
Essais de réaction au feu — Propagation du feu —

Partie 2:

Propagation latérale sur les produits de bâtiment en position verticale

iTeh STANDARD PREVIEW

*Reaction to fire tests — Spread of flame —
(standards.iteh.ai)*

Part 2: Lateral spread on building products in vertical configuration

ISO 5658-2:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70356c13-a3eb-4968-b564-2c77cfd706dc/iso-5658-2-1996>



Sommaire

| | Page |
|---|-----------|
| 1 Domaine d'application | 1 |
| 2 Référence normative | 1 |
| 3 Définitions..... | 1 |
| 4 Principes de l'essai | 2 |
| 5 Aptitude aux essais d'un produit | 2 |
| 6 Éprouvettes | 3 |
| 7 Appareillage d'essai..... | 5 |
| 8 Environnement d'essai..... | 9 |
| 9 Équipements et instruments additionnels..... | 9 |
| 10 Procédure de réglage et d'étalonnage..... | 13 |
| 11 Mode opératoire d'essai..... | 15 |
| 12 Expression de la performance au feu d'un produit..... | 17 |
| 13 Rapport d'essai..... | 17 |
| | |
| Annexes | |
| A Précautions de sécurité..... | 18 |
| B Constitution des éprouvettes | 19 |
| C Étalonnage du fluxmètre thermique de travail | 20 |
| D Lignes directrices pour l'interprétation des résultats des essais au feu..... | 21 |
| E Variabilité des résultats d'essai | 22 |
| F Bibliographie | 23 |

© ISO 1996

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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

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.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

La Norme internationale ISO 5658-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 92, *Essais au feu sur les matériaux de construction, composants et structures*, sous-comité SC 1, *Réaction au feu*.

L'ISO 5658 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Essais de réaction au feu - 1-3 Propagation du feu*:

- *Partie 1: Guide sur la propagation de la flamme*
(Rapport technique)
- *Partie 2: Propagation latérale sur les produits de bâtiment en position verticale*
- *Partie 3: Allumage latéral et propagation de flamme des produits de bâtiment en position verticale (méthode LIFT)*
(Rapport technique)
- *Partie 4: Propagation de la flamme à échelle intermédiaire*

L'annexe A fait partie intégrante de la présente partie de l'ISO 5658. Les annexes B à F sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

La présente partie de l'ISO 5658 repose sur la méthode de l'Organisation maritime internationale (IMO) publiée sous la référence IMO Résolution A.653(16)^[5] et a été élaborée comme une Norme internationale afin de pouvoir être utilisée à d'autres fins. Les principales différences entre la présente partie de l'ISO 5658 et l'essai IMO sont que la présente partie de l'ISO 5658 a un domaine d'application limité aux essais d'éprouvettes verticales et que l'on omet la cheminée servant à l'évaluation du débit calorifique.

L'ISO/TR 5658-1 décrit la mise au point d'essais normalisés de propagation de flamme et explique la théorie de la propagation de flamme suivant différentes orientations. Les liens, tant théoriques que mathématiques, existant entre l'ISO 5658-2 et l'ISO/TR 5658-3 sont aussi inclus.

L'ISO 5658-2 donne une méthode simple permettant la détermination à des fins de comparaison de la propagation latérale de la flamme sur une éprouvette en position verticale. Cette méthode est particulièrement utile pour la recherche, le développement ainsi que le contrôle en matière de qualité.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70356c13-a3eb-4968-b564-2c706941f709/iso-5658-2-1996>

L'ISO/TR 5658-3 donne une méthode permettant la détermination plus scientifique des paramètres d'inflammabilité et de propagation de flamme sur les produits de bâtiment. Les données dérivées et cet essai peuvent être utilisés dans les modèles (mathématiques) d'extension d'un incendie. On utilise le même appareillage d'essai dans les procédures spécifiées dans la présente partie de l'ISO 5658 et dans l'ISO/TR 5658-3.

Le feu est un phénomène complexe; son comportement et ses effets dépendent d'un grand nombre de facteurs étroitement liés entre eux. Le comportement des matériaux et produits dépend des caractéristiques du feu, du mode d'utilisation des matériaux et de l'environnement dans lequel ils sont exposés. La méthodologie des essais de réaction au feu est expliquée dans l'ISO/TR 3814^[1].

Un essai tel que celui qui est spécifié dans la présente partie de l'ISO 5658 traite seulement d'une situation de feu potentielle schématisée par une source de chaleur rayonnante et une flamme, et il ne peut seul fournir une ligne directrice quelconque sur le comportement ou la sécurité en cas d'incendie.

L'annexe E donne les résultats concernant l'exactitude d'un essai interlaboratoire effectué selon la présente méthode d'essai.

L'essai ne s'appuie pas sur l'utilisation de matériaux à base d'amiante.

L'attention de tous les utilisateurs de l'essai est attirée sur l'avertissement suivant.

AVERTISSEMENT — Afin que des précautions appropriées soient prises en vue de préserver la santé, nous attirons l'attention de tous ceux qui sont concernés par les essais au feu sur la possibilité que des gaz toxiques ou nocifs se dégagent durant la combustion des éprouvettes. Il faut aussi tenir compte de l'avis de sécurité donné en annexe A.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 5658-2:1996](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70356c13-a3eb-4968-b564-2c77cfd706dc/iso-5658-2-1996)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70356c13-a3eb-4968-b564-2c77cfd706dc/iso-5658-2-1996>

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 5658-2:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70356c13-a3eb-4968-b564-2c77cfd706dc/iso-5658-2-1996>

Essais de réaction au feu — Propagation du feu —

Partie 2:

Propagation latérale sur les produits de bâtiment en position verticale

1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de l'ISO 5658 prescrit une méthode d'essai permettant de mesurer la propagation latérale de la flamme sur la surface d'une éprouvette d'un produit orientée en position verticale. Il fournit des données appropriées pour comparer les performances des matériaux, composites ou assemblages essentiellement plats qui sont utilisés principalement comme surfaces exposées des murs.

1.2 La présente partie s'applique à la mesure et à la description des caractéristiques des matériaux, produits ou assemblages concernant leur comportement à la chaleur radiante en présence d'une flamme pilote, dans des conditions de laboratoire contrôlées. Elle n'est normalement pas prévue pour l'évaluation du risque d'incendie en général ou lié à l'emploi de certains matériaux, produits ou assemblages dans des conditions réelles d'incendie.

2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 5658. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision, et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 5658 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO/CEI Guide 52:1990, *Glossaire des termes relatifs au feu et de leur définition.*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 5658, les définitions données dans l'ISO/CEI Guide 52, ainsi que les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 assemblage: Fabrication de matériaux et/ou de composites, par exemple des panneaux sandwich.

NOTE 1 Un assemblage peut comporter un vide d'air.

3.2 chaleur moyenne pour l'inflammation continue: Moyenne des valeurs de chaleur pour l'inflammation continue, exprimées en mégajoules par mètre carré (MJ/m²), et mesurées en un certain nombre de positions spécifiées.

3.3 plaque de support: Plaque en matériau non combustible de mêmes dimensions que l'éprouvette, utilisée dans chaque essai pour fournir un support à l'éprouvette (voir 9.7).

3.4 composite: Combinaison de matériaux qui sont généralement reconnus dans la construction de bâtiments comme des entités discrètes, par exemple des matériaux revêtus ou laminés.

3.5 flux énergétique critique lors de l'extinction: Flux énergétique incident, exprimé en kilowatts par mètre carré (kW/m²), à la surface d'une éprouvette au point, situé sur son axe horizontal, où la flamme cesse d'avancer et peut s'éteindre par la suite. La valeur du flux énergétique consignée est basée sur des interpolations de mesurages effectués avec une plaque d'étalonnage non combustible.

3.6 surface exposée: Surface de l'éprouvette soumise aux conditions thermiques de l'essai.

3.7 front de flammes: Trajet central le plus long d'une flamme cohérente sur la longueur de l'éprouvette

3.8 flamboiement: Existence d'une flamme sur ou au-dessus de la surface de l'éprouvette pendant des périodes inférieures à 1 s.

3.9 chaleur pour l'inflammation soutenue: Produit du temps allant du début de l'exposition d'une éprou-

vette jusqu'à l'arrivée du front de flammes en une position spécifiée par le flux énergétique correspondant à cette position, mesuré sur une plaque d'étalement non combustible. Elle est exprimée en mégajoules par mètre carré (MJ/m²).

NOTE 2 Les positions sont spécifiées au tableau 1 (voir article 10).

3.10 éclairage énergétique (en un point d'une surface): Flux total de rayonnement énergétique qui tombe sur un élément infiniment petit de la surface contenant ce point divisé par l'aire de cet élément.

3.11 matériau: Substance unique de base ou mélange uniformément réparti, par exemple métal, pierre, bois, béton, fibre minérale, polymères.

3.12 produit: Matériau, composite ou assemblage sur lesquels une information est demandée.

3.13 flux énergétique: Puissance émise, transférée ou reçue sous la forme de rayonnement.

3.14 éprouvette: Élément représentatif du produit qui doit être essayé avec tout substrat ou traitement.

NOTE 3 L'éprouvette peut comprendre un vide d'air.

3.15 propagation de la flamme: Propagation d'un front de flammes sur la surface d'un produit sous l'influence d'un éclairage énergétique imposé.

3.16 substrat: Matériau utilisé (ou représentatif de celui utilisé) placé immédiatement sous un produit de surface, par exemple une plaque de plâtre sur laquelle on a passé une très fine couche d'enduit et qui se trouve sous un revêtement mural.

3.17 inflammation soutenue: Existence d'une flamme sur ou au-dessus de la surface de l'éprouvette pendant des périodes supérieures à 4 s.

3.18 inflammation transitoire: Existence d'une flamme sur ou au-dessus de la surface de l'éprouvette pendant des périodes allant de 1 s à 4 s.

3.19 propagation latérale de la flamme: Propagation du front de flammes dans le sens latéral, sur la longueur de l'éprouvette.

4 Principes de l'essai

4.1 La méthode d'essai consiste à exposer des éprouvettes conditionnées dans un champ de flux énergétique bien défini et à mesurer la durée d'allu-

mage, la propagation latérale de la flamme et son extinction finale.

4.2 Une éprouvette est placée dans une position verticale adjacente à un panneau radiant chauffé au gaz où elle est exposée à un champ du flux énergétique défini. Une flamme pilote est placée à proximité de l'extrémité la plus chaude de l'éprouvette, généralement sans qu'elle soit en contact avec celle-ci, afin d'allumer les gaz volatils s'échappant de la surface (voir figure 1).

4.3 Après allumage, on note tout front de flammes qui se développe et on enregistre la progression horizontale du front de flammes sur la longueur de l'éprouvette en termes de temps mis à parcourir diverses distances.

4.4 Les résultats sont exprimés en termes de distance de propagation de la flamme en fonction du temps, vitesse du front de flammes en fonction du flux énergétique, de flux énergétique critique et d'extinction et de chaleur moyenne pour la combustion soutenue.

5 Aptitude aux essais d'un produit

5.1 Caractéristiques de surface

5.1.1 Un produit présentant l'une des caractéristiques suivantes convient pour l'évaluation selon la présente méthode:

- a) une surface exposée essentiellement plate, par exemple toute surface dont les irrégularités par rapport à une surface plane ne dépassent pas ± 1 mm;
- b) une irrégularité de surface uniformément répartie sur la surface exposée, à condition que
 - 1) au moins 50 % de la surface d'une zone représentative carrée de 155 mm de côté se trouve à 6 mm maximum d'un plan passant par les points les plus hauts de la surface exposée, et/ou
 - 2) pour les surfaces présentant des criques, des fissures ou des trous ne dépassant pas 8 mm de largeur et 10 mm de profondeur, la zone totale de ces criques, fissures ou trous à la surface ne dépasse pas 30 % d'une zone représentative carrée de 155 mm de côté de la surface exposée.

5.1.2 Lorsqu'un produit a des parties de sa surface qui sont nettement différentes, mais que chacune de ces parties séparées peut satisfaire aux caractéristiques de surface spécifiées en 5.1.1, il faut alors effectuer un essai sur chacune de ces parties séparées afin d'évaluer entièrement le produit.

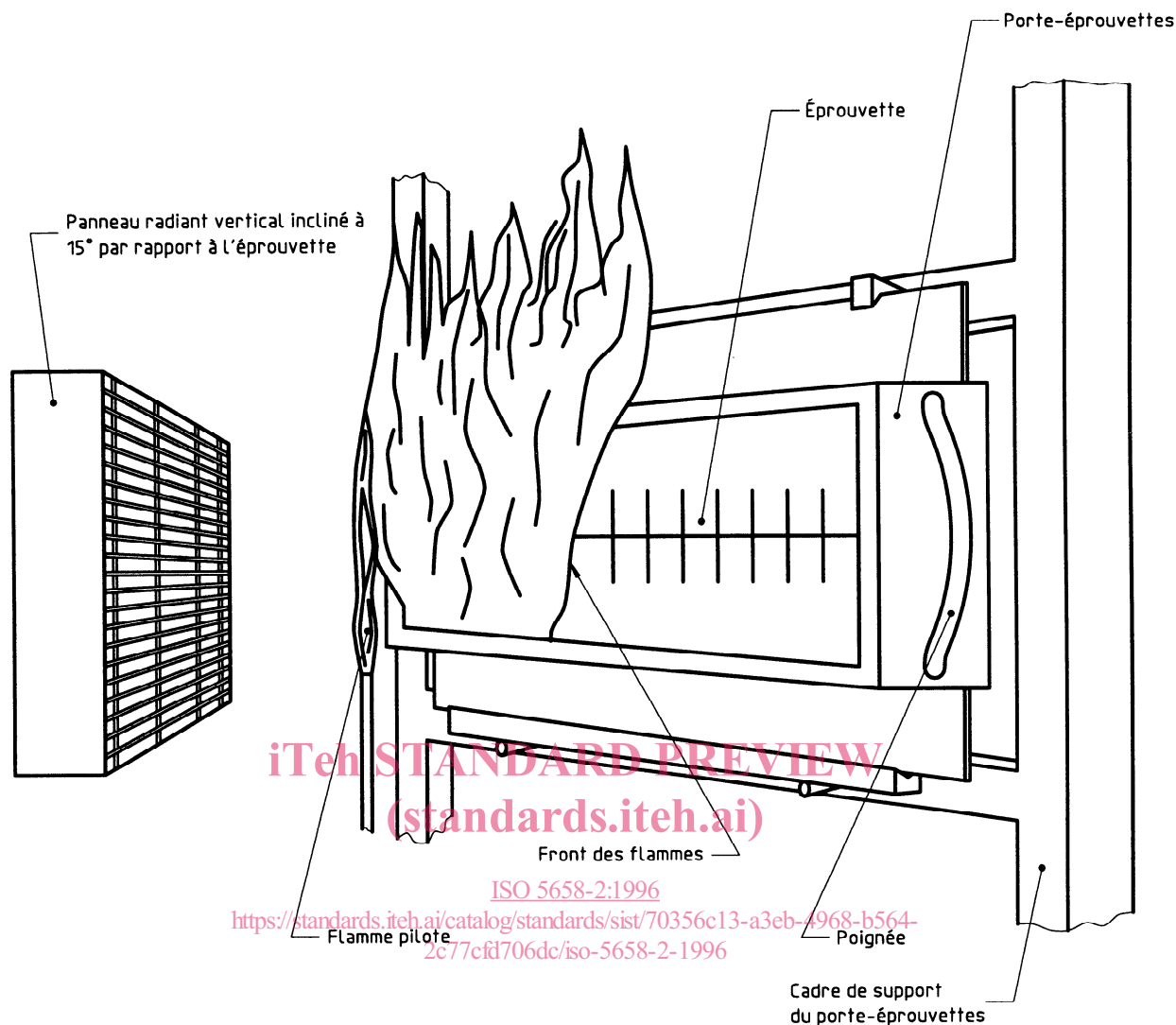


Figure 1 — Schéma de l'essai

5.1.3 Lorsqu'une surface exposée ne satisfait pas aux prescriptions soit de 5.1.1 a), soit de 5.1.1 b), le produit peut être essayé sous une forme modifiée avec une surface essentiellement plate. La modification doit être mentionnée dans le rapport.

5.2 Produits thermiquement instables

La méthode d'essai peut être inadéquate pour évaluer les produits qui réagissent de façon particulière lorsqu'ils sont exposés aux conditions spécifiques de chauffage (voir 11.12). Il convient d'évaluer les produits présentant ces caractéristiques selon d'autres méthodes d'essai données, par exemple dans l'ISO 9705.

6 Éprouvettes

6.1 Surface exposée

Le produit doit être essayé sur la face qui sera normalement exposée dans la pratique, en tenant compte de ce qui suit.

- a) S'il est possible que l'une ou l'autre surface, ou les deux, soient exposées dans la pratique, si la partie centrale englobée par les deux faces est asymétrique, les deux faces doivent être essayées.
- b) Si la face du produit contient une irrégularité de surface qui est spécifiquement directionnelle, par exemple ondulations, grain ou orientation liée à la machine qui, dans la pratique, peuvent être horizontales ou verticales, le produit doit être essayé dans les deux orientations.
- c) Si la face exposée contient des zones distinctes de finis de surface ou de textures différents, le nombre approprié d'éprouvettes doit être prévu pour chaque zone distincte du fini ou de la texture à évaluer.
- d) Les matériaux textiles doivent subir des essais de propagation de flammes dans le sens de la chaîne et dans le sens de la trame.

- e) S'il faut essayer une éprouvette à surface métallique brillante, il faut l'essayer telle quelle et également finie avec une mince couche de noir de fumée ou de graphite colloïdal, qui doit être appliquée avant le conditionnement pour l'essai.

6.2 Nombre et taille des éprouvettes

6.2.1 Fournir au moins six éprouvettes pour l'essai.

6.2.2 Trois éprouvettes doivent subir des essais pour chaque surface pouvant être exposée ou chaque orientation.

Pour les éprouvettes susceptibles d'être exposées de chaque côté et ne présentant des irrégularités de surface que d'un seul côté, il faudra au moins neuf éprouvettes, c'est-à-dire trois pour les essais avec irrégularités verticales, trois avec irrégularités horizontales et trois pour les essais du côté opposé et lisse.

6.2.3 Les éprouvettes doivent être de $800\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ de longueur, par $155\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ de largeur et doivent être représentatives du produit.

6.2.4 L'épaisseur des échantillons des produits ayant des irrégularités de surface (voir 6.1) doit être mesurée à partir du point le plus élevé de la surface. Les produits dont l'épaisseur est de 50 mm ou moins doivent être essayés avec toute leur épaisseur. Pour les produits d'épaisseur supérieure à 70 mm, la face non exposée doit être découpée afin de réduire l'épaisseur à $70\text{ mm} \pm 0,3\text{ mm}$.

Pour les produits dont l'épaisseur est comprise dans la gamme de 50 mm à 70 mm, il est nécessaire d'utiliser une pince à coulisse ou à ressort à l'arrière du porte-échantillon (voir figure 2).

6.3 Construction d'éprouvettes

6.3.1 Pour les matériaux fins ou des composites utilisés dans la fabrication d'un assemblage, la présence d'air ou d'un vide d'air et/ou la nature de toute construction sous-jacente peuvent affecter nettement les caractéristiques de la surface exposée. Il faut comprendre l'influence des couches sous-jacentes et veiller à ce que le résultat d'essai obtenu sur tout assemblage soit pertinent pour son utilisation pratique.

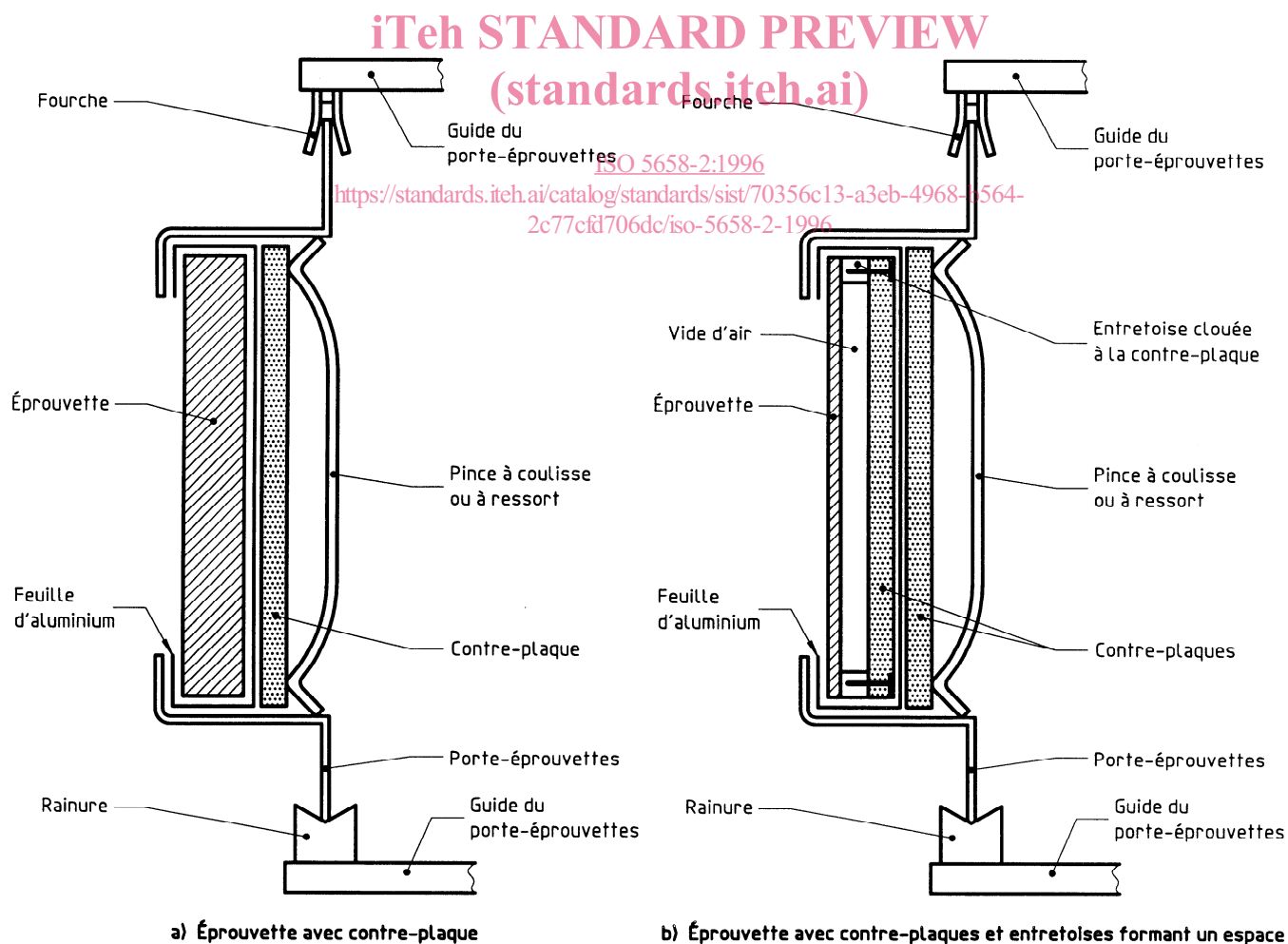


Figure 2 — Montage typique des échantillons

6.3.2 Lorsque le produit est un revêtement de surface, il doit être appliqué au substrat choisi en utilisant une méthode et un taux d'application recommandés pour son utilisation.

6.3.3 Lorsque le produit est un matériau ou un composite qui serait normalement fixé à un substrat, il doit être essayé en relation avec le substrat choisi, en utilisant la technique de fixation appropriée, par exemple collé avec la colle appropriée, ou fixé mécaniquement. La procédure suivie pour fixer les éprouvettes au substrat doit être clairement spécifiée dans le rapport d'essai [voir article 13 f)].

6.4 Conditionnement

6.4.1 Toutes les éprouvettes doivent être conditionnées à masse constante à une température de (23 ± 2) °C et une humidité relative de (50 ± 5) %, et elles doivent être maintenues dans cet état le temps requis pour les essais. On considère que l'on a atteint une masse constante lorsque deux pesées nécessaires, effectuées à 24 h d'intervalle, ne diffèrent pas de plus de 0,1 % de la masse de l'éprouvette, ou de 0,1 g, en prenant la valeur la plus grande.

6.4.2 Les plaques de renfort et les entretoises (voir 9.7) doivent être conditionnées avant l'utilisation pendant au moins 12 h dans les conditions spécifiées en 6.4.1.

6.5 Préparation

6.5.1 Ligne de référence

Marquer une ligne centrale horizontale, à mi-hauteur, sur toute la longueur de chaque éprouvette. Tracer des marques verticales tous les 50 mm le long de la ligne. La marque zéro doit correspondre au début de la surface exposée de l'éprouvette (voir 7.4). Il faut éviter toute possibilité d'influencer les performances de l'éprouvette par la ligne, par exemple en endommageant la surface ou en augmentant son coefficient d'absorption.

NOTE 4 Certains matériaux se décolorent ou brûlent si bien que la ligne et/ou les marques sont cachées. L'utilisation d'une grille en acier inoxydable à 10 mm environ de la surface de l'éprouvette permet de déterminer la position du front de flamme.

6.5.2 Produits sans vide d'air

Lorsqu'un produit est normalement utilisé sans vide d'air, après les procédures de conditionnement spécifiées en 6.4, les arêtes et la face arrière de l'éprouvette doivent être emballées dans une seule feuille d'aluminium rectangulaire de 0,02 mm à 0,03 mm d'épaisseur et de dimensions $(175 + 2a)$ mm \times $(820 + 2a)$ mm, a étant l'épaisseur de l'éprouvette,

de façon que la feuille dépasse uniformément des arêtes de la face avant de l'éprouvette de 10 mm environ. La feuille doit être aplatie sur la face avant de l'éprouvette [voir figure 2 a)]. L'éprouvette, emballée dans la feuille, doit alors être placée sur une plaque de support et les deux doivent être insérées dans un porte-éprouvettes (voir figure 3).

6.5.3 Produits comportant des vides d'air

Lorsqu'un produit est normalement utilisé avec un vide d'air, après les procédures de conditionnement spécifiées en 6.4, l'éprouvette doit être placée sur des entretoises conditionnées positionnées sur son périmètre [voir figure 2 b)] et montée sur une plaque de support de façon à prévoir un vide d'air de (25 ± 2) mm entre la face non exposée de l'éprouvette et la plaque de support (voir 9.7). Les faces arrière et latérale de tout l'assemblage doivent alors être emballées dans une feuille rectangulaire unique d'aluminium de 0,02 mm d'épaisseur et de dimensions $(175 + 2b)$ mm \times $(820 + 2b)$ mm, b étant l'épaisseur totale de l'assemblage de l'éprouvette, des entretoises et de la plaque de support, de façon que la feuille dépasse uniformément des arêtes de la face de l'éprouvette de 10 mm environ [voir figure 2 b)]. La feuille doit être aplatie sur la face avant de l'éprouvette [voir figure 2 b)]. L'assemblage, emballé dans la feuille, doit alors être placé sur une plaque de support et les deux doivent être insérés dans un porte-éprouvettes (voir figure 3).

Il est préférable d'essayer dans les conditions d'utilisation finale les produits contenant des vides d'air de moins de 25 mm.

Une technique appropriée pour le montage de matériaux flexible est d'agrafer l'éprouvette fermement le long des entretoises sur le périmètre des plaques de support.

6.5.4 Stockage des éprouvettes

Les assemblages emballés d'éprouvettes, plaques de support et entretoises, préparées comme spécifiées en 6.5.2 ou 6.5.3 doivent être stockés jusqu'à ce qu'on en ait besoin pour les essais, dans l'atmosphère de conditionnement spécifiée en 6.4.1.

7 Appareillage d'essai

7.1 Généralités

L'appareillage d'essai (voir figure 4) est constitué de quatre composants principaux: un cadre-support du panneau radiant et un cadre-support d'éprouvette qui sont assemblés l'un à l'autre afin d'amener l'éprouvette dans la configuration requise par rapport au panneau radiant, le porte-éprouvettes et un brûleur à flamme pilote.

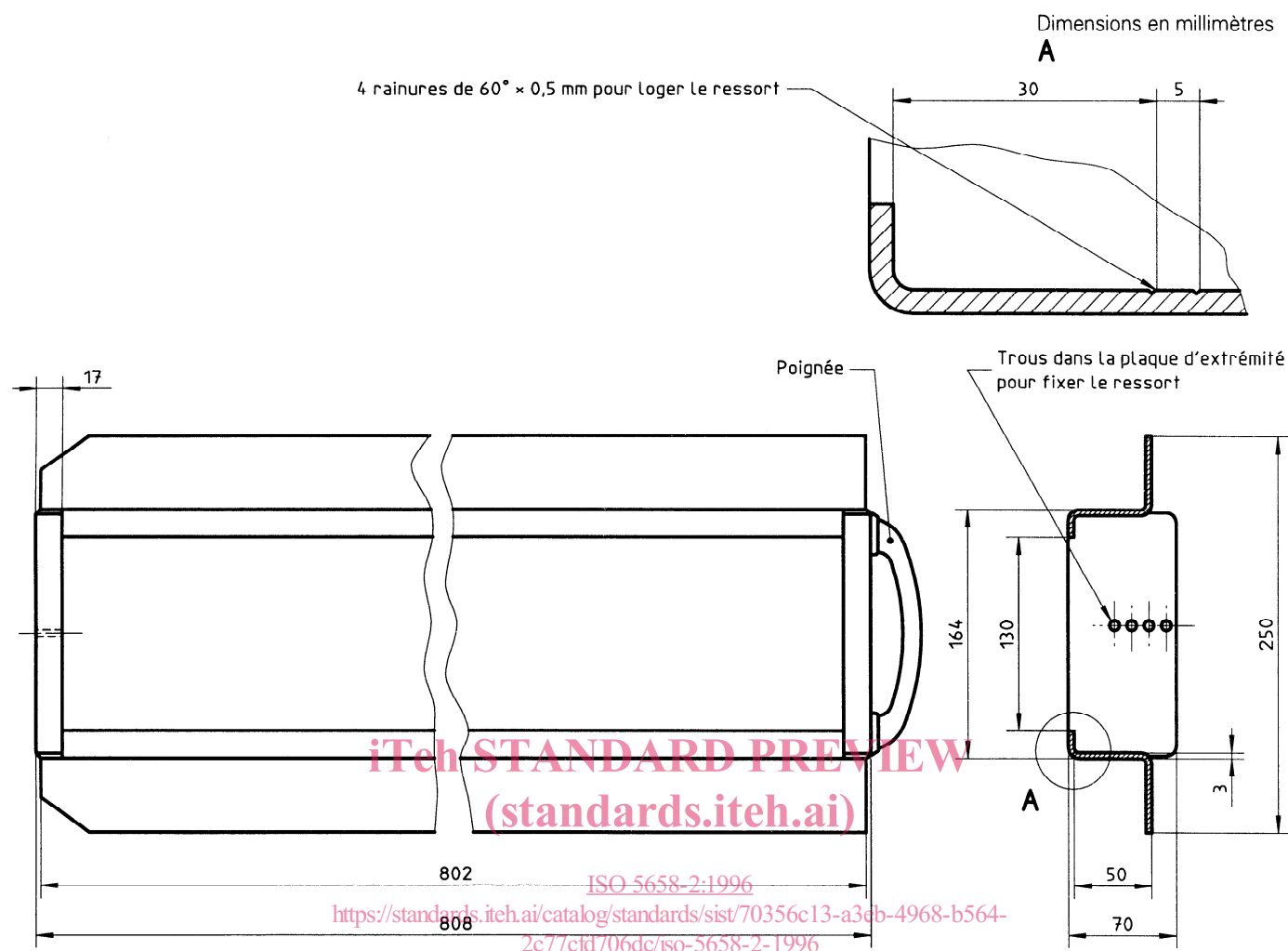


Figure 3 — Construction d'un porte-éprouvettes typique

7.2 Cadre support du panneau radiant

Ce cadre sert de support au panneau radiant avec la tuyauterie nécessaire pour l'air et le gaz, les dispositifs de sécurité, les régulateurs et les débitmètres.

7.2.1 Cadre en acier tubulaire

Ce cadre est constitué d'un tube ayant une section carrée de 40 mm de côté comme le montre la figure 4, et doit soutenir le panneau radiant, son centre étant à $(1\,200 \pm 100)$ mm au-dessus du sol, la face radiante du panneau étant verticale. L'angle entre la face du panneau et la face avant du cadre-support d'éprouvette doit être de $15^\circ \pm 3^\circ$.

7.2.2 Panneau radiant

Le panneau radiant doit être constitué d'un assemblage de tuiles réfractaires montées à l'avant d'un plénum en acier inoxydable pour fournir une surface

radiante plate de dimensions 480 mm \times 280 mm environ. Le plénum doit contenir des chicanes et des diffuseurs pour répartir uniformément le mélange gaz/air sur la surface radiante. Un crible en fils métalliques est prévu juste devant la face radiante du panneau afin d'augmenter l'éclairement énergétique.

NOTE 5 Si l'on envisage des essais ultérieurs, il peut s'avérer avantageux de monter le panneau sur un support circulaire que l'on peut tourner pour amener le panneau en position au-dessus d'une éprouvette horizontale.

7.2.3 Alimentation en gaz et en air

Le gaz et l'air de combustion doivent être amenés au panneau radiant via des régulateurs de pression et de débit, des équipements de sécurité et des débitmètres appropriés.

NOTE 6 Le mélange gaz/air entre dans le plénum par l'un des côtés courts pour faciliter la connexion lorsque le panneau est monté sur le cadre en acier tubulaire.