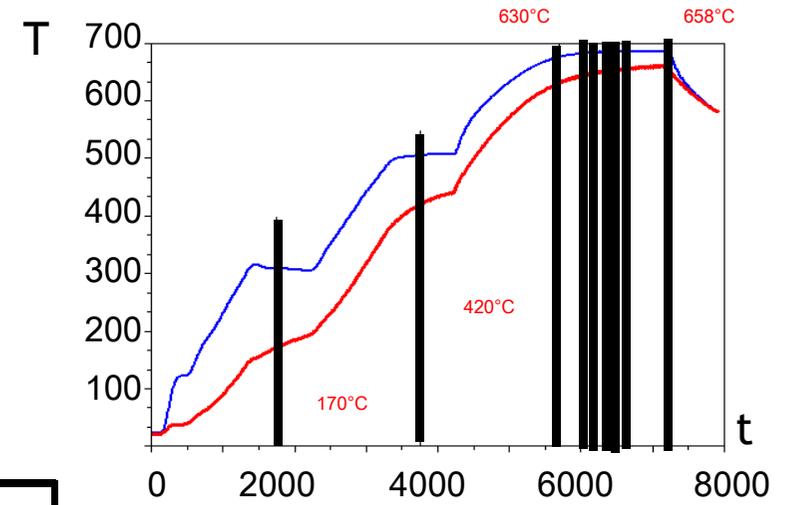
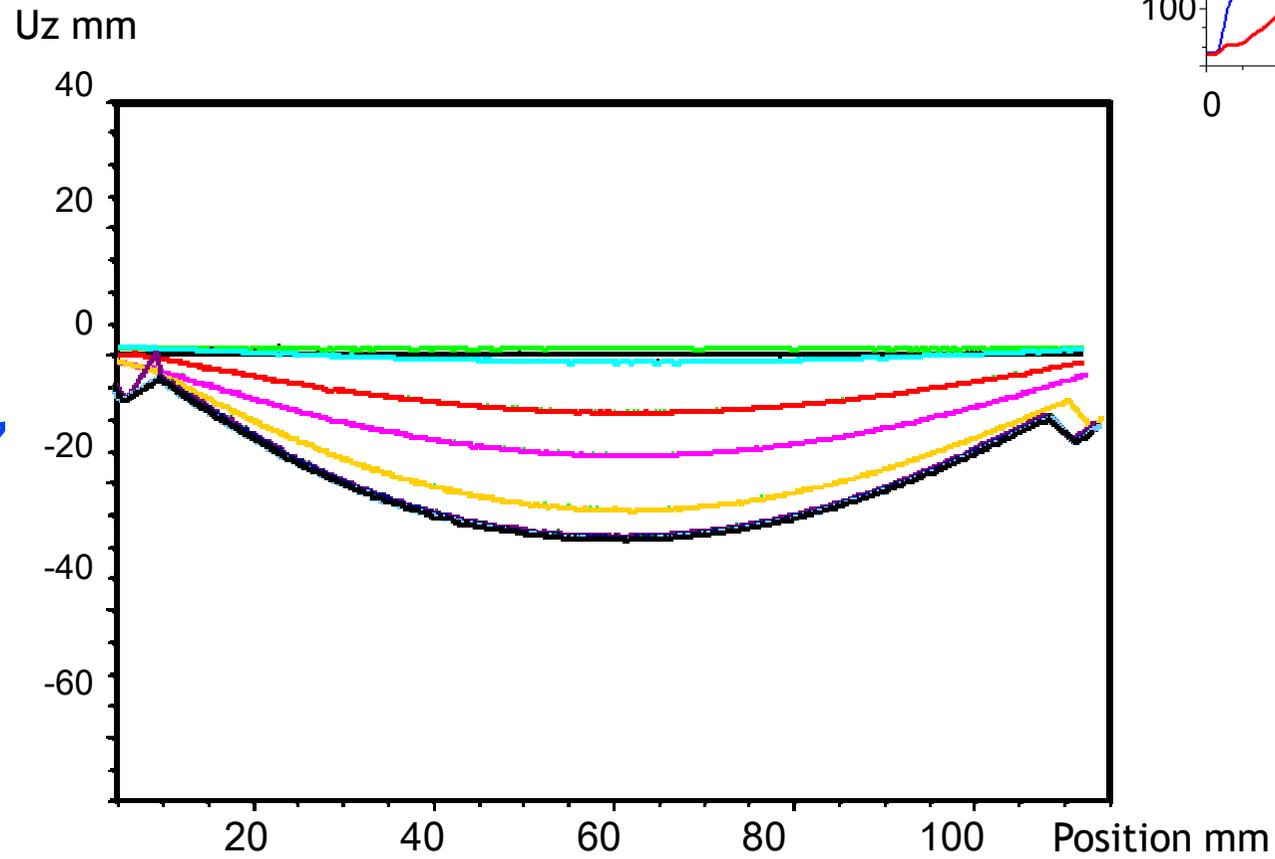


10 cm

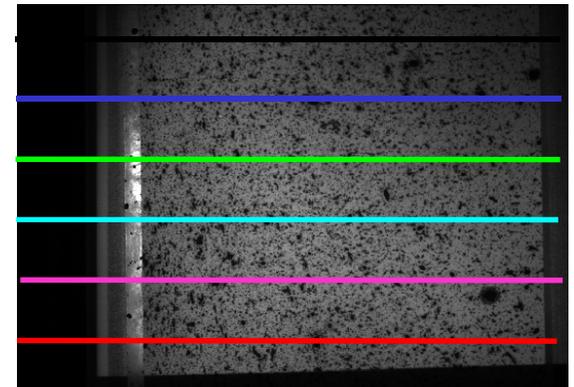
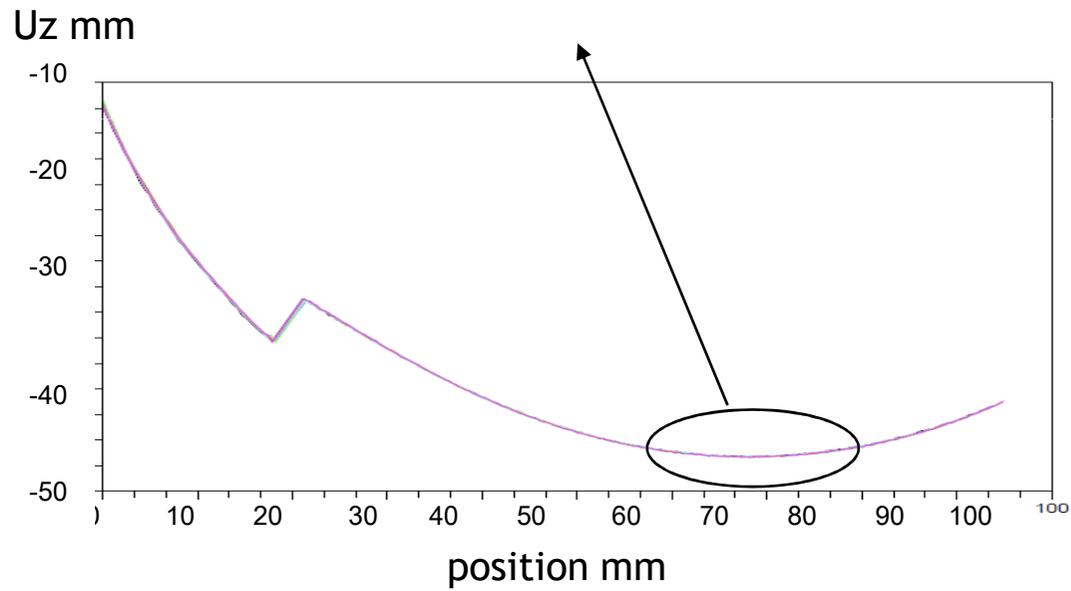
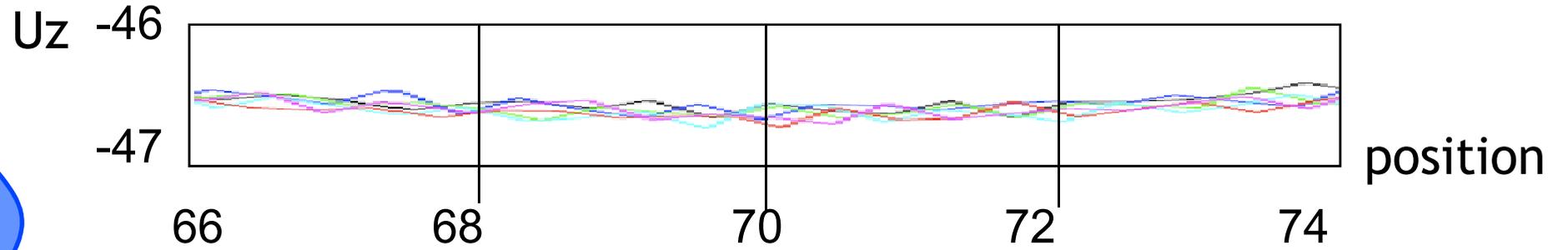
Mesure de U_z



Profils U_z en fonction de T

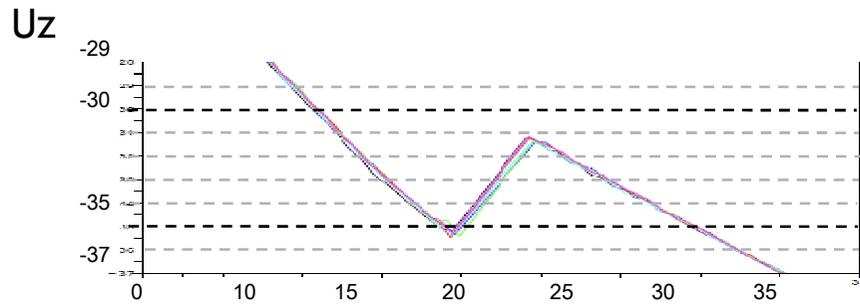


Profil Uz

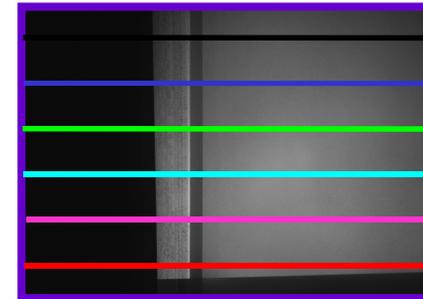


zone de mesure

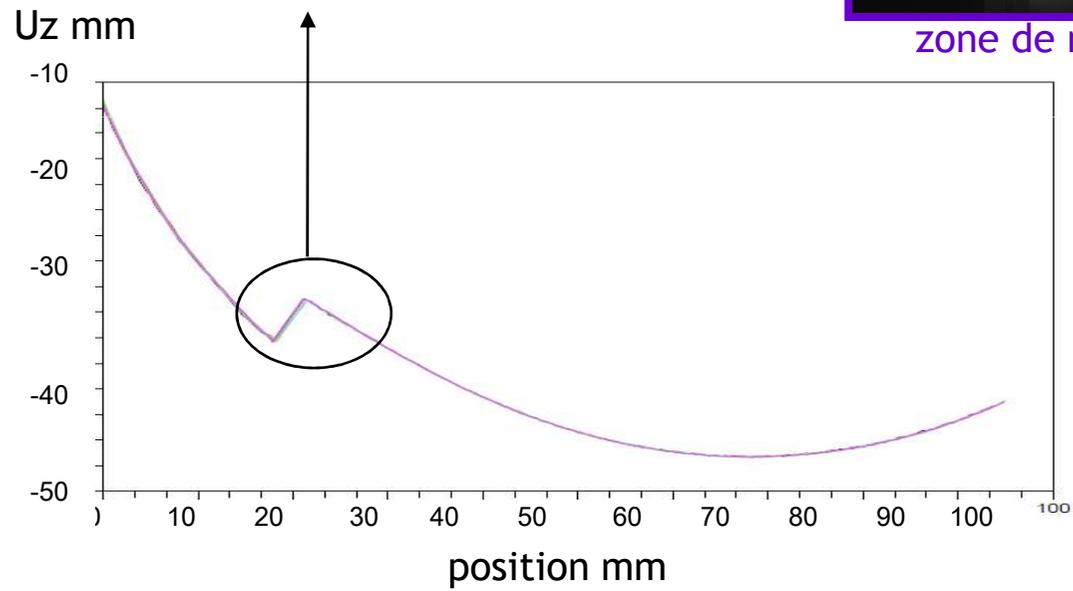
Profil Uz



position

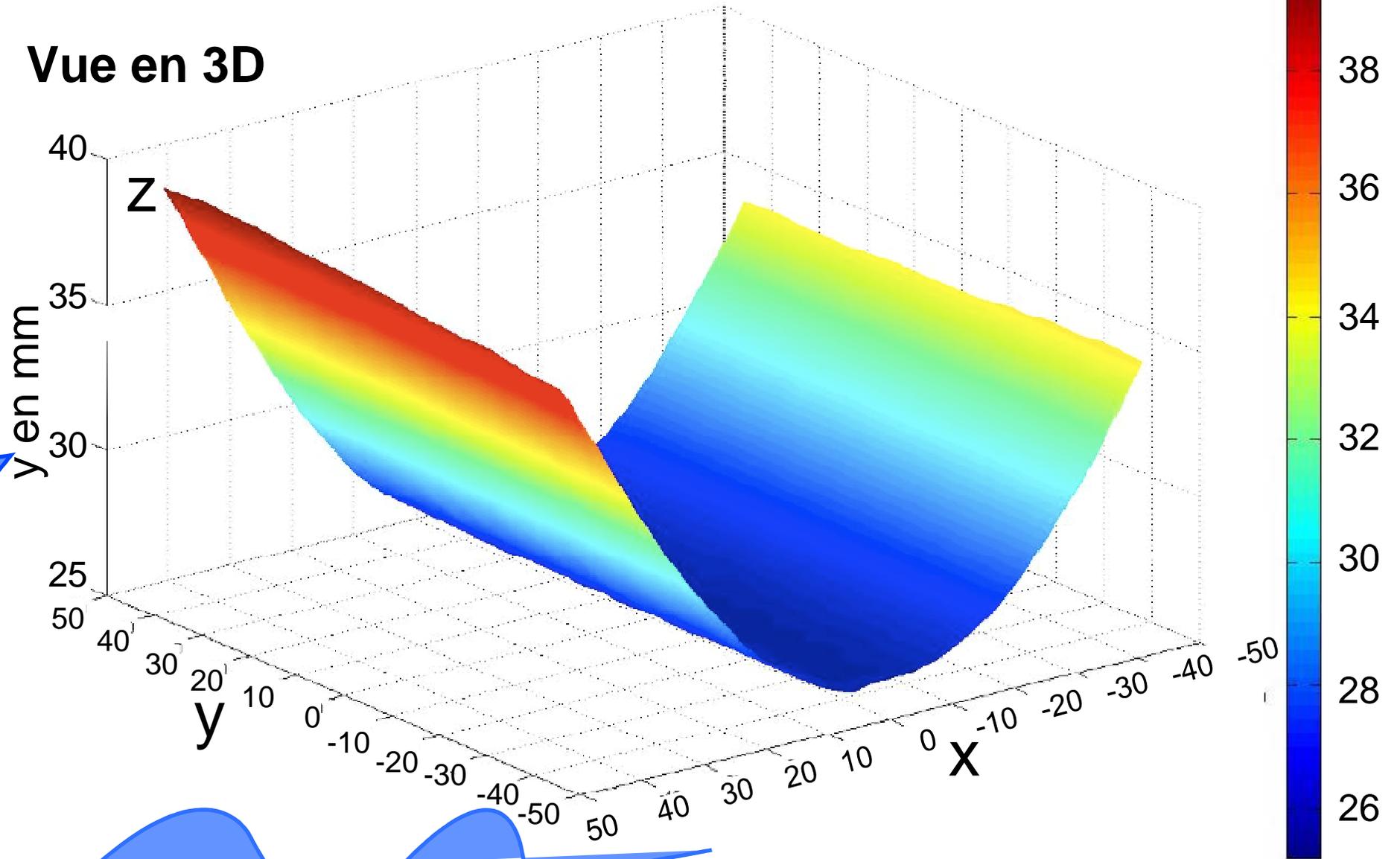


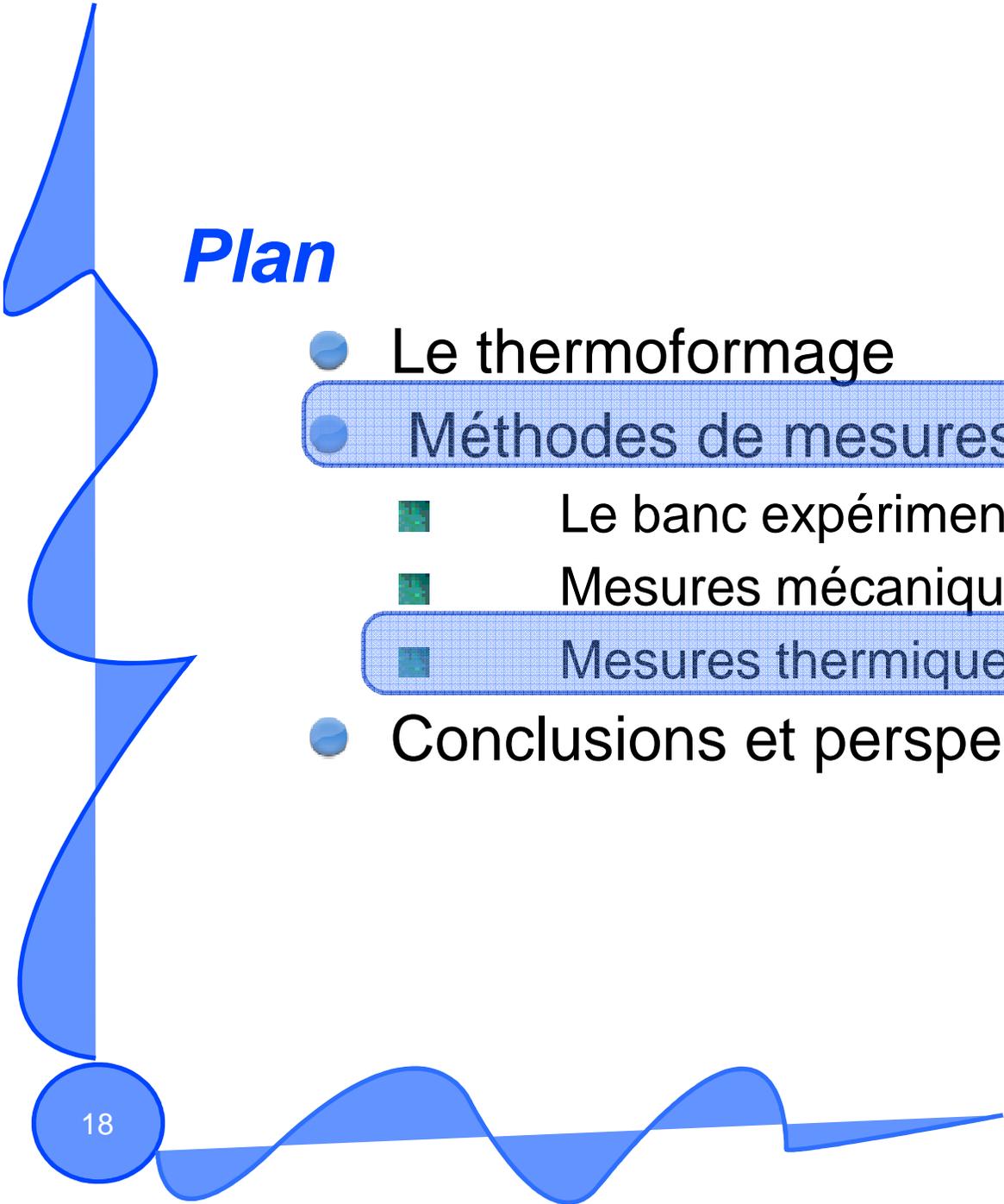
zone de mesure



Corrélation d'image

Vue en 3D





Plan

- Le thermoformage
- Méthodes de mesures lors du procédé
 - Le banc expérimental
 - Mesures mécaniques
 - Mesures thermiques et caractérisation du matériau
- Conclusions et perspectives

Mesure de T sans contact

Mesure de flux plein champ sans contact

- ▶ caméra IR : matrice de capteurs pyroélectriques et module Peltier
- ▶ le flux mesuré dépend de :
 - la température
 - l'émissivité

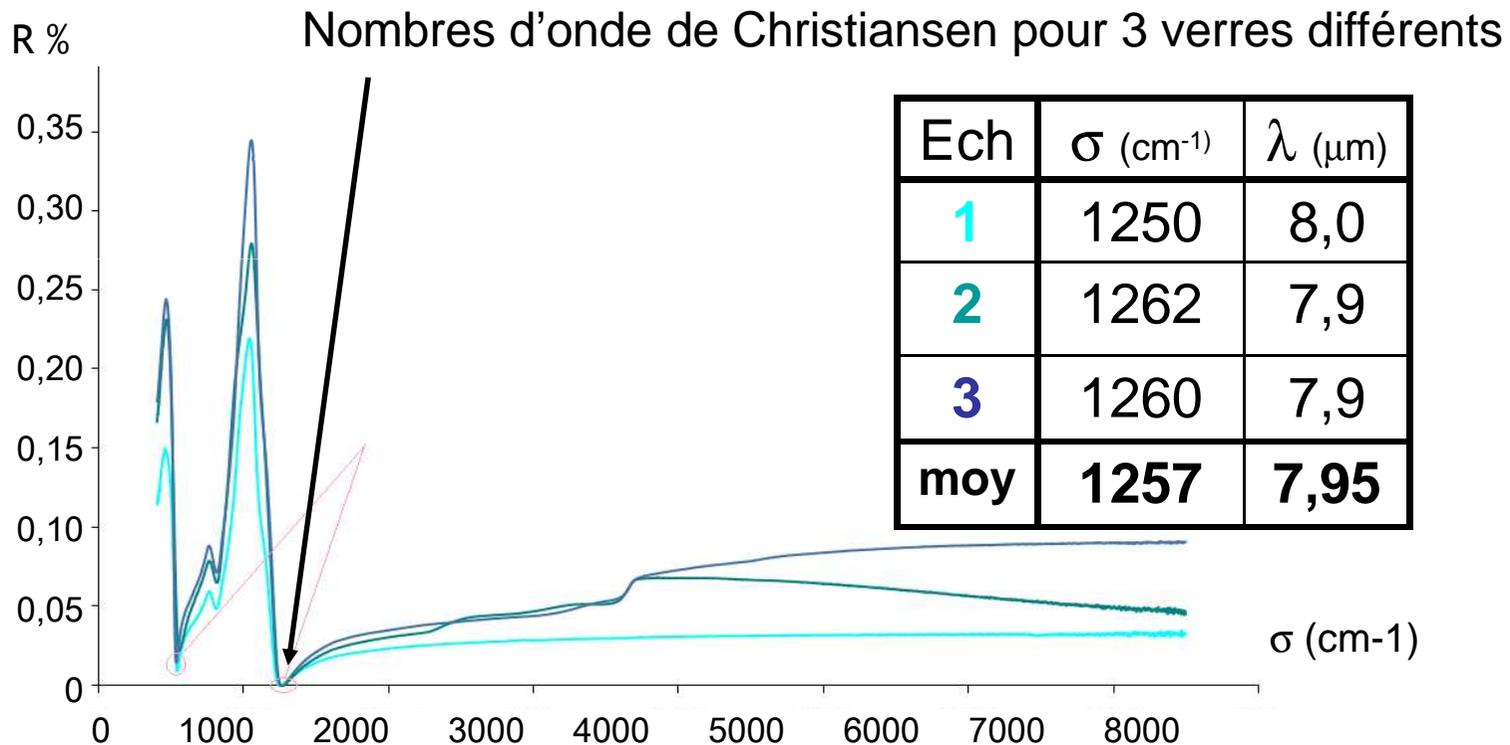
Comment remonter à la température de surface du verre?

➔ À la longueur d'onde de Christiansen
le verre émet comme un corps noir ($\epsilon=1$, $R\% \neq 0$)

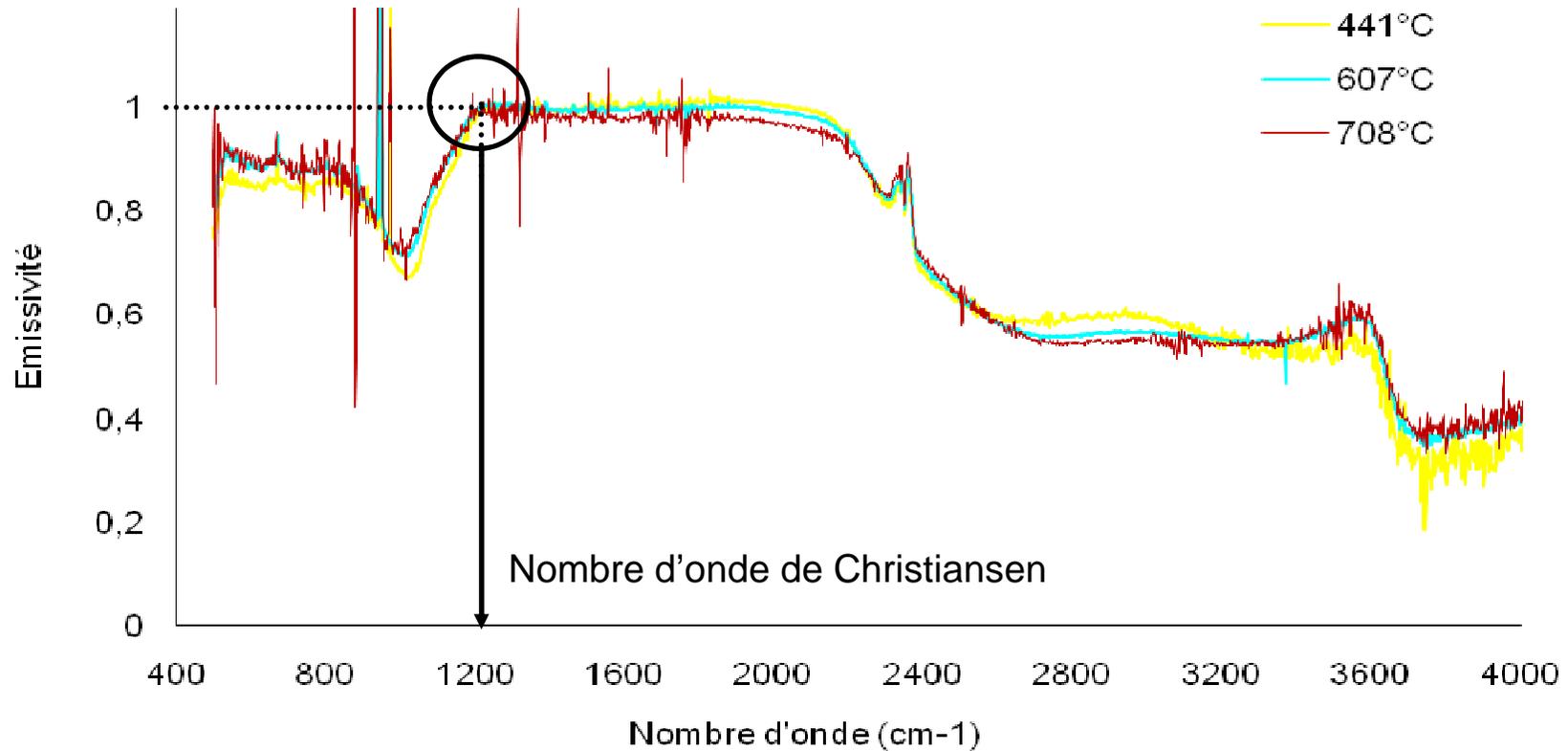
Réflectivité spéculaire sur 3 verres

➔ Soit σ le nombre d'onde pour une onde plane monochromatique

$$\lambda \text{ donné par : } \sigma [\text{cm}^{-1}] = \frac{1}{\lambda [\text{cm}]}$$

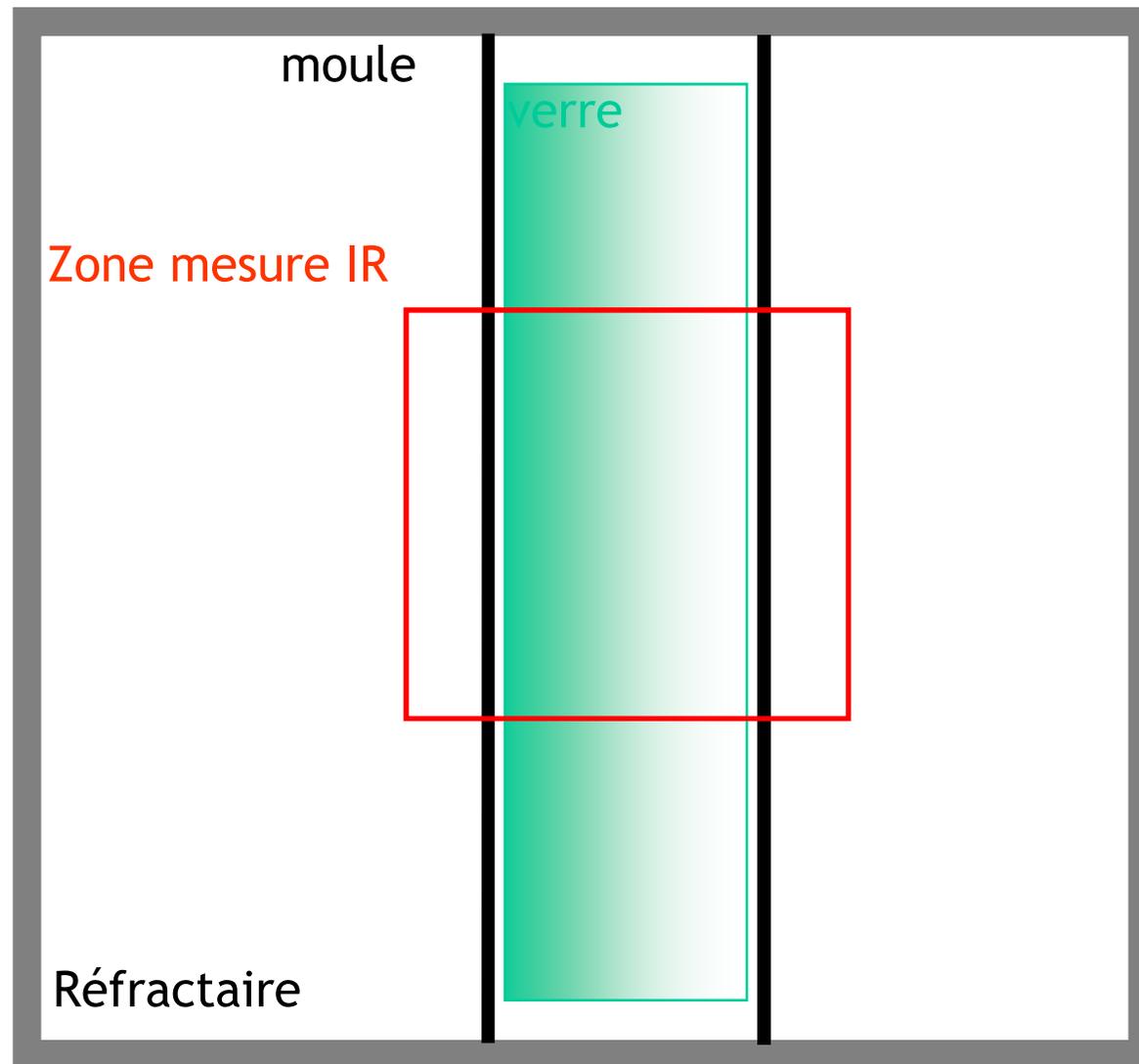


Influence de la température sur l'émissivité d'un échantillon de verre

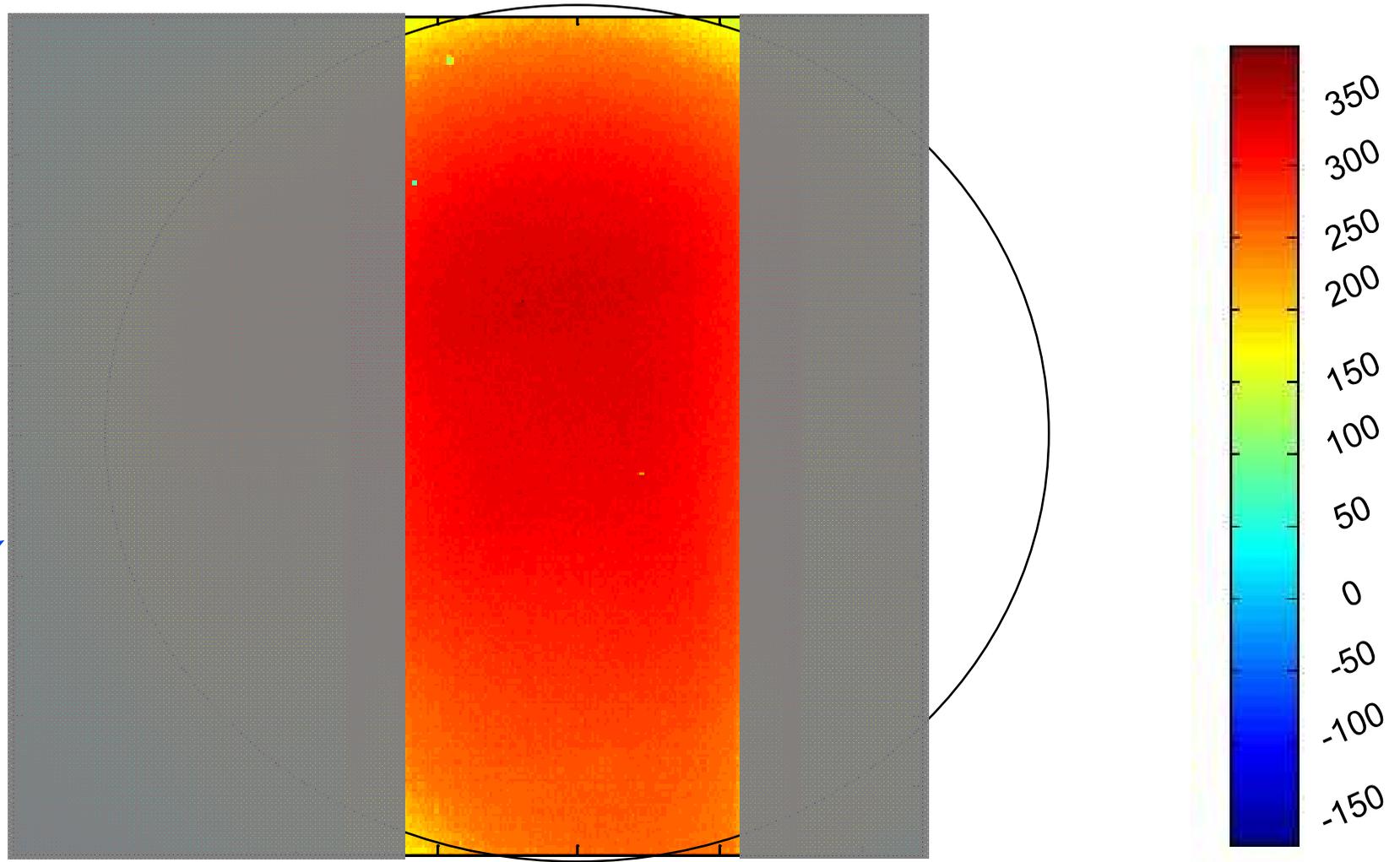


➔ Influence de T sur $\lambda_{\text{Christiansen}}$ négligeable

Zones de mesures

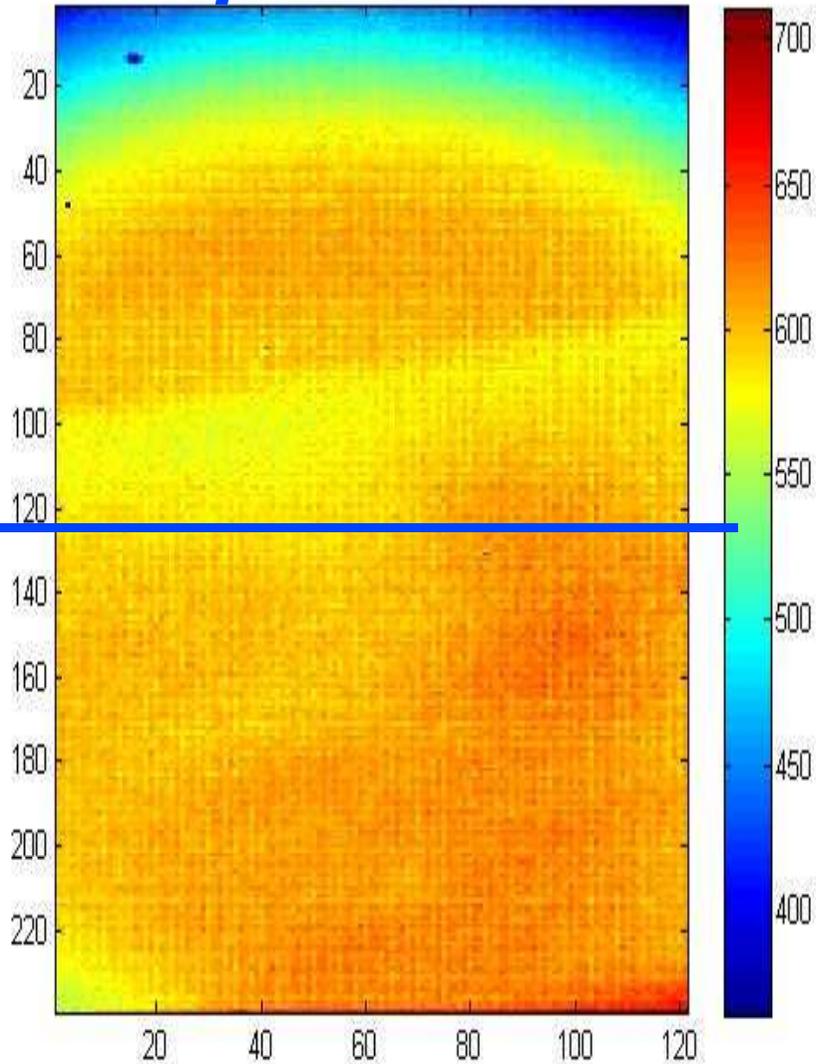


Champ T

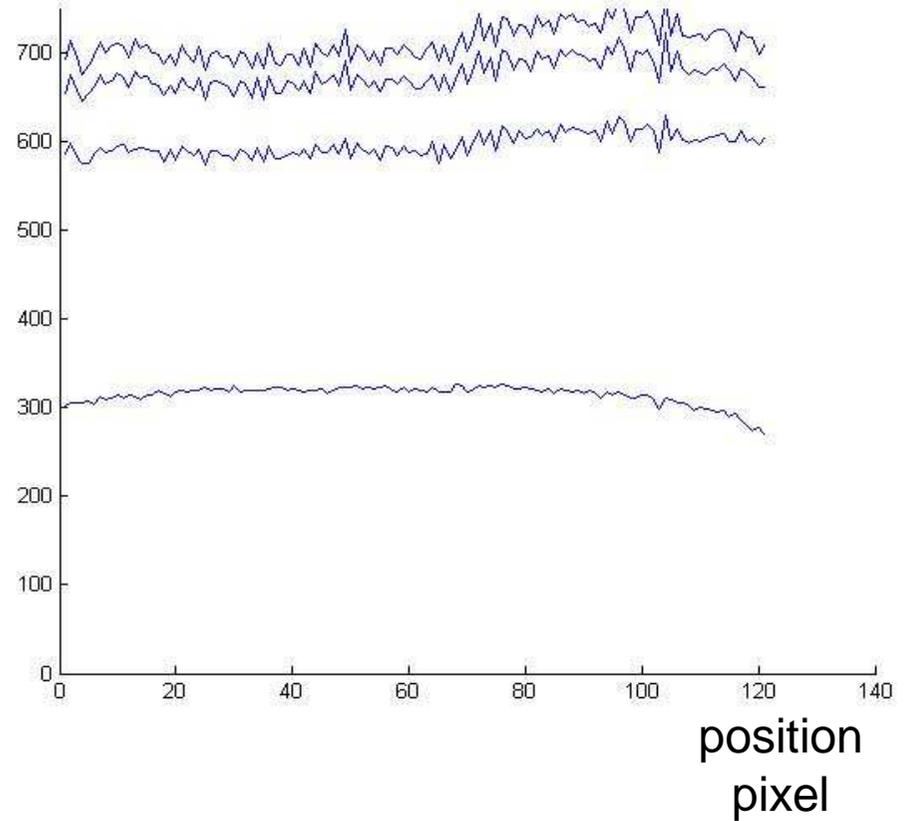


t=77min T_{Rés}≈450°C

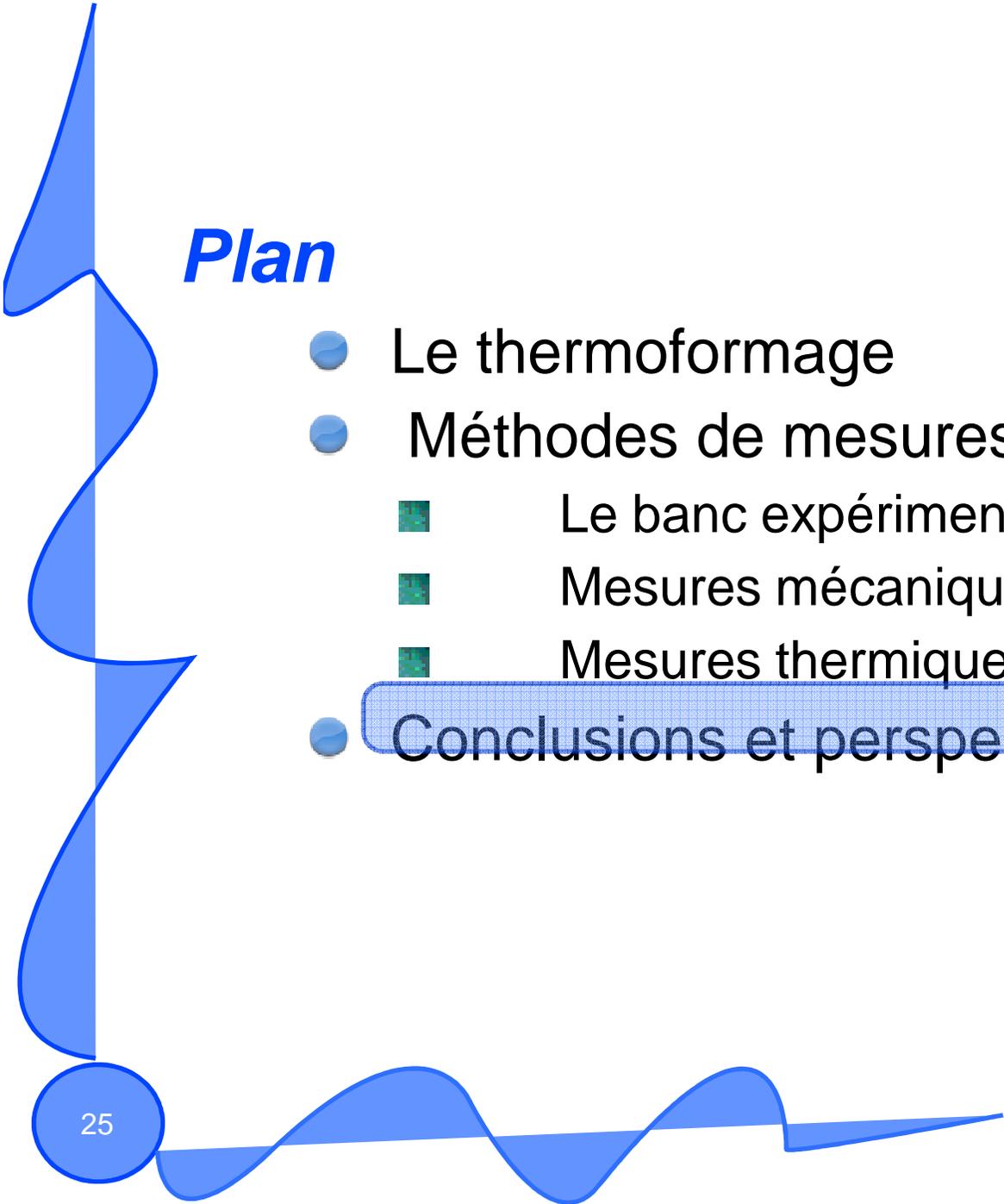
Champ T



T°C



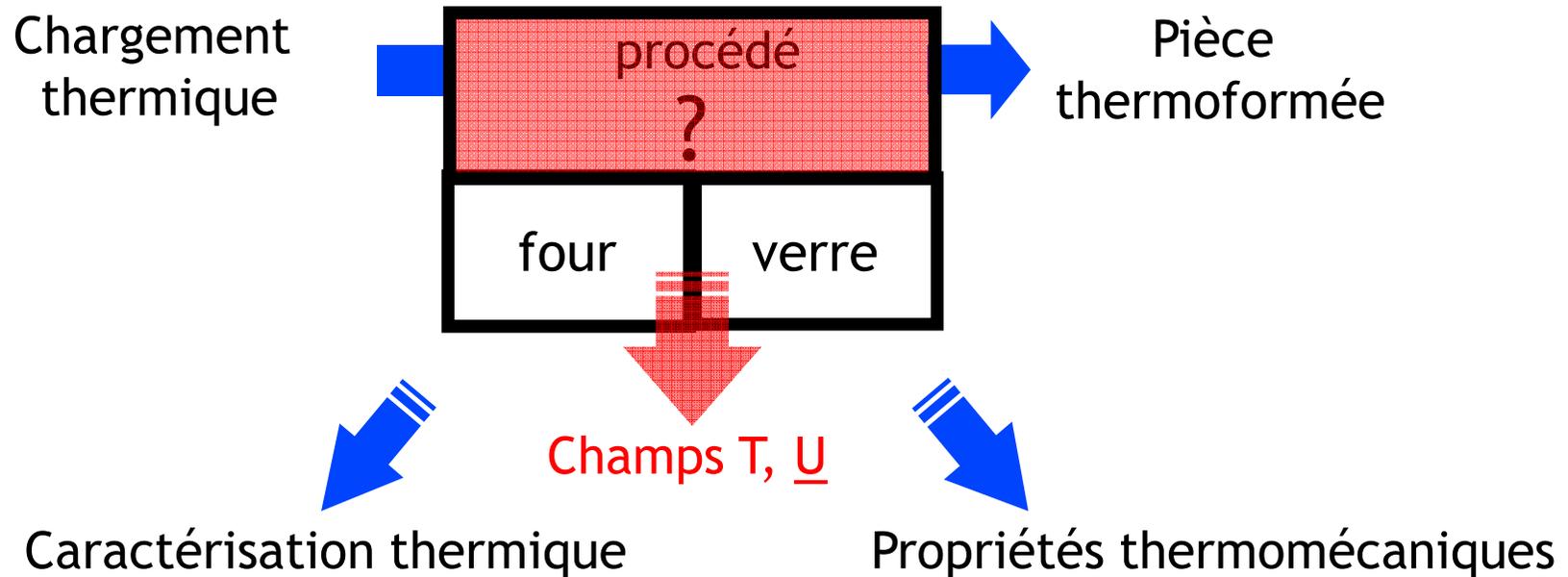
t=125min $T_{\text{Rés}} \approx 680^\circ\text{C}$



Plan

- Le thermoformage
- Méthodes de mesures lors du procédé
 - Le banc expérimental
 - Mesures mécaniques
 - Mesures thermiques et caractérisation du matériau
- Conclusions et perspectives

L'étude globale et les perspectives



Étude numérique et expérimentale
du thermoformage du verre

Résultats
numériques

Mesures
expérimentales

**Merci de votre
attention**

