
**Méthode du rapport d'équivalence
contrôlée pour la détermination
des substances dangereuses des
effluents du feu — Four tubulaire à
conditions stables**

*Controlled equivalence ratio method for the determination of
hazardous components of fire effluents — Steady-state tube furnace*

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Termes et définitions	2
4 Principe	3
5 Appareillage	4
5.1 Appareillage général	4
5.2 Four tubulaire	4
5.3 Thermocouples étalonnés	5
5.4 Tube de four en quartz	6
5.5 Nacelle réfractaire	6
5.6 Entraînement de la nacelle réfractaire	7
5.6.1 Mécanisme	7
5.6.2 Vitesse d'introduction de l'éprouvette	7
5.7 Enceinte de brassage et de mesurage	8
5.8 Analyse des gaz	9
5.9 Détermination des aérosols de fumée	11
5.10 Système d'évacuation	11
6 Alimentations en air	11
6.1 Alimentations en air primaire et secondaire	11
6.2 Étalonnage du débit d'air primaire	11
6.3 Étalonnage du débit d'air secondaire	12
6.4 Confirmation globale	12
7 Détermination et réglage de la température du four	12
7.1 Généralités	12
7.2 Détermination du profil de température du four en vue de déterminer son aptitude	13
7.3 Réglage de la température pour une condition d'essai individuelle	13
8 Préparation de l'éprouvette d'essai	14
8.1 Forme de l'éprouvette d'essai	14
8.2 Charge combustible	14
8.3 Conditionnement des éprouvettes	14
9 Sélection des conditions de décomposition de l'essai	15
9.1 Sélection des conditions de décomposition pour l'analyse des risques d'incendie ou l'ingénierie de la sécurité incendie	15
9.2 Stade 1b): pyrolyse oxydante due au rayonnement appliqué de l'extérieur	15
9.3 Stade 2: bien ventilé avec flammes	15
9.4 Stade 3a): petits feux viciés dans des compartiments clos ou mal ventilés	16
9.5 Stade 3b): feux postérieurs à un embrasement généralisé dans des compartiments ouverts	17
10 Mode opératoire	17
10.1 Considérations relatives à la sécurité	17
10.2 Décomposition de l'éprouvette d'essai	18
10.3 Période stable	19
10.4 Échantillonnage et analyse des effluents du feu	20
10.4.1 Généralités	20
10.4.2 Échantillonnage des effluents du feu	20
10.4.3 Détermination de la masse du résidu d'éprouvette	22
10.4.4 Conditions ambiantes	22
10.5 Validité de l'essai	22

11	Calculs	23
11.1	Généralités	23
11.2	Taux de charge massique et taux de perte de masse	23
11.2.1	Taux de charge massique	23
11.2.2	Taux de perte de masse	23
11.3	Taux de production	24
11.4	Fraction organique	26
12	Rapport d'essai	26
12.1	Contenu du rapport d'essai	26
12.2	Informations détaillées concernant le laboratoire d'essai	27
12.3	Informations détaillées concernant l'éprouvette	27
12.4	Conditions et modes opératoire d'essai	27
13	Vérification de l'appareillage d'essai avec du PMMA	28
13.1	Mode opératoire	28
13.2	Critères de vérification	28
14	Justesse et incertitudes associées à la concentration et aux taux de production dans un four tubulaire à conditions stables	28
14.1	Exactitude, justesse et incertitude	28
14.2	Exactitude et justesse des mesures de concentration et de taux de production dans le four tubulaire à conditions stables (SSTF)	29
14.3	Degré de variabilité des mesures de concentration et de taux de production en fonction des éprouvettes d'essai dans le four tubulaire à conditions stables	29
14.4	Corrélation des taux de production d'effluents dans le four tubulaire à conditions stables avec ceux obtenus lors d'essais au feu dans un compartiment à grande échelle dans les mêmes conditions de combustion	29
15	Répétabilité et reproductibilité	31
Annexe A (informative) Lignes directrices pour le choix de conditions de décomposition supplémentaires		32
Annexe B (informative) Détermination du pouvoir toxique létal des produits de combustion conformément à l'ISO 13344 en utilisant les données obtenues dans un four tubulaire		35
Annexe C (informative) Application des données obtenues lors d'un essai dans le four tubulaire à la détermination et à l'évaluation du risque toxique lors d'incendies conformément à l'ISO 13571		36
Annexe D (informative) Utilisation de la méthode du four tubulaire à des fins d'essais biologiques		38
Annexe E (informative) Mesurage de la densité optique à l'aide du four tubulaire à conditions stables		39
Annexe F (informative) Comparaison des données obtenues lors d'essais au feu dans le four tubulaire à conditions stables, dans la pièce de l'ISO 9705 et d'autres compartiments		41
Annexe G (informative) Évaluation des données de vitesse de perte de masse		45
Bibliographie		50

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 3, *Dangers pour les personnes et l'environnement dus au feu*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/TS 19700:2007) qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les modifications apportées dans le présent document sont les suivantes:

- la reproductibilité interlaboratoires a été évaluée à l'aide de matières thermoplastiques homogènes;
- une procédure de vérification de l'appareillage d'essai à l'aide de PMMA a été introduite;
- un nouvel article relatif à la justesse et aux incertitudes relatives à la concentration et aux taux de production d'un four tubulaire à conditions stables a été ajouté;
- un nouvel article relatif à la répétabilité et à la reproductibilité a été ajouté;
- de nouvelles annexes informatives ont été ajoutées (voir [Annexes F](#) et [G](#));
- la liste des références a été mise à jour.

Introduction

L'ingénierie de la sécurité incendie utilisant une conception basée sur les performances exige des méthodes d'ingénierie pour des aspects de performance spécifiques de la sécurité au feu, mais applicables à tous les types de systèmes structuraux, produits et procédés. Cela inclut des méthodes d'essai normalisées permettant d'obtenir des données sur des phénomènes spécifiques liés au feu, y compris la production d'effluents du feu nocifs. Celles-ci ont été conçues pour fournir les données d'entrée nécessaires aux méthodes de calcul d'ingénierie relatives aux propriétés physiques, chimiques et biologiques. Les conditions d'exposition et les performances doivent être quantifiées de manière adéquate pour pouvoir extrapoler les conditions d'essai à différentes situations d'incendie se produisant dans le monde réel.

Le risque toxique pour un occupant d'un bâtiment ou d'une enceinte de transport au cours d'un incendie dépend de l'exposition à des concentrations en produits toxiques (gaz et particules de fumée) variables dans le temps dans la zone respiratoire de chaque occupant, de l'effet de chaque toxique et des interactions entre eux. Les concentrations en gaz et particules toxiques dépendent principalement du taux de perte de masse du combustible, des taux de production de chaque toxique et de la dynamique d'entraînement de l'air et de dispersion des effluents à l'intérieur de la ou des enceintes occupées. Il peut également être nécessaire de prendre en compte d'autres facteurs, tels que les pertes par dépôt sur les parois de l'enceinte.

Pour les calculs de sécurité au feu, tels que ceux décrits dans l'ISO 16732-1,^[1] les taux de production en toxiques du combustible enflammé sont des données d'entrée nécessaires. Étant donné que les conditions de combustion varient au cours d'un incendie et d'un incendie à l'autre, il est également nécessaire de mesurer les taux de production en toxiques dans une gamme de conditions de combustion définies. Pour évaluer, sur la base des performances, le risque toxique au cours d'un incendie, les données relatives aux taux de production en toxiques dans différentes conditions d'incendie spécifiées constituent une catégorie de données d'entrée requises.

Pour tout matériau spécifique, les taux de production d'effluents au cours d'incendies dépendent des conditions de décomposition thermique. Les variables les plus importantes sont la décomposition avec ou sans flammes et, pour une décomposition avec flammes, le rapport combustible/oxygène. Sur la base de ces variables, il est possible de classer les incendies en un certain nombre de types, tels que détaillés dans l'ISO 19706:2011, Tableau 1.

La présente méthode a été développée afin de mesurer les taux de toxiques produits par des matériaux pour une gamme de conditions de décomposition définies au cours d'incendies. A ce stade, la reproductibilité interlaboratoires a été évaluée à l'aide de matières thermoplastiques homogènes; l'applicabilité du présent document se limite donc à ce type de matériaux. Les conditions de décomposition sont définies en termes de rapport d'équivalence combustible/air, de température et de comportement avec flammes.

Il a été démontré que la méthode reproduit les taux de production d'effluents du feu toxiques dans un grand nombre d'études relatives à une gamme de polymères, décrits en [14.4](#) et à l'[Annexe F](#).

L'utilisation du présent document fournit des données sur la plage de taux de production en toxiques susceptible d'apparaître dans différents types et à différents stades de feux en grandeur réelle. Des données plus complètes sur les relations entre les conditions de décomposition et les taux de production peuvent être obtenues en utilisant une gamme plus étendue de paramétrages de l'appareillage. Des lignes directrices pour choisir des conditions de décomposition supplémentaires sont données à l'[Annexe A](#). La détermination des données de pouvoir toxique létal selon l'ISO 13344 est décrite à l'[Annexe B](#). L'utilisation des données pour évaluer le risque toxique selon l'ISO 13571 est décrite à l'[Annexe C](#). Des lignes directrices pour l'application des données à des fins d'essais biologiques sont données à l'[Annexe D](#).

La méthode d'essai a été développée pour répondre aux exigences de l'ISO 16312-1 et de l'ISO 19706 concernant les données relatives aux taux de production en toxiques dans les effluents du feu produits dans différentes conditions d'incendie, qui font partie des données d'entrée requises pour les méthodes de calcul permettant d'évaluer le risque toxique décrites dans l'ISO 13571. Les données peuvent également être utilisées pour les méthodes de calcul du pouvoir toxique décrites dans l'ISO 13344 et l'ISO 13571.

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Méthode du rapport d'équivalence contrôlée pour la détermination des substances dangereuses des effluents du feu — Four tubulaire à conditions stables

1 Domaine d'application

Le présent document décrit la méthode du four tubulaire à conditions stables (SSTF) pour la production d'effluents du feu en vue de l'identification et du mesurage de leurs produits de combustion constitutifs, en particulier les taux de production en toxiques pour une gamme de conditions de décomposition au feu.

Cette méthode utilise une éprouvette mobile et un four tubulaire à différentes températures et différents débits d'air comme modèle feu. La reproductibilité interlaboratoires a été évaluée à l'aide de matières thermoplastiques homogènes sélectionnées; l'applicabilité du présent document se limite donc à ce type de matériaux. La méthode est validée pour l'essai de matières thermoplastiques homogènes ayant des taux de production de cohérence définie. Voir les limites à [l'Article 12](#).

La présente méthode a été conçue comme une méthode d'ingénierie basée sur les performances pour fournir des données d'entrée en vue de l'évaluation des risques et des calculs de conception en ingénierie de la sécurité incendie. La méthode peut être utilisée pour modéliser une vaste gamme de conditions de combustion en utilisant différentes combinaisons de température, de conditions de décomposition avec ou sans flammes et différents rapports combustible/oxygène dans le four tubulaire. Celles-ci incluent les conditions de combustion relatives aux types de feu suivants, tels que décrits de manière détaillée dans l'ISO 19706:2011, Tableau 1:

- stade 1: sans flammes:
 - stade 1b) Pyrolyse oxydante due au rayonnement appliqué de l'extérieur;
- stade 2: bien ventilé avec flammes (représentant un feu se développant avec des flammes);
- stade 3: sous-ventilé avec flammes:
 - stade 3a) Petits feux localisés dans des compartiments clos ou mal ventilés;
 - stade 3b) Feux postérieurs à un embrasement généralisé.

Pour chaque type de feu avec flammes, les conditions minimales d'essai sont spécifiées en termes de rapport d'équivalence, ϕ , comme suit:

stade 2	$\phi \leq 0,75$;
stades 3a) et 3b)	$\phi = 2 \pm 0,2$.

Des lignes directrices pour le choix de conditions de décomposition supplémentaires sont données à [l'Annexe A](#).

Les données relatives aux concentrations et taux de production en toxiques obtenus à l'aide du présent document peuvent être utilisées dans le cadre de la détermination des pouvoirs toxiques, conjointement aux méthodes de calcul du pouvoir toxique de l'ISO 13344, et comme données d'entrée pour l'évaluation du risque toxique des feux, conjointement à la modélisation de la croissance du feu et de la dispersion des effluents, et pour les méthodes de calcul de la dose effective fractionnelle (FED) de l'ISO 13571.

L'application des données obtenues à l'aide du four tubulaire à conditions stables pour la détermination du pouvoir toxique léthal et pour l'évaluation des risques toxiques est considérée respectivement à [l'Annexe B](#) et à [l'Annexe C](#). Des lignes directrices pour l'application des données obtenues à l'aide du four

tubulaire à conditions stables en vue de l'utilisation de la méthode dans le cadre d'essais biologiques sont données à l'[Annexe D](#).

La méthode d'essai décrite dans le présent document peut être utilisée uniquement pour mesurer et décrire la production d'effluents toxiques par des matières thermoplastiques homogènes, en réaction à la chaleur ou à des flammes dans des conditions de laboratoire contrôlées. Son utilisation n'est pas en elle-même adaptée à la description ou à l'appréciation du risque d'incendie que présentent les matériaux dans des conditions réelles d'incendie, ou comme seule source sur laquelle peuvent se baser des réglementations concernant la toxicité.

Les taux de production en produits de combustion déterminés à l'aide du présent document concernent l'intervalle de temps pendant lequel une combustion stable est observée. Dans la mesure où cet intervalle ne représente pas une grande partie de la durée totale de combustion (c'est-à-dire s'il est inférieur à 5 min), les valeurs de taux de production en conditions stables sont applicables avec précaution aux analyses de sécurité au feu.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 291, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 12828-1, *Méthode de validation des analyses de gaz d'incendie — Partie 1: Limites de détection et de quantification*

ISO 12828-2, *Méthode de validation des analyses de gaz d'incendie — Partie 2: Validation intralaboratoire des méthode de d'analyse*

ISO 13344, *Détermination du pouvoir toxique létal des effluents du feu*

ISO 13571, *Composants dangereux du feu — Lignes directrices pour l'estimation du temps disponible avant que les conditions de tenabilité ne soient compromises*

ISO 19701, *Méthodes d'échantillonnage et d'analyse des effluents du feu*

ISO 19702, *Lignes directrices pour l'analyse des gaz et des vapeurs dans les effluents du feu par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)*

ISO 29903, *Lignes directrices pour la comparaison de données de gaz toxiques entre divers modèles et échelles de feu physiques*

Guide ISO/IEC 98-3, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13344, l'ISO 13571, l'ISO 13943 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>.
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>.

3.1**exactitude**

degré auquel la valeur mesurée représente la valeur vraie, y compris la variabilité et les incertitudes de la valeur mesurée

Note 1 à l'article: Dans ce cas, le degré auquel les taux de production mesurés dans le four tubulaire pour une éprouvette sont prédictifs des taux de production apparaissant lorsque les éprouvettes se décomposent dans les mêmes conditions de combustion lors d'essais au feu dans un compartiment à grande échelle décrit l'exactitude.

Note 2 à l'article: Pour la définition de l'exactitude d'une valeur mesurée de concentration ou de taux de production d'un produit, obtenue lors d'un essai dans un four tubulaire, voir également [l'Article 14](#).

3.2**échantillon**

effluents du feu en phase gazeuse prélevés pour l'analyse

3.3**éprouvette**

pièce représentative de la matière homogène à soumettre à essai

3.4**conditions de combustion stables**

combustion d'un combustible à une vitesse constante sous une ventilation constante, produisant des conditions de combustion constantes

Note 1 à l'article: Le four tubulaire à conditions stables est conçu pour brûler des éprouvettes d'essai dans des conditions stables, en introduisant le combustible dans le four à une vitesse constante sous un débit d'air constant. Au cours d'un essai, les conditions stables peuvent être confirmées en mesurant en continu les concentrations en dioxyde de carbone et en oxygène. Les critères de conditions de combustion stables lors de l'utilisation de la présente méthode sont définis en [10.3](#).

4 Principe

Les taux de production en produits de combustion lors d'incendies dépendent des conditions de décomposition.^{[2][3][4][5][6]} Les conditions d'essai spécifiées ont été choisies afin de reproduire une pyrolyse oxydante dans des conditions sans flammes, dans des conditions bien ventilées avec flammes à un rapport d'équivalence inférieur à 0,75, dans des conditions sous-ventilées avec flammes avant embrasement généralisé et dans des conditions sous-ventilées avec flammes après embrasement généralisé, toutes deux à un rapport d'équivalence d'environ 2, comme défini dans l'ISO 19706. L'essai est conçu pour brûler des matériaux dans une gamme de conditions, de rapports d'équivalence combustible/air différents et de températures. Cet essai consiste à brûler des matériaux dans des conditions définies en termes de combustion avec flammes ou sans flammes, de différents rapports d'équivalence combustible/air et de températures observées dans des feux réels, comme défini dans l'ISO 19706. Il est essentiel de faire des observations appropriées lors des essais afin de s'assurer que les conditions spécifiées sont respectées.

Des éprouvettes d'un matériau sont brûlées dans une ou plusieurs conditions stables dont la température et le rapport d'équivalence sont représentatifs d'un stade particulier du feu. Une éprouvette d'essai (sous forme de granulés, de pastilles ou de matériau continu) est répartie uniformément le long d'une nacelle réfractaire en quartz de 800 mm. Celle-ci est introduite à une vitesse constante dans un tube de four en quartz traversant un four tubulaire fixe. Un flux d'air primaire circule dans le tube de four en quartz et sur l'éprouvette d'essai à un débit constant. L'éprouvette d'essai est entraînée dans la zone chaude du four tubulaire. Dans des conditions avec flammes, un allumage se produit, puis la flamme se stabilise, brûlant l'éprouvette d'essai à une vitesse fixe, en présence d'un débit contrôlé d'air primaire. Les effluents du feu circulent dans le tube de four en quartz jusqu'à une enceinte de brassage et de mesurage où ils sont dilués avec de l'air secondaire, de manière à obtenir un débit total de $(50 \pm 1) \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ dans l'enceinte, puis sont évacués vers le système d'extraction de fumée.

Dans des conditions de pyrolyse oxydante, la température du four est réglée à une valeur inférieure à la température d'auto-allumage. Les trois conditions avec flammes sont obtenues en utilisant

des températures du four supérieures à la température d'auto-allumage. Pour des conditions de décomposition avec flammes, différents débits d'air primaire constants sont utilisés à une vitesse constante d'introduction de l'éprouvette d'essai afin d'obtenir différents rapport combustible/oxygène, et donc différents rapports d'équivalence.

L'air secondaire de dilution génère un débit d'échantillon plus élevé et des effluents plus frais, ce qui permet d'utiliser un grand nombre de procédures d'échantillonnage des gaz et des fumées sans nécessiter d'essais répétés supplémentaires.

Pour chaque essai, l'exigence est d'obtenir des conditions de décomposition stables et constantes pendant au moins 5 min, ou plus si possible, durant lesquelles les concentrations en gaz et en particules des effluents doivent être mesurées. Le temps nécessaire à l'établissement de conditions stables varie selon la nature de l'éprouvette d'essai et les conditions d'essai.

Les concentrations en dioxyde de carbone et en oxygène sont enregistrées en continu afin d'identifier la période pendant laquelle des conditions de combustion stables apparaissent et des échantillons du mélange d'effluents sont prélevés dans l'enceinte pendant la période stable en vue de l'analyse. Un échantillon de fumée doit être prélevé à travers un filtre et la masse de particules est déterminée.

5 Appareillage

5.1 Appareillage général

L'appareillage consiste en un four tubulaire et un tube de four en quartz traversant le four et aboutissant à une enceinte de brassage et de mesurage. Un mécanisme d'entraînement pousse la nacelle réfractaire dans le tube de four en quartz à une vitesse contrôlée prédéterminée. Un débit constant connu d'air primaire circule dans le tube de four en quartz, sur l'éprouvette d'essai mobile, jusqu'à l'enceinte de brassage et de mesurage. Une alimentation secondaire contrôlée arrive directement dans l'enceinte de brassage et de mesurage. Des échantillons de gaz sont prélevés dans l'enceinte de brassage et de mesurage.

La disposition de l'appareillage est illustrée à la [Figure 1](#). Sauf indication contraire, toutes les tolérances sont de ± 5 mm.

NOTE Un système de lumière/cellule photoélectrique peut être utilisé pour déterminer la densité de fumée dans l'enceinte de brassage et de mesurage (voir l'[Annexe E](#)).

5.2 Four tubulaire

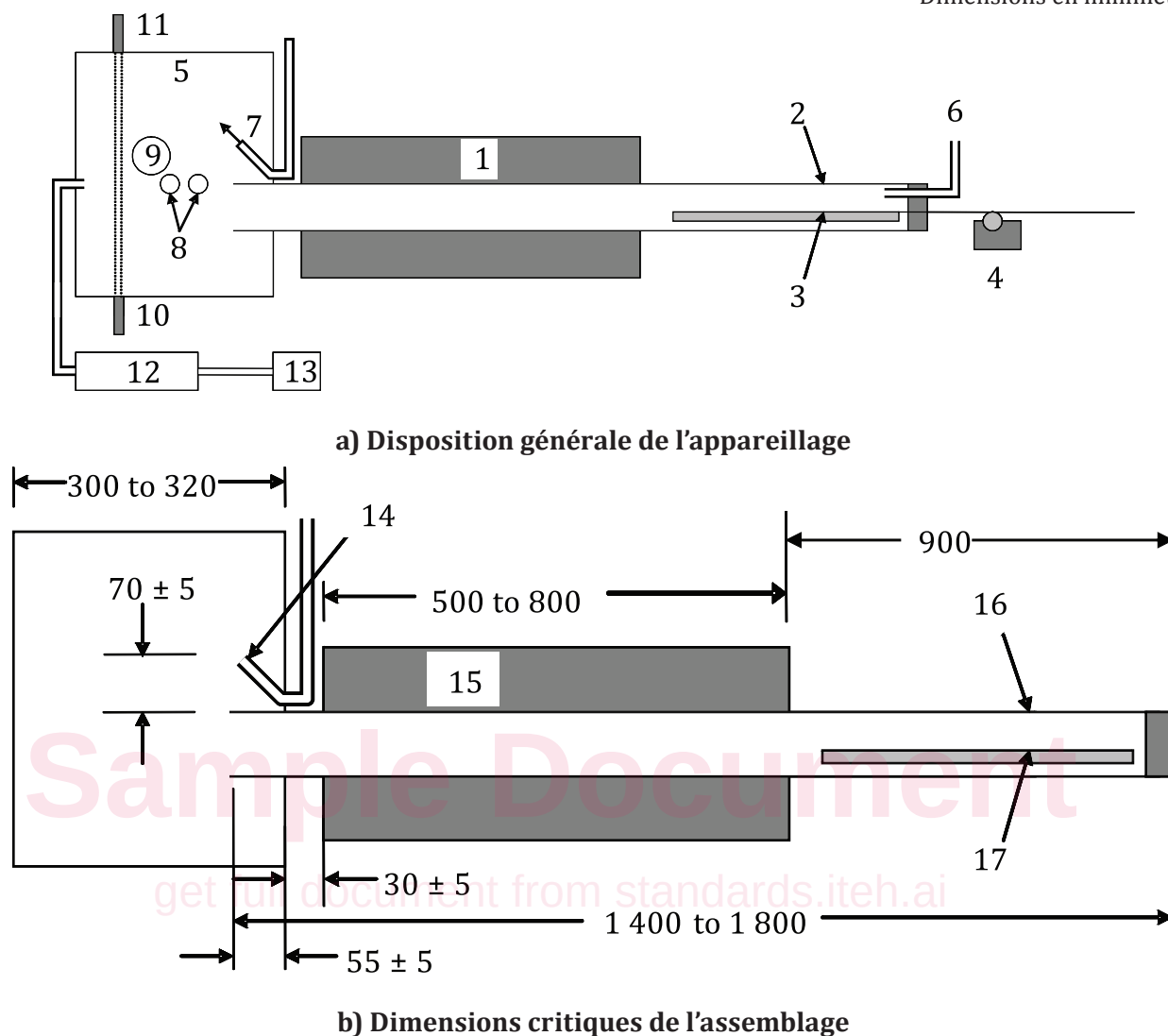
Le four tubulaire doit avoir une zone de chauffage de 500 mm à 800 mm de longueur et un diamètre intérieur de 50 mm à 65 mm. Le four doit être équipé d'un système de chauffage électrique réglable capable d'atteindre 1 000 °C et de maintenir la température du four à ± 2 % de la température de réglage avec un tube de four en quartz vide dans des conditions statiques.

Il est préférable que l'élément chauffant soit conçu pour une température de 1 300 °C. Le four est similaire à celui utilisé dans l'IEC 60754-2.

La température maximale du four étant réglée à (650 ± 10) °C, la température ne doit pas diminuer de plus de 100 °C sur une longueur d'au moins ± 125 mm à partir du point de mesure de la température maximale. La méthode utilisée pour déterminer ce profil de température est donnée en [7.2](#).

NOTE Cela réduira également la probabilité de point chaud dans le four, auquel le taux de pyrolyse sera sensible.

Dimensions en millimètres

**Légende**

- | | |
|--|--|
| 1 four tubulaire | 10 source de lumière (voir Annexe E) |
| 2 tube de four en quartz | 11 photodétecteur (voir Annexe E) |
| 3 nacelle réfractaire | 12 flacons-laveurs (méthode optionnelle d'échantillonnage des gaz) |
| 4 mécanisme d'entraînement de la nacelle réfractaire | 13 pompe avec débitmètre (optionnelle, pour flacons-laveurs) |
| 5 enceinte de brassage et de mesurage | 14 arrivée d'air secondaire à 45° par rapport à la verticale |
| 6 arrivée d'air primaire | 15 four tubulaire |
| 7 arrivée d'air secondaire | 16 tube de four |
| 8 orifices pour les conduites d'échantillonnage | 17 nacelle réfractaire de 800 mm de longueur |
| 9 filtre à particules de fumée | |

Figure 1 — Appareillage de décomposition et d'échantillonnage à four tubulaire**5.3 Thermocouples étalonnés**

Des thermocouples étalonnés à gaine d'acier inoxydable, de $(1,5 \pm 0,1)$ mm de diamètre, doivent être utilisés pour mesurer la température dans le tube de four et dans l'enceinte de brassage et de mesurage et pour étalonner le four.

5.4 Tube de four en quartz

Le tube de four en quartz, tel qu'illustré à la [Figure 2](#), est constitué de quartz transparent résistant à la chaleur et aux effets des effluents du feu. Le tube doit être suffisamment long pour placer la nacelle réfractaire à l'extérieur du four, pour traverser le four et faire saillie dans l'enceinte de brassage et de mesurage à l'autre extrémité du four. Le tube doit donc avoir une longueur minimale de (longueur du four + 895 mm). Il présente un diamètre extérieur approximativement concentrique de $(47,5 \pm 1)$ mm et une épaisseur de paroi de $(2 \pm 0,5)$ mm. Le diamètre extérieur doit permettre un ajustement souple à l'intérieur du four tubulaire ([5.2](#)) et permettre la dilatation aux températures de fonctionnement.

L'extrémité d'entrée du tube de four doit être munie d'une fermeture avec des orifices permettant le passage de l'arrivée d'air primaire et de l'entraînement de la nacelle réfractaire tout en assurant un joint étanche.

NOTE 1 Un joint d'étanchéité en polytétrafluoroéthylène (PTFE) s'est avéré approprié.

L'extrémité aval du tube de four doit traverser un presse-étoupe étanche et résistant à la chaleur et faire saillie de 55 ± 5 mm dans l'enceinte de brassage et de mesurage ([5.7](#)).

NOTE 2 Un presse-étoupe en laine de verre ou un cordon de laine de verre à l'intérieur d'un collier métallique s'est avéré approprié.

Il convient que l'extrémité du tube de four puisse contenir un réducteur de débit d'air réduisant le diamètre de l'orifice de sortie du tube de four en quartz vers l'enceinte de brassage et de mesurage à une surface maximale de 100 mm². Cela empêche l'air provenant de l'enceinte de brassage de diffuser dans le tube de four à de faibles débits d'air primaire.

NOTE 3 Un réducteur de débit approprié a été fabriqué en utilisant un bécet de laboratoire en verre borosilicaté de 100 cm³ s'adaptant bien à l'intérieur du tube de four et dans le fond duquel un trou circulaire de 35 mm de diamètre a été découpé. Le trou a été découpé à l'aide d'une perceuse de type Dremel à basse tension et d'un outil de meulage.

La distance entre la sortie du four tubulaire et l'enceinte de brassage et de mesurage doit être de (30 ± 5) mm.

Le tube de four en quartz doit être horizontal (± 1 mm dans la direction verticale par mètre le long de l'axe du four) pour s'assurer que les combustibles fondus ne peuvent pas s'écouler en amont ou en aval de la nacelle réfractaire pendant une série d'essais.

5.5 Nacelle réfractaire

La nacelle réfractaire, telle qu'illustrée à la [Figure 2](#), est constituée à partir d'un tube en quartz ayant un diamètre de (41 ± 1) mm, une longueur de 800 mm et une épaisseur de paroi de $(2 \pm 0,5)$ mm. Il convient de nettoyer la nacelle après chaque essai.

NOTE 1 Une nacelle réfractaire appropriée a été fabriquée à l'aide d'un tube en quartz ayant un diamètre nominal de 41 mm. Ce tube a été coupé en deux le long de son axe pour obtenir une section transversale semi-circulaire, nominalement de 41 mm de largeur, 18 mm de profondeur et 800 mm de longueur. Des plaques de quartz semi-circulaires ont été assemblées par fusion sur chaque extrémité.

NOTE 2 Le diamètre d'une nacelle (41 mm) détermine la capacité maximale en éprouvette d'essai.

Une longueur de nacelle de 800 mm s'est avérée appropriée pour soumettre à essai la plupart des matériaux. Lorsque des matériaux mettent longtemps à atteindre une combustion stable ou lorsqu'une période stable de plus de 5 min est requise, des nacelles plus longues peuvent être utilisées.

NOTE 3 Une méthode pratique pour nettoyer à la fois la nacelle et le tube consiste à éliminer mécaniquement les résidus visibles, puis à les placer dans un four chauffé à 1 000 °C, et enfin à les laver à l'eau pour éliminer les résidus inorganiques.

5.6 Entraînement de la nacelle réfractaire

5.6.1 Mécanisme

La nacelle réfractaire est connectée à une barre d'entraînement crénelée qui traverse le joint d'étanchéité (5.4) à l'extrémité amont du tube de four et qui est connectée à un mécanisme d'entraînement. Le mécanisme d'entraînement fait avancer la nacelle à une vitesse type de $(40 \pm 1) \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Le mécanisme d'entraînement doit permettre de sélectionner différentes vitesses d'avancement.

La capacité du mécanisme d'entraînement doit être suffisante pour déplacer la nacelle réfractaire d'au moins 800 mm. Cela déplacera l'avant de la nacelle de l'extrémité la plus proche du four jusqu'à l'extrémité la plus éloignée, en permettant ainsi à l'extrémité arrière de la nacelle de 800 mm d'entrer dans le four. Le mécanisme doit permettre à la nacelle d'être rétractée rapidement dans la partie amont externe du tube de four à la fin de l'essai. Cette opération peut être effectuée manuellement après avoir détaché la tige-poussoir du mécanisme d'entraînement.

Une vitesse d'avancement de l'entraînement de $40 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ s'est avérée appropriée pour la plupart des matériaux dans la plupart des conditions de décomposition. Pour certains matériaux à combustion rapide ou à faible masse volumique, il s'est avéré nécessaire d'utiliser des vitesses d'avancement allant jusqu'à $60 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Pour les essais concernant des éprouvettes ayant une masse volumique linéaire uniforme, telles que des baguettes de matériau, il convient de régler la vitesse d'avancement de l'entraînement de manière à obtenir un débit d'alimentation en combustible de $1 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$.

5.6.2 Vitesse d'introduction de l'éprouvette

La vitesse d'introduction de la nacelle réfractaire (en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$) doit être déterminée en faisant avancer la nacelle sur une distance de $(800 \pm 1) \text{ mm}$ et en mesurant le temps écoulé. Il est de $(1\,200 \pm 12) \text{ s}$ à une vitesse d'avancement de $(40 \pm 1) \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Le critère le plus important pour ce paramètre est la répétabilité qui doit rester dans les limites de $\pm 1 \%$. La vitesse d'avancement réelle peut être supérieure ou inférieure de 10% à la vitesse spécifiée. La vitesse d'avancement réelle doit être mesurée avec une précision de 1% et la charge massique de l'éprouvette est ajustée de manière à obtenir un débit massique d'alimentation équivalent à celui spécifié (voir 9.2 et 9.3).