

## Étude comparative des classifications au feu des matériaux de construction

Amirouche Sadaoui

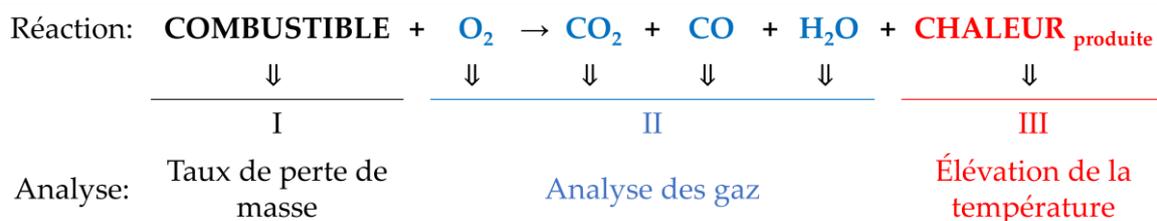
Vous pouvez consulter l'article [ici](#) [1]

### Introduction

Le secteur de la construction rassemble une diversité d'acteurs aux profils différents, notamment les architectes, les concepteurs, les fabricants, les consommateurs et les organismes de réglementation. Ces derniers veillent à encadrer l'ensemble du domaine des matériaux de construction afin d'assurer le respect des normes de sécurité, de santé, d'accessibilité, ainsi que de protection des bâtiments contre les incendies, les dommages structurels et les impacts environnementaux[2].

Au cours des dernières décennies, les connaissances scientifiques sur la dynamique incendie ont évolué de manière significative, tout comme les méthodes utilisées pour caractériser la réaction des matériaux au feu [3,4]. Un essai de caractérisation vise à décrire ou à mesurer un aspect spécifique d'un phénomène physique, comme le module de Young dans un essai de flexion. Les essais de caractérisation au feu des matériaux obéissent à une logique similaire. Un essai au feu doit permettre de quantifier une propriété liée à la dynamique du feu.

Comme le montre la Figure 1, le feu est une réaction exothermique impliquant un oxydant et un combustible, produisant de la chaleur et des produits de combustion tels que des effluents gazeux et des cendres.



*Figure 1. Une approche simplifiée pour caractériser la réaction au feu d'un matériau.*

La présente étude a pour objectif d'analyser et de comparer les pratiques actuelles en matière de classification des réactions au feu des matériaux, en particulier les méthodes calorimétriques et les essais de propagation de la flamme en surface. Elle vise également à évaluer les avantages et les inconvénients de ces différentes approches. À cette fin, une étude expérimentale a été réalisée sur 20 matériaux de construction accessibles sur le marché, dont les applications (structure, isolation, etc.) et les comportements au feu varient

(thermoplastique, bois, etc.). Les matériaux ont été choisis en fonction de leur indice de propagation de la flamme et de leur conformité aux réglementations de l'Union européenne. Seuls des essais au calorimètre à cône ont été réalisés et discutés ci-après.

En ce qui concerne la méthode de propagation de la flamme en surface, le choix s'est porté sur les classifications nord-américaines, où cette méthode est largement utilisée. Plus particulièrement, la classification canadienne CAN/ULC S102 a été retenue, car elle est similaire (mais non équivalente) à la classification américaine ASTM E84 et bénéficie d'une documentation abondante. En ce qui concerne les méthodes calorimétriques, le choix s'est porté sur la classification européenne pour l'essai d'objet isolé en feu (*single burning item, SBI*), les classifications de performance japonaises utilisant le calorimètre à cône, ainsi que la classification néo-zélandaise, équivalente à la classification australienne, qui utilise également le calorimètre à cône comme alternative à l'essai dans le coin d'une pièce (*room corner test*).

### Méthode et résultats

Cette étude vise à examiner les classifications mentionnées précédemment en fonction de quatre critères principaux : l'échelle, le coût et la taille, la mesure et la performance. Les principaux essais sont résumés à la Figure 2.

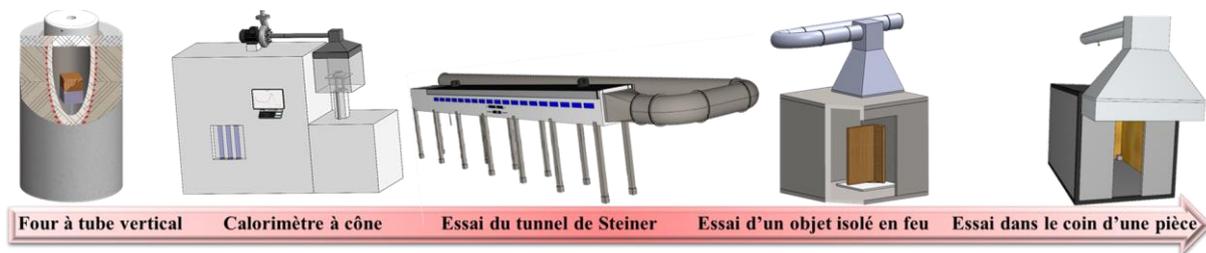


Figure 2. Récapitulatif des principaux essais de classification au feu des matériaux.

Dans un premier temps, l'ensemble des matériaux a été testé au calorimètre à cône, soumis à un flux de chaleur rayonnante constant de  $50 \text{ kW/m}^2$  en position horizontale et positionné à 25 mm en-dessous de l'élément chauffant conique. Conformément à la norme ISO 5660-1, les matériaux, d'une dimension de  $100 \times 100 \text{ mm}$ , ont été testés en utilisant le support à échantillon et la laine réfractaire normalisés. Les débits calorifiques obtenus lors des essais au calorimètre à cône sont présentés dans la Figure 3.

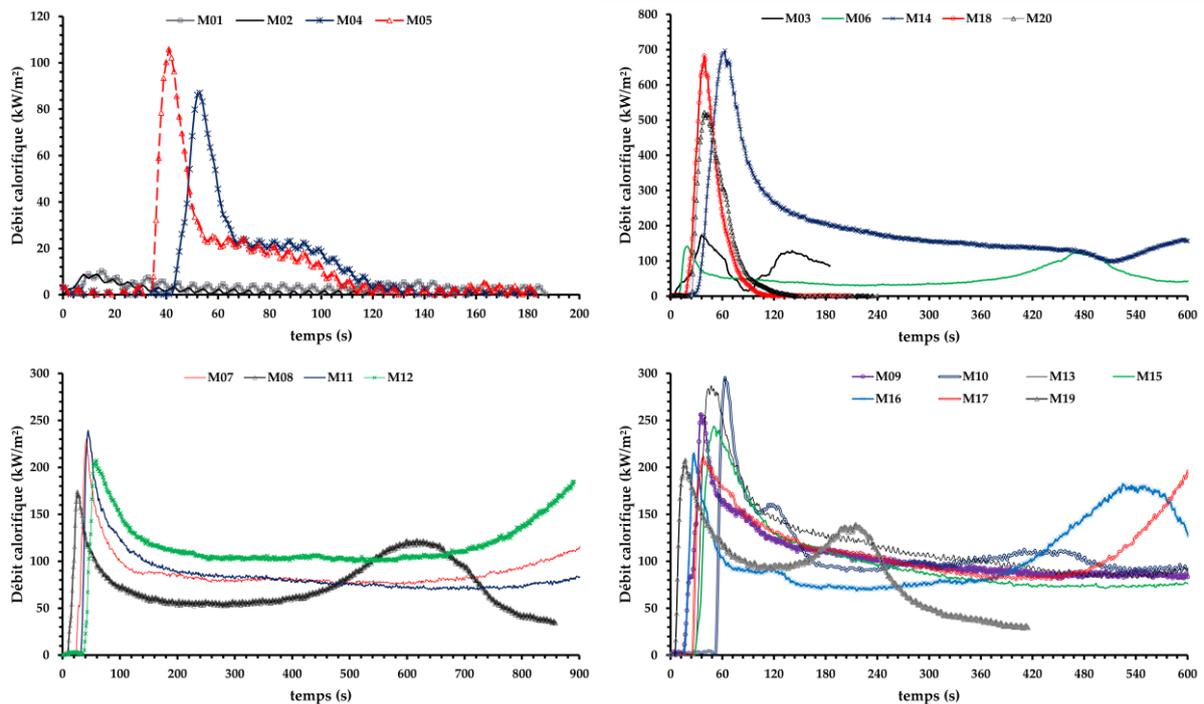


Figure 3. Résultats du débit calorifique des matériaux testés au calorimètre à cône.

Les matériaux incombustibles, comme la fibre de verre et la fibre de roche (M01, M02), ne s'enflamment pas et leur débit calorifique demeure presque nul, à l'exception d'une légère augmentation au cours des 20 premières secondes. Les panneaux de gypse s'enflamment rapidement en raison du papier en surface, mais la combustion cesse aussitôt que papier est consommé, avec des débits calorifiques maximaux ( $HRR_{max}$ ) inférieurs à  $120 \text{ kW/m}^2$ .

Pour les matériaux ayant des comportements divers, comme les isolants en polystyrène extrudé rigide (XPS) et en polystyrène expansé (EPS), (M18, M20), la croissance du débit calorifique est rapide, dépassant les  $500 \text{ kW/m}^2$ , avant de diminuer tout aussi rapidement. Le Polychlorure de vinyle (PVC) présente un comportement oscillant, c'est-à-dire qu'il s'enflamme et atteint un pic d'environ  $200 \text{ kW/m}^2$ , puis s'éteint progressivement avant qu'une nouvelle couche du matériau prenne feu. Le bois composite (WPC) atteint un pic élevé de  $697 \text{ kW/m}^2$  avant que la formation d'une couche de carbonisation vienne limiter la combustion. Le contreplaqué ignifugé présente un débit calorifique plus limité que celui du contreplaqué non ignifugé.

Les matériaux en bois montrent des comportements assez similaires. Après l'inflammation, le débit calorifique augmente rapidement puis se stabilise à la suite de la formation d'une couche de carbonisation. Un second pic apparaît vers la fin de la combustion, ce qui représente la combustion du charbon résiduel. Le comportement varie selon les essences de bois : l'épinette blanche s'enflamme rapidement, mais a un HRR plus faible que l'érable à sucre ou le chêne rouge, qui brûlent plus longtemps. Le comportement des matériaux biosourcés ressemble à

celui des matériaux en bois, avec une combustion rapide suivie d'une stabilisation, avant l'apparition d'un second pic.

Dans un second temps, les résultats obtenus avec le calorimètre à cône sont comparés aux classifications japonaises et néo-zélandaises. Les matériaux sont ensuite projetés sur les classifications canadienne et européenne. Ces résultats sont résumés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Comparaison des classifications au feu des matériaux.

N°	CAN/ULC-S114	CAN/ULC-S102	Japon	Euroclasses	Nouvelle-Zélande
M01	Incombustible	0	NC	A1	1
M02	Incombustible	0	NC	A1	1
M03	Combustible	15	UC	B <sub>fl</sub> <sup>2</sup>	3
M04	Incombustible	15	NC	A2	1
M05	Incombustible	25	NC	A2	1
M06	Combustible	25	UC	B <sup>1</sup>	3
M07	Combustible	40	UC	D	3
M08	Combustible	50	UC	D	3
M09	Combustible	50	UC	D <sup>1</sup>	3
M10	Combustible	50	UC	D	3
M11	Combustible	100	UC	D	3
M12	Combustible	104	UC	D	3
M13	Combustible	120	UC	D	3
M14	Combustible	125	UC	E <sub>fl</sub> <sup>2</sup>	4
M15	Combustible	150	UC	D	3
M16	Combustible	150	UC	D	3
M17	Combustible	175	UC	D	3
M18	Combustible	190 <sup>3</sup>	UC	E	3
M19	Combustible	218	UC	E	4
M20	Combustible	240 <sup>4</sup>	UC	E	3

NC: incombustible. UC: non classé. <sup>1</sup>: projection sur des matériaux similaires. <sup>2</sup>: commercialisés et classés pour les revêtements de plancher. <sup>3</sup>: selon CAN/ULC-S102.2 et égal à 10 selon ASTM E84. <sup>4</sup>: selon CAN/ULC-S102.2 et égal à 25 selon ASTM E84.

## Comparaison des classifications au feu des matériaux

La comparaison des classifications au feu des matériaux met en évidence la diversité des méthodes et des résultats obtenus selon les différents contextes d'essai. Chaque méthode de classification présente ses avantages et ses limites, soulignant ainsi l'importance de choisir celle qui est la plus appropriée en fonction des objectifs spécifiques lors de l'évaluation du risque incendie des matériaux. Il est essentiel de prendre en compte les caractéristiques intrinsèques des matériaux, ainsi que les exigences et normes applicables dans les secteurs et les réglementations concernés, afin de garantir des évaluations précises et fiables de leur performance au feu.

La classification japonaise évalue le degré d'incombustibilité des matériaux. Par conséquent, le calorimètre à cône, tel que défini dans la législation japonaise sur les normes de construction, est similaire à l'essai CAN/ULC-S135 de la classification canadienne, qui est utilisé pour classer les matériaux présentant de faibles niveaux de combustibilité.

En ce qui concerne la classification néo-zélandaise, elle divise la réaction au feu des matériaux en deux groupes principaux : les matériaux incombustibles (groupe 1) et les matériaux combustibles (groupe 3). En outre, certains matériaux classés selon les normes ISO 9705 et ISO 5660-1 ne correspondent pas à ces groupes. Les limites stochastiques du modèle utilisé

dans cette classification doivent donc être révisées sur la base d'une gamme plus étendue de résultats d'essais ISO 9705 en coin de pièce (*room corner test*).

Le système de classification européen combine plusieurs essais à différentes échelles. Les essais à l'échelle du matériau sont privilégiés pour les matériaux incombustibles ou hautement combustibles, tandis qu'une échelle de système est réalisée pour les matériaux modérément combustibles. Bien que l'essai SBI (*single burning item*) fournisse des informations utiles sur la performance au feu des matériaux dans des conditions contrôlées, sa pertinence et sa représentativité dans les scénarios réels demeurent incertaines.

Au Canada, la réaction au feu est réglementée, mais peu quantifiée. Outre la comparaison entre les espèces de bois, l'essai du tunnel de Steiner permet de classer certains matériaux. En raison de sa sensibilité aux différents comportements des matériaux et de sa mesure non quantifiable, l'indice de propagation de la flamme (IPF) dans le tunnel de Steiner ne permet pas à lui seul de déterminer de manière réaliste le degré de combustibilité d'un matériau, ce qui rend difficile la corrélation de ces résultats avec d'autres essais.

Également concernant la pertinence des indices, il est noté selon la Figure 4 que la méthode de calcul de l'indice de propagation de la flamme selon les normes CAN/ULC-S102 et S102.2, ne représente physiquement pas la vitesse de propagation de la flamme en surface, qui est fondamentalement une distance divisée par une unité de temps (ex : m/s).

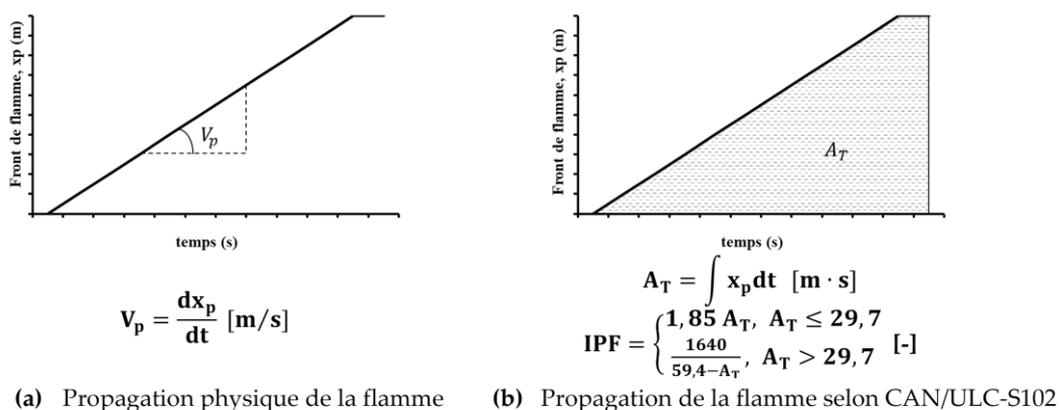


Figure 4. Différence entre le calcul de la propagation de la flamme en surface et l'indice de propagation de la flamme.

Une comparaison des essais en termes d'échelle, de coût, de mesure et de performance au feu indique que la méthode la plus appropriée pour classer la combustibilité des matériaux consiste à utiliser une échelle du matériau, accompagnée de mesures quantifiables de la dynamique du feu et à un faible coût. L'utilisation d'essais quantifiables à grande échelle permet d'obtenir la réponse d'un système dans un scénario unique, mais à un coût élevé. Cependant, elle ne permet pas d'analyse précisément de la contribution d'un matériau et sa pertinence pour la classification des matériaux à usage général reste complexe, en particulier pour les codes qui ne reposent sur une approche basée sur la performance.

Actuellement, l'essai le plus avancé pour caractériser l'échelle des matériaux est le calorimètre à cône, mais les critères d'évaluation du risque d'incendie ne sont pas encore clairement définis. Une révision des codes de construction à l'échelle des matériaux avec accès au degré de combustibilité des matériaux est nécessaire pour établir la transition d'une réglementation normative à une réglementation basée sur la performance. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les critères à prendre en compte lors de l'essai au calorimètre à cône afin de classer les matériaux en fonction de leur degré de combustibilité.

## Conclusions

Pour comprendre les classifications des incendies, il est crucial de prendre en compte la complexité et les contraintes de différentes méthodes d'essai utilisées. Il est essentiel de considérer à la fois les caractéristiques intrinsèques des matériaux et les exigences réglementaires pour effectuer des évaluations précises. Par exemple, l'essai du tunnel de Steiner a une portée limitée, alors que le système japonais privilégie l'incombustibilité en recourant à des essais comme le calorimètre à cône. Le système européen adopte une approche multi-échelle, tandis que la Nouvelle-Zélande utilise un modèle dont la précision peut être sujette à débat. La méthode de classification la plus efficace est l'essai à l'échelle du matériau avec une dynamique d'incendie quantifiable, malgré les coûts élevés et la complexité inhérente aux essais à grande échelle.

Le calorimètre à cône représente actuellement l'essai le plus avancé à l'échelle du matériau. Cependant, une définition plus précise de ses critères est nécessaire pour l'évaluation du risque d'incendie. Il est impératif que les codes de construction soient révisés pour intégrer des évaluations à l'échelle du matériau, afin de faciliter la transition vers des réglementations fondées sur la performance.

## Références

1. Sadaoui, A.; Dagenais, C.; Blanchet, P. A. Comparative Study of Fire Code Classifications of Building Materials. *Fire* 2024, 7, 252, <https://doi.org/10.3390/fire7070252>
2. Canadian Commission on Building and Fire Codes *National Building Code of Canada: 2020*; National Research Council of Canada, 2022;
3. Sadaoui, A.; Dagenais, C.; Blanchet, P.; Perez, C. The Evolution of Reaction to Fire Classification of Materials: A Case Study of Canada. *Fire and Materials* 2024, <https://doi.org/10.1002/fam.3227>
4. Drysdale, D. *An Introduction to Fire Dynamics*; 3rd ed.; John Wiley & Sons, Ltd., 2011; ISBN 978-0-470-31903-1.