

Caractérisation de l'adhérence des renforcements locaux sur des structures bois

Travaux expérimentaux et numériques



Association RBR

Julie LARTIGAU

Directeur de thèse : Stéphane Morel

Equipe scientifique : J-L Coureau, P. Galimard , E. Maurin et J-C Mindeguia

Introduction



Réparation par assemblages bois par goujons collés

Réparation

Référentiel règlementaire

Mise en œuvre

Comportement mécanique

Sécurité incendie



Analyse de la fiabilité des réparations

Suivi de la réparation

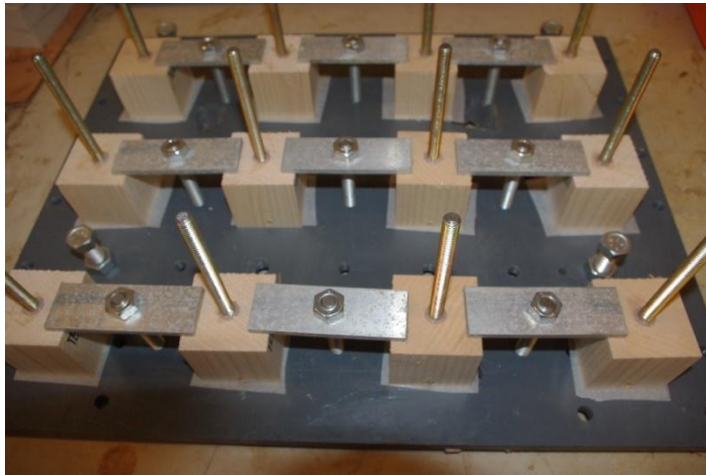
Suivi dans le temps

ELU (Etat Limite Ultime)

ELS (Etat Limite de Service)

Matériels et Méthodes

ASSEMBLAGE ÉLÉMENTAIRE (COLLAGE MIXTE)



Banc de collage

Bois

Epicéa – $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$

Chêne – $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$

Cubes – $a = 50 \text{ mm}$

Renfort

Tige filetée acier

$\text{Ø} = 8 \text{ mm}$

Qualité : 8.8

Adhésif

2 époxydes bi-composant

$e = 2 \text{ mm}$

Nombre d'essais

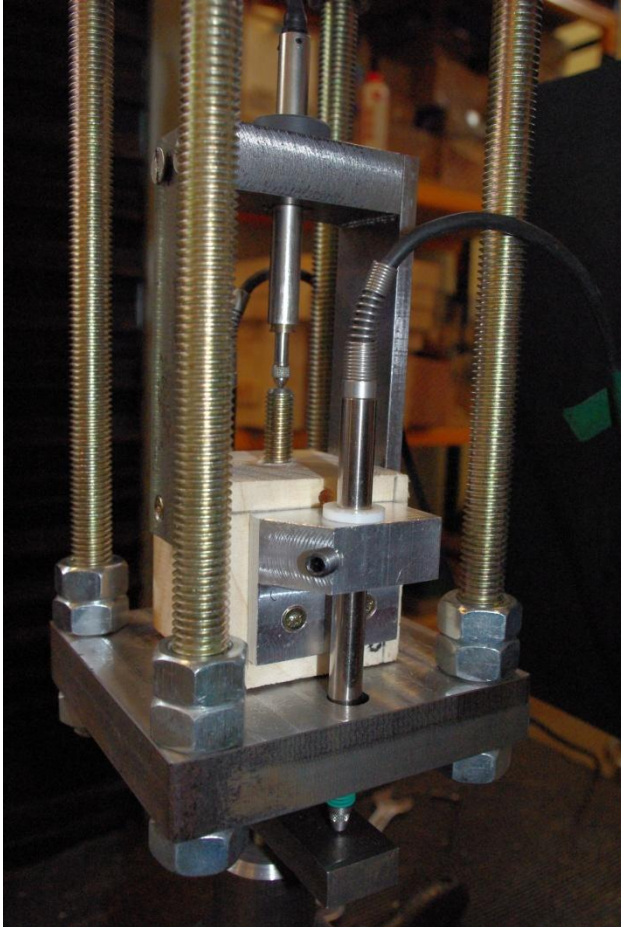
450

Étude du comportement mécanique

Caractérisation de l'adhérence (ELU)

Caractérisation de la raideur (ELS)

Matériels et Méthodes



Dispositif expérimental de mise à l'épreuve d'un assemblage élémentaire

ASSEMBLAGE ÉLÉMENTAIRE (COLLAGE MIXTE)

Bois

Epicéa – $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$

Chêne – $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$

Cubes – $a = 50 \text{ mm}$

Renfort

Tige filetée acier

$\text{Ø} = 8 \text{ mm}$

Qualité : 8.8

Adhésif

2 époxydes bi-composant

$e = 2 \text{ mm}$

Nombre d'essais

450

Étude du comportement mécanique

Caractérisation de l'adhérence (ELU)

Caractérisation de la raideur (ELS)

Matériels et Méthodes

ASSEMBLAGE ÉLÉMENTAIRE (COLLAGE MIXTE)

Bois

Epicéa – $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$

Chêne – $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$

Cubes – $a = 50 \text{ mm}$

Renfort

Tige filetée acier

$\text{Ø} = 8 \text{ mm}$

Qualité : 8.8

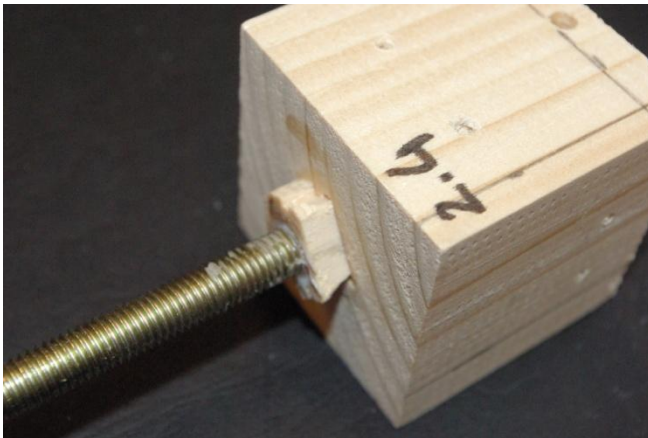
Adhésif

2 époxydes bi-composant

$e = 2 \text{ mm}$

Nombre d'essais

450



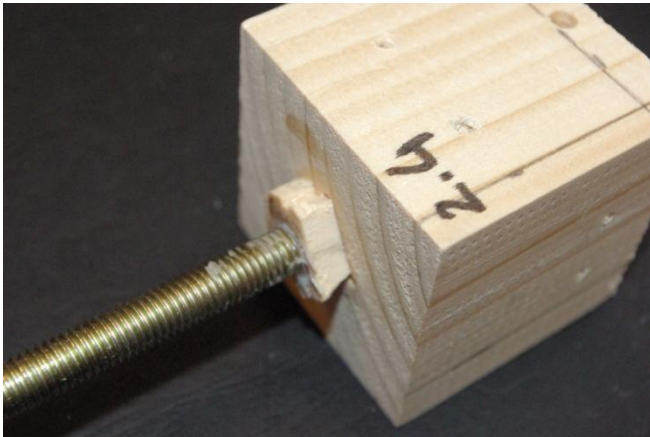
Essai mené jusqu'à la ruine

Étude du comportement mécanique

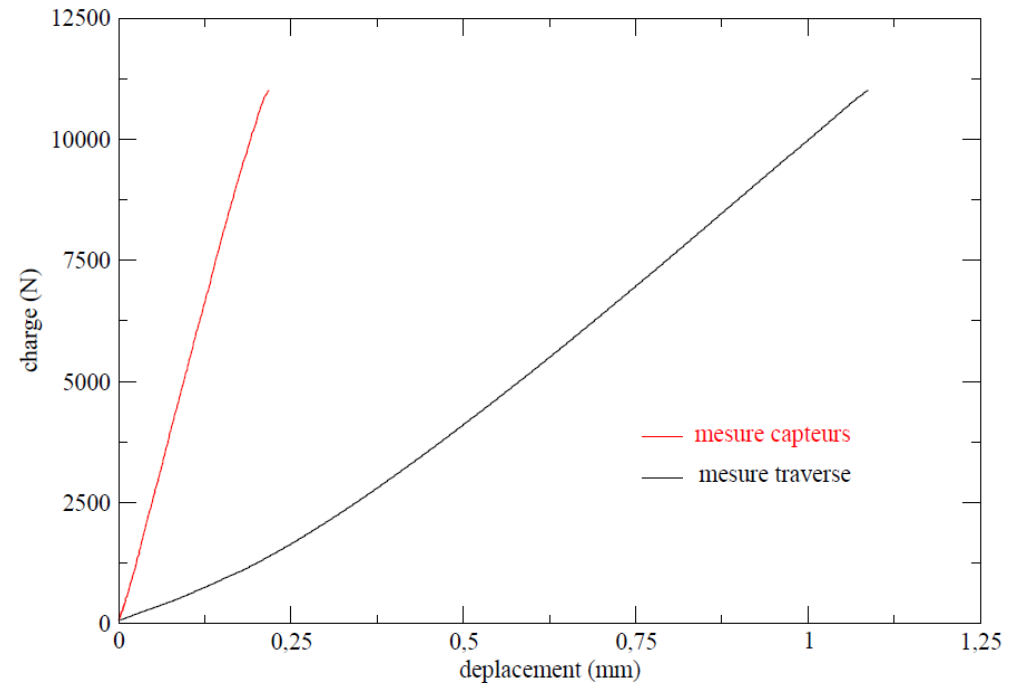
Caractérisation de l'adhérence (ELU)

Caractérisation de la raideur (ELS)

Matériels et Méthodes



Essai mené jusqu'à la ruine



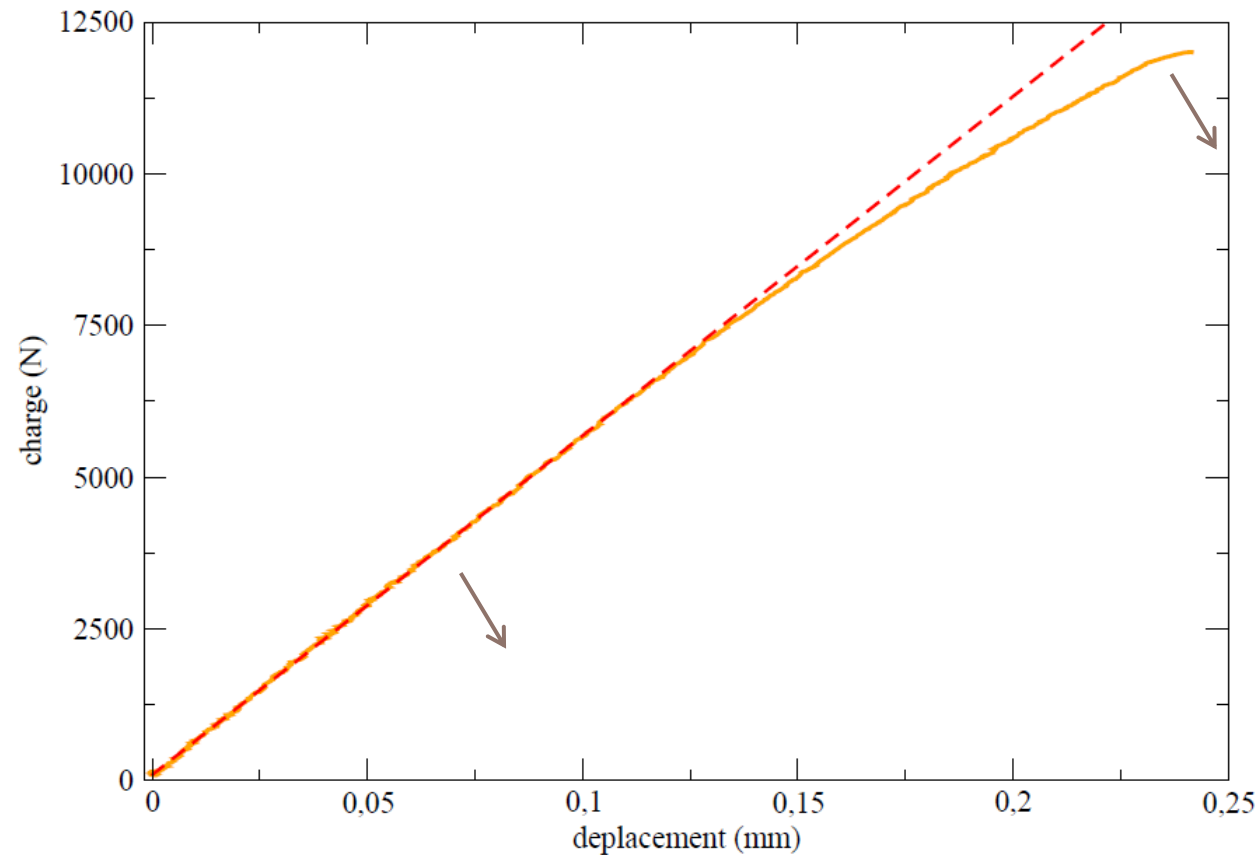
Réponse des systèmes de mesure pour 20 C

Étude du comportement mécanique

Caractérisation de l'adhérence (ELU)

Caractérisation de la raideur (ELS)

Caractérisation expérimentale des assemblages



- Courbe Force/Déplacement expérimentale
- - - Evaluation de la raideur par régression linéaire

Rupture des assemblages en fonction de la température

Adhésif A



$T = 30 \text{ C}$
Rupture adhésive



$T \geq 40 \text{ C}$
Rupture cohésive

Adhésif B



$T = 40 \text{ C}$



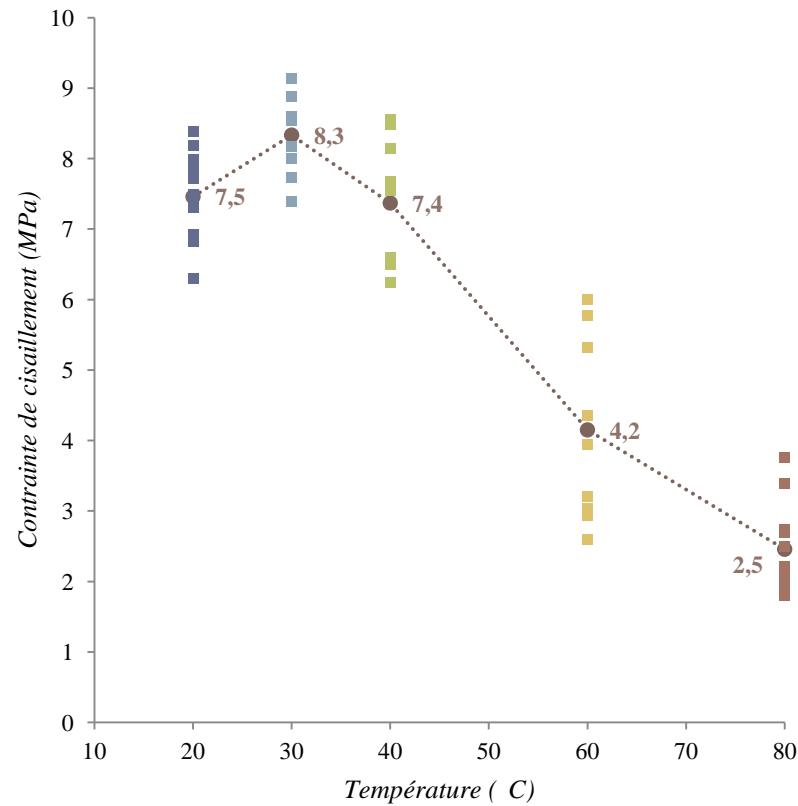
$T = 80 \text{ C}$

$20 \text{ C} \leq T \leq 80 \text{ C}$
Rupture adhésive

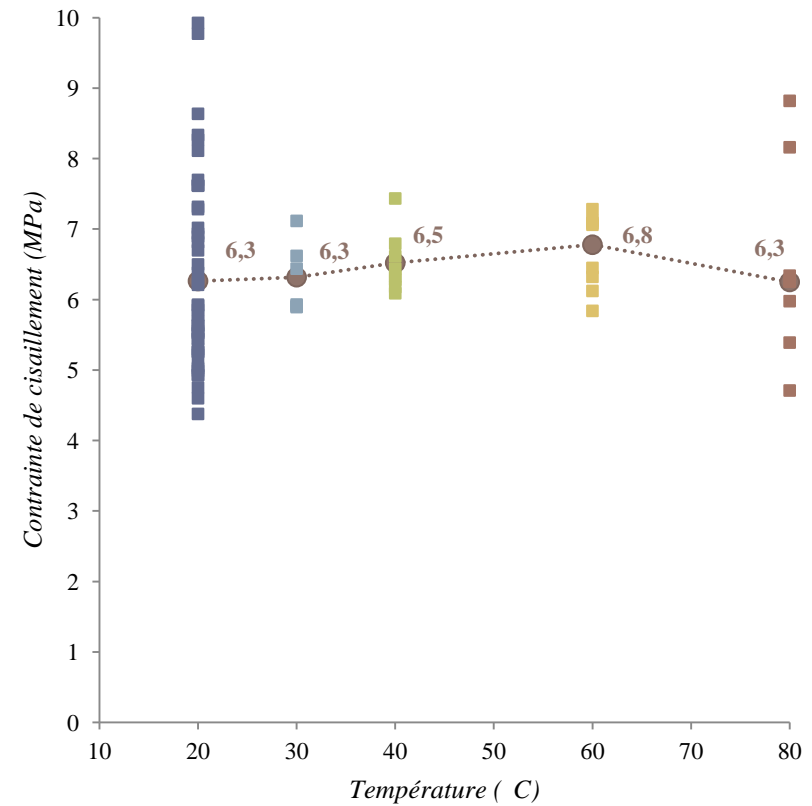
Adhérence au sein de l'assemblage dépend de la température et du polymère

Contraintes de cisaillement

Adhésif A

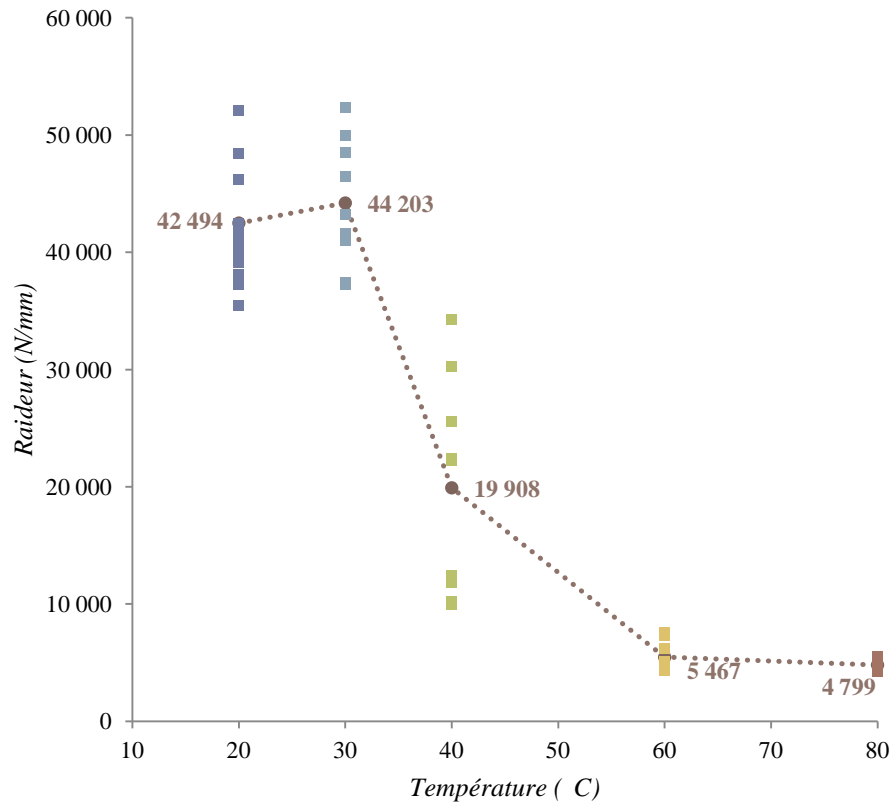


Adhésif B

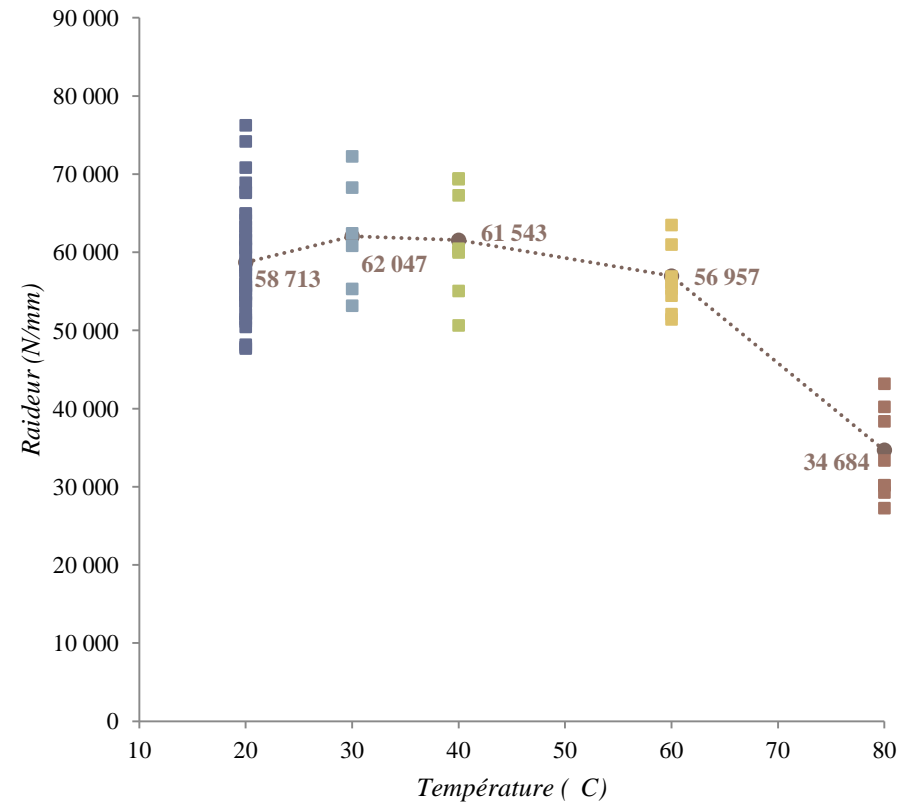


Raideurs

Adhésif A



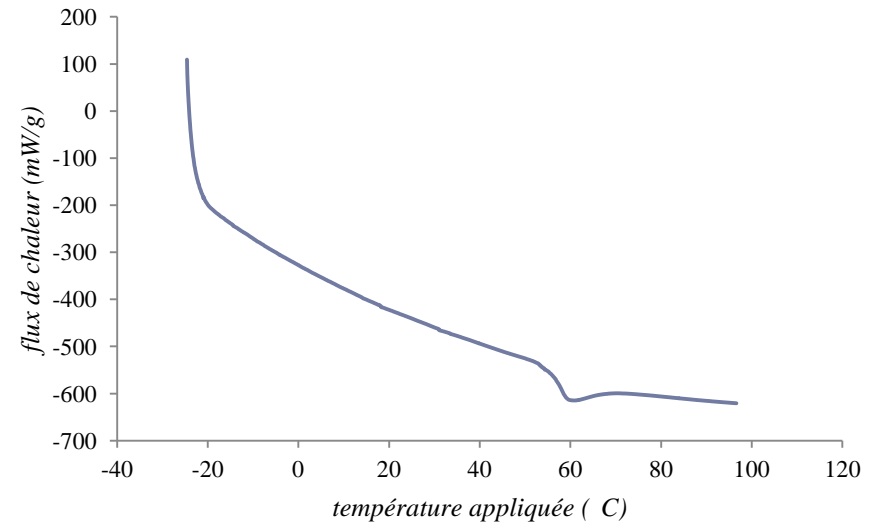
Adhésif B



Température de transition vitreuse de l'adhésif



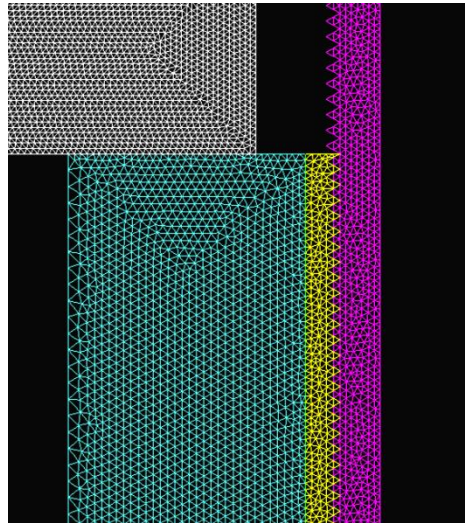
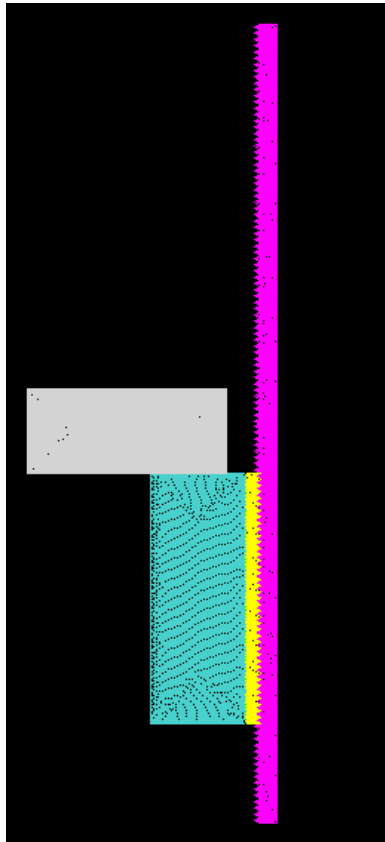
Dispositif expérimental



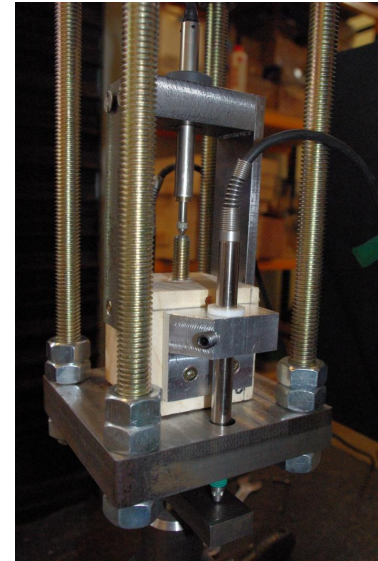
- ▶ Propriété thermique de l'adhésif primordiale
- ▶ Essais réalisés au LCPO : Analyse calorimétrique différentielle à balayage
- ▶ Lien entre propriété intrinsèque à l'adhésif et perte de propriétés mécaniques des assemblages
- ▶ Exemple de l'adhésif B : $T_g = 58 \text{ C}$

Analyse mécanique des assemblages

- ▶ Castem ® 2009
- ▶ Modèle symétrique



Maillage de l'assemblage

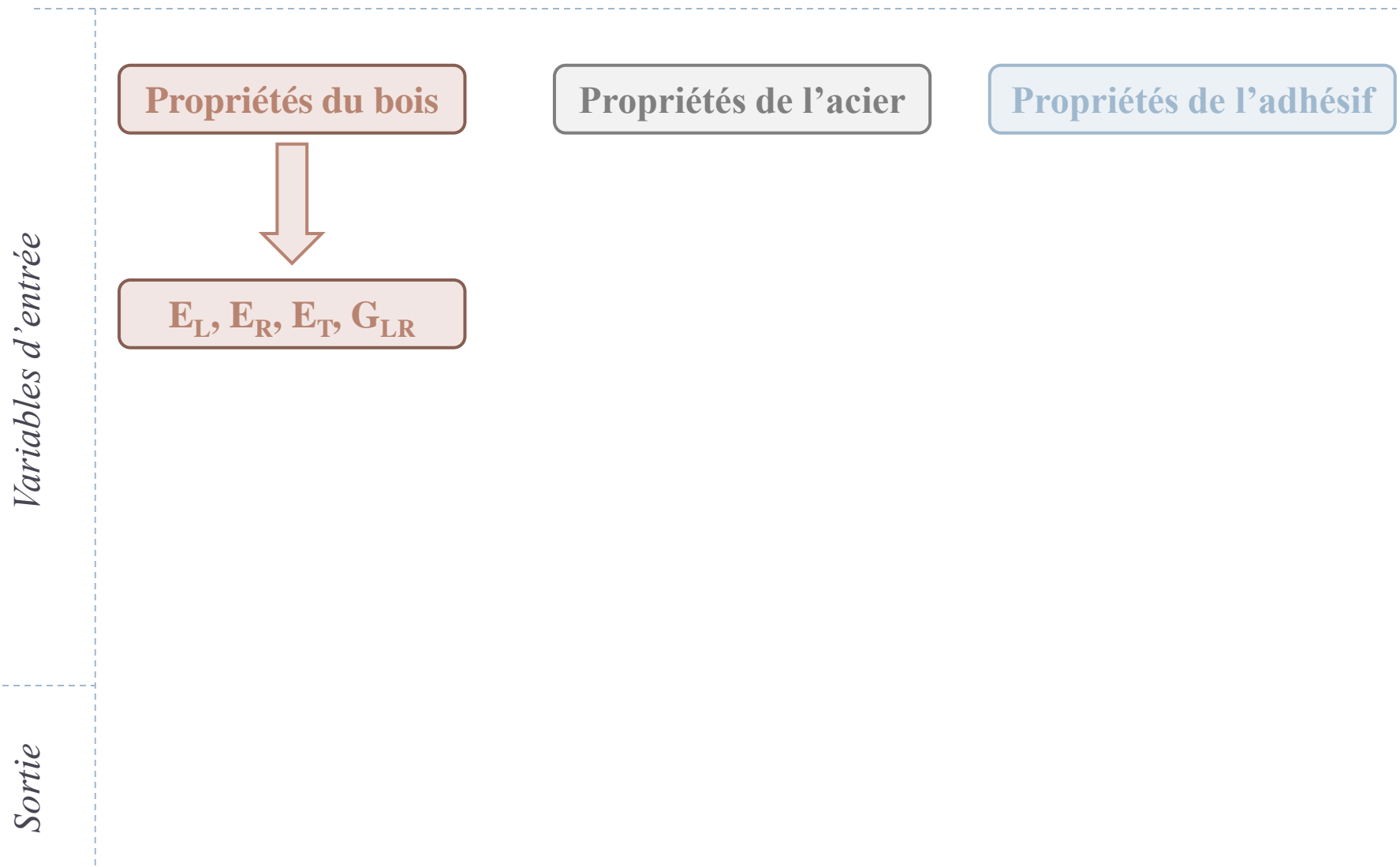


- ▶ Calibration du modèle en élasticité
- ▶ Raideur numérique évaluée aux points expérimentaux

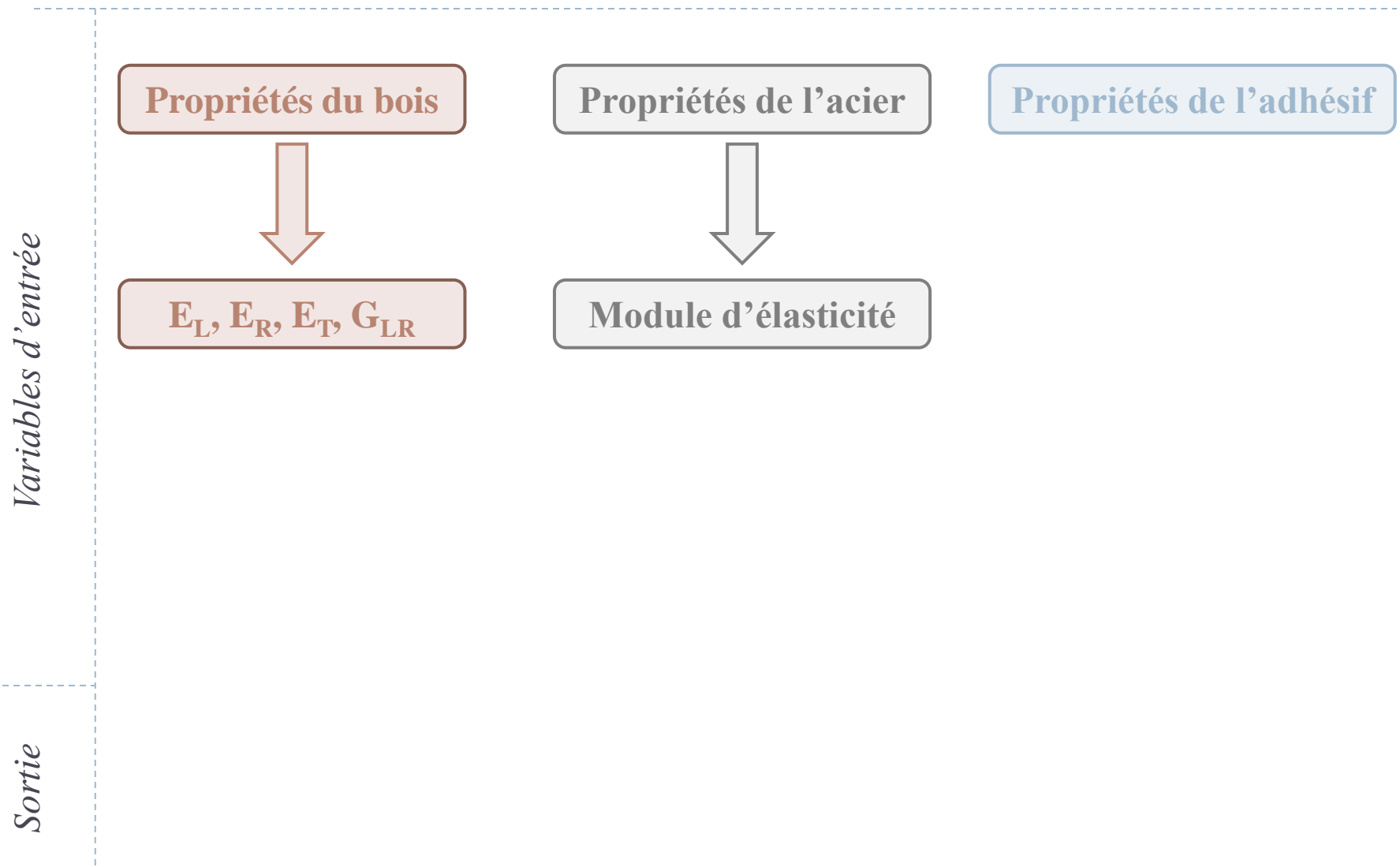
Synoptique de l'analyse inverse



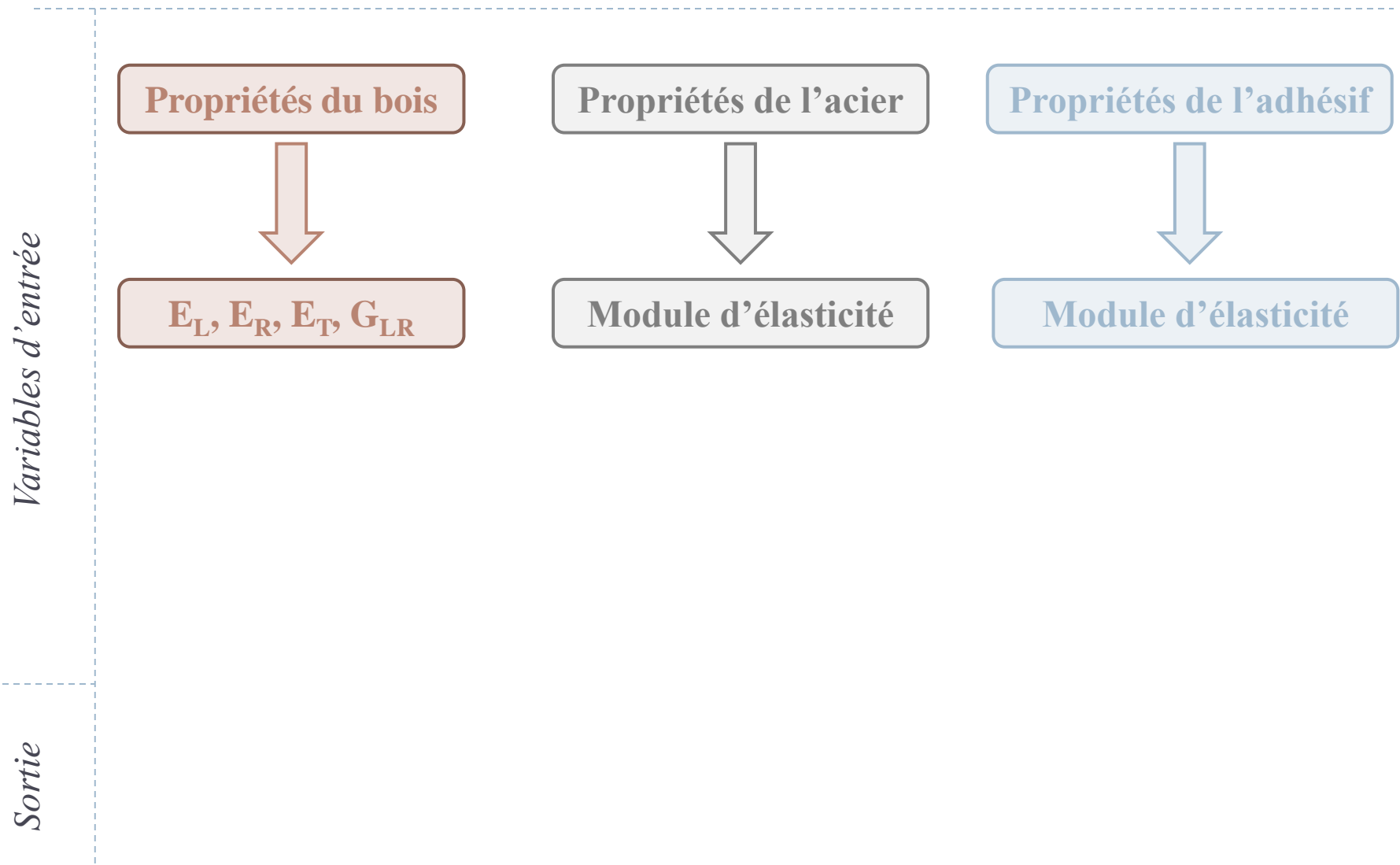
Synoptique de l'analyse inverse



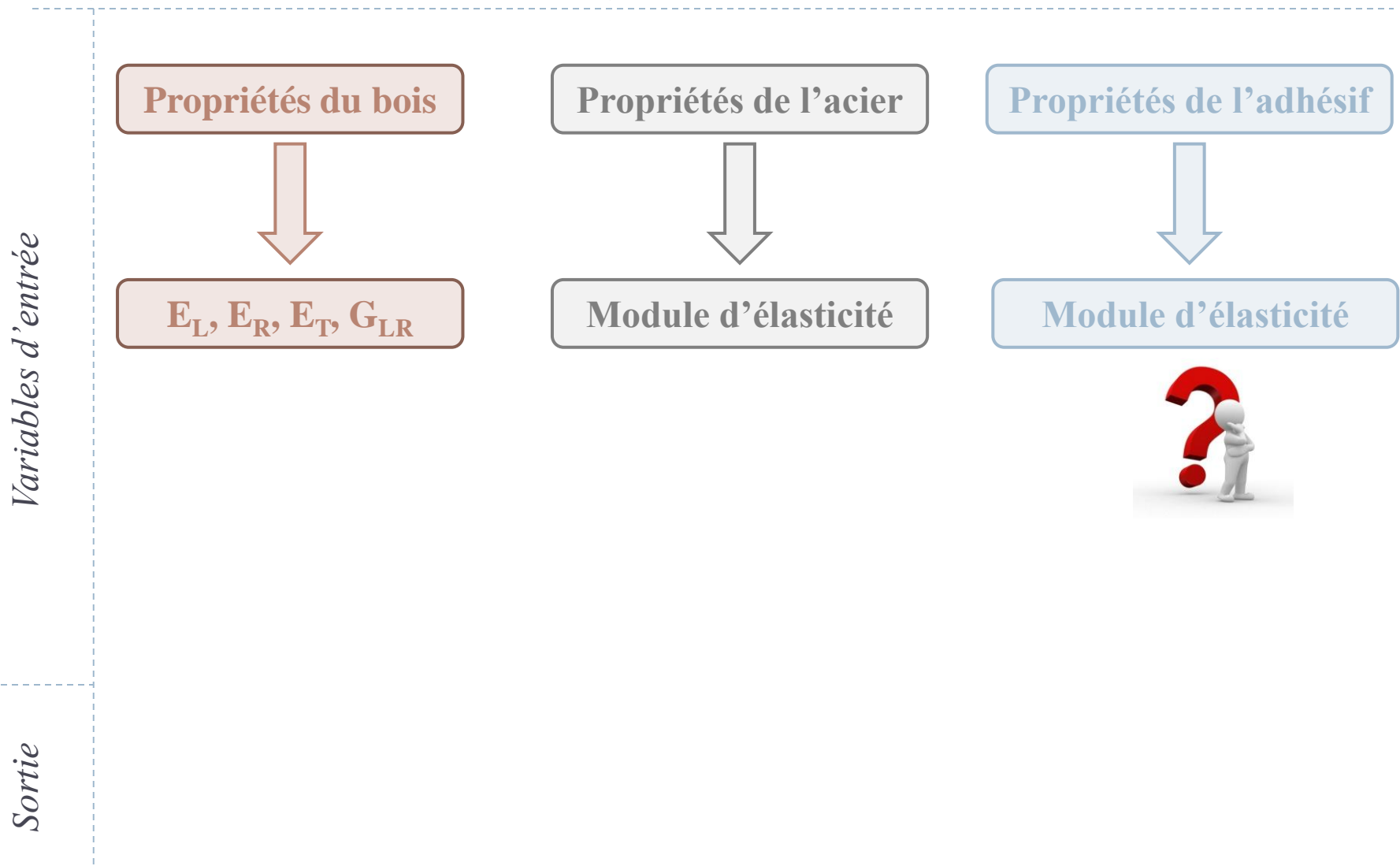
Synoptique de l'analyse inverse



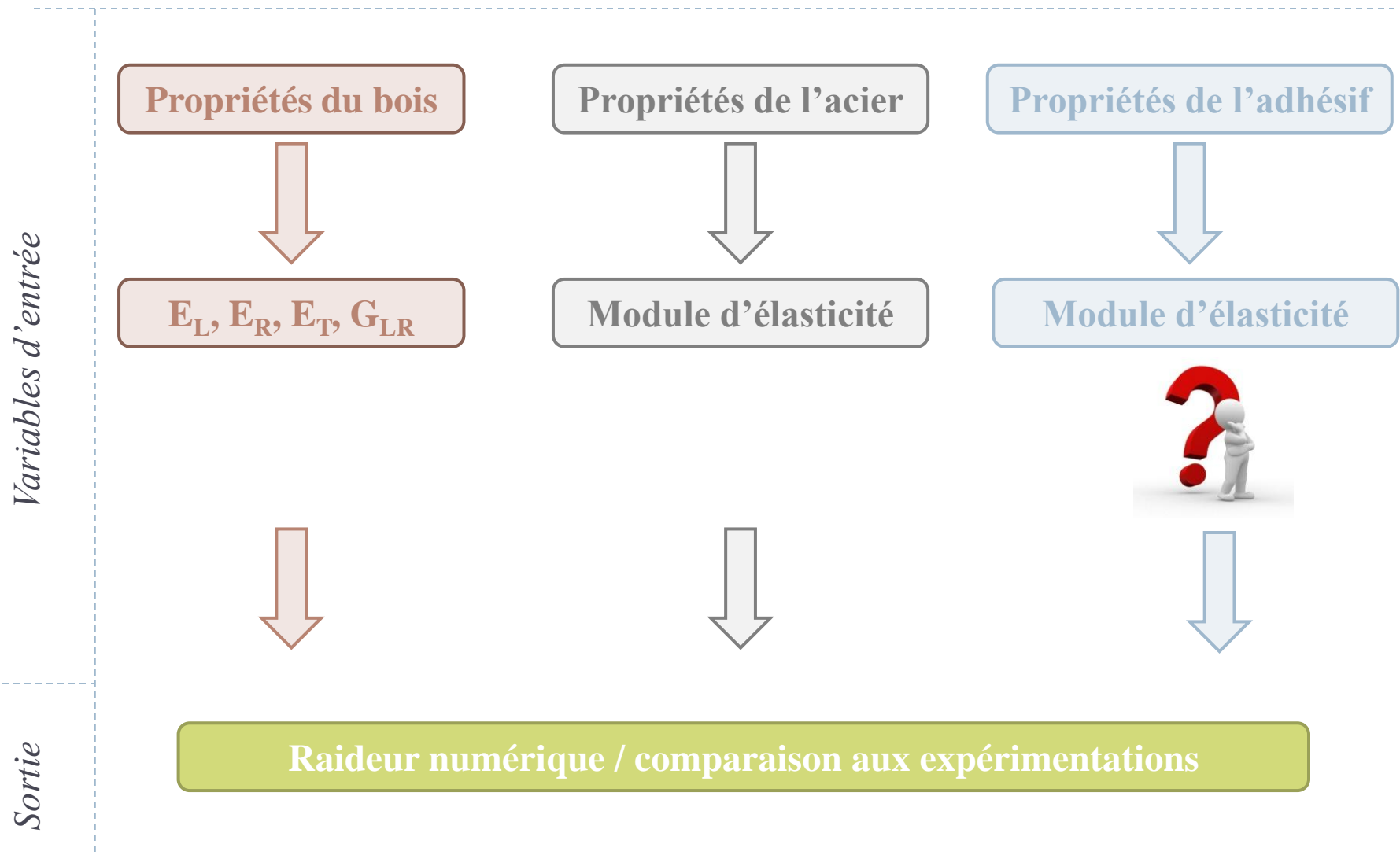
Synoptique de l'analyse inverse



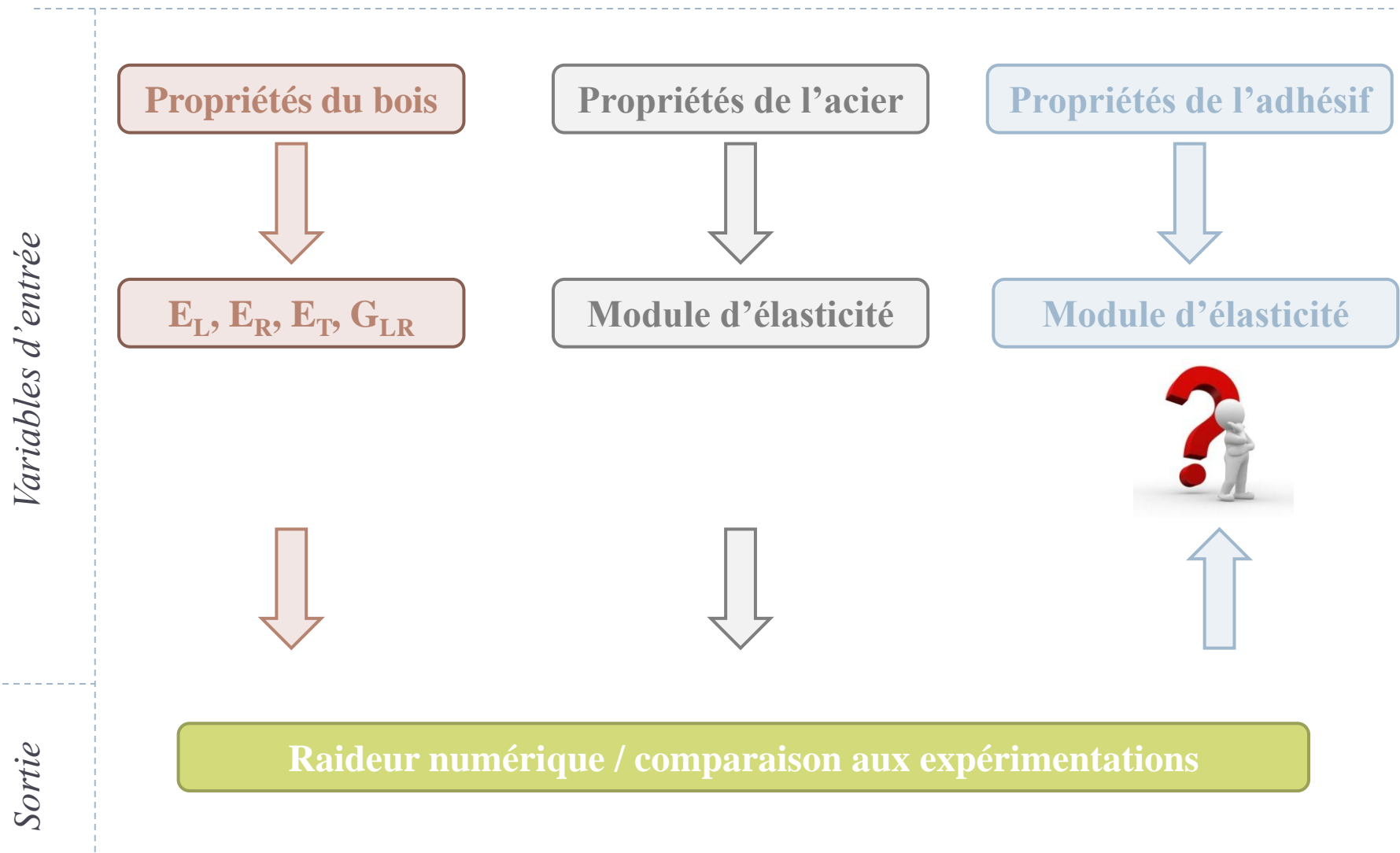
Synoptique de l'analyse inverse



Synoptique de l'analyse inverse

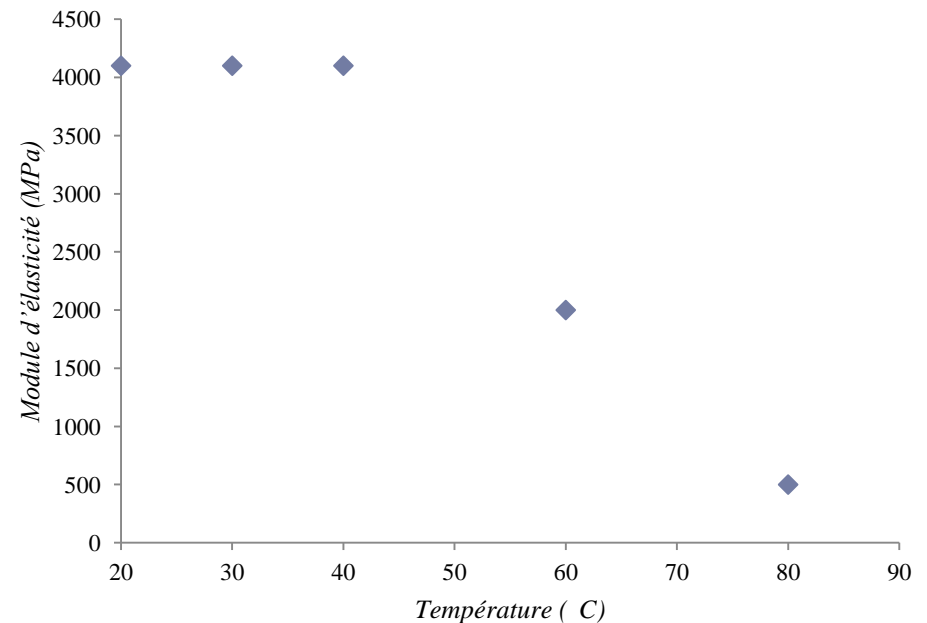


Synoptique de l'analyse inverse



Evolution des propriétés élastiques des adhésifs

T_c (C)	$E_{\text{adhésif}}$ (MPa)	Perte relative
20	4 100	
30	4 100	
40	4 100	
60	2 000	- 50 %
80	500	- 90 %

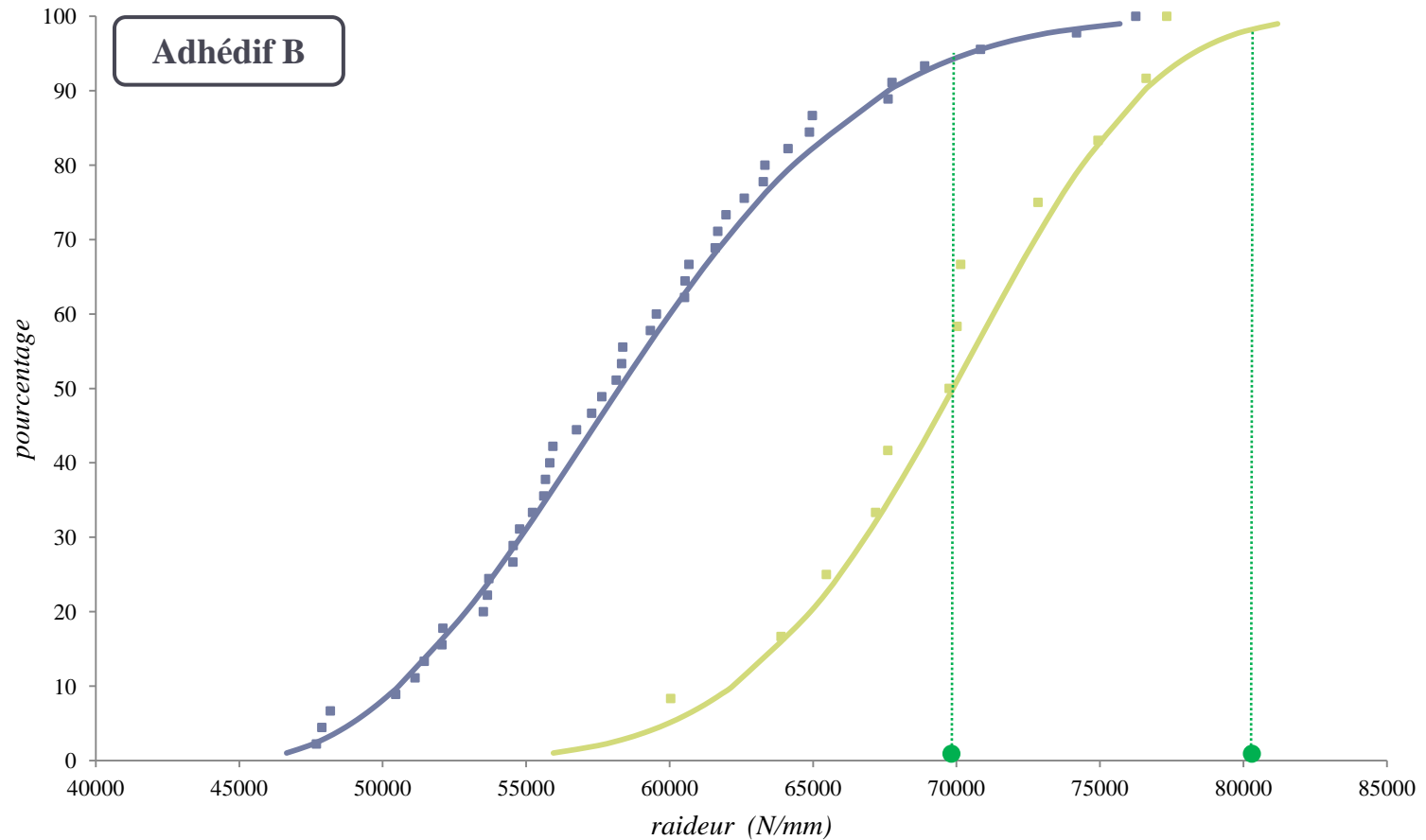


Analyse inverse : évolution du module d'élasticité de l'adhésif en fonction de la température
Méthode reproductible pour d'autres adhésifs

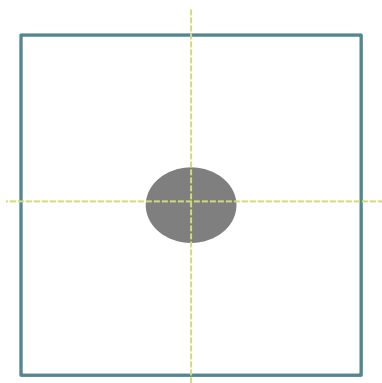
Conclusions

- ▶ Intérêt : diffusion des résultats auprès d'une commission de professionnels (points d'avancement trimestriels)
- ▶ Développement de méthodes relatives à la caractérisation de la qualité des assemblages collés :
 - ▶ Prédiction de la résistance et de la raideur en fonction de la température (températures sous combles, situation d'incendie)
- ▶ Mise en place d'un référentiel de connaissances relatives au comportement des assemblages collés mixtes :
 - ▶ Mise en œuvre
 - ▶ Contribution des matériaux
 - ▶ Analyse de la qualité
- ▶ Rédaction de règles professionnelles
- ▶ Travail de thèse en relation directe avec l'usage (« timber engineering »)

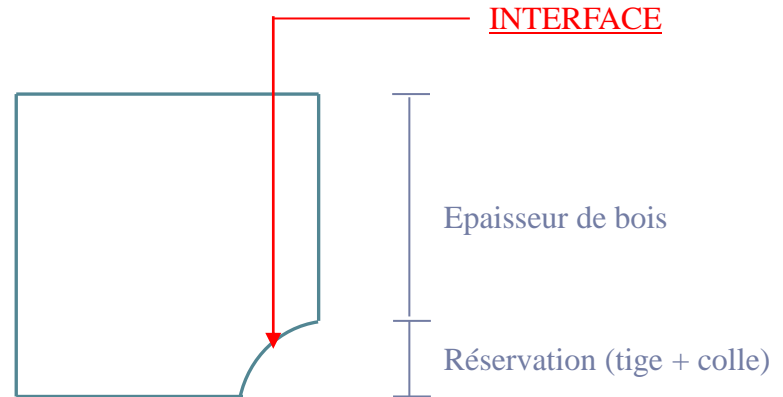
Calibration de la raideur (expérimentations/modèle)



Comportement au feu : Principes du modèle

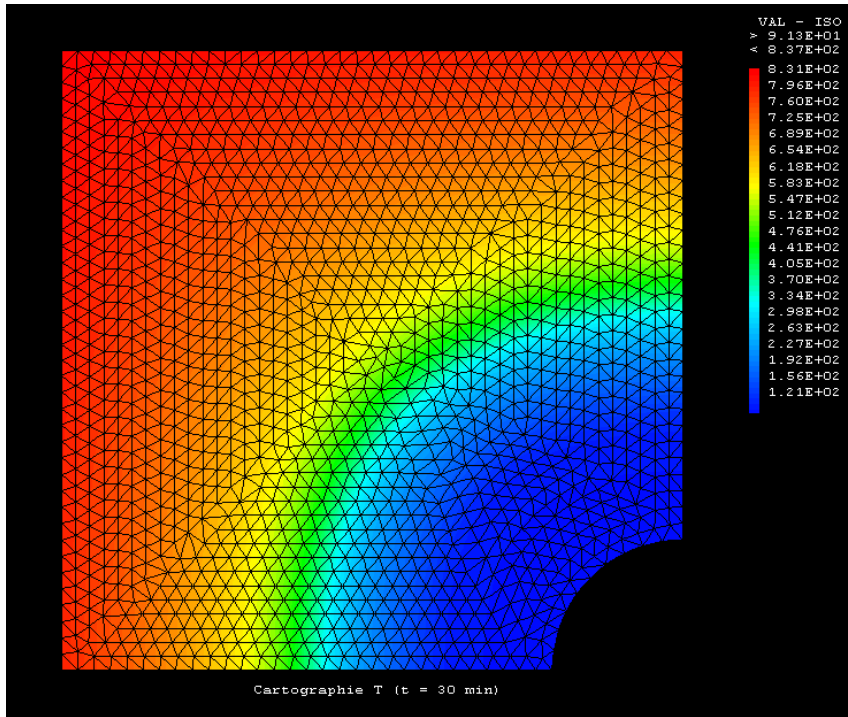


Section



1/4 section bois avec réserve

Comportement au feu : Résultats



Epaisseur de bois : 30 mm

Simulation du champ de températures au bout de 30 minutes

Ep. de bois (mm)	T _{interface} (C)	t (min)
25	50	15
30	50	20
40	50	33
50	50	47
60	43	60



Température de transition vitreuse de l'adhésif utilisé
Préconisation d'une épaisseur de bois minimale