

---

---

**Production et analyse des gaz toxiques  
dans le feu — Calcul des taux de  
production des espèces, des rapports  
d'équivalence et de l'efficacité de  
combustion dans les feux expérimentaux**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Generation and analysis of toxic gases in fire — Calculation of species  
yields, equivalence ratios and combustion efficiency in experimental  
fires*  
(standards.iteh.ai)

ISO 19703:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16924e0a-cd46-4d7e-a5ff-4ebb738159f8/iso-19703-2005>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 19703:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16924e0a-cd46-4d7e-a5ff-4ebb738159f8/iso-19703-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16924e0a-cd46-4d7e-a5ff-4ebb738159f8/iso-19703-2005>

© ISO 2005

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax. + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2006

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction .....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	1
4 <b>Symboles et termes abrégés</b> .....	4
5 <b>Données d'entrée appropriées pour les calculs</b> .....	5
5.1 <b>Traitement des données</b> .....	5
5.2 <b>Information sur les éprouvettes d'essai</b> .....	6
5.3 <b>Conditions de combustion</b> .....	6
5.4 <b>Collecte des données</b> .....	7
6 <b>Calcul des taux de production des gaz de combustion et de la fumée, du rapport stœchiométrique en oxygène et de la régénération des principaux éléments</b> .....	7
6.1 <b>Calcul des taux de production mesurés à partir des données sur la concentration en gaz de combustion</b> .....	7
6.2 <b>Calcul des taux de production théoriques des gaz</b> .....	10
6.3 <b>Calcul de la régénération des éléments dans les principaux produits</b> .....	12
6.4 <b>Calcul du rapport stœchiométrique en oxygène</b> .....	13
6.5 <b>Calcul des taux de production des fumées</b> .....	20
7 <b>Calcul du rapport d'équivalence</b> .....	23
7.1 <b>Généralités</b> .....	23
7.2 <b>Calcul de <math>\phi</math> pour les conditions expérimentales à état stable et à débit continu</b> .....	25
7.3 <b>Calcul de <math>\phi</math> pour les conditions expérimentales de calorimétrie à débit continu</b> .....	26
7.4 <b>Calcul de <math>\phi</math> pour les systèmes à chambre fermée</b> .....	26
7.5 <b>Calcul de <math>\phi</math> dans les essais au feu de compartiment</b> .....	26
8 <b>Calcul de l'efficacité de combustion</b> .....	27
8.1 <b>Généralités</b> .....	27
8.2 <b>Efficacité du dégagement de chaleur</b> .....	27
8.3 <b>Efficacité basée sur la consommation d'oxygène</b> .....	28
8.4 <b>Méthode basée sur les oxydes de carbone</b> .....	30
Bibliographie .....	35

## 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

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.

L'ISO 19703 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 3, *Dangers pour les personnes et l'environnement dus au feu*.

La présente version française de l'ISO 19703:2005 correspond à la version anglaise publiée le 2005-05-01 et corrigée le 2006-09-01.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16924e0a-cd46-4d7e-a5ff-4ebb738159f8/iso-19703-2005>

## Introduction

Les comités ISO TC92/SC3 (Dangers pour les personnes et l'environnement dus au feu), ISO TC92/SC4 (Ingénierie de la sécurité incendie) et CEI TC89 (Essais relatifs aux risques du feu) considèrent qu'il convient de ne pas réglementer les produits commerciaux en se basant uniquement sur le potentiel toxique des effluents engendrés lorsque ledit produit est soumis à combustion dans un appareillage d'essai au banc (conditions d'essais conventionnelles). Il est au contraire recommandé d'utiliser les informations caractérisant le potentiel toxique des effluents dans le cadre d'une évaluation des risques d'incendie ou des dangers de feu qui intègre les autres facteurs contribuant à déterminer l'ampleur et l'impact des effluents. Les conditions de la caractérisation (a) de l'appareillage servant à produire les effluents et (b) des effluents eux-mêmes doivent donc être exploitables dans ce type d'évaluation de la sécurité incendie.

Tel que décrit dans l'ISO/TS 13571, le temps disponible avant incapacité dans une situation d'incendie est déterminé par l'exposition cumulée d'une personne aux composants des effluents du feu. Les concentrations en espèces toxiques dépendent à la fois des taux de production initialement engendrés et de la dilution successive dans l'air. Les taux de production sont généralement déterminés en utilisant un appareillage d'essai au banc (dans lequel une éprouvette-échantillon de produit commercial est brûlée) ou en soumettant le produit commercial à un essai au feu en vraie grandeur. Ces taux de production, exprimés sous forme de masse de composant d'effluents par masse de combustible consommé, sont ensuite reportés dans un modèle de mécanique des fluides qui estime le transport et la dilution des effluents dans l'ensemble du bâtiment au fur et à mesure de l'évolution du feu.

Pour que l'analyse technique produise des résultats précis, les taux de production doivent être déterminés à partir d'un appareillage dont il a été démontré qu'il produisait des taux de production comparables à ceux obtenus lorsque la totalité du produit est brûlée. En plus de dépendre de la composition chimique, de la conformation et des propriétés physiques de l'éprouvette d'essai, les taux de production en produits toxiques sont sensibles aux conditions de combustion dans l'appareillage. Par conséquent, l'une des solutions pour augmenter la probabilité d'obtenir des taux de production précis à partir d'un appareillage d'essai au banc consiste à reproduire des conditions de combustion similaires à celles attendues lors de la combustion du produit dans des conditions réelles. Les principales conditions incluent la présence ou l'absence d'une flamme lors de la combustion, le degré d'extension de la flamme, le rapport d'équivalence combustible/air et l'environnement thermique. De même, il convient de déterminer ces paramètres pour un essai au feu en vraie grandeur.

Les taux de production en gaz toxiques, l'efficacité de combustion et le rapport d'équivalence sont susceptibles d'être sensibles à la manière dont l'éprouvette d'essai est prélevée dans le produit commercial global. Des difficultés peuvent apparaître ou des méthodes alternatives peuvent être utilisées pour obtenir une éprouvette d'essai adaptée. Le présent document ne traite pas de ces difficultés ou méthodes alternatives et suppose qu'une éprouvette a été choisie pour l'étude et qu'elle caractérise les conditions de combustion et les taux de production des espèces d'effluents pour cette éprouvette.

Pour les feux expérimentaux pour lesquels des données résolues dans le temps sont disponibles, les méthodes exposées dans la présente Norme internationale peuvent servir à déterminer des valeurs instantanées ou moyennes. L'application peut varier en fonction des changements dans la composition chimique de l'éprouvette d'essai au cours de la combustion. Pour les essais au feu limités à la production de concentrations en gaz dont la moyenne est établie dans le temps, les valeurs calculées en utilisant les méthodes de la présente Norme internationale se limitent également à des moyennes. Dans les feux réels, les conditions de combustion, la composition chimique du combustible et la composition des effluents du feu issus de nombreux matériaux et produits communs varient en permanence pendant l'évolution du feu. Ainsi, la précision avec laquelle les taux de production moyens obtenus par ces méthodes correspondent à ceux d'un feu réel donné dépend fortement de la phase d'incendie, de la vitesse de développement du feu et de la nature chimique des matériaux et produits exposés.

La présente Norme internationale donne des définitions et des équations permettant de calculer les taux de production en produits toxiques et les conditions de combustion dans lesquelles ces taux de production ont été déterminés en termes de rapport d'équivalence et d'efficacité de combustion. Des exemples pratiques de calculs sur éprouvettes sont également fournis.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 19703:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16924e0a-cd46-4d7e-a5ff-4ebb738159f8/iso-19703-2005>

# Production et analyse des gaz toxiques dans le feu — Calcul des taux de production des espèces, des rapports d'équivalence et de l'efficacité de combustion dans les feux expérimentaux

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne des définitions et des équations permettant de calculer les taux de production en produits toxiques et les conditions de combustion dans lesquelles ces taux de production ont été déterminés en termes de rapport d'équivalence et d'efficacité de combustion. Des exemples pratiques de calculs sur éprouvettes sont également fournis. Les méthodes exposées peuvent être utilisées pour produire des valeurs instantanées ou moyennes pour ces feux expérimentaux dans lesquels des données en fonction du temps sont disponibles.

La présente Norme internationale a pour but de fournir des lignes directrices aux chercheurs du domaine de la lutte contre l'incendie, afin

- d'enregistrer des données appropriées relatives aux feux expérimentaux,
- de calculer les taux de production moyens en gaz et en fumée dans les effluents pendant les essais au feu et dans des conditions de combustion analogue à celles d'un incendie sur un appareillage à échelle réduite, et <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16924e0a-cd46-4d7e-a5ff-4ebb738159f8/iso-19703-2005>
- de caractériser les conditions de combustion dans les feux expérimentaux en termes de rapport d'équivalence et d'efficacité de combustion, en utilisant les caractéristiques de consommation d'oxygène et de génération de produits.

La présente Norme internationale ne fournit aucune ligne directrice sur le mode opératoire d'un appareil spécifique ou sur l'interprétation des données acquises (interprétation toxicologique des résultats, par exemple).

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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/CEI 13943:2000, *Sécurité au feu — Vocabulaire*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13943:2000 ainsi que les suivants s'appliquent.

### 3.1

#### masse atomique

(élément) valeur proportionnelle à la masse de l'atome de cet élément par rapport au carbone (isotope  $^{12}\text{C}$ ) auquel est affectée la valeur 12,00 contenant 1 mole d'atomes de carbone

**3.2**  
**efficacité de combustion**  
rapport entre la quantité de chaleur libérée pendant une réaction de combustion et la quantité de chaleur théorique de la combustion complète

NOTE 1 L'efficacité de combustion peut uniquement être calculée lorsque la combustion complète peut être définie.

NOTE 2 L'efficacité de combustion peut aussi être exprimée en pourcentage.

**3.3**  
**formule empirique**  
formule chimique d'une substance indiquant les nombres relatifs d'atomes de chaque type

NOTE Une valeur entière est généralement choisie pour le nombre associé à un type d'atome donné (C ou O en général). Il est par exemple admis de représenter un échantillon particulier sous la formule  $C_6H_{8,9}O_{4,1}N_{0,3}Cl_{0,01}$ .

**3.4**  
**rapport d'équivalence**  
 $\phi$   
rapport effectif de masse combustible et masse d'air divisé par le rapport stœchiométrique de masse combustible et de masse d'air pour ce combustible

NOTE 1 Pour  $\phi < 1$ , tel que dans les feux de petite taille ou bien ventilés, le mélange combustible/air est dit pauvre en combustible; la combustion complète (c'est-à-dire en  $CO_2$  et en  $H_2O$ ) prédominera. Pour  $\phi = 1$ , le mélange est stœchiométrique. Pour  $\phi > 1$ , tel que dans les feux à ventilation contrôlée, le mélange est riche en combustible et des gaz de pyrolyse et de combustion incomplète se formeront en concentrations relativement élevées.

NOTE 2 L'air sec normal contient 20,95 % d'oxygène en volume. Dans la pratique, la concentration en oxygène de l'air entraîné peut varier, d'où la nécessité de corriger la valeur de  $\phi$  calculée pour la ramener à une base d'air sec normal. Dans la présente Norme internationale, les calculs de rapport d'équivalence utilisent des rapports combustible-oxygène plutôt que des rapports combustible-air.

NOTE 3 Pour les combustibles gazeux, le rapport d'équivalence peut également être exprimé sur la base du rapport de volume combustible-air.

**3.5**  
**concentration de perte de masse**  
masse d'une éprouvette d'essai consommée pendant la combustion, exprimée par volume unitaire de la chambre (système fermé) ou par volume total d'air traversant un système ouvert

NOTE 1 La concentration de perte de masse est généralement exprimée en grammes par mètre cube.

NOTE 2 Pour un système ouvert, cette définition suppose que la masse est dispersée dans l'écoulement d'air de manière uniforme dans le temps.

**3.6**  
**concentration massique de gaz**  
masse de gaz par volume unitaire

NOTE 1 La concentration massique de gaz peut être déterminée à partir de la fraction volumique mesurée et sa masse molaire, ou mesurée directement.

NOTE 2 La concentration massique est généralement exprimée en grammes par mètre cube.

**3.7**  
**concentration massique en particules**  
masse des particules aérosols solides et liquides par volume unitaire

NOTE La concentration massique en particules est généralement exprimée en grammes par mètre cube.

**3.8****masse molaire**

masse de 1 mole

NOTE La masse molaire est normalement exprimée en grammes par mole.

**3.9****pouvoir calorifique inférieur**

enthalpie, exprimée par masse unitaire de combustible consommé, générée lorsque la combustion est complète, l'eau produite étant à l'état gazeux

NOTE Le pouvoir calorifique inférieur est généralement exprimé en kilojoules par gramme ou en mégajoules par kilogramme.

**3.10****taux de production théorique****taux de production stœchiométrique**

masse maximale d'un produit de combustion généré pendant la combustion, exprimée par masse unitaire de l'éprouvette d'essai consommée

NOTE Le taux de production théorique est généralement exprimé en grammes par gramme ou en kilogrammes par kilogramme.

**3.11****régénération d'un élément**

(en un produit de combustion spécifié) degré de conversion d'un élément dans l'éprouvette d'essai en un gaz correspondant, correspondant au rapport entre le taux de production réel et le taux de production théorique du gaz contenant cet élément

**3.12****mélange stœchiométrique**

mélange constitué de combustible et de comburant dont la composition permet de produire uniquement les produits de la combustion complète

**3.13****demande stœchiométrique en oxygène****rapport stœchiométrique de masse oxygène-combustible**

quantité d'oxygène dont a besoin un matériau pour réaliser une combustion complète

NOTE La demande stœchiométrique en oxygène est généralement exprimée en grammes par gramme ou en kilogrammes par kilogramme.

**3.14****incertitude de mesure**

paramètre associé au résultat d'une mesure, caractérisant la dispersion des valeurs susceptibles d'être raisonnablement imputées à la grandeur à mesurer

NOTE La description et la propagation de l'incertitude dans les mesures sont décrites dans le GUM<sup>[20]</sup>.

**3.15****taux de production**

masse d'un produit de combustion généré pendant la combustion, exprimée par masse unitaire de l'éprouvette d'essai consommée

NOTE Le taux de production est généralement exprimé en grammes par gramme ou en kilogrammes par kilogramme.

#### 4 Symboles et termes abrégés

Symbole	Grandeur	Unité typique
$A$	surface d'extinction de la fumée	mètre carré
$A_{of}$ ou $A_{SEA}$	surface d'extinction spécifique de la fumée par masse unitaire de matériau brûlé	mètre carré par gramme ou mètre carré par kilogramme
$D_{MO}$	densité optique massique (équivalent $\log_{10}$ de $A_{SEA}$ )	mètre cube par gramme ou mètre cube par kilogramme
$F_{R,E}$	fraction régénérée de l'élément $E$ dans le gaz contenant $E$	sans dimension
$\Delta H_{act}$	dégagement de chaleur mesuré pendant la combustion	kilojoule par gramme
$\Delta H_c$	pouvoir calorifique inférieur ou enthalpie générée pendant la combustion complète	kilojoule par gramme
$I / I_0$	fraction de lumière transmise à travers la fumée	sans dimension
$L$	trajet de la lumière à travers la fumée	mètre
$m_{A,E}$	masse atomique de l'élément $E$	gramme
$m_E$	masse de l'élément $E$ par masse unitaire de matériau	sans dimension
$m_{E,per}$	masse de l'élément $E$ dans le matériau	pourcentage
$m_{fuel}$	masse du combustible	gramme
$m_{gas}$	masse totale du gaz étudié	gramme
$m_{m,loss}$	perte de masse totale du matériau	gramme
$\dot{m}_{m,loss}$	vitesse de perte de masse du matériau	gramme par minute
$m_{O_2,act}$	masse réelle d'oxygène disponible pour la combustion	gramme
$\dot{m}_{O_2,act}$	débit massique réel de l'oxygène disponible pour la combustion	gramme par minute
$m_{O_2,stoich}$	masse stœchiométrique d'oxygène nécessaire pour la combustion complète	gramme
$m_{part}$	masse totale des particules	gramme
$m_s$	concentration massique de la fumée	gramme par mètre cube
$M_{gas}$	masse molaire du gaz étudié	gramme par mole
$M_{poly}$	masse molaire de l'unité polymère	gramme
$n_E$	nombre d'atomes de l'élément $E$ dans le gaz	sans dimension
$n_{E,poly}$	nombre d'atomes de l'élément $E$ dans l'unité polymère	sans dimension
$P_{amb}$	pression ambiante	kilopascal
$P_{std}$	pression normalisée	101,3 kPa
$T_C$	température du gaz étudié au point de mesure	degré Celsius
$V_{eff}$	volume total des effluents du feu	mètre cubes
$\dot{V}_{air}$	débit d'air volumique	mètre cubes par minute
$w_{O_2,cons}$	fraction massique mesurée de l'oxygène consommé	sans dimension
$w_{O_2,der}$	fraction massique dérivée de l'oxygène consommé	sans dimension
$w_{Oex,poly}$	fraction massique d'oxygène dans le polymère, contribuant à la formation de produits contenant de l'oxygène	sans dimension
$w_{Ogases}$	fraction massique d'oxygène consommé sous la forme des principaux produits contenant de l'oxygène ( $w_{OCO_2} + w_{OCO} + w_{OH_2O}$ )	sans dimension
$w_{Opoly}$	fraction massique de l'oxygène dans le polymère	sans dimension

$Y_{\text{gas}}$	taux de production massique mesuré du gaz étudié	sans dimension
$Y_{\text{part}}$	taux de production massique mesuré des particules de fumée	sans dimension
$\alpha$	coefficient décimal d'absorption linéaire (ou densité optique)	mètre inverse
$\alpha_k$	coefficient d'extinction de la lumière	mètre inverse
$\chi$	taux d'efficacité de combustion	sans dimension
$\chi_{\text{cox}}$	taux d'efficacité de combustion calculé à partir du taux d'efficacité de génération d'oxydes de carbone à partir du carbone du combustible	sans dimension
$\chi_{\text{ox}}$	taux d'efficacité de combustion calculé à partir de l'appauvrissement en oxygène	sans dimension
$\chi_{\text{prod}}$	taux d'efficacité de combustion calculé à partir de l'oxygène présent dans les produits de combustion majeurs	sans dimension
$\phi$	rapport d'équivalence	sans dimension
$\eta$	taux d'efficacité de génération des oxydes de carbone	sans dimension
$\varphi_{\text{gas}}$	concentration volumique du gaz étudié	volume par volume ou pourcentage (ou parties par million, ppm, à éviter)
$\varphi_{\text{O}_2}$	fraction volumique de l'oxygène dans l'alimentation en air (0,209 5 pour l'air sec)	sans dimension
$\rho_{\text{gas}}$	concentration massique du gaz étudié	gramme par mètre cube
$\rho_{\text{m,loss}}$	concentration de perte de masse du matériau	gramme par mètre cube
$\rho_{\text{part}}$	concentration massique des particules de fumée	gramme par mètre cube
$\sigma_{\text{m},\alpha}$	coefficient d'extinction spécifique massique	mètre carré par gramme ou mètre carré par kilogramme
$\Psi_{\text{gas}}$	taux de production massique théorique du gaz étudié	sans dimension
$\Psi_{\text{O}}$	rapport stœchiométrique de masse oxygène-combustible (demande stœchiométrique en oxygène)	sans dimension

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.iTech.ai)  
ISO 19703:2005  
<https://standards.iTech.ai/catalog/standards/sist/16924e0a-cd46-4d7e-a5ff->

## 5 Données d'entrée appropriées pour les calculs

### 5.1 Traitement des données

#### 5.1.1 Incertitude

Pour calculer les paramètres de combustion décrits dans le présent document, il est essentiel de tenir compte de l'incertitude ou de l'erreur associée à chaque composant et de les combiner de manière correcte<sup>[1]</sup>. L'incertitude dérive de l'exactitude (c'est-à-dire l'étroitesse de l'accord entre la valeur mesurée et la valeur réelle) et de la fidélité (l'étroitesse de l'accord entre les différentes valeurs). Des incertitudes apparaîtront sur les paramètres mesurés physiquement (perte de masse, concentrations en gaz, etc.).

En supposant que toutes les erreurs sont indépendantes, l'erreur totale,  $\delta q$ , est obtenue en ajoutant les carrés des erreurs conformément à l'Équation (1) générale:

$$\delta q = \sqrt{\left(\frac{\delta q}{\delta a} \delta a\right)^2 + \dots + \left(\frac{\delta q}{\delta z} \delta z\right)^2} \quad (1)$$

En d'autres termes, évaluer l'erreur due à chacune des mesures individuelles et les combiner ensuite en calculant la racine de la somme des carrés.

Dans les équations établies de manière empirique, il convient de traiter les incertitudes dans les valeurs « constantes » comme des incertitudes de mesure. Si une constante est réellement constante, c'est-à-dire que son incertitude est négligeable, elle peut alors être négligée.

### 5.1.2 Chiffres significatifs et arrondi

Lors de l'enregistrement des données et de la production de rapports, il est également important de traiter correctement les chiffres significatifs. L'approche générale consiste à conserver un chiffre au-delà du dernier chiffre certain. Pour l'arrondi, la règle typique est d'arrondir par excès lorsque le chiffre à arrondir est supérieur ou égal à 5, et d'arrondir par défaut lorsqu'il est inférieur à 5.

## 5.2 Information sur les éprouvettes d'essai

### 5.2.1 Composition

Dans la mesure du possible, il convient de donner des informations sur la fraction combustible, les composants combustibles organiques et inorganiques, les composants inertes, la composition élémentaire, la formule empirique et le poids moléculaire ou formulaire.

Dans un feu expérimental réalisé sur une échelle quelconque, le combustible est souvent un seul matériau homogène, contenant éventuellement des additifs dispersés. Dans ce cas, il convient de préciser la formule moléculaire du matériau. En revanche, les produits commerciaux sont généralement des combinaisons non homogènes de matériaux dont chaque composant contient un ou plusieurs polymères et éventuellement plusieurs additifs. Pour les matériaux complexes représentatifs de produits commerciaux, les taux de production, les chaleurs de combustion effectives, etc. varieront en fonction du temps, au fur et à mesure où les différents composants seront impliqués dans la combustion. Pour certains des calculs suivants (globaux), une méthode simplifiée consiste à utiliser une formule empirique pour le composite.

### 5.2.2 Pouvoir calorifique inférieur

Le pouvoir calorifique inférieur des composants combustibles peut être nécessaire pour certains calculs (efficacité de combustion, par exemple).

## 5.3 Conditions de combustion

### 5.3.1 Appareillage

Indiquer le nom de l'appareil et décrire brièvement son mode opératoire (par exemple état d'écoulement stable, calorimètre, système à chambre fermée, etc.). Préciser la norme appropriée ou toute autre référence liée au mode opératoire.

### 5.3.2 Mode opératoire de réglage

Les conditions de combustion dépendent généralement de l'appareil et sont influencées en grande partie par le mode opératoire de réglage de l'appareil particulier. Il est nécessaire de fournir les informations suivantes:

- a) les détails de l'éprouvette d'essai, sa masse, ses dimensions et l'orientation du combustible;
- b) l'environnement thermique en termes de température (exprimée en degrés Celsius) et/ou de rayonnement calorifique (exprimé en kilowatts par mètre carré), auquel l'éprouvette d'essai est soumise;

NOTE Les champs de température et de rayonnement d'un essai ne sont généralement pas uniformes et sont donc rarement bien documentés. Il est nécessaire de fournir suffisamment d'informations sur les conditions de température et de rayonnement afin qu'une autre personne puisse reproduire les résultats en utilisant le même appareil, comparer les résultats avec ceux obtenus pour la même éprouvette soumise à essai dans un autre appareil, etc.

- c) la concentration en oxygène dans l'alimentation en air (pourcentage en volume ou fraction volumique);
- d) le volume de la chambre ou le débit d'air; pour un système fermé, indiquer le volume d'air (exprimé en litres ou en mètres cubes) et pour un système ouvert, préciser le débit d'air (exprimé en litres par minute ou en mètres cubes par minute) et les paramètres dynamiques de l'écoulement; dans les deux cas, donner des informations sur les conditions de mélange atmosphérique et sur le degré d'homogénéité des effluents du feu.

## 5.4 Collecte des données

### 5.4.1 Acquisition des données

Il est possible d'acquérir des données en fonction du temps ou intégrées dans le temps. La méthode d'acquisition des données sera précisée dans le mode opératoire d'essai.

### 5.4.2 Données mesurées et observations

La plupart des paramètres suivants seront nécessaires pour calculer les taux de production, les rapports d'équivalence et les efficacités de combustion dans les feux expérimentaux. Les unités appliquées aux données seront généralement dictées par le mode opératoire associé à un appareil particulier. Plusieurs unités typiques sont suggérées:

- a) la perte de masse de l'éprouvette d'essai, déduite en mesurant la masse de l'éprouvette avant et après l'essai pour obtenir la perte de masse totale (exprimée en milligrammes, en grammes ou en kilogrammes) ou la fraction de perte de masse (exprimée en pourcentage en masse, en grammes par gramme ou en kilogrammes par kilogramme), ou en mesurant la masse de l'éprouvette tout au long d'un essai pour déterminer la vitesse de perte de masse (exprimée en milligrammes par seconde, en grammes par minute ou en kilogrammes par minute);
- b) les concentrations en gaz et en vapeur et l'appauvrissement en oxygène [exprimées en pourcentage en volume, en fraction volumique, en microlitres par litre, en milligrammes par litre ou en milligrammes par mètre cube (les parties par million sont à éviter)];
- c) la concentration en particules de fumée (exprimée en milligrammes par litre ou en milligrammes par mètre cube) et l'obscurcissement par la fumée (exprimé en densité optique par mètre ou en mètres carrés par kilogramme);
- d) le dégagement de chaleur (exprimé en kilojoules par gramme), servant à calculer l'efficacité de combustion et formant une partie du mode opératoire de certains appareils;
- e) le mode de combustion, le délai d'allumage (exprimé en minutes ou en secondes) et l'inflammation ou non de l'éprouvette tout au long de l'essai.

## 6 Calcul des taux de production des gaz de combustion et de la fumée, du rapport stœchiométrique en oxygène et de la régénération des principaux éléments

### 6.1 Calcul des taux de production mesurés à partir des données sur la concentration en gaz de combustion

Dans les feux expérimentaux, le taux de production massique d'un gaz,  $Y_{\text{gas}}$ , peut être calculé à partir de la concentration massique mesurée du gaz présentant un intérêt et de la concentration de perte de masse du matériau, ou à partir de la masse totale de gaz produite et de la perte de masse totale du matériau, conformément à l'Équation (2); voir les Notes 1, 2 et 3:

$$Y_{\text{gas}} = \frac{\rho_{\text{gas}}}{\rho_{\text{m,loss}}} \quad (2)$$