



Étude préliminaire du comportement mécanique du bois en situation de flux maîtrisé

Fatoumata Diarra, **Lucas Terrei***, Larent Farge, Gilles Parent

Université de Lorraine, CNRS, LEMTA, F-54000 Nancy, France

* lucas.terrei@univ-lorraine.fr

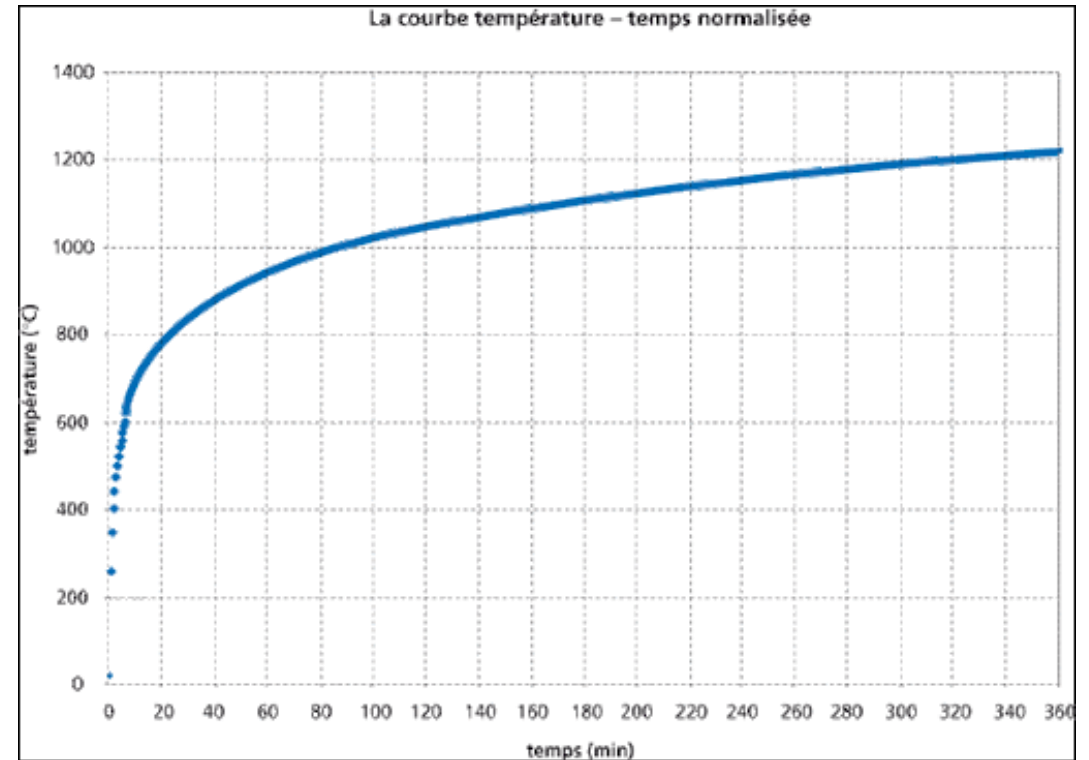
RésoFeux, Avril 2026, Epernon, France

Contexte général

Approches pour étudier la résistance au feu des éléments structurels : prescriptives (feux standard) et performancielle (feux naturels [1])



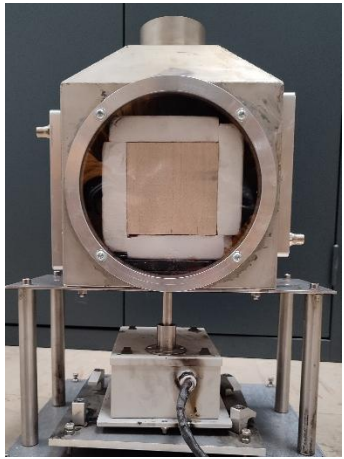
Feux naturels : essai grande échelle, projet #SEIFBois



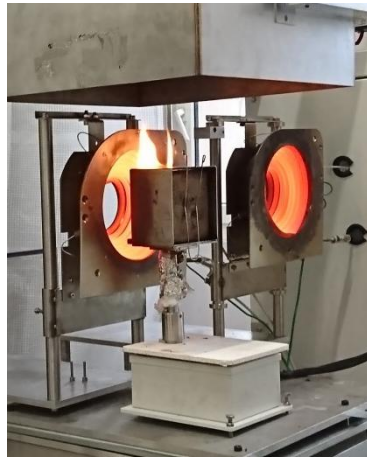
Feux standards : norme ISO 834-1

[1] Mindeguia, J. C., Mohaine, S., Bisby, L., Robert, F., McNamee, R., & Bartlett, A. (2021). Thermo-mechanical behaviour of cross-laminated timber slabs under standard and natural fires. *Fire and Materials*, 45(7), 866-884.

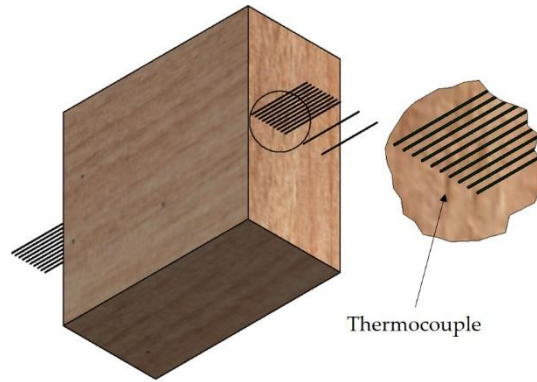
Contexte du laboratoire



Chambre atmosphère contrôlée



Double cône sur système coulissant [1]



Thermocouples noyés dans le bois [2]

Essai à l'échelle intermédiaire



Technique des thermocouples noyés adaptée à l'échelle intermédiaire

Bilan : expériences en essais et en modélisation de la réaction au feu du bois sec [3,4] à l'échelle du matériau et compétences à l'échelle intermédiaire

[1] Terrei, et al. Experimental tools applied to ignition study of spruce wood under cone calorimeter. *FSJ*, 2019, vol. 108, p. 102845.

[2] Terrei, et al. In-depth wood temperature measurement using embedded thin wire thermocouples in cone calorimeter tests. *IJTS*, 2021, vol. 162, p. 106686.

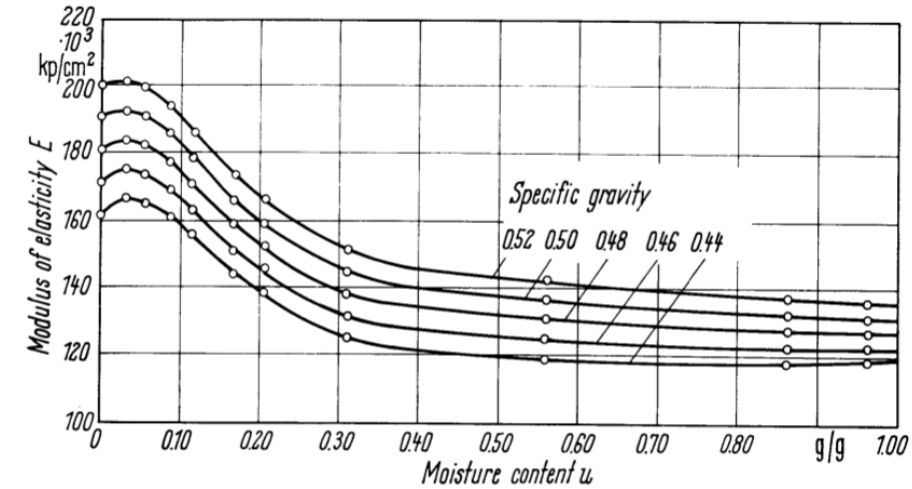
[3] Flity, et al. Thermal conductivity parallel and perpendicular to fibers direction and heat capacity of eight wood species up to 160 C. *IJTS*, 2024, vol. 195, p. 108661.

[4] Flity, et al. 3D-Modeling of thermal degradation of spruce wood under inert atmosphere. *FSJ*, 2023, vol. 141, p. 103979.

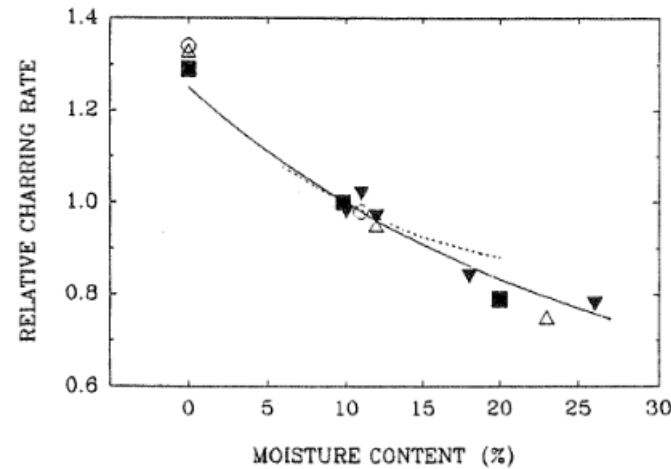
Objectifs

Effet de l'humidité du bois sur la résistance et la réaction au feu

Le post incendie



Module de Young de l'épicéa en fonction de la teneur en humidité [2]



Taux de carbonisation en fonction de la teneur en humidité [3]

- Décroissance des températures internes
- Reprise en humidité
- Comportement mécanique

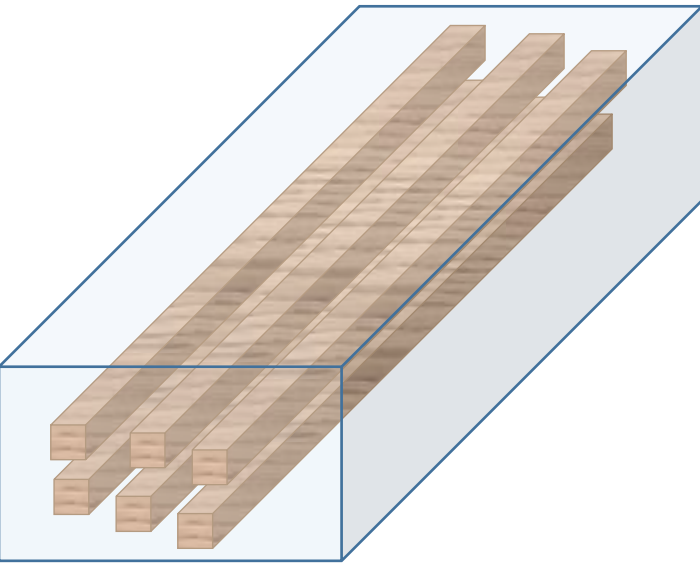
Étudier le comportement mécanique du bois à l'échelle intermédiaire dans des conditions de flux maîtrisées pendant et post incendie

[2] F. P. P. Kolmann et W. A. Cote, Principles of wood science and technology, Vol. I. Solid Wood. Springer-Verlag, Berlin, Germany, p. 55-78, 1968.

[3] E. Mikkola, Charring of wood based materials. Fire safety science. Routledge, 1991. 547-556.

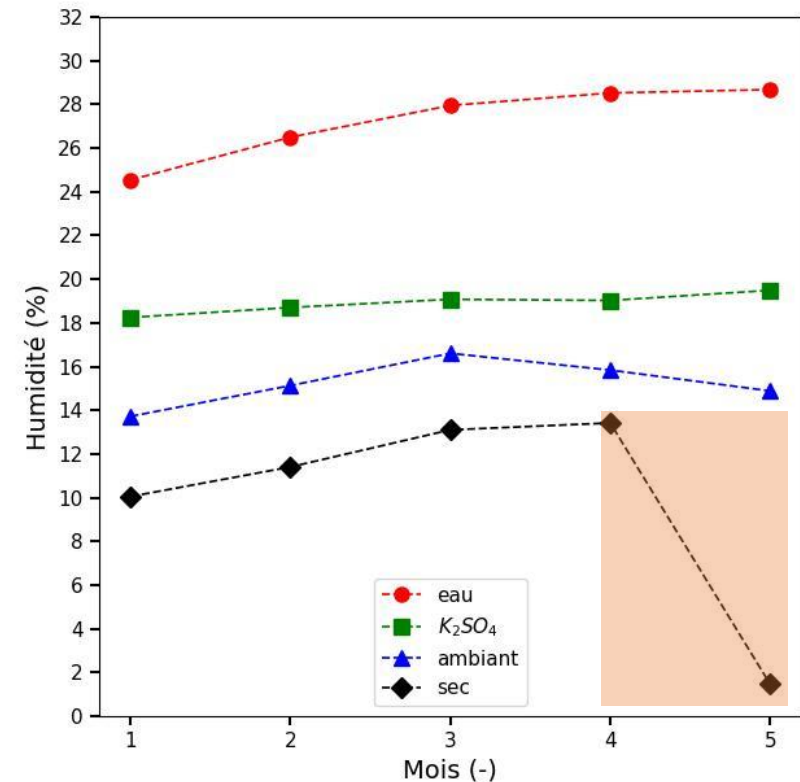
Matériels et méthodes

Échantillons : épicéa ($180 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$)



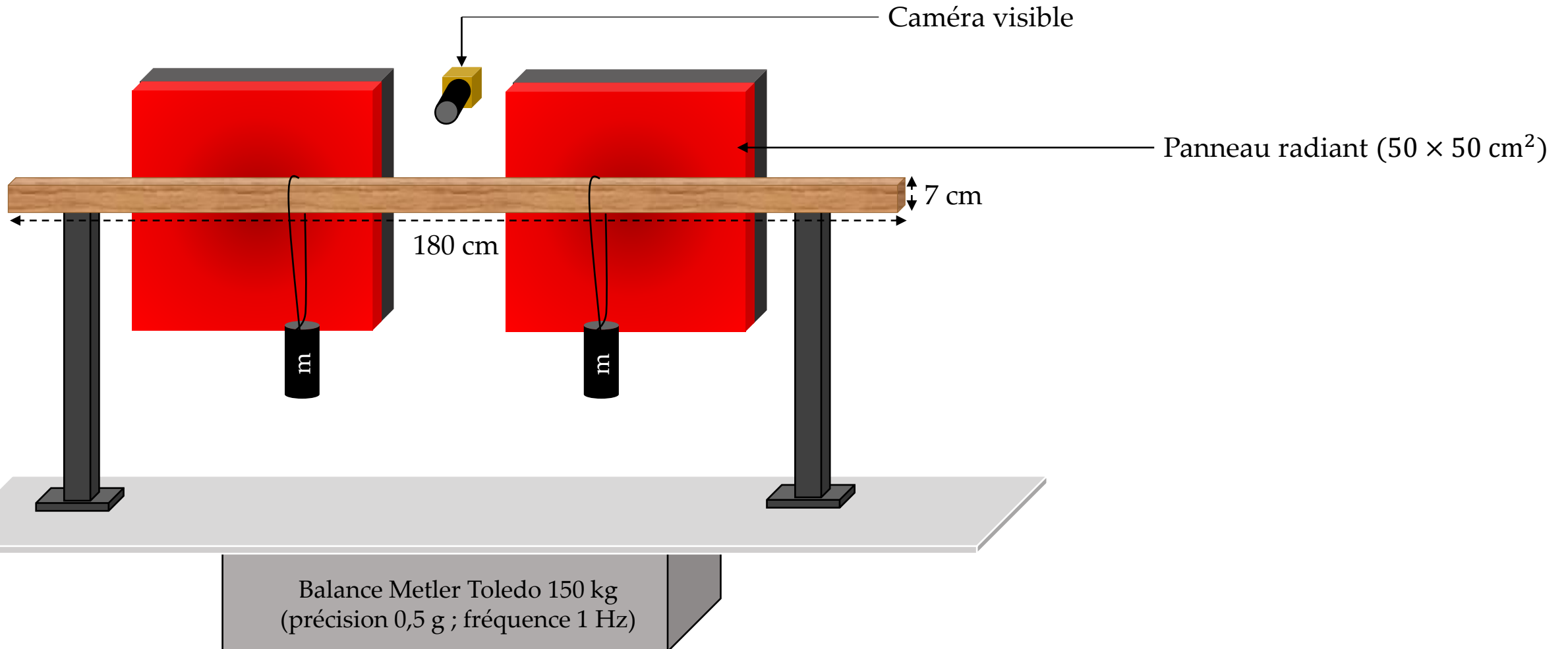
Variation de la teneur en humidité du bois :

- 0 % : séchage au séchoir (LERMAB) et stockage avec dessiccant
- 10-12 % : stockage à l'ambient
- 20 % : stockage avec solution eau + K_2SO_4
- 30 % : stockage avec eau pure



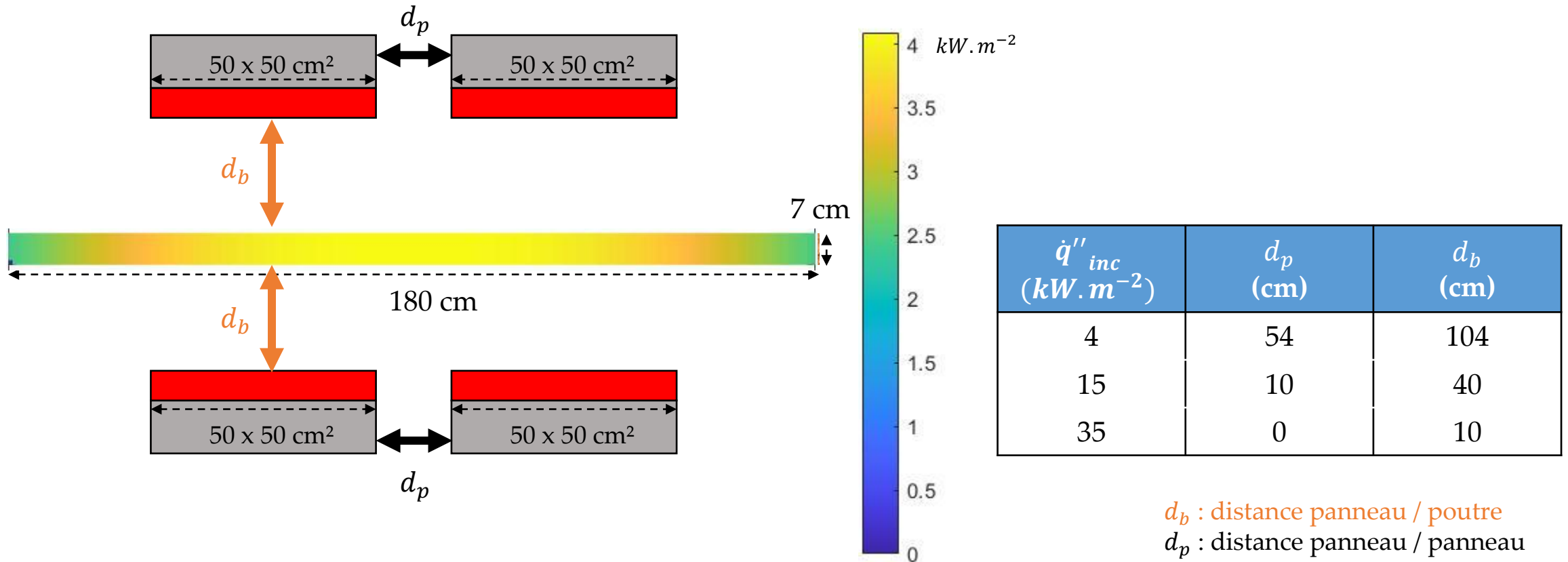
Matériels et méthodes

Echelle intermédiaire : épicéa exposé à 4 panneaux radiants pour trois différents flux de chaleur



Matériels et méthodes

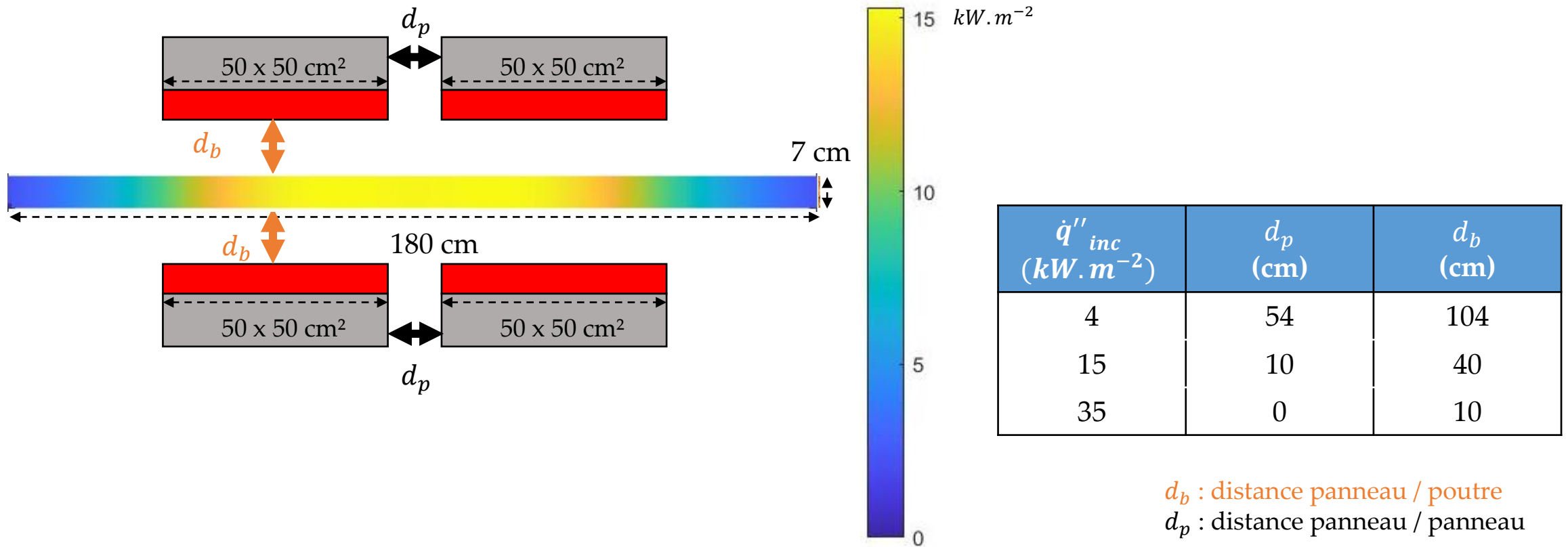
Détermination des distances par facteur de forme et vérification par fluxmètre total



- **4 kW/m²** : uniquement transferts, pas de pyrolyse, pas de combustion
- **15 kW/m²** : transferts + pyrolyse + combustion solide à des temps longs
- **35 kW/m²** : transferts + pyrolyse + combustion solide + inflammation potentielle

Matériels et méthodes

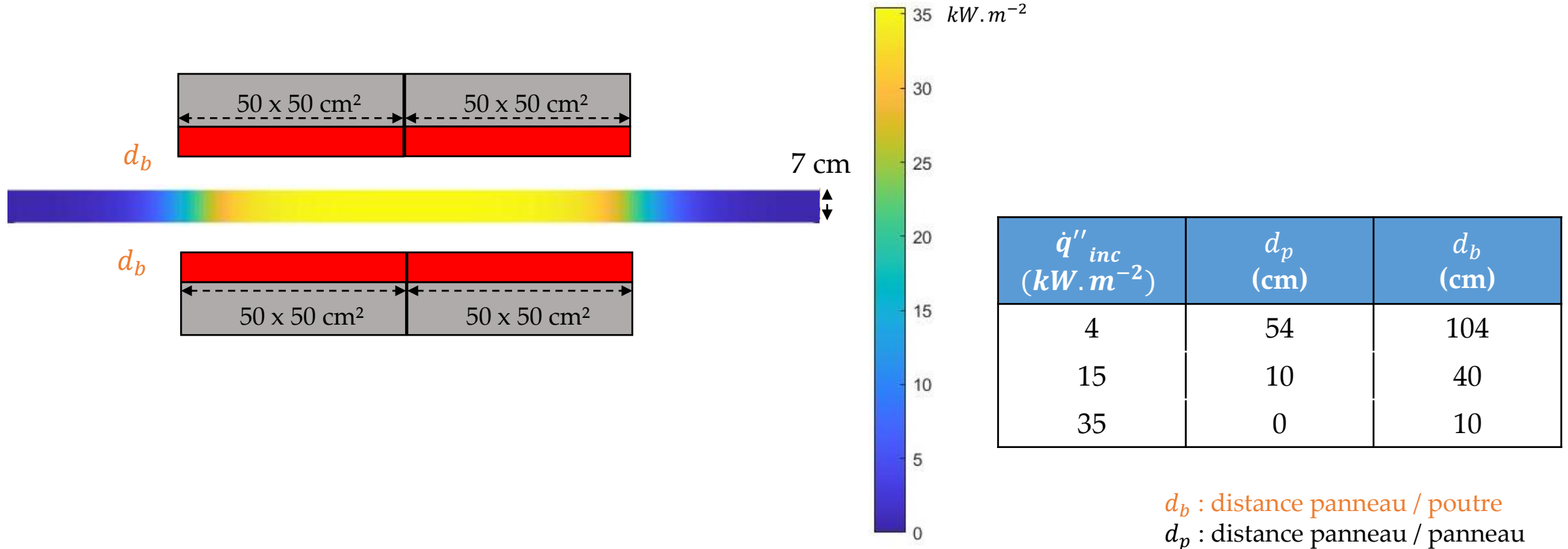
Détermination des distances par facteur de forme et vérification par fluxmètre total



- 4 kW/m² : uniquement transferts, pas de pyrolyse, pas de combustion
- 15 kW/m² : transferts + pyrolyse + combustion solide à des temps longs
- 35 kW/m² : transferts + pyrolyse + combustion solide + inflammation potentielle

Matériels et méthodes

Détermination des distances par facteur de forme et vérification par fluxmètre total

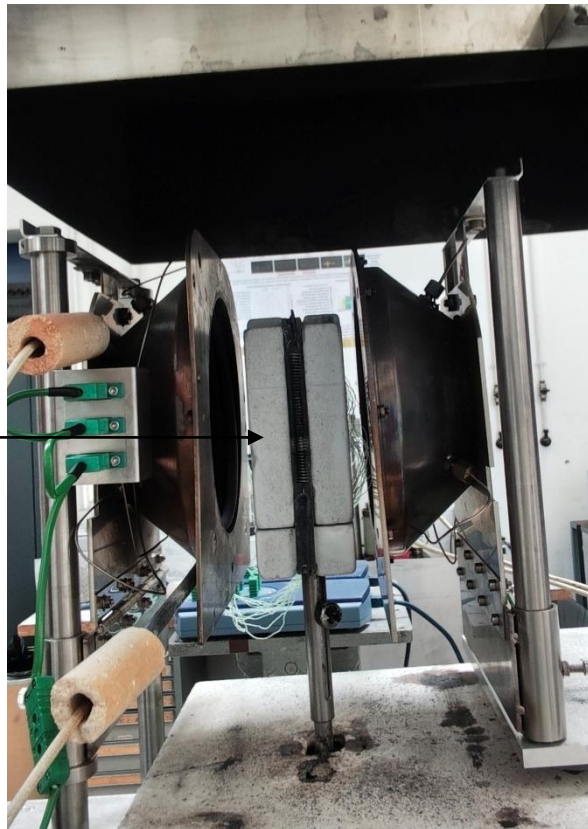


- **4 kW/m²** : uniquement transferts, pas de pyrolyse, pas de combustion
- **15 kW/m²** : transferts + pyrolyse + combustion solide à des temps longs
- **35 kW/m²** : transferts + pyrolyse + combustion solide + inflammation potentielle

Matériels et méthodes

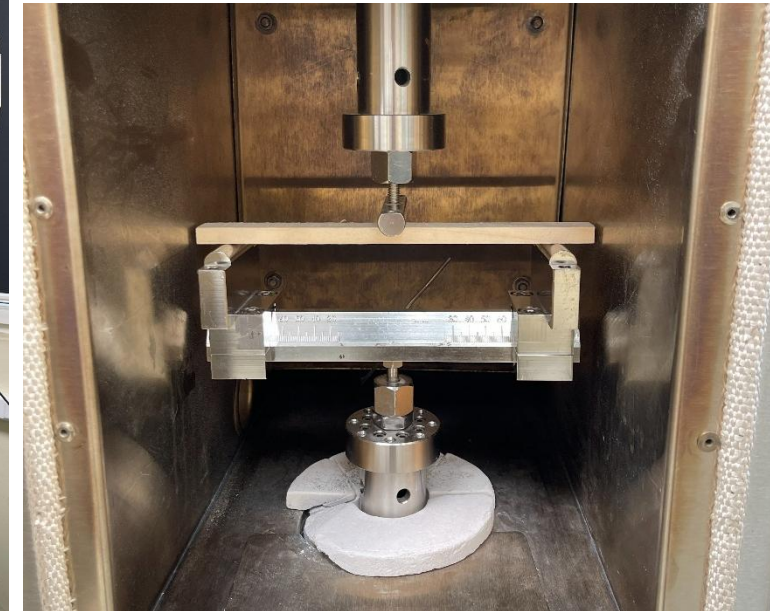
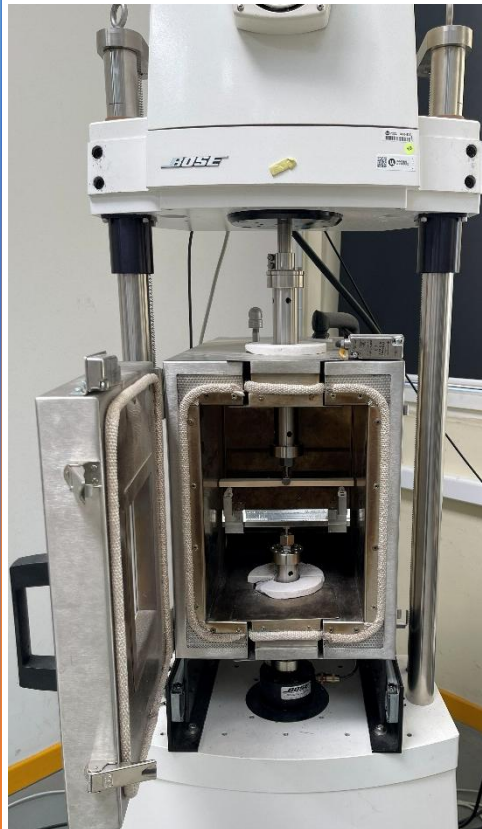
Caractérisation à l'échelle du matériau

Caractérisation des transferts thermique et de masse dans des échantillons à différentes humidités :
double cône chauffant



Porte échantillon
silicate de calcium

Caractérisation mécanique du bois sec en fonction de la température : flexion dans une enceinte chauffante

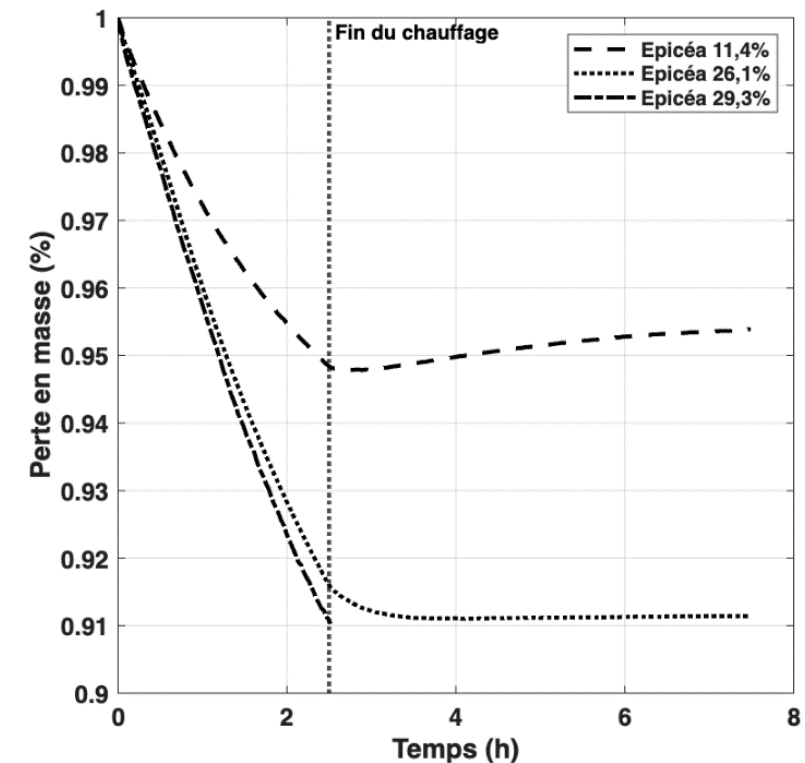
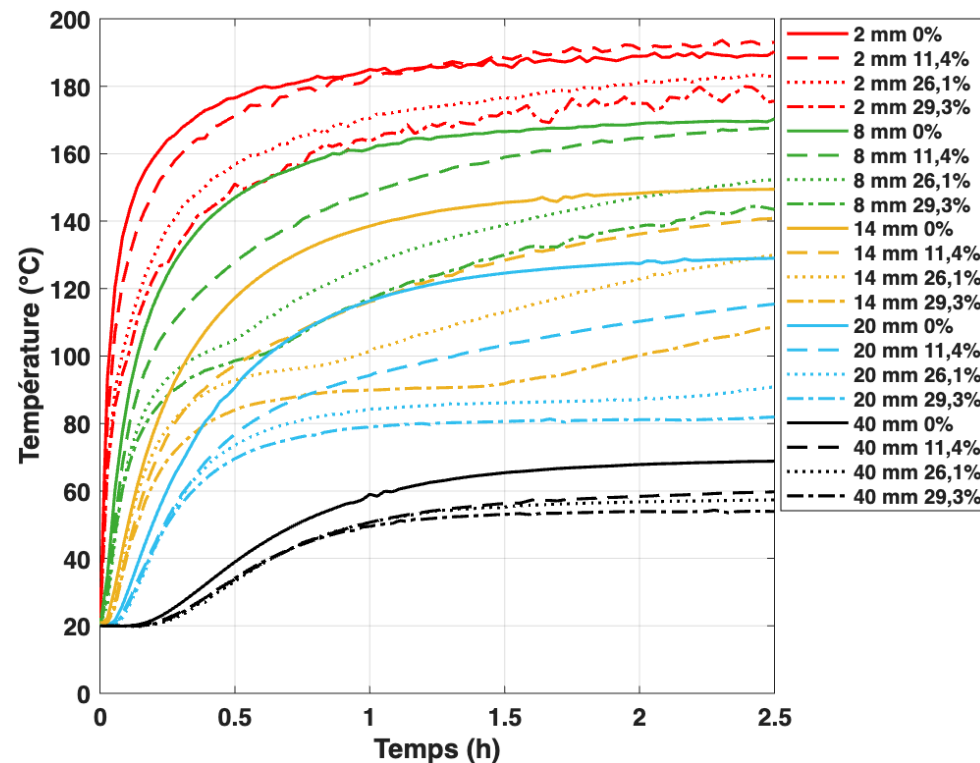


Mesure du déplacement par caméra
visible

Résultats : caractérisation thermique à l'échelle du matériau

Simple cône : 4 kW/m² avec un unique échantillon d'épicéa [4].

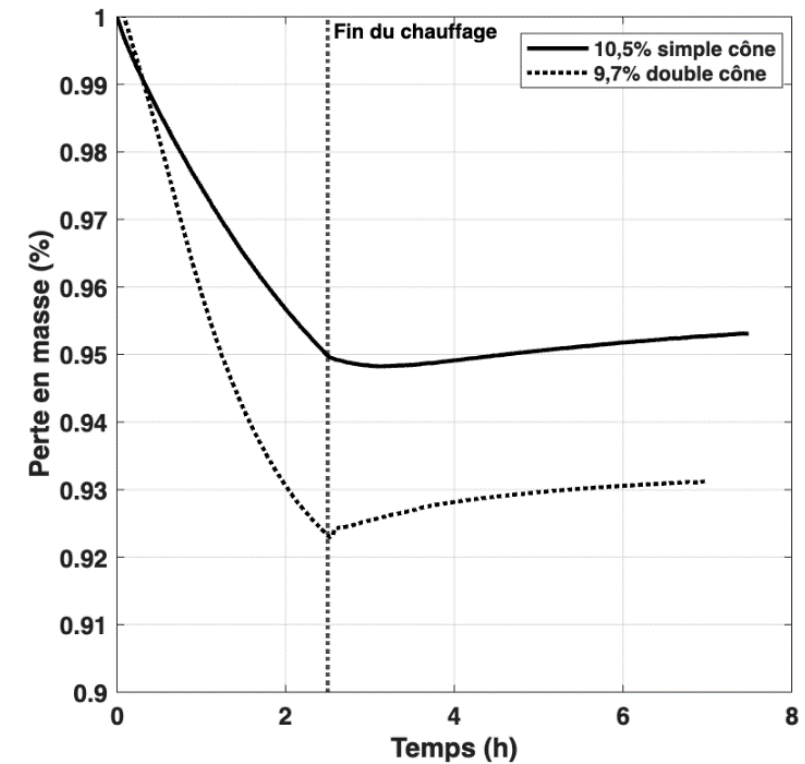
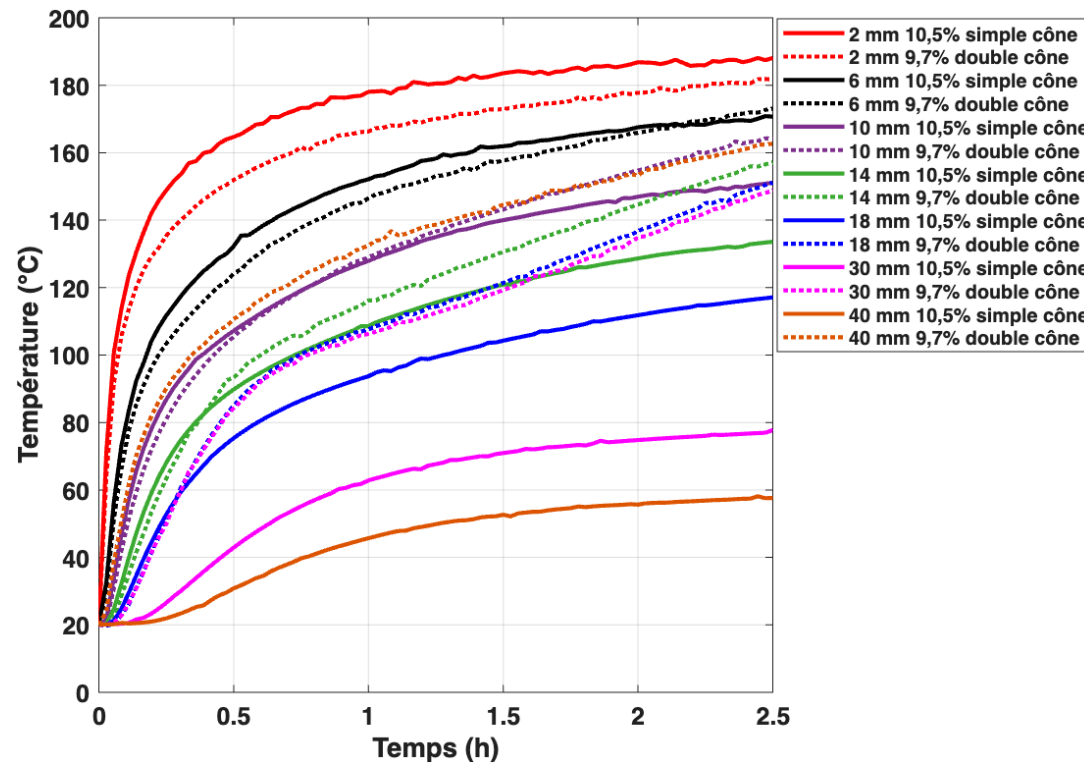
- Perte en masse
- Températures internes



Résultats : caractérisation thermique à l'échelle du matériau

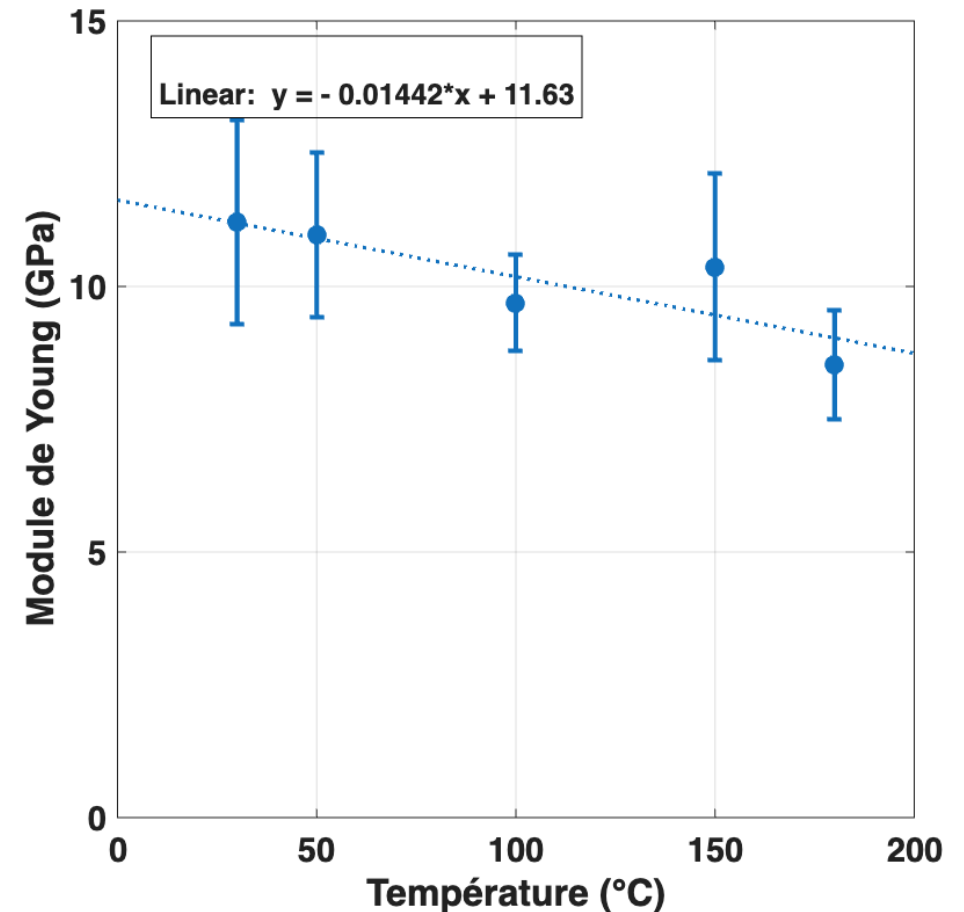
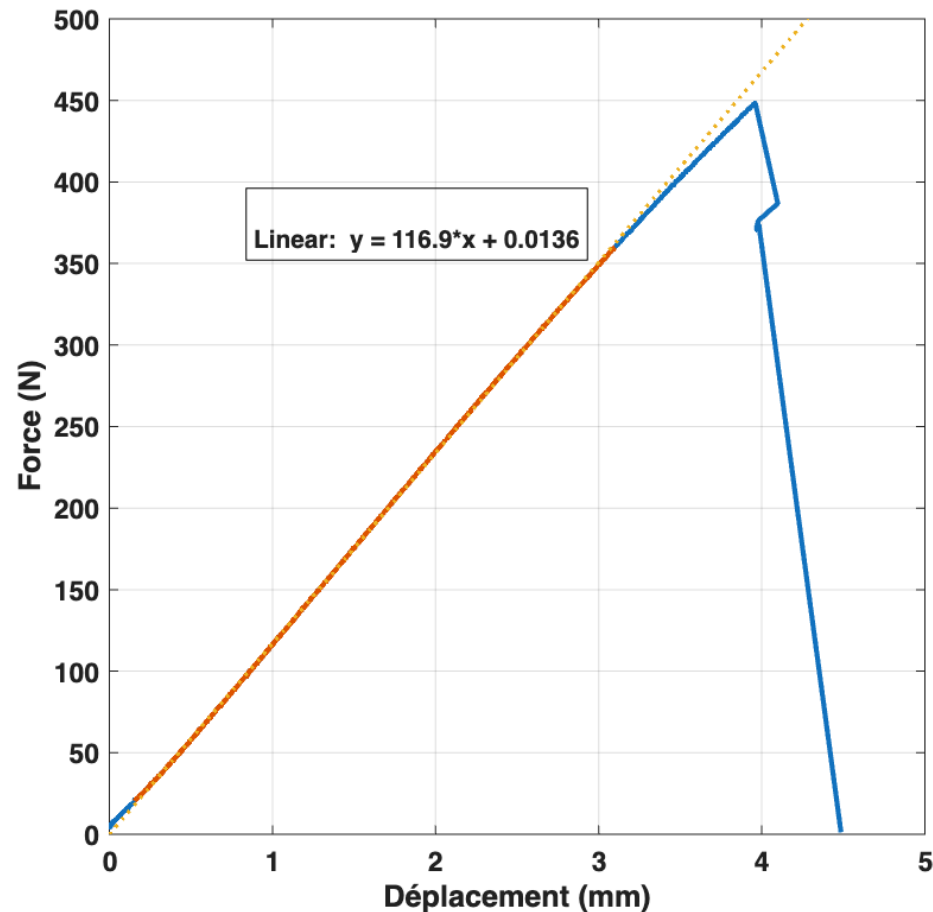
Comparaison avec le **double cônes** : 4 kW/m² avec un échantillon d'épicéa.

- Perte en masse
- Températures internes



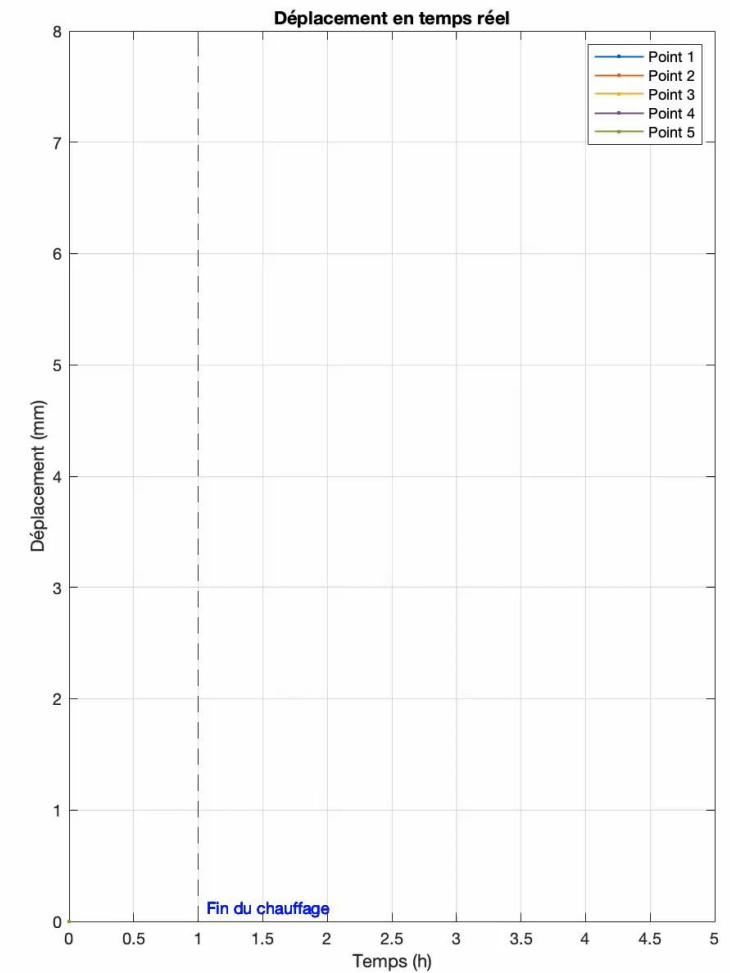
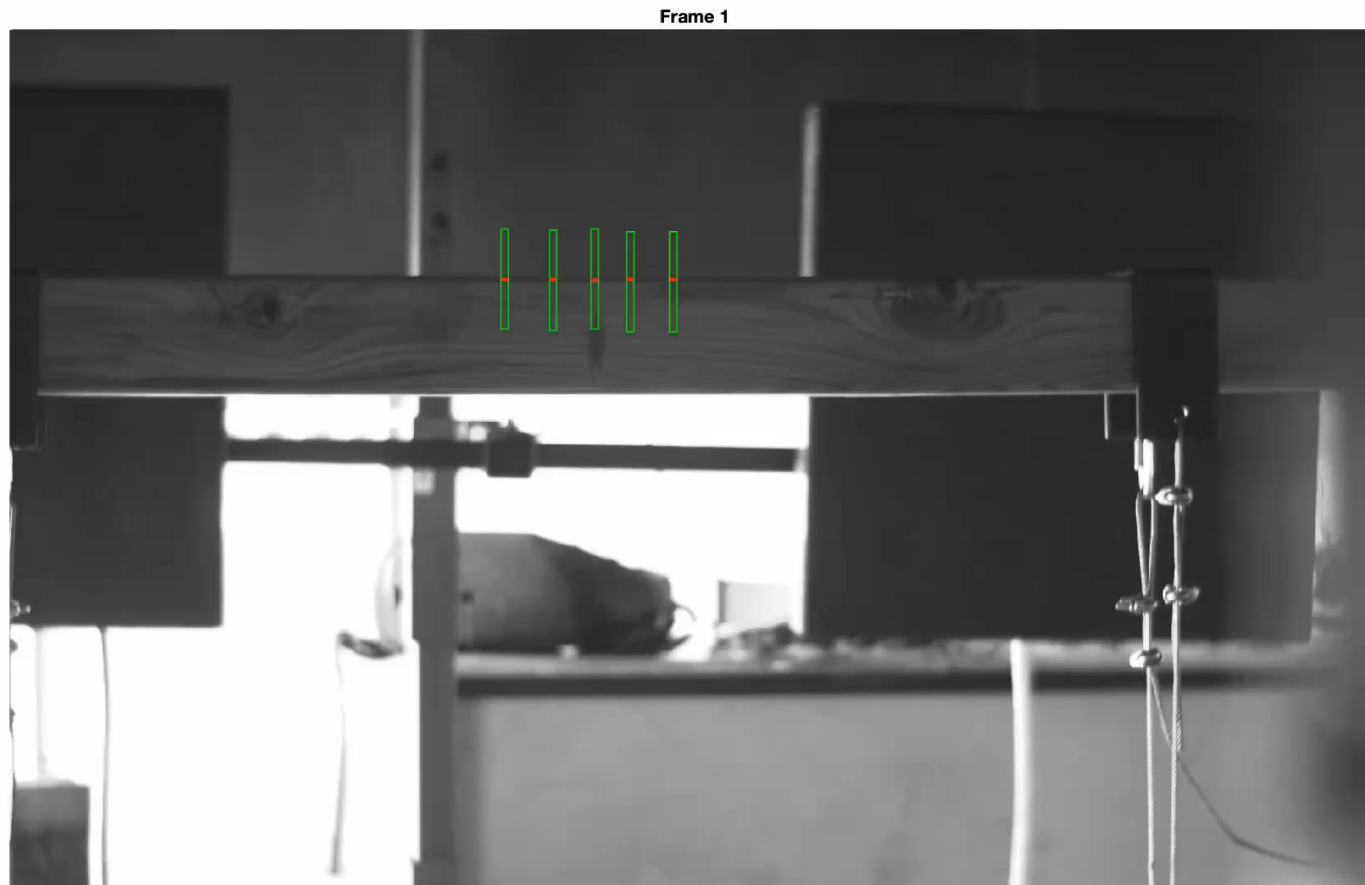
Résultats : caractérisation mécanique à l'échelle du matériau

Essai de flexion sur les poutres d'épicéa de $[T_{amb} ; 180\text{ °C}]$ pour une humidité de 0 % (3 tests par température)



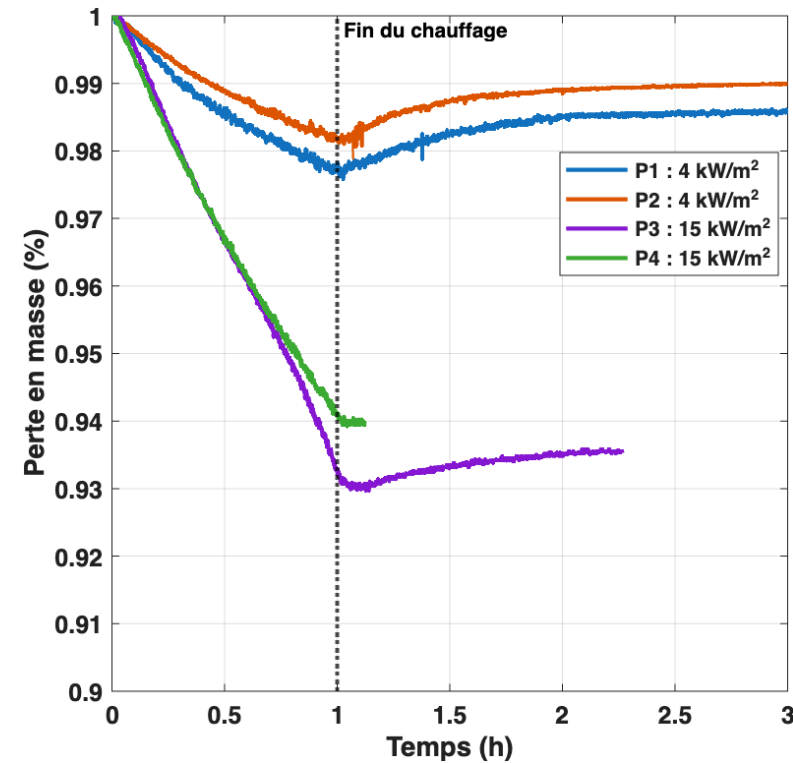
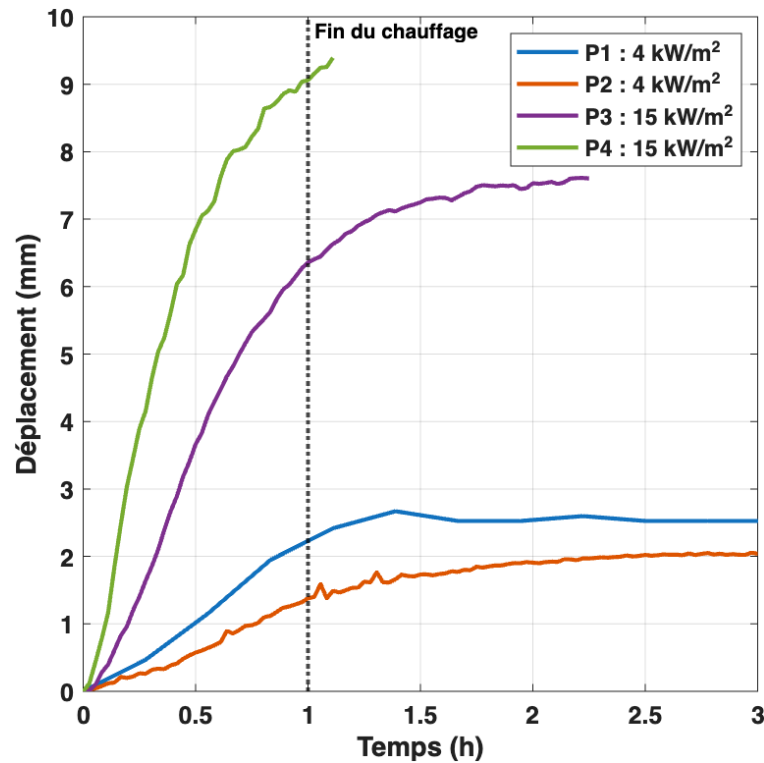
Résultats : comportement thermo-mécanique à l'échelle intermédiaire

Poutre épiciée avec une humidité de 11 % exposée à 4 kW/m² pendant 1 heure puis phase de refroidissement.



Résultats : comportement thermo-mécanique à l'échelle intermédiaire

Poutres épïcéa avec une humidité de 11 % exposées à 4 ou 15 kW/m² pendant 1 heure puis phase de refroidissement



Conclusions

- A l'échelle du matériau :
 - double cône dans le but de solliciter le bois sur deux faces
 - températures internes et perte de masse pour cinq essences de bois à au moins trois humidités pour un flux incident de 4 kW/m^2
 - module de Young déduit en fonction de la température pour du bois sec et mesure pour du bois humide à température ambiante
- A l'échelle intermédiaire :
 - banc expérimental qui permet de maîtriser l'agression thermique tout en étudiant le comportement mécanique
 - déformations irréversibles dès 4 kW/m^2 pour une humidité des poutres de 12 %

Perspectives

- A l'échelle du matériau :
 - protocole identique à 15 kW/m^2 et 35 kW/m^2
 - essais de fluage
- A l'échelle intermédiaire :
 - protocole identique à 15 kW/m^2 et 35 kW/m^2
 - variation de l'humidité du bois



Merci pour votre attention
