

Mesure de la température dans le bois par des thermocouples non gainés et suivi du front de carbonisation

Lucas TERREI^{1,2}, Zoubir ACEM¹, Véronique MARCHETTI², Paul LARDET² et Gilles PARENT¹

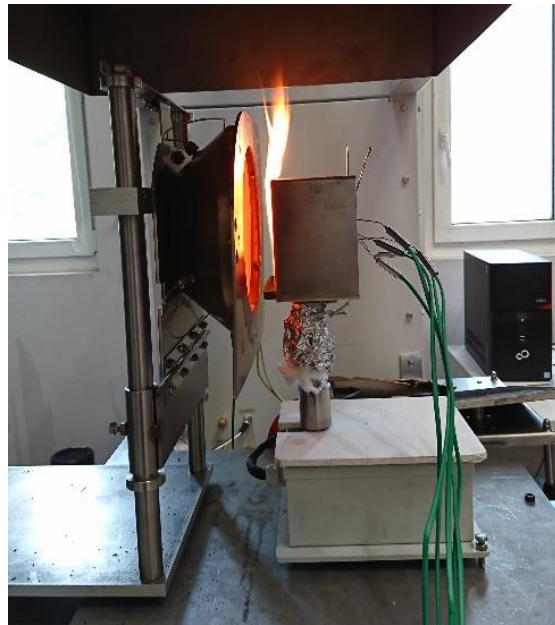
¹ LEMTA (UMR CNRS 7563), Université de Lorraine, Nancy, France

² CSTB, Université Paris-Est, France

GDR de Lille, 13-14 Février 2020

Contexte général

- Volonté politique : utilisation du **bois** dans la **construction**
- Mesure de la température dans le bois : **mesure répandue à toutes les échelles**



Cône calorimètre.



Single Burning Item (SBI).



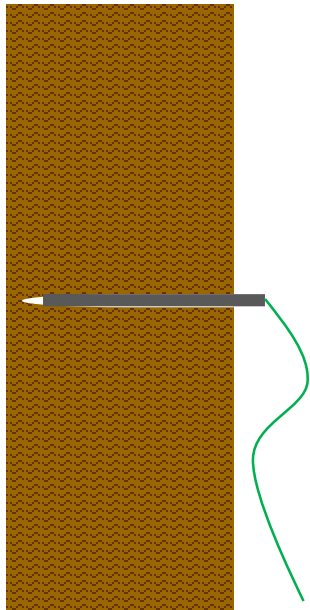
Immeuble Hyperion (57 m), Bordeaux, 2021.



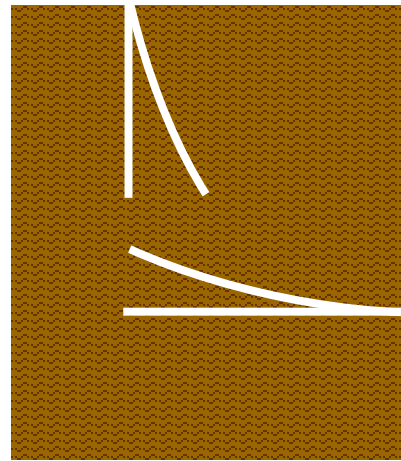
Parking bois/béton, Arbonis et CSTB pendant test (2017).

Les différents types d'implantation

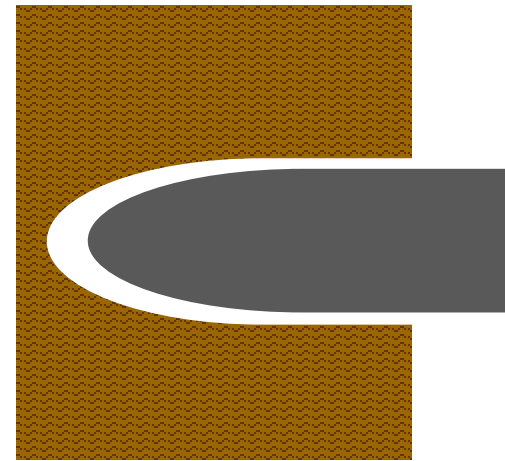
- Articles qui recommandent de placer les thermocouples **perpendiculairement** au flux [1,2]
- **En ingénierie :**



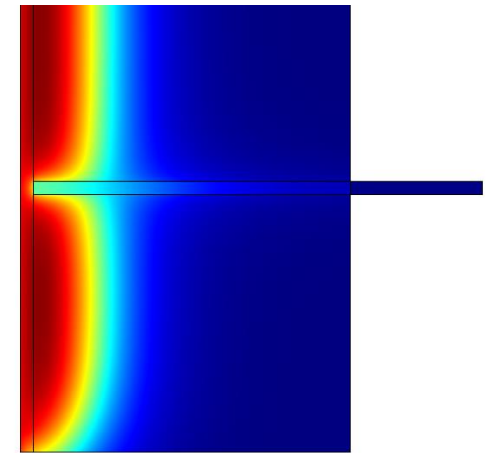
Position exacte du thermocouple



Contact entre le bois et le thermocouple

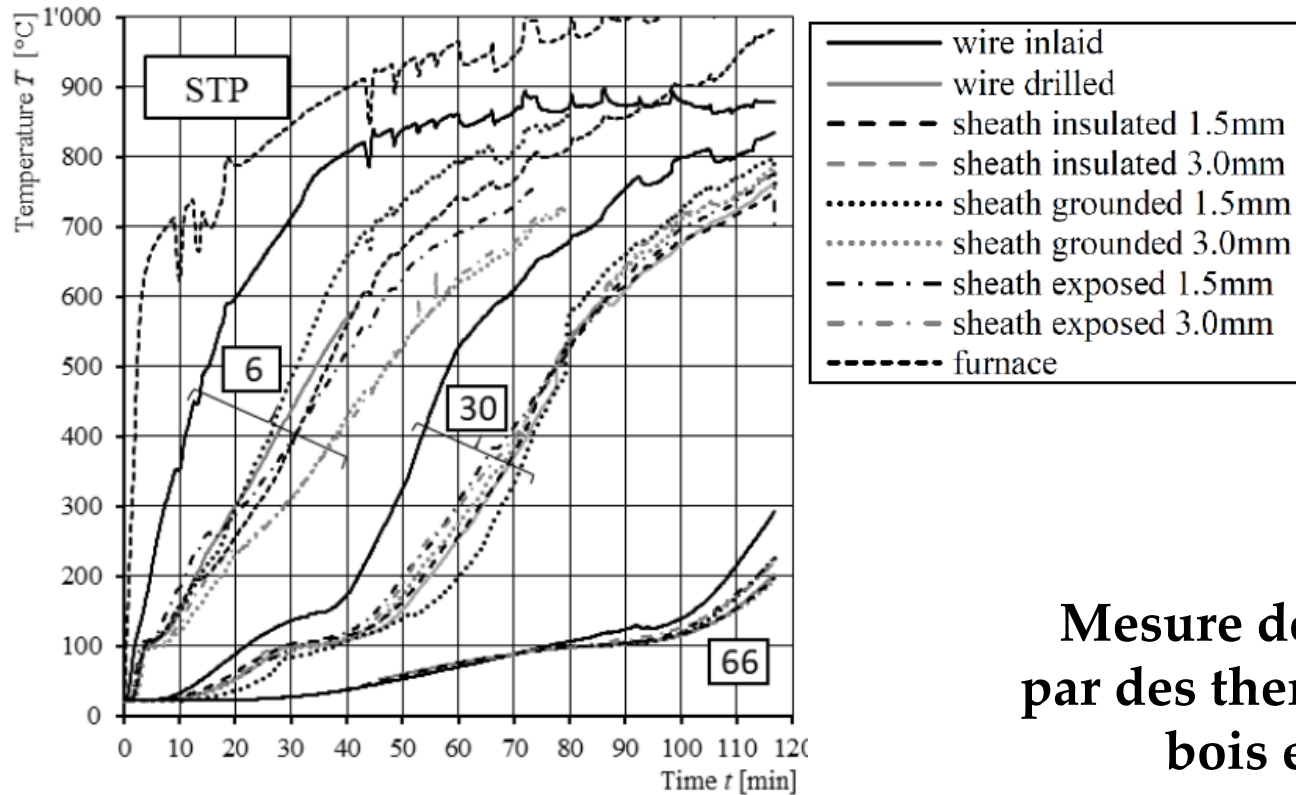


Puits thermique



Les différents types d'implantation

- R. Fahrni *et al.* : Influence du type et de l'implantation d'un thermocouple dans le bois sous feu ISO-834 [3,4]



- Mise en place des thermocouples : différence de température à une même profondeur
- Plateau à 100 °C : surtout pour les thermocouples placés après perçage
- Isotherme 300 °C : écart pouvant aller jusqu'à 25 minutes

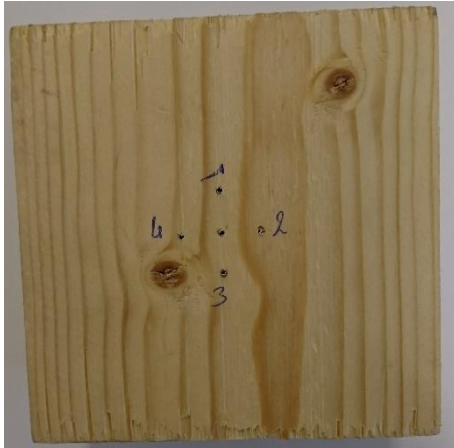
Sheathed tc

Wire tc

Mesure de la température à différentes échelles par des thermocouples non gainés et noyés dans le bois et suivi du front de carbonisation.

Fig : Température moyenne sur du bois massif exposé au feu ISO-834 [3].

Usinage des échantillons de bois



Usinage



Implantation des thermocouples

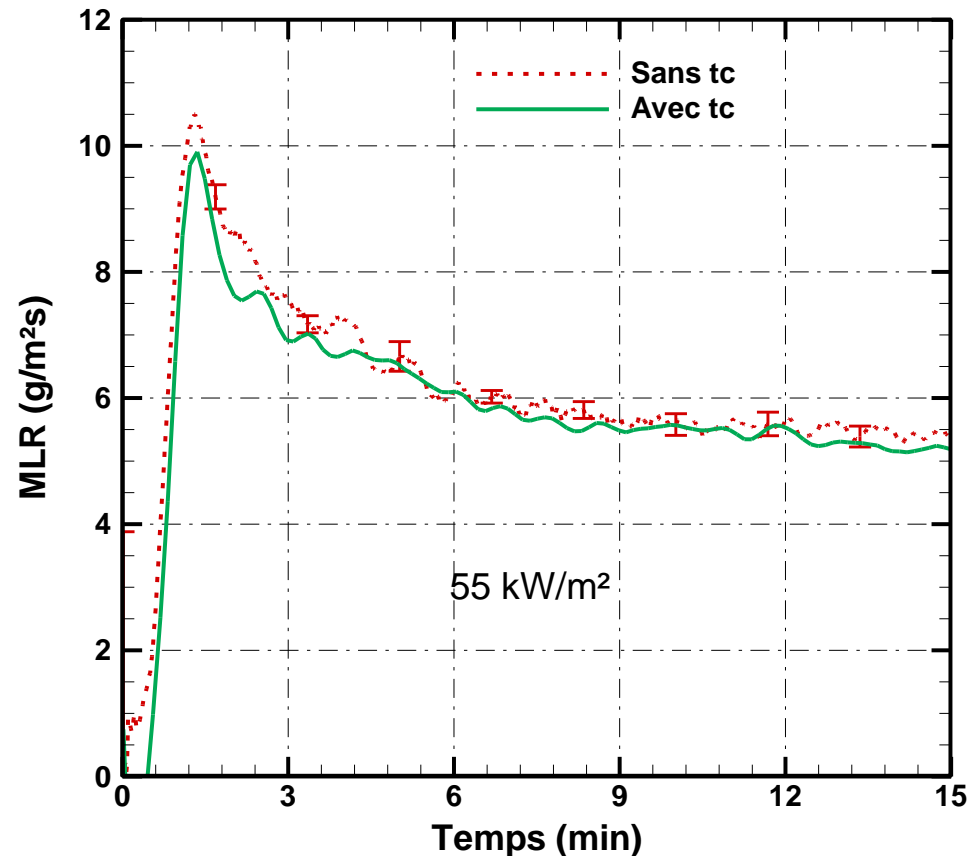


Collage



Influence des modifications sur la dégradation du bois

Mesure de la vitesse de perte en masse pour les différentes



- Évolution de la vitesse de perte en masse quasi identique
- Les différentes modifications n'ont pas d'influence sur la dégradation du bois

Possibilité de mesurer la perte de masse et la température dans le matériau avec ces thermocouples

Mesure de température dans le bois par thermocouples

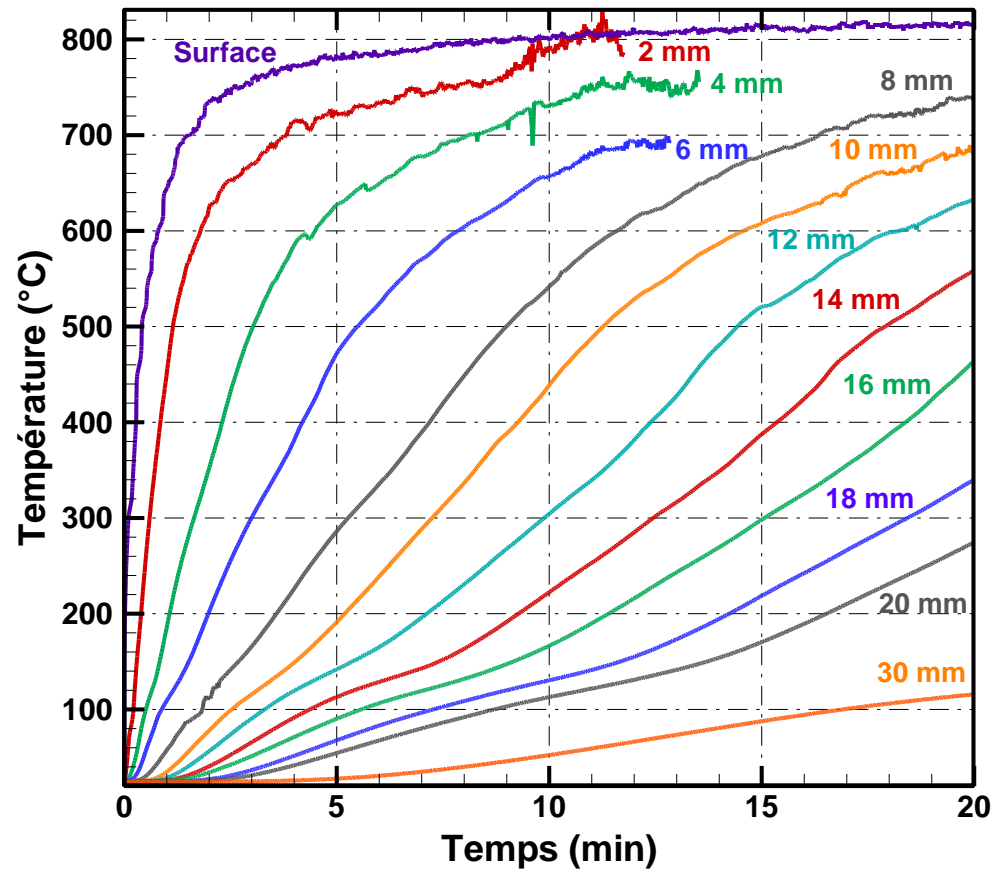
4 thermocouples placés tous les 2 mm, parallèle au flux de chaleur (D= 1 mm)



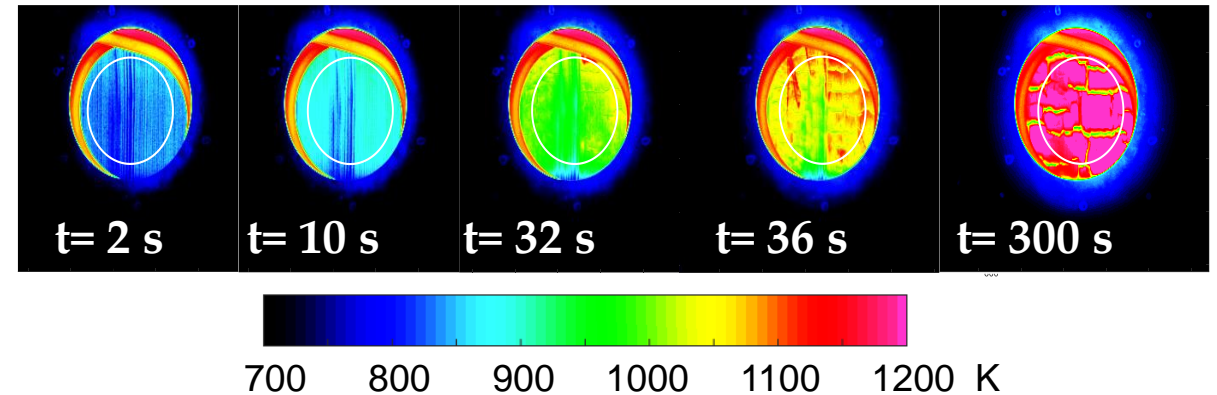
12 thermocouples placés tous les 2 mm dans le bois (D= 0,1 mm)



Thermogramme à 55 kW.m^{-2}

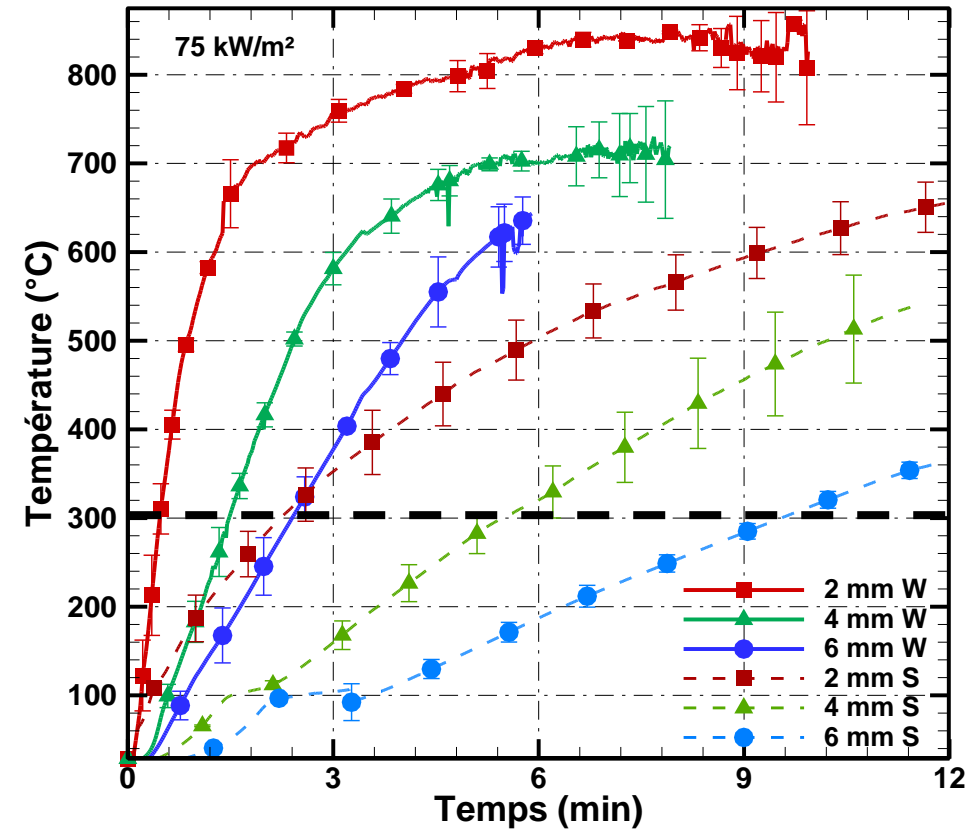
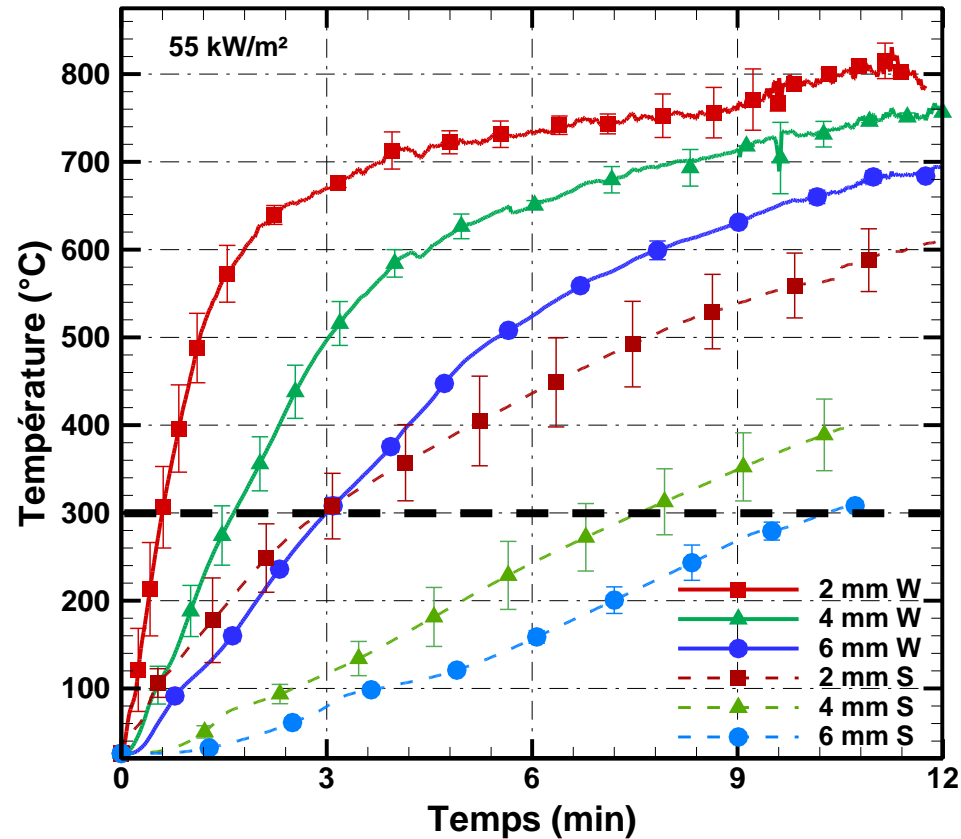


- Température de surface mesurée avec une caméra IR équipée d'un filtre (3800 nm) [5]



- Évolution de la température en profondeur suit celle de la température de surface

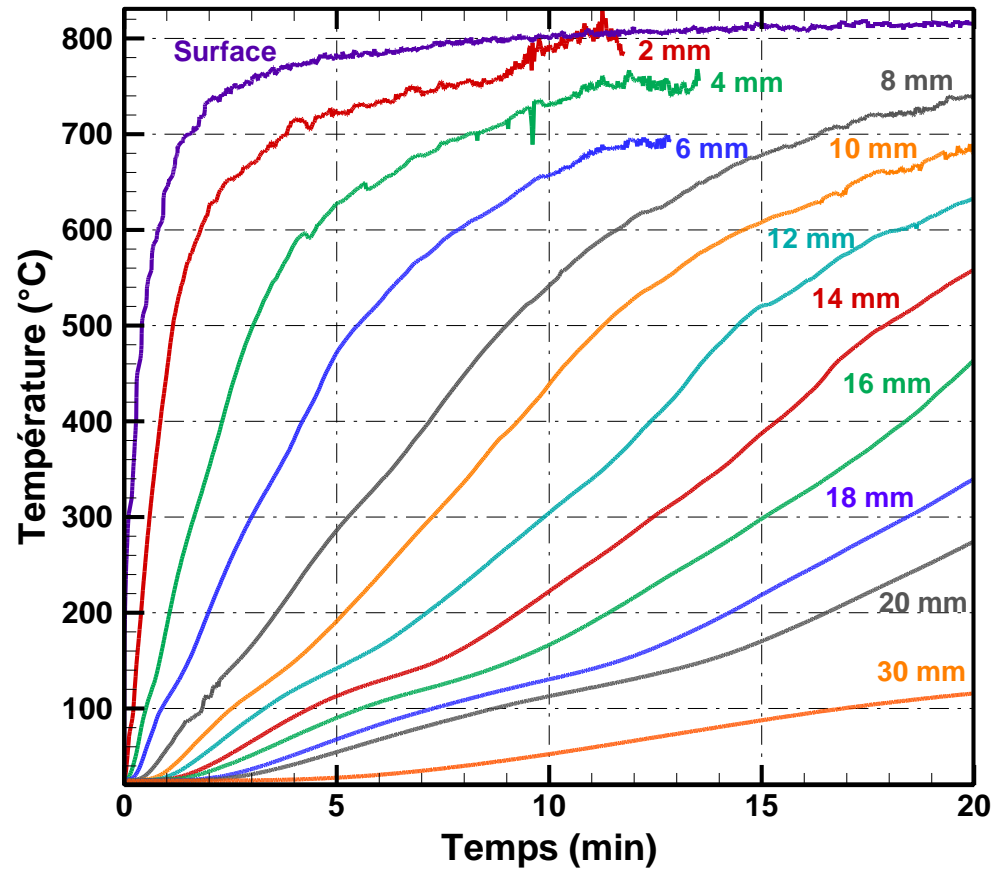
Comparaison des températures par thermocouples



S: thermocouple gainé 1 mm
W: thermocouple soudé 0,1 mm

Comparaison de l'avancée du front de charbon

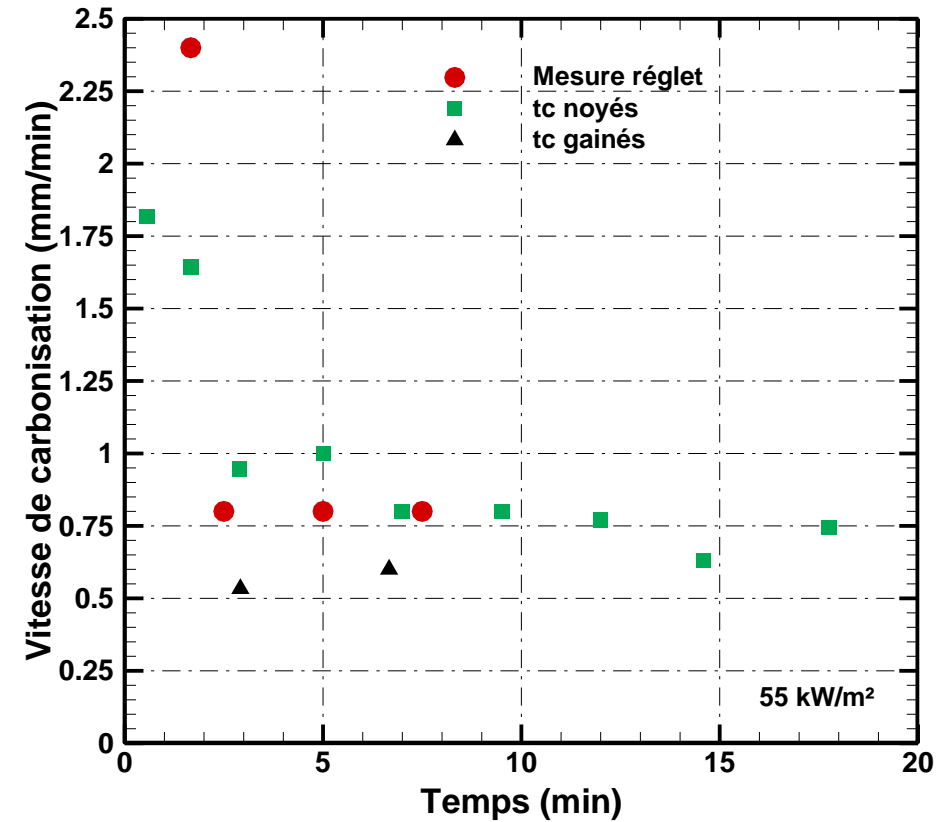
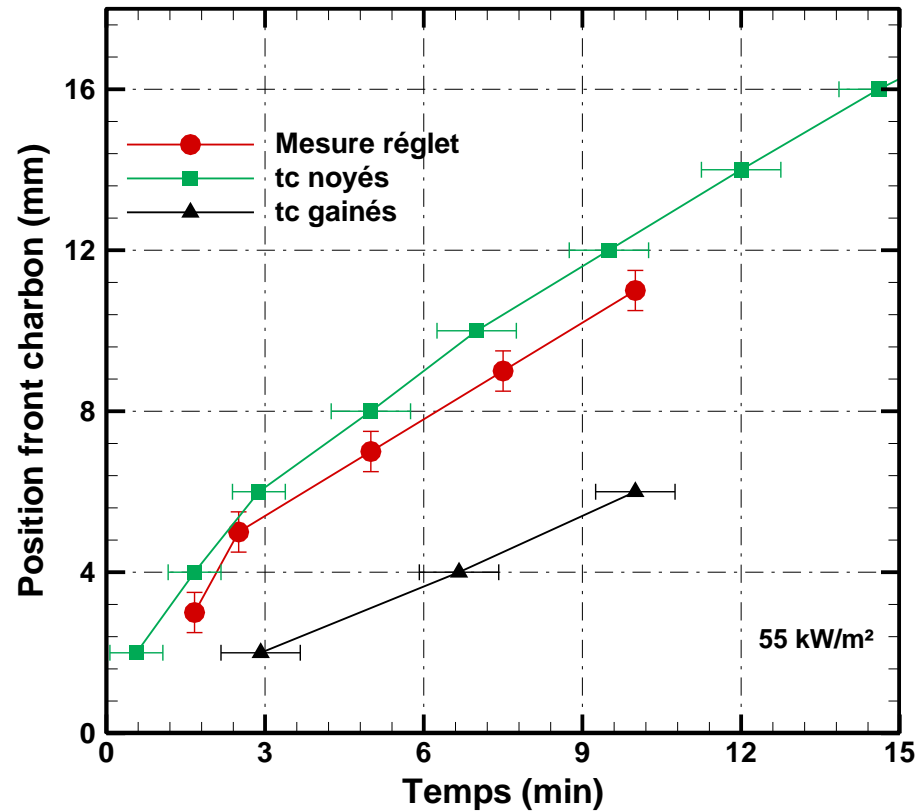
Suivi de l'isotherme à 300 °C



Mesure du front de charbon avec un réglet après différents temps d'exposition



Avancée du front de charbon à 55 kW.m⁻²

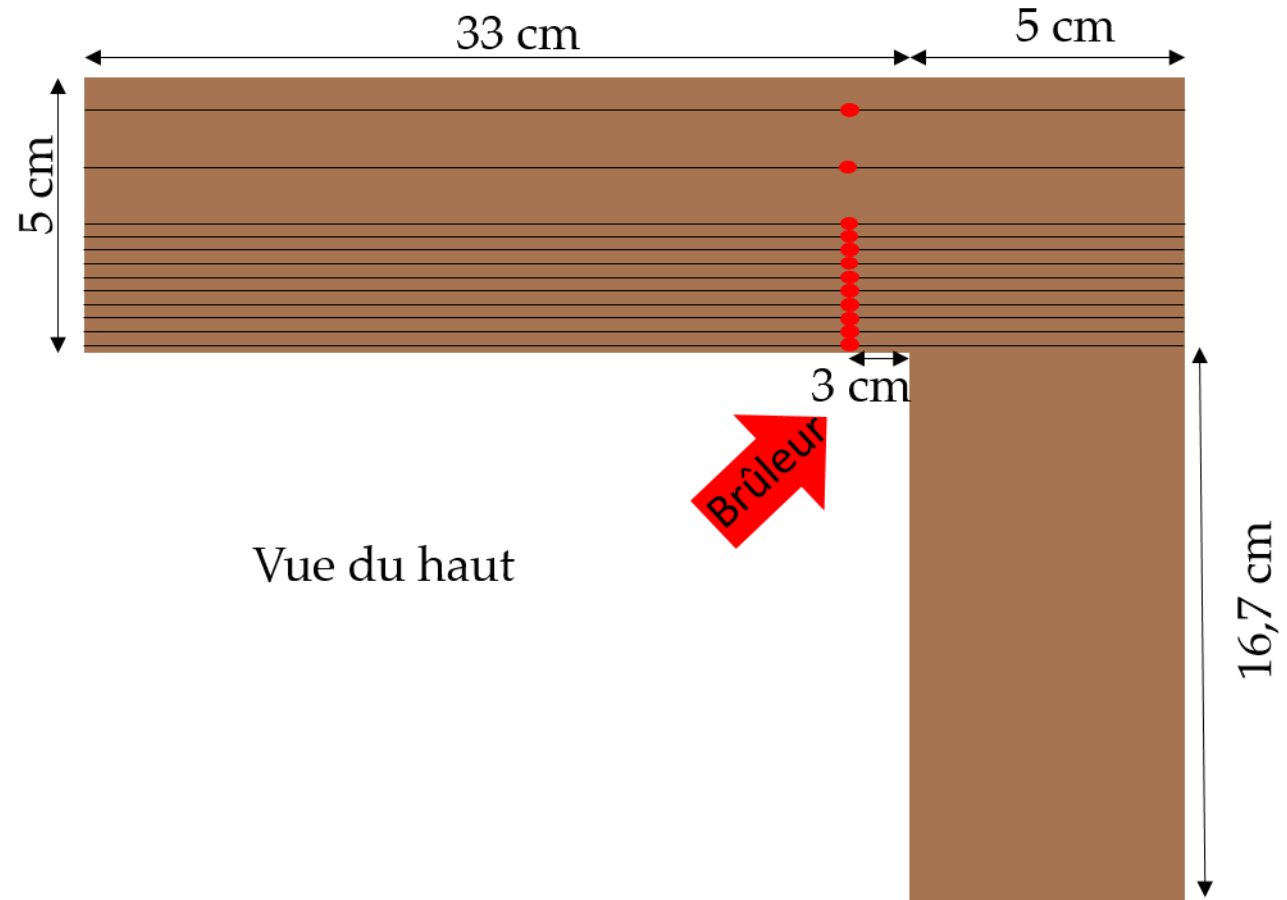


La mesure par thermocouples noyés se rapproche plus des mesures par réglet

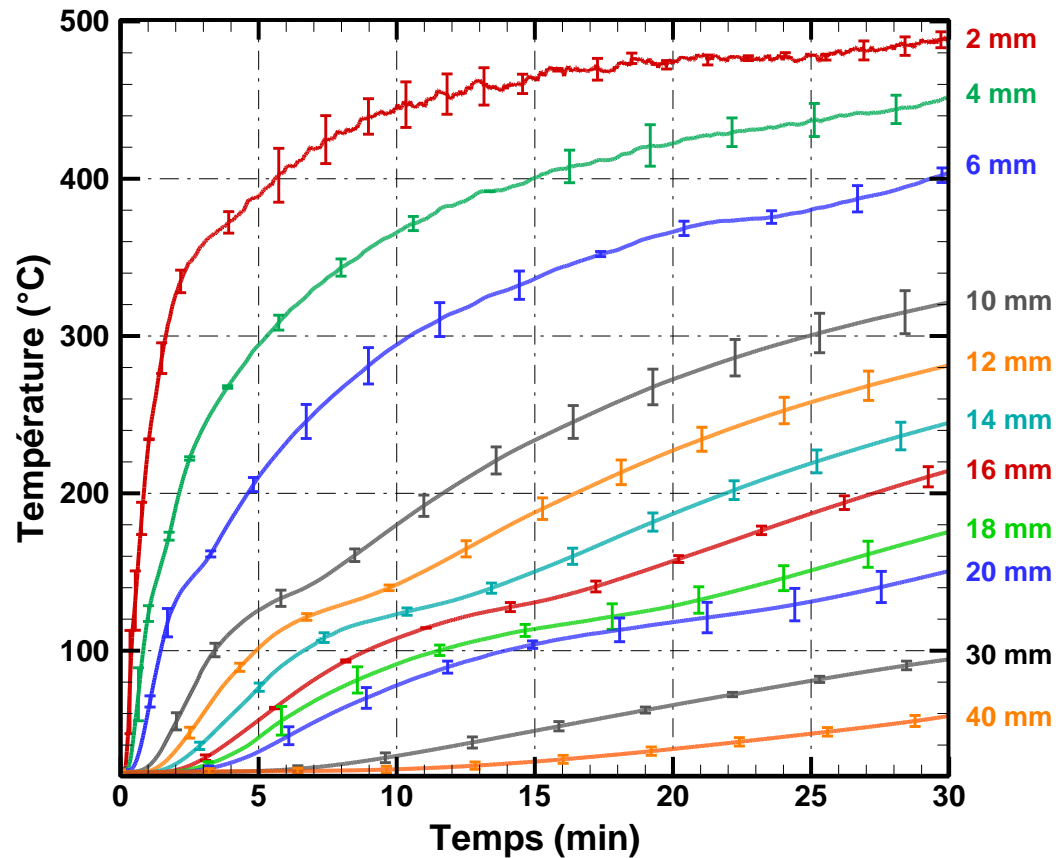
Changement d'échelle : Mini-SBI

SBI (Single Burning Item) : Essai normé de réaction au feu permettant de classer les matériaux de construction

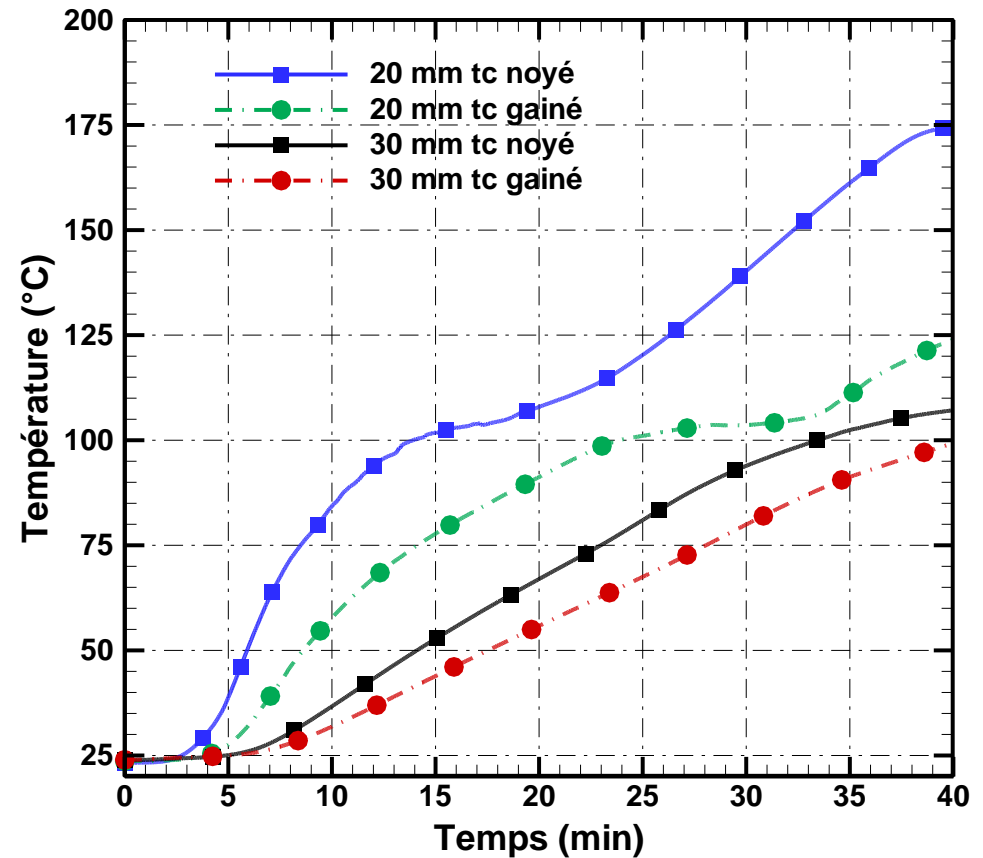
Mini-SBI : échelle 1/3 par rapport au SBI



Évolution de la température dans le bois

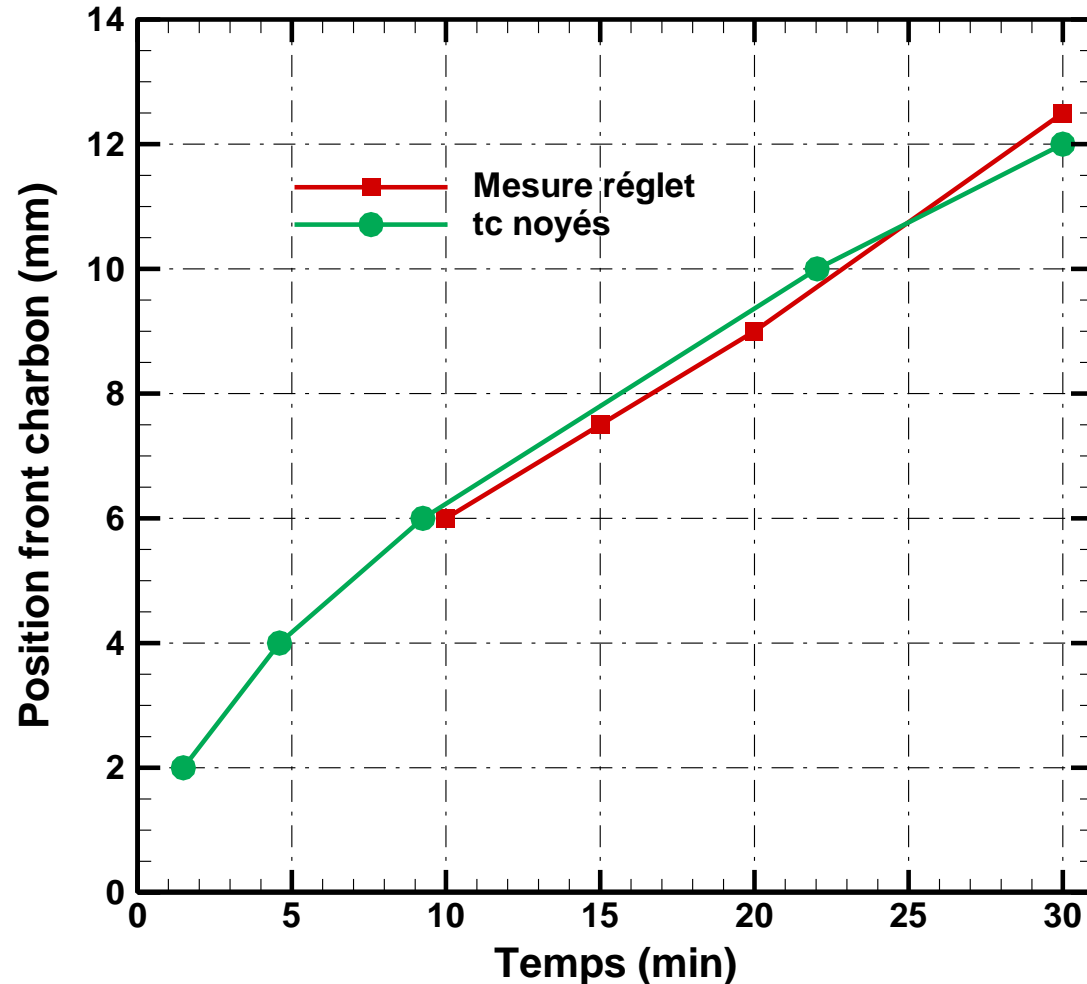


Courbe de température



Comparaison entre tc noyés et gainés
(0,5 mm de diamètre)

Comparaison du front de charbon



- ✓ Bonne corrélation entre les deux mesures.
- ✓ La mesure de température par thermocouples noyés peut être validé pour une échelle supérieure.

Mesure de la température au SBI

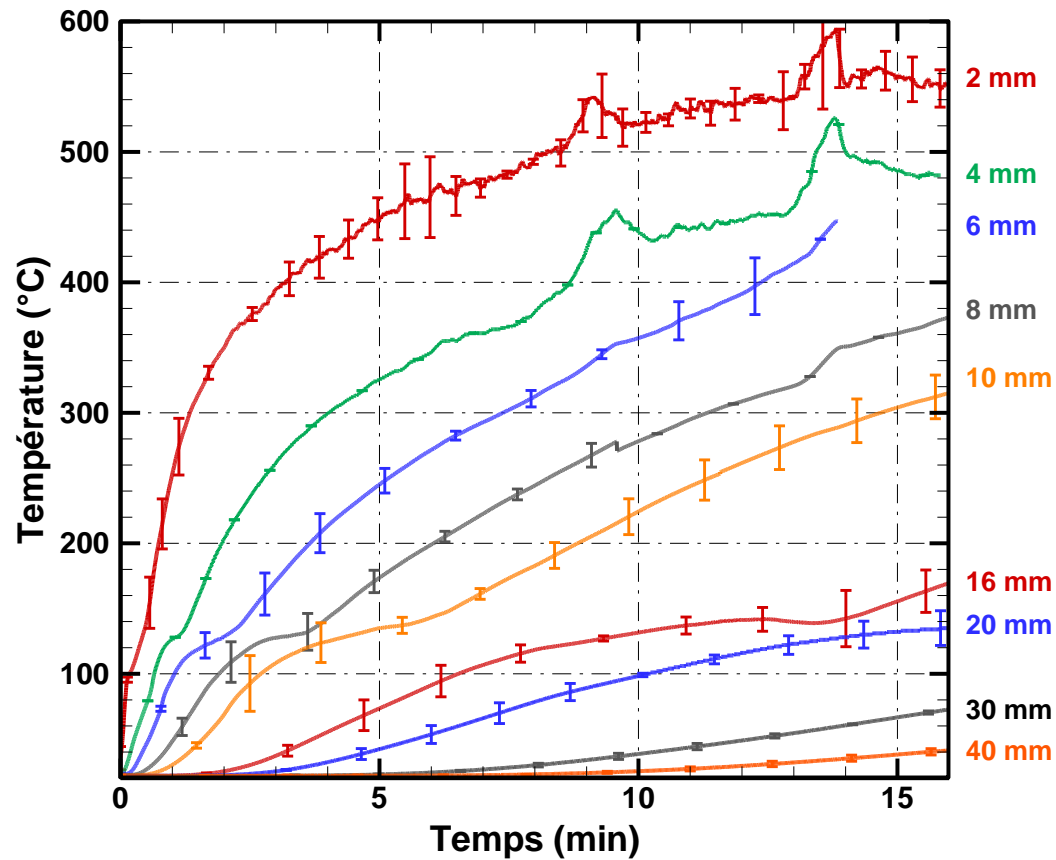


Puissance du foyer : 30 kW

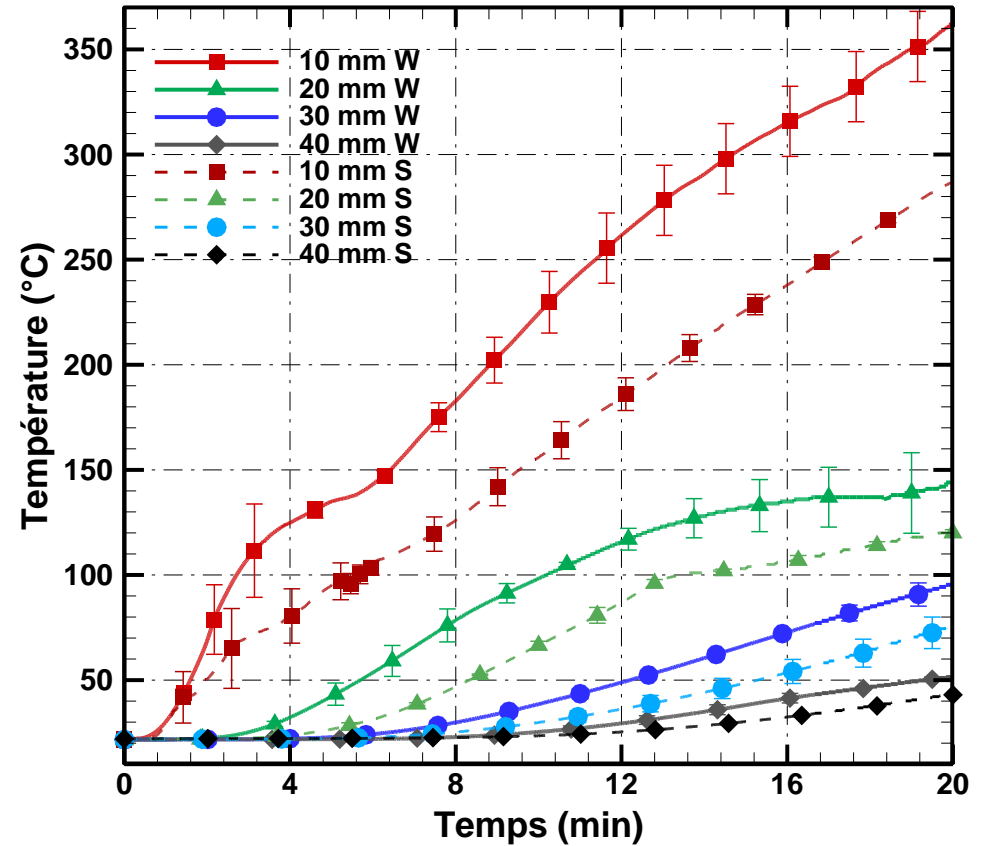


Implantation de thermocouples noyés

Mesure de la température au SBI



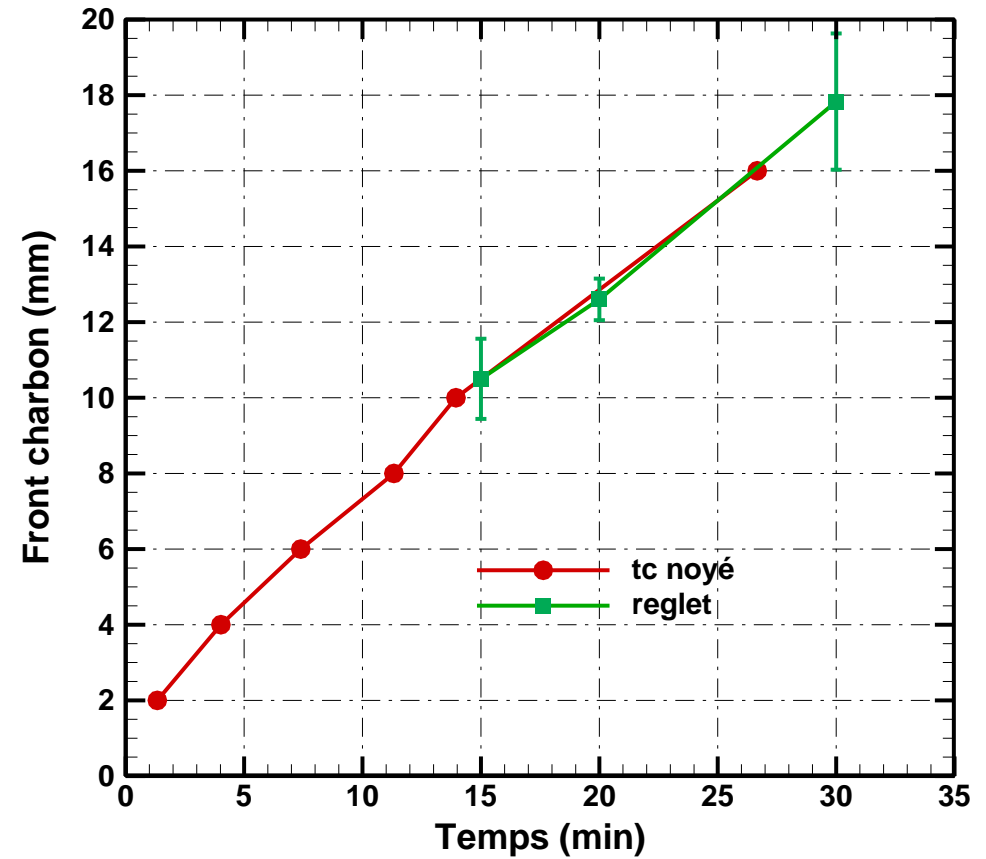
Courbe de température



Comparaison entre tc noyés et gainés
(0,5 mm de diamètre)

Avancée du front de charbon SBI

Échantillons découpés afin de cartographier la zone de charbon

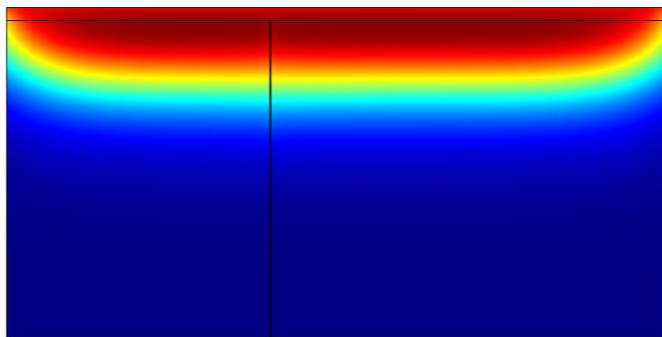


Conclusion

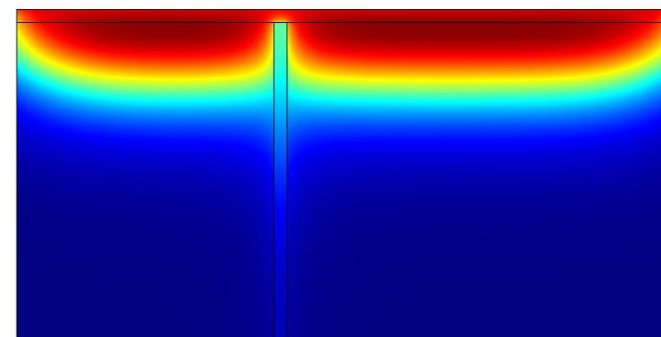
- ❑ Mise en place des thermocouples dans le bois : sous-estimation de la température
- ❑ Implantation de thermocouples noyés
 - ✓ Position du capteur
 - ✓ Contact capteur/matériau
 - ✓ Puits thermique évité
 - ✓ Inertie réduite
 - ✗ Temps de mise en place
 - ✗ Passage à une échelle supérieure
- ❑ Comparaison avec le front de carbonisation : bonne estimation de l'isotherme à 300 °C

Perspective

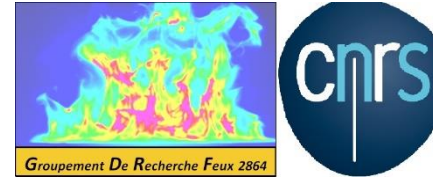
- ❑ Modélisation de l'influence du thermocouple sur la mesure de température



Diamètre : 0,1 mm



Diamètre : 1 mm



Merci de votre attention

Références

- [1] Brewer, W. D. (1967). Effect of thermocouple wire size and configuration on internal temperature measurements in a charring Ablator.
- [2] James V. Beck (1962), Thermocouple Temperature Disturbances in Low Conductivity Materials. *Journal of heat transfer*.
- [3] Fahrni, R., Schmid, J., Klippel, M., & Frangi, A. (2018). Investigation of different temperature measurement designs and installations in timber members as low conductive material. In *10th International Conference on Structures in Fire (SiF 2018)* (pp. 257-264). Belfast, United Kingdom.
- [4] Fahrni, R., Schmid, J., Klippel, M., & Frangi, A. (2018, August). Correct temperature measurements in fire exposed wood. In *World Conference on Timber Engineering (WCTE 2018)* (pp. MAT-O9). ETH Zurich, Institute of Structural Engineering (IBK).
- [5] Terrei, L., Acem, Z., Georges, V., Lardet, P., Boulet, P., & Parent, G. (2019). Experimental tools applied to ignition study of spruce wood under cone calorimeter. *Fire Safety Journal*, 108, 102845.