
Essais de toxicité des effluents du feu —

Partie 4:

Modèle feu (fours et appareillages de combustion utilisés dans les essais à petite échelle)

iTeh STANDARD REVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 9122-4:1993](https://standards.iso.org/iso/8923-48d8-9d0f-e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993)

[https://standards.iso.org/iso/8923-48d8-9d0f-](https://standards.iso.org/iso/8923-48d8-9d0f-e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993)

[e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993](https://standards.iso.org/iso/8923-48d8-9d0f-e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993)
Part 4: The fire model (furnaces and combustion apparatus used in small-scale testing)



Sommaire

	Page
1 Domaine d'application	1
2 Caractéristiques des étapes d'un incendie	1
3 Critères d'évaluation des modèles feu	2
3.1 Applicabilité à des feux réels	2
3.1.1 Concentration en oxygène	2
3.1.2 Rapport CO ₂ /CO	2
3.1.3 Température et flux thermique	3
3.2 Validité pour l'évaluation du risque toxique	3
3.3 Composition et configuration de l'éprouvette	4
3.4 Documentation et expérience	4
3.5 Quantification de la dose d'exposition	4
3.6 Critères de procédure	4
4 Modèles feu	4
4.1 Modèles de fours «Box»	5
4.1.1 Four à coupelle NBS	5
4.1.2 Four à moufle UPitt	5
4.2 Modèles de fours tubulaires	5
4.2.1 Four tubulaire DIN 53436	5
4.3 Modèles à chaleur rayonnante	8
4.3.1 Four à rayonnement U.S. (modifié)	8
4.3.2 Calorimètre à cône	9
4.3.3 Fours coniques japonais	10
4.3.3.1 Four conique BRI (Building Research Institute)	10
4.3.3.2 Four conique RIPT (Research Institute for Polymers and Textiles)	11

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.itech.ai)

ISO/TR 9122-4:1993

[https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/dd885f5d-8923-48d8-9d0f-](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/dd885f5d-8923-48d8-9d0f-e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993)

[e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/dd885f5d-8923-48d8-9d0f-e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993)

© ISO 1993

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

4.3.4	Modèle du Ministère japonais de la construction	12
5	Sélection d'un modèle feu	12
Annexe		
A	Bibliographie	14

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 9122-4:1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd885f5d-8923-48d8-9d0f-e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd885f5d-8923-48d8-9d0f-e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales, mais, exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour toute autre raison, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 9122-4, rapport technique du type 2, a été élaboré par le comité technique ISO/TC 92, *Essais au feu sur les matériaux de construction, composants et structures*, sous-comité SC 3, *Risques d'intoxication par le feu*.

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.4.2.2 de la partie 1 des Directives ISO/CEI) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine des essais de toxicité des effluents du feu, en raison de l'urgence d'avoir une indication quant à la manière dont il convient d'utiliser les normes dans ce domaine pour répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en œuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éven-

tuelles relatives au contenu de ce document au Secrétariat central de l'ISO.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 deux ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant deux autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

L'ISO/TR 9122 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Essais de toxicité des effluents du feu*:

- *Partie 1: Généralités*
- *Partie 2: Directives pour les essais biologiques permettant de déterminer la toxicité aiguë par inhalation des effluents du feu (Principes de base, critères et méthodologie)*
- *Partie 3: Méthodes d'analyse des gaz et des vapeurs dans les effluents du feu*
- *Partie 4: Modèle feu (fours et appareillages de combustion utilisés dans les essais à petite échelle)*
- *Partie 5: Prédications concernant les effets toxiques des effluents du feu*

L'annexe A de la présente partie de l'ISO/TR 9122 est donnée uniquement à titre d'information.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 9122-4:1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd885f5d-8923-48d8-9d0f-e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd885f5d-8923-48d8-9d0f-e7b963ee7d64/iso-tr-9122-4-1993>

Introduction

Le feu implique un éventail de phénomènes physiques et chimiques complexes, en corrélation les uns avec les autres. En conséquence, il est pratiquement impossible de simuler tous les aspects d'un feu réel sur des appareillages à l'échelle du laboratoire. Ce problème de validité du modèle feu est peut-être l'unique problème technique complexe associé à tous les essais feu.

Pour les modèles feu utilisés pour l'évaluation de la toxicité des effluents du feu, des restrictions et des critères supplémentaires sont nécessairement imposés, du fait du besoin de compatibilité entre la combustion en laboratoire et les procédés d'essais biologiques utilisant des animaux d'expérimentation. Par exemple, les niveaux d'oxygène éventuellement réduits et la chaleur produite ne doivent pas, en eux-mêmes, être inutilement nocifs pour les animaux. Dans le même temps, des concentrations suffisamment élevées d'effluent du feu doivent être produites de façon à obtenir des effets toxicologiques mesurables. Il résulte de ces restrictions que des compromis doivent souvent être faits, ce qui peut encore réduire la validité apparente du modèle feu.

[ISO/TR 9122-4:1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d8855d-8923-48d8-9d0f-e7b03ee7d64/iso-tr-9122-4-1993)

Deux approches sont essentiellement utilisées pour évaluer la toxicité des effluents du feu, à savoir, celle utilisant les modèles feu en vraie grandeur et celle utilisant les modèles feu à petite échelle. Dans les procédures en vraie grandeur, les modèles feu consistant en une pièce, ou plusieurs pièces, ou un bâtiment complet sont utilisés dans le but de simuler le plus fidèlement possible les caractéristiques complètes des incendies, c'est-à-dire, l'allumage, la croissance et l'évolution des effluents toxiques. Les méthodes en vraie grandeur sont généralement appliquées pour les essais de *risques toxiques* présents lors d'un incendie, bien que quelques tentatives aient été faites pour modéliser les principales caractéristiques du risque toxique à partir d'essais à petite échelle.

Dans les modèles feu à petite échelle, on considère qu'il est possible de recréer la caractéristique d'environnements chimiques réactifs de différents stades et types de feu en termes de température, de présence ou d'absence de flamme et d'alimentation en oxygène. Dans ces conditions, les productions relatives de produits toxiques des effluents du feu issus de matériaux seront similaires à celles qui se produisent aux différents stades d'incendie en vraie grandeur. Les modèles feu à petite échelle sont alors considérés comme des essais de *pouvoir toxique* des produits chimiques de combustion dégagés par des matériaux dans des conditions de décomposition définie. Ces valeurs de pouvoir toxique pourraient alors être utilisées comme un élément d'analyse pour les évaluations de risque toxique, lesquelles prendraient en compte les caractéristiques dynamiques de scénarios d'incendie spécifiques.

Essais de toxicité des effluents du feu —

Partie 4:

Modèle feu (fours et appareillages de combustion utilisés dans les essais à petite échelle)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO/TR 9122 est limitée à la considération des modèles feu (c'est-à-dire des dispositifs de combustion en laboratoire), utilisés dans les études de toxicité des effluents du feu, avec des suggestions pour l'usage approprié des modèles feu en essai standard. Il sera fait référence à d'autres parties de l'ISO/TR 9122 pour discuter des méthodes analytiques, des procédures d'essai biologique, des essais de toxicité et de la prédiction des effets toxiques des effluents du feu.

La présente partie de l'ISO/TR 9122 définit les critères d'un modèle feu acceptable, revoit les modèles feu existants par rapport à ces critères et propose que les modèles feu soient sélectionnés pour l'utilisation, en prenant en compte ces critères qui incluent une capacité à générer des conditions d'incendie caractéristique des étapes connues d'un incendie.

La présente partie de l'ISO/TR 9122 ne comprend pas l'analyse détaillée de la physique et de la chimie du feu.

2 Caractéristiques des étapes d'un incendie

À des fins de discussion de modèles feu et de leur utilisation appropriée, les conditions de combustion présentées dans le tableau 1 sont généralement acceptées comme étant caractéristiques de certaines étapes ou phases d'un incendie[1].

Le processus chimique primaire aboutissant à la formation de produits de combustion est le processus de rupture thermique des liaisons et de décomposition des matériaux polymères, qui, en présence d'oxygène, produit une variété d'espèces oxygénées.

Les composés du carbone sont pyrolysés en fragments d'hydrocarbures volatils qui peuvent être oxydés pour former des espèces organiques oxydées variées, monoxyde de carbone ou dioxyde de carbone, selon les conditions thermiques et d'oxydation. Le monoxyde et le dioxyde de carbone sont habituellement présents dans l'atmosphère d'un effluent du feu, le rapport des deux étant souvent utilisé comme un indicateur caractéristique du stade particulier d'un incendie. Dans des incendies de petite dimension, en cours de développement, un rapport CO_2/CO de 100 ou plus indiquerait une combustion librement ventilée (dont le combustible est contrôlé). Dans des incendies de grande dimension, pleinement développés, dont la ventilation est généralement contrôlée lorsqu'ils surviennent dans des bâtiments, un rapport CO_2/CO de 10 indiquerait une ventilation relativement faible, alors qu'un rapport supérieur à 10 indiquerait une ventilation relativement forte.

L'hydrogène est oxydé en eau, le chlore se dégage communément sous forme de chlorure d'hydrogène et l'azote apparaît sous forme de composés d'azote organique, (spécialement nitriles) de cyanure d'hydrogène, d'oxydes d'azote, et d'azote moléculaire, toujours en fonction des conditions thermiques et d'oxydation. Tous les feux, avec ou sans flamme (y compris les feux couvants), peuvent produire une myriade de produits de combustion dus à la décomposition incomplète et à l'oxydation seulement partielle des combustibles concernés, les incendies sans flamme produisant le plus fort rendement de ces produits. Il est important de se souvenir que ceux-ci sont formés par réactions chimiques, sujets aux principes habituels de la cinétique et de la thermodynamique. Ainsi, les énergies stoechiométrique et thermique jouent des rôles significatifs dans la détermination des produits de combustion formés tout au long de la gamme de classification des incendies.

Tableau 1 — Classification générale des étapes d'un incendie

Étapes ou phases d'un incendie	Teneur en oxygène ¹⁾ (%)	Rapport CO ₂ /CO ²⁾	Température (°C)	Irradiance ³⁾ (kW/m ²)
Décomposition sans flamme a) feu couvant (auto-entretenu) b) sans flamme (par oxydation) c) sans flamme (pyrolytique)	21 5 à 21 < 5	non applicable non applicable non applicable	< 100 < 500 < 1 000	non applicable < 25 non applicable
Incendie en cours de développement (avec flammes)	10 à 15	100 à 200	400 à 600	20 à 40
Incendie pleinement développé (avec flammes) a) ventilation relativement faible b) ventilation relativement forte	1 à 5 5 à 10	< 10 < 100	600 à 900 600 à 1 200	40 à 70 50 à 150

1) Condition générale (moyenne) d'environnement dans le compartiment.
2) Valeur moyenne dans les flammèches aux abords de l'incendie.
3) Irradiance incidente sur l'échantillon (moyenne).

3 Critères d'évaluation des modèles feu

3.1 Applicabilité à des feux réels

La meilleure approche de sélection d'un dispositif de combustion approprié pour les essais de toxicité des effluents du feu consiste à sélectionner soigneusement les données qui permettent d'établir une relation entre les conditions de combustion en laboratoire et les types et stades d'incendies réels (voir tableau 1).

Tous les modèles feu dont la description va suivre permettent de simuler les conditions de décomposition sans flamme. Cependant, il est admis que la majorité des blessures et des morts par incendie sont dues à des incendies avec flammes. Ces incendies comprennent les incendies de petite dimension (souvent limités au premier produit ayant pris feu) où les pertes humaines surviennent dans la pièce même, et les incendies de grande dimension, pleinement développés où les pertes surviennent loin du compartiment d'origine. Pour ces derniers, la menace toxique se manifeste généralement après l'embranchement[1][2].

En terme de corrélation avec la plupart des morts dues aux incendies, les critères les plus importants pour un modèle feu approprié sont basés sur les conditions d'un incendie en cours de développement bien ventilé, d'un incendie faiblement ou fortement ventilé, en plein développement (haute température). Il est particulièrement important de considérer la

ventilation, (apport d'oxygène), les rapports CO₂/CO, la température et/ou le flux de chaleur et les durées pendant lesquelles des effluents du feu séjournent dans la zone à haute température.

3.1.1 Concentration en oxygène

La concentration en oxygène est la concentration résiduelle dans l'effluent du feu primaire avant toute dilution. Sa valeur décroît durant le développement de l'incendie du niveau ambiant normal d'approximativement 21 % à 10 %-15 % dans un incendie de petite dimension ou en cours de développement, et jusqu'à 1 %-10 % dans un incendie pleinement développé, en fonction de la ventilation, du taux de brûlage et de la géométrie de la pièce.

3.1.2 Rapport CO₂/CO

Le rapport CO₂/CO est calculé à partir de la concentration de ces gaz dans l'atmosphère des effluents du feu. Sa valeur étant indépendante de la dilution, le point d'échantillonnage n'est pas critique pourvu qu'il se situe au delà du point où se produisent les réactions d'oxydation. Le rapport CO₂/CO subit des changements rapides durant le développement d'un incendie. Initialement, dans de petits incendies bien ventilés, le rapport est généralement élevé (100 à 200). Dans les incendies en plein développement, à ventilation contrôlée, il atteint une valeur presque constante (1 à 10) fonction de la ventilation. Les données expérimentales d'incendie réel pour les rapports CO₂/CO sont présentées à la figure 1[3].

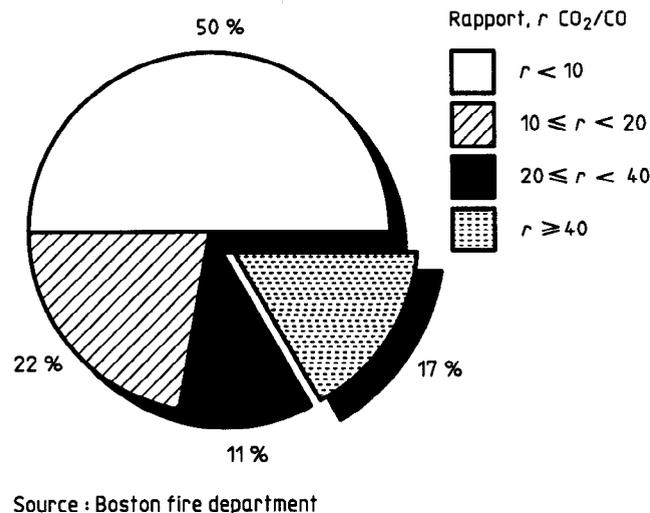


Figure 1 — Rapport CO_2/CO en situations d'incendie réel

3.1.3 Température et flux thermique

La température est la valeur moyenne dans un compartiment. Elle donne une mesure de l'exposition thermique aux matériaux présents ainsi qu'à leurs produits de décomposition thermique. Le flux de chaleur rayonnante est également utile comme mesure d'exposition à l'énergie thermique. Dans des incendies de petite dimension ou au début de leur développement, la température dans l'environnement immédiat du feu se situe dans une gamme typique de température de 400 °C à 600 °C, le flux rayonnant se situant de 20 kW/m² à 40 kW/m². Dans les incendies pleinement développés, la température se situe dans une gamme de 600 °C à 1 200 °C avec flux rayonnant de 50 kW/m² à 150 kW/m².

Tous ces facteurs ont une influence considérable sur la composition de l'atmosphère des effluents du feu. Du point de vue de la toxicité, le fait que des incendies de petite dimension ou en cours de développement produisent généralement de bas rendements de monoxyde de carbone et de cyanure d'hydrogène, en même temps qu'un mélange complexe de pyrolyse et de produits d'oxydation ayant échappé à la zone de flammes, constitue une caractéristique importante. Les incendies pleinement développés, dus à des conditions de température élevée et d'oxygène vicié, produisent généralement des rendements élevés d'espèces toxiques à faible masse moléculaire, telles que le monoxyde de carbone et le cyanure d'hydrogène.

3.2 Validité pour l'évaluation du risque toxique

La démonstration de la validité d'un modèle feu reproduisant le risque toxique d'un feu réel est un cri-

tère idéal qui peut être approché, mais pas forcément atteint. Quelques études ont utilisé des incendies en vraie grandeur afin d'évaluer la contribution de certains matériaux de construction et du mobilier au risque toxique [2][4][5]. Cependant, il convient de rester très prudent avant de tirer les conclusions de ces études. Même au cours d'essais en vraie grandeur, toutes sortes d'incendies peuvent survenir dans n'importe quel système.

Le développement du risque toxique dépend de la croissance du feu, qui est essentiellement un phénomène à grande échelle et les essais bien conduits, en vraie grandeur, reproduisent vraiment au moins quelques-uns des types vraisemblables d'incendies accidentels. Cependant, il n'est en général pas possible économiquement d'effectuer des essais de routine en vraie grandeur. En conséquence, il devient usuel en pratique de recourir à des essais de toxicité au banc, dont les prédictions peuvent être validées par rapport aux essais en vraie grandeur.

Le CO étant le produit toxique principal des incendies, traditionnellement la validité des essais au banc concerne pour une grande part les mesures de CO, que l'on caractérise soit par les rendements CO soit par les rapports CO_2/CO . Les études expérimentales indiquent généralement que la production de CO est indépendante de la concentration d'oxygène jusqu'à ce que le rapport oxygène/carburant tombe aux environs de 50 % de plus que celle qui est nécessaire pour la combustion complète ou stoechiométrique [6]. À partir de ce point, la production de CO augmente fortement à mesure que l'oxygène décroît. Dans les incendies pleinement développés, après embrasement, on rencontre couramment des rendements d'environ 0,2 kg de CO par kilogramme de matière brûlée. Le rapport semble être sensiblement similaire pour une large variété de combustibles.

En plus des différences rencontrées dans l'échauffement des éprouvettes, le CO produit à partir d'essais au banc peut différer de celui produit au cours d'essais en vraie grandeur, en raison des facteurs suivants:

- a) Rapport air/combustible. Si le rapport n'est pas le même sur les deux échelles, la production de CO sera différente.
- b) Effets du temps de résidence. Le temps disponible pour transformer le CO en CO₂ par combustion sera souvent beaucoup plus long dans les dispositifs en vraie grandeur que dans les dispositifs à petite échelle.
- c) «Congélation» du CO. Effets tendant à empêcher les réactions d'aboutir, «gelant» ainsi une certaine proportion de CO. Cet effet augmente avec la dimension de l'échelle.

L'effet le plus net du phénomène ci-dessus est que les essais au banc ont souvent tendance à produire des rendements plus bas de CO que les essais en vraie grandeur[7].

Les essais à échelle réduite, bien que permettant une meilleure reproductibilité, n'autorisent qu'une simulation lointaine des conditions réelles d'incendie. En dépit de ces limitations, les essais à l'échelle réduite sont attractifs du point de vue du prix. La meilleure évaluation du risque toxique consiste en une combinaison d'essais à échelle réduite et en vraie grandeur, associés à un programme de simulation approprié.

3.3 Composition et configuration de l'éprouvette

Les modèles feu à petite échelle demandent qu'on utilise de petites éprouvettes échantillons. La taille, l'orientation et la forme du support échantillon et le compartiment combustion dans le modèle feu doivent être considérés lors de sa sélection. Le modèle devra permettre l'essai des échantillons conformément à leur utilisation finale. Les échantillons composites et les matériaux multi-couches, par exemple, devront être testés en altérant au minimum leur forme et leur configuration d'utilisation finale.

3.4 Documentation et expérience

Les protocoles d'utilisation du modèle feu doivent être bien documentés. Les données d'essais interlaboratoire et l'expérience acquise sur les modèles feu à choix devront être prises en compte lors du choix d'un modèle.

3.5 Quantification de la dose d'exposition

La dose réelle administrée dans les essais de toxicité d'effluents du feu est très difficile à établir en terme de gramme de toxique par kilogramme du poids du

corps (de l'animal d'expérimentation). Il est généralement accepté, cependant, que les effets pour le corps, engendrés par l'inhalation de toxiques, seront proportionnels au produit de leur concentration dans l'air inspiré par la durée de l'exposition. Le produit du temps par la concentration équivaut à la dose d'exposition aux gaz des effluents du feu. Il est essentiel que le modèle feu permette, grâce à une mesure, ou un calcul de la perte de masse de l'échantillon et du volume du système, une quantification valable de la dose d'exposition.

3.6 Critères de procédure

Il y a un certain nombre de critères à considérer lors du choix d'un modèle feu, en rapport avec la logique de la procédure, la compatibilité animale et la sécurité. Ces critères sont regroupés dans «les critères de procédure»:

a) Répétabilité de la génération de l'atmosphère

La répétabilité intralaboratoire devrait avoir été démontrée.

b) Reproductibilité de la génération d'atmosphère

La reproductibilité interlaboratoire devrait avoir été démontrée.

c) Adaptabilité aux prescriptions d'essais biologiques

Le modèle feu devrait être adaptable aux procédés d'exposition des animaux.

d) Adaptabilité aux prescriptions analytiques

Le modèle feu devrait être adaptable aux prescriptions analytiques.

e) Sécurité d'utilisation et fonctionnement

Le dispositif devrait être sûr dans son fonctionnement.

4 Modèles feu

Bien qu'il soit reconnu qu'un grand nombre de modèles feu existent, quelques-uns seulement réunissent des critères suffisants pour être détaillés dans la présente partie de l'ISO/TR 9122. Par exemple, l'appareil de débit calorifique OSU[8] avec les analyses chimiques satisfait à la plupart des critères majeurs sélectionnés, mais il n'est pas totalement adapté pour les essais d'animaux. En revanche, le modèle feu NES 713[9] ne satisfait absolument pas aux critères majeurs sélectionnés et son utilisation n'est pas recommandée par les autorités normatives du Royaume Uni.

Aucun des modèles ne satisfait à tous les critères; toutefois, les types de modèles feu utilisés satisfai-

sant, au moins partiellement, à la plupart des exigences sont décrits ci-après.

4.1 Modèles de fours «Box»

4.1.1 Four à coupelle NBS

L'essai^[10] NBS¹⁾ utilise un four à coupelle ou à creuset (voir figure 2) souvent appelé «four Potts», du nom du chercheur auteur du premier rapport d'utilisation de ce four en toxicologie de combustion. On considère que l'échauffement est largement conducteur, le bas et la partie inférieure de la coupelle à quartz constituant la zone de chaleur. Des matériaux d'essais jusqu'à 8 g sont introduits dans la coupelle dont le volume est d'environ 1 litre. Les procédures d'essai des matériaux supposent une combustion à deux températures: l'une juste au-dessous de l'auto-allumage (sans flamme), l'autre au-dessus (avec flammes). La circulation d'air dans la coupelle s'est révélée particulièrement préoccupante, bien que celle-ci communique avec un volume de 200 l d'air contenu dans la chambre d'exposition. Étant donné les dimensions variables d'échantillons utilisés et le rapport mal défini carburant-air, certains pensent que le système n'effectue pas la combustion d'une manière bien caractérisée ou objectent que les différents matériaux ne sont pas testés dans les mêmes conditions, mais souvent à des températures extrêmement différentes.

Cette méthode propose un bon modèle de décomposition par oxydation sans flamme. Elle constitue également un bon modèle de simulation des conditions durant un incendie bien ventilé, en cours de développement. Elle ne peut reproduire les conditions de température élevée et d'oxygène vicié d'un incendie pleinement développé, après embrasement.

Autrefois communément utilisé dans un grand nombre de laboratoires aux USA, le four à coupelle NBS dispose d'une documentation abondante basée sur un très grand nombre de données^[11]. Son utilisation a cependant décliné en faveur d'autres modèles feu.

4.1.2 Four à moufle UPitt

Dans la méthode d'essai UPitt le dispositif de combustion est un four à moufle ou à coupelle, qui est souvent utilisé dans une position renversée afin de fournir un socle connecté à un détecteur de masse (voir figure 3)^{[12][13]}. Avec cet agencement permettant de maintenir la masse de l'échantillon sous contrôle, la combustion est effectuée en utilisant une montée en température linéaire de 20 °C par minute jusqu'à une température de l'ordre de 1 100 °C, pendant que l'atmosphère de la chambre est aspiré à travers le four à raison de 11 l/min. On fait varier la

concentration de fumée en changeant la masse des matériaux placés dans le four. En conséquence, le rapport carburant/air peut varier largement en fonction de la masse de l'échantillon et de son taux de décomposition. On a rencontré un problème de petites explosions avec certains matériaux qui se décomposent à la chaleur ou brûlent très vite une fois allumés. Cependant, ce phénomène, dû probablement à l'émission rapide de gaz dont le volume dépasse celui qui provient du four, n'a pas été considéré comme suffisamment sévère pour constituer un risque et endommager l'appareillage.

L'essai commence sur un mode d'oxydation sans flamme, et à un certain stade, habituellement, les flammes apparaissent. À ce moment, les rapports CO₂/CO tendent à être bas, (au-dessous de 20, normalement moins de 10) alors que la température est encore basse (inférieure à 600 °C). Cette combinaison de conditions ne s'intègre pas bien par conséquent, dans la classification des incendies présentée au tableau 1. Elle représente au mieux la situation vraiment spéciale d'une petite charge d'incendie dans un environnement à ventilation réduite, par exemple dans un placard ou une enceinte hermétique. Bien que la concentration d'oxygène soit assez basse, il existe certaines similitudes avec l'environnement de décomposition chimique d'un feu en cours de développement. La méthode ne simule pas les conditions d'un incendie de grande dimension, pleinement développé, après embrasement; cependant, la méthode pourrait être utilisée comme essai pour mesurer le pouvoir toxique de produits résultant des conditions de décomposition des incendies en cours de développement.

Un autre point critique de cette méthode est l'augmentation de température de 20 °C/min, qui est relativement lente et non associée à des incendies observés. Il en résulte un fractionnement graduel des produits de pyrolyse, avec un pourcentage disproportionnellement élevé de produits de décomposition à la basse température dans l'effluent du feu qui est analysé et présenté aux animaux d'expérimentation.

En dépit des problèmes associés au modèle feu UPitt, celui-ci est spécifié dans un essai de toxicité des effluents du feu prescrit pour certains produits de construction dans l'état de New York^[13]. Cependant, la prescription stipule que seules les données de l'essai soient soumises. Il n'existe pas de critères de classification des produits.

4.2 Modèles de fours tubulaires

4.2.1 Four tubulaire DIN 53436

Le dispositif de combustion DIN 53436 (voir figure 4) est caractérisé par l'utilisation d'un four circulaire tu-

1) Le «US National Bureau of Standards» est connu maintenant sous l'appellation «National Institute of Standards and Technology». Afin d'éviter les confusions, l'ancien nom sera conservé dans le présent Rapport technique lorsque référence est faite au dispositif d'essai du NBS.