

## L'évolution de la classification de la réaction au feu des matériaux : Cas d'étude du Canada

Amirouche Sadaoui

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

### Introduction

La classification au feu des matériaux de construction vise à harmoniser les échanges entre les acteurs du secteur de la construction en matière de sécurité incendie dans les bâtiments. Cependant, à l'échelle internationale, chaque pays applique sa propre classification au feu des matériaux, et le consensus sur une harmonisation des pratiques est encore loin d'être atteint. Les principaux points de divergence concernent le choix des essais au feu et le cadre conceptuel.

Les essais au feu visent à mesurer des caractéristiques liées aux risques d'incendie, permettant ainsi de comparer les matériaux. Le cadre conceptuel, quant à lui, implique l'interprétation des résultats par les autorités compétentes et s'intègre dans des codes de construction, tel que le Code national du bâtiment du Canada. Le concept d'incombustibilité des matériaux illustre un désaccord notable entre les États-Unis et l'Union européenne, bien que les essais utilisés pour cette caractérisation soient assez similaires dans les deux régions. En termes de cadre conceptuel, chaque pays applique des critères de classification distincts pour définir l'incombustibilité des matériaux [2].

En Amérique du Nord, le comportement au feu des matériaux combustibles est régi par un essai ancien, l'essai de propagation de la flamme dans le tunnel de Steiner, qui ne possède pas d'équivalent international [3]. La question principale porte, au-delà du cadre conceptuel, sur la pertinence actuelle de maintenir une classification au feu basée sur un essai datant des années 1950 et utilisé exclusivement en Amérique du Nord. Cela est d'autant plus pertinent lorsque l'on considère que cet essai avait été initialement développé pour comparer le comportement au feu de différents matériaux par rapport au bois. [5].

La présente étude examine l'évolution de la classification des matériaux au feu au Canada ainsi que les méthodes d'essai approuvées pour évaluer la réaction au feu dans le Code national du bâtiment du Canada (CNBC). L'approche utilisée dans cette étude est divisée en deux étapes. D'abord, une analyse de l'évolution de la classification des matériaux au feu dans le CNBC est réalisée, depuis la première édition de 1941 jusqu'à celle de 2020, en tenant compte des rapports du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), qui soutiennent l'élaboration et la révision du CNBC. Ensuite, l'étude se concentre sur l'évolution des essais de réaction au



feu homologué au Canada. Enfin, une discussion et une évaluation sont menées pour examiner la pertinence actuelle des essais et concepts dans la classification canadienne au feu des matériaux, incluant les méthodes d'essai ainsi que d'autres concepts qualitatifs et quantitatifs de combustibilité.

### L'évolution du code national du bâtiment du Canada

La classification au feu des matériaux de construction a évolué au fil des ans, influencée par l'adoption progressive de normes de réaction au feu dans le CNBC, comme l'illustre la Figure 1. Ces révisions ont été introduites pour s'adapter aux nouveaux essais ou aux modifications des essais existants. Malgré ces ajustements, la classification reste toutefois relativement binaire, simplifiant la réponse des matériaux face au feu sans nécessairement refléter toute la complexité de leurs comportements incendiaires.

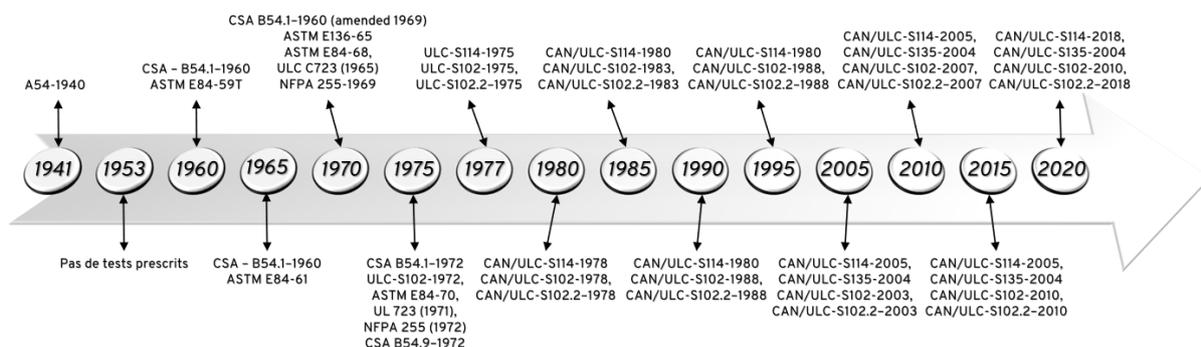


Figure 1. Résumé de l'évolution des normes de réaction au feu des matériaux au Canada.

La réaction au feu des matériaux de construction au Canada s'est faite en trois phases distinctes. Dans la première phase, de 1941 à 1953, il y avait une classification binaire des matériaux combustibles et incombustibles. À cette époque, la priorité était accordée à la résistance au feu, plutôt qu'à l'évaluation détaillée du comportement au feu des matériaux. L'essai principal durant cette période, le four à tube vertical, était destiné à mesurer l'incombustibilité des matériaux. Cet essai, bien qu'ayant subi des améliorations, reste en usage aujourd'hui (Figure 2).

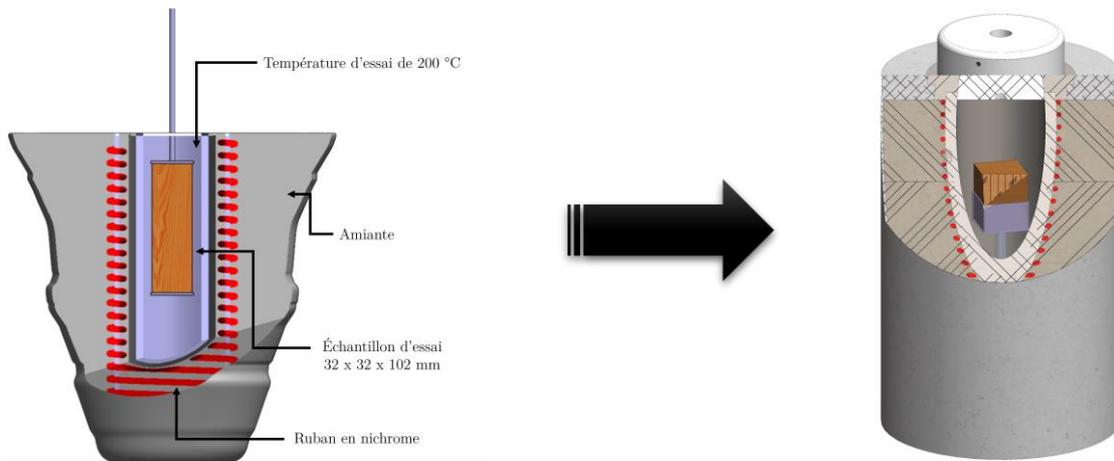


Figure 2. Évolution du four à tubes vertical, prototype de Prince (à gauche) à la norme CAN/ULC-S114 (à droite).

La deuxième phase, de 1960 à 1995, a introduit des critères permettant l'utilisation de matériaux combustibles en fonction des résultats des essais de réaction au feu. Ces critères ont évolué au fil du temps pour s'adapter aux caractéristiques de différents matériaux. Parmi les méthodes d'essai, le tunnel de Steiner (illustré à la Figure 3), a été conçu initialement pour évaluer le comportement au feu du bois ignifugé par rapport au bois non-traité. Par la suite, cette méthode a été étendue à la classification de tous les matériaux combustibles, bien que cela dépasse l'objectif pour lequel elle avait été développée. Notons qu'une version américaine de cet essai, l'ASTM E84, est souvent mentionnée et présente des similarités avec la version canadienne CAN/ULC S102, mais elle diffère sur plusieurs points essentiels, rendant ces méthodes non interchangeables.

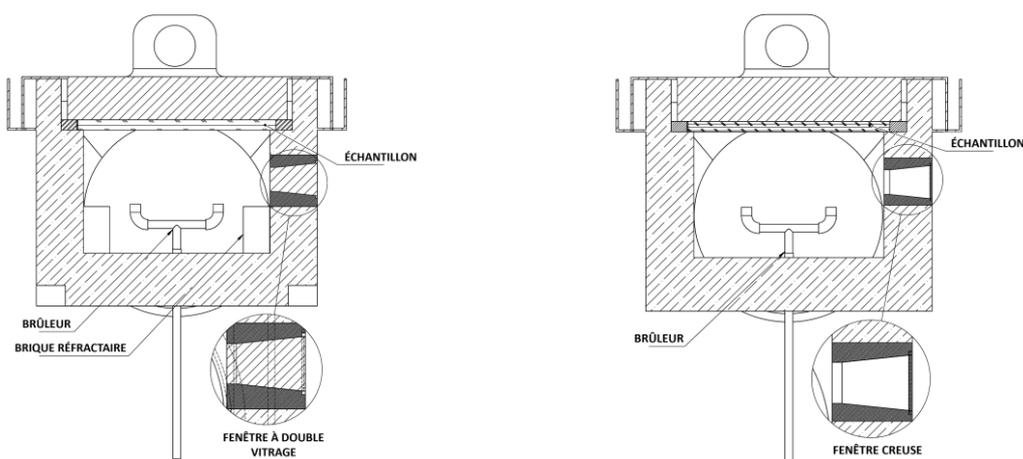


Figure 3. Coupe transversale du tunnel de Steiner (version ASTM E84 à gauche et version CAN/ULC-S102 à droite).

La troisième phase, de 2005 à 2020, marque un tournant dans l'évolution du CNBC vers un code axé sur des objectifs précis. Une nouvelle norme d'essai, basée sur le calorimètre à cône (CAN/ULC S135), a été introduite pour évaluer les matériaux à faible combustibilité (Figure 4). Les matériaux qui respectent les critères de performance établis par cette méthode sont désormais considérés comme acceptables pour une utilisation dans des constructions incombustibles, conformément aux exigences du CNBC.

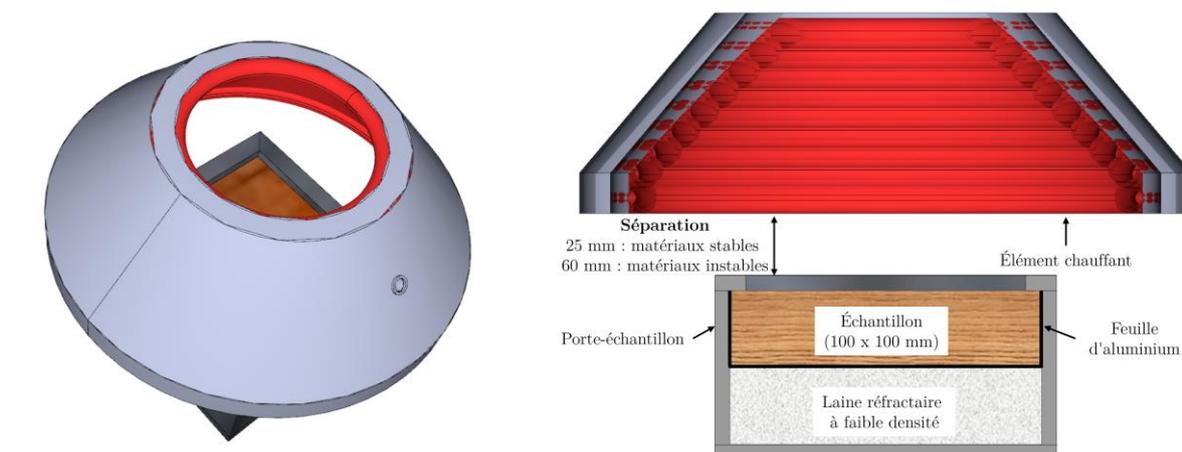


Figure 4. Essai du calorimètre à cône selon CAN/ULC S135.

Le risque d'incendie se distingue en deux concepts essentiels : la réaction au feu et la résistance au feu, qu'il convient de ne pas confondre. Un matériau peut être classé comme incombustible mais ne pas répondre aux critères de résistance au feu, qui dépendent d'autres paramètres, tels que la géométrie de la section transversale, les conditions de charge structurelle et les conditions de fixation aux extrémités. À titre d'exemple, les métaux comme l'acier et l'aluminium, bien qu'incombustibles, sont vulnérables aux hautes températures et nécessitent généralement une protection incendie. Toutefois, leur utilisation dans les bâtiments reste plus sûre que celle des matériaux combustibles. Ces concepts ont influencé les modifications de la première phase de développement du CNBC.

Deux mesures peuvent être suggérées pour développer le cadre conceptuel de la classification des matériaux combustibles. La première suggérée par Richardson & Brooks [5], consiste à diviser la classe des matériaux combustibles en sous-catégories en fonction de leur niveau de combustibilité. Selon Babrauskas [6], la deuxième mesure propose que la classification soit basée sur des propriétés physiques pertinentes pour la dynamique du feu. Cette approche adopte une vision du matériau basée sur la performance, plutôt que la notion traditionnelle qualitative et binaire de combustible et d'incombustible.

## Les essais de réaction au feu au Canada

Les essais de réaction au feu au Canada se divisent en deux catégories : les essais d'incombustibilité et les essais de combustibilité, comme illustré à la Figure 5. La notion d'incombustibilité repose sur un seul aspect du comportement au feu d'un matériau, soit son inflammabilité.

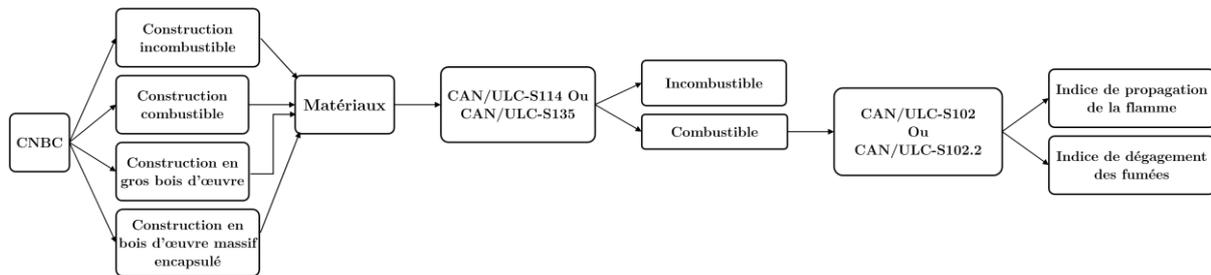


Figure 5. Classification au feu des matériaux pour la période 2005-2020 au Canada.

L'essai du four à tube vertical CAN/ULC-S114 a été le précurseur des méthodes modernes pour évaluer l'incombustibilité des matériaux. Au fil du temps, plusieurs améliorations ont été apportées, notamment une augmentation de la température maximale d'exposition et la réduction de la taille des échantillons. Le four à tube vertical est devenu une méthode normalisée qui consiste à exposer l'ensemble des faces d'un petit échantillon à 750°C et à mesurer la température et la perte de sa masse résultantes. Bien que largement répandue, cette méthode présente des limitations, notamment l'absence de la contribution au calorifique du matériau en situation d'incendie et de son potentiel de toxicité. Pour pallier la sensibilité de certains matériaux à cet essai, tels que les plaques de gypse, l'essai au calorimètre à cône a été introduit comme alternative à l'essai CAN/ULC S114, offrant ainsi une évaluation plus complète.

Le calorimètre à cône est un appareil utilisé pour mesurer le débit calorifique d'un matériau en se basant sur la base du principe de la consommation d'oxygène lors de la combustion. Il fournit également d'autres mesures importantes, telles que la perte de masse, l'obscurcissement de la fumée et la production d'effluents gazeux (CO et CO<sub>2</sub>). La norme ISO 5660-1 est considérée comme la référence pour cet essai.

Bien que le calorimètre à cône présente certaines limitations, telle que la sensibilité à l'émissivité des matériaux, il est largement adopté en recherche en raison de ses résultats reproductibles et de son coût relativement faible. Au Canada, la norme CAN/ULC-S135 est une version adaptée de l'ISO 5660-1 et consiste à exposer un échantillon à un flux de chaleur rayonnante de 50 kW/m<sup>2</sup> (équivalent à une exposition à 750°C), afin de déterminer ses paramètres de combustibilité en comparaison avec ceux stipulés dans le CNBC. De plus, cette norme ISO a récemment été intégrée dans le contexte canadien avec la publication de la norme CAN/ULC ISO 5660-1:2024.

Pour différencier les risques d'incendie intrinsèques aux différents types de matériaux combustibles, l'essai du tunnel de Steiner est considéré comme un outil incontournable pour la classification au feu des matériaux. Cet essai évalue la distance de propagation de la flamme en surface d'un matériau soumis à un brûleur dans un tunnel de 7 mètres de longueur. L'aire sous la courbe de propagation de la flamme en fonction du temps est ensuite comparée à celle du chêne rouge pour obtenir les indices de propagations de flamme (IPF), où l'IPF du chêne est fixé à 100 et ne possède pas d'unités. Un IPF supérieur à 100 indique que le matériau aura une propagation de la flamme plus importante que celle du chêne rouge, alors qu'une valeur inférieure indique que la propagation sera moindre.

Toutefois, la pertinence de l'utilisation du chêne rouge comme référence peut être remise en question. À titre d'exemple, les matériaux thermoplastiques obtiennent des valeurs IPF de l'ordre de 10 (lorsqu'évalués selon la norme ASTM E84), qui sont nettement inférieures à celles du chêne rouge (IPF = 100). Cela suggère que les matériaux thermoplastiques se comportent mieux au feu que le chêne rouge, ce qui est incompatible avec les connaissances sur la combustibilité et l'inflammabilité des matériaux.

Le rôle d'un essai de classification est généralement de fournir une évaluation équitable de tous les matériaux sans exception. Dans le cas de la méthode du tunnel, outre l'évaluation des espèces de bois, l'essai fournit deux poids de mesure en fonction du matériau testé. En l'absence d'autres variables pour décrire le comportement au feu du matériau à l'époque, à l'exception de la température à l'extrémité du tunnel, l'essai en tunnel de Steiner a été considéré comme la seule option possible pendant cette période dans les codes de construction nord-américains.

À noter que les comités techniques E05 de l'ASTM et du NFPA n'ont jamais recommandé l'utilisation de l'essai du tunnel de Steiner à lui seul pour caractériser la combustibilité d'un matériau, mais plutôt de l'utiliser uniquement comme un test comparatif. Cette suggestion a également été avancée par Steiner, qui décrit le test comme une méthode d'évaluation de la réaction au feu d'un matériau dans des conditions similaires à celles du bois (le chêne rouge). Une disposition de l'ASTM E84 stipule notamment que les matériaux ne peuvent pas être désignés comme incombustibles même s'il n'y a pas de propagation de la flamme à leur surface. Cette disposition semble justifiée dans le cas des matériaux thermoplastiques qui ont tendance à se liquéfier sous l'effet de la flamme. Cette affirmation est également en contradiction avec la définition de matériaux incombustibles, c'est-à-dire qui ne propagent pas un feu.

## Conclusion

Une vue d'ensemble de l'évolution des méthodes d'essai normalisées utilisées pour la classification au feu des matériaux est utile pour mieux comprendre le contexte et les objectifs de ces méthodes. Elle permet également de comprendre leur capacité à représenter le comportement au feu d'un système ou d'un matériau.



Le code national du bâtiment du Canada (CNBC) est essentiellement normatif, malgré l'évolution vers un code axé sur les objectifs. L'examen historique de l'origine de la classification au feu des matériaux a montré que la classification était déterminée par l'évolution des méthodes d'essai de réaction au feu au fil du temps plutôt que par l'évolution des cadres conceptuels.

Les normes CAN/ULC-S114 et CAN/ULC-S135 sont assez explicites quant à leur application dans le CNBC par le biais d'un critère réussite/échec. Malgré un choix restrictif dans les critères, ce choix semble justifié pour une catégorie de matériaux qui ne contribue pas à la dynamique du feu.

Pour le cas de la combustibilité, elle a été formulée sur un seul aspect de la dynamique incendie d'un matériau, à savoir sa capacité à propager le feu en surface. Cependant deux poids de mesure sont utilisés pour le calcul des indices de propagation de la flamme, l'étalonnage, le protocole d'essai, ainsi que la propagation de la flamme par une ventilation forcée, ainsi que la génération de turbulences, ont été conçus pour obtenir une propagation optimale spécifiquement pour le chêne rouge. Par conséquent, le test en tunnel est un test comparatif efficace s'il est bel et bien utilisé pour comparer les différentes espèces de bois, tel qu'était son objectif initial.

Finalement, la question de savoir si l'essai du tunnel de Steiner est adapté à la classification des matériaux fait encore l'objet d'un débat. Limiter ou étendre l'utilisation du bois et des matériaux à base de bois dans la construction, en raison de leurs avantages ou risques par rapport au bois lui-même pourrait entraîner une contradiction.

## Références

1. Sadaoui, A.; Dagenais, C.; Blanchet, P.; Perez, C. 2024. The Evolution of Reaction to Fire Classification of Materials: A Case Study of Canada. *Fire and Materials*, <https://doi.org/10.1002/fam.3227>
2. Hirschler, M.M. Noncombustibility: Testing and Regulatory Requirements. 2023. *Fire and Materials*, 47, 182–198, <https://doi.org/10.1002/fam.3087>
3. Grayson, S.; Hirschler, M. 1995. Comparison of ASTM Fire Standards with International Fire Standards for Buildings and Contents. In *Fire Standards in the International Marketplace*, ASTM STP 1163; Grand, A., Ed.; ASTM International: Philadelphia.
4. Steiner, A.J. 1951. Burning Characteristics of Building Materials. *Fire Engineering*, 104, 264–266.
5. Richardson, L.R.; Brooks, M.E. 1991. Combustibility of Building Materials. *Fire and Materials*, 15, 131–136, <https://doi.org/10.1002/fam.810150305>
6. Babrauskas, V. 2017. Engineering Variables to Replace the Concept of 'Noncombustibility.' *Fire Technology*, 53, 353–373, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-016-0570-x>.

