
**Gaz naturel — Mesurage des
propriétés — Pouvoir calorifique et indice
de Wobbe**

*Natural gas — Measurement of properties — Calorific value and Wobbe
index*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 15971:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-
5763374f7429/iso-15971-2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008)



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 15971:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

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
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
3.1 Pouvoir calorifique et indice de Wobbe	1
3.2 Teneur en eau du gaz	2
3.3 Classification de performance	2
3.4 Termes de métrologie	3
4 Principe de mesurage	4
4.1 Introduction	4
4.2 Calorimétrie de combustion directe	5
4.3 Méthodes indirectes	6
4.4 Méthodes par déduction	7
5 Évaluation de performance et essais de réception	7
5.1 Évaluation de performance pour la sélection de l'instrument	8
5.2 Essais de réception en usine et sur site	22
6 Lignes directrices pour l'échantillonnage et l'installation	24
6.1 Échantillonnage	24
6.2 Lignes directrices d'installation	25
7 Étalonnage	28
7.1 Procédures d'étalonnage	28
7.2 Gaz d'étalonnage	30
8 Vérification	30
8.1 Procédures de vérification	30
8.2 Gaz de vérification	32
9 Maintenance	32
9.1 Maintenance préventive	32
9.2 Maintenance corrective	32
10 Contrôle qualité	33
10.1 Généralités	33
10.2 Paramètres environnementaux et équipement auxiliaire	35
10.3 Facteurs instrumentaux	36
Annexe A (normative) Symboles et unités	37
Annexe B (informative) Exemples de spécification d'homologation de type et de spécification technique	38
Annexe C (informative) Calorimétrie de classe 0 sur une base massique	40
Annexe D (informative) Calorimétrie de combustion directe	44
Annexe E (informative) Dispositifs de combustion stœchiométrique	47
Annexe F (informative) Effet des gaz non alcanes sur les dispositifs de combustion stœchiométrique	51
Annexe G (informative) Mesurage de l'indice de Wobbe	52
Bibliographie	53

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 15971 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 193, *Gaz naturel*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 15971:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008>

Introduction

La quantité d'énergie fournie par un gaz naturel en circulation est souvent déterminée comme étant le produit du volume fourni et du pouvoir calorifique par unité de volume du gaz. Il est donc important de disposer de méthodes normalisées de détermination du pouvoir calorifique. Dans de nombreux cas, il est possible de calculer le pouvoir calorifique d'un gaz naturel, avec une précision suffisante, si l'on en connaît la composition (voir l'ISO 6976). Cependant, il est également possible, et il s'agit parfois d'un choix privilégié, de mesurer le pouvoir calorifique à l'aide de l'une des nombreuses techniques qui ne nécessitent pas une analyse de la composition. Le présent document détaille des méthodes actuellement utilisées ainsi que de nombreux facteurs qu'il est nécessaire d'aborder pour la sélection, l'évaluation, l'évaluation de performance, l'installation et le fonctionnement d'un instrument approprié. Le mesurage de l'indice de Wobbe, une propriété étroitement liée au pouvoir calorifique, est brièvement exposé dans une annexe informative mais n'est pas examiné dans le détail dans les parties normatives de la présente Norme internationale.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 15971:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15971:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008>

Gaz naturel — Mesurage des propriétés — Pouvoir calorifique et indice de Wobbe

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale concerne le mesurage du pouvoir calorifique du gaz naturel et de produits de substitution du gaz naturel par des méthodes non séparatives, c'est-à-dire des méthodes qui n'impliquent pas la détermination de la composition du gaz ni le calcul à partir de celle-ci. Elle décrit les principes de fonctionnement d'une diversité d'instruments utilisés à cet effet, et elle fournit des lignes directrices pour leur sélection, évaluation, évaluation de performance, installation et fonctionnement.

Les pouvoirs calorifiques peuvent être exprimés sur une base massique, molaire ou, plus communément, volumique. La plage de travail pour le pouvoir calorifique supérieur du gaz naturel, sur une base volumique, est généralement comprise entre 30 MJ/m³ et 45 MJ/m³ dans les conditions de référence standard (voir l'ISO 13443). La plage correspondante de l'indice de Wobbe est généralement comprise entre 40 MJ/m³ et 60 MJ/m³.

La présente Norme internationale ne cautionne ni ne conteste les revendications d'un quelconque constructeur commercial pour la performance d'un instrument. Sa thèse centrale est que l'adaptation à un usage dans une quelconque application particulière (définie en termes d'un ensemble d'exigences opérationnelles spécifiques) ne peut être évaluée qu'au moyen d'un programme bien conçu d'essais expérimentaux. Des lignes directrices sont fournies pour le contenu correct de ces essais.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008>

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 6976:1995, *Gaz naturel — Calcul du pouvoir calorifique, de la masse volumique, de la densité relative et de l'indice de Wobbe à partir de la composition*

ISO 14532:2001, *Gaz naturel — Vocabulaire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Pouvoir calorifique et indice de Wobbe

3.1.1

pouvoir calorifique supérieur

quantité de chaleur qui serait libérée par la combustion complète dans l'air d'une quantité spécifiée de gaz (sur une base molaire, massique ou volumique), de telle manière que la pression, p , à laquelle se produit la réaction demeure constante et que tous les produits de combustion soient ramenés à la même température spécifiée, T , que les réactifs, tous les produits se trouvant à l'état gazeux à l'exception de l'eau formée par la combustion, qui est condensée à l'état liquide à T

Voir l'ISO 6976.

3.1.2

pouvoir calorifique inférieur

quantité de chaleur qui serait libérée par la combustion complète dans l'air d'une quantité spécifiée de gaz (sur une base molaire, massique ou volumique), de telle manière que la pression, p , à laquelle se produit la réaction demeure constante et que tous les produits de combustion soient ramenés à la même température spécifiée, T , que les réactifs, tous les produits se trouvant à l'état gazeux

Voir l'ISO 6976.

3.1.3

indice de Wobbe

quotient, sur une base volumique aux conditions de référence spécifiées, du pouvoir calorifique supérieur par la racine carrée de la densité relative dans les mêmes conditions spécifiées de référence de mesurage

Voir l'ISO 6976.

3.1.4

conditions de référence standard

température, $T = 288,15$ K, et pression (absolue), $p = 101,325$ kPa, pour le gaz réel sec

Voir l'ISO 13443.

NOTE Les conditions de référence standard (ou de base) de température, pression et humidité (état de saturation) ne sont définies que pour une utilisation dans des applications du gaz naturel et applications similaires. Pour le pouvoir calorifique sur la base volumique, ces conditions s'appliquent au comptage et à la combustion du gaz. Les conditions de référence standard, telles que définies dans l'ISO 13443, sont censées s'appliquer dans l'expression des grandeurs physiques, dans toute la présente Norme internationale.

(standards.iteh.ai)

3.2 Teneur en eau du gaz

3.2.1

gaz saturé

gaz naturel qui, dans les conditions spécifiées de température et de pression, se trouve à son point de rosée eau

3.2.2

gaz sec

gaz naturel qui ne renferme pas de vapeur d'eau à une fraction molaire supérieure à 0,000 05

Voir l'ISO 6976.

3.2.3

gaz partiellement saturé ou humide

gaz naturel qui contient une quantité de vapeur d'eau entre celle du gaz saturé et celle du gaz sec, aux conditions spécifiées de température et de pression

3.3 Classification de performance

NOTE Le plan de classification suivant est adopté afin de classer les incertitudes associées au mesurage du pouvoir calorifique. Les notes jointes sont explicatives mais ne font pas partie des définitions. Les valeurs indiquées se rapportent à une incertitude étendue avec un facteur d'élargissement de 2.

3.3.1

classe 0

performance à laquelle on peut associer une incertitude inférieure ou égale à $\pm 0,1$ % du pouvoir calorifique mesuré

NOTE Une performance de cette qualité peut actuellement être atteinte seulement par des instruments dans lesquels toutes les opérations sont effectuées en stricte conformité aux meilleures pratiques métrologiques, et pour lesquels tous les mesurages physiques pertinents sont directement traçables à des étalons métrologiques primaires. En

général, un tel instrument est construit sur mesure et installé dans un laboratoire spécialisé conçu à cet effet et dont l'environnement est contrôlé; un opérateur spécialement formé et identifié sera probablement exigé. Les instruments de ce type sont parfois appelés «calorimètres de référence» et tous, à ce jour, font des mesurages de façon discontinue sur des échantillons discrets de gaz.

3.3.2

classe 1

performance à laquelle on peut associer une incertitude inférieure ou égale à $\pm 0,1$ MJ/m³ du pouvoir calorifique sur une base volumique (0,25 % environ)

NOTE Il s'agit du niveau le plus bas d'incertitude de mesure actuellement disponible pour n'importe quelle forme d'instrument commercial utilisé pour une opération de routine sur le terrain (c'est-à-dire une opération qui n'est pas en laboratoire). Même pour les quelques types d'instrument qui sont intrinsèquement capables de cette performance, il est improbable de l'atteindre si l'installation n'est pas conforme à la fois aux instructions du constructeur et aux principes décrits dans la présente Norme internationale, et si le fonctionnement n'est pas conforme aux procédures d'étalonnage, de vérification, de maintenance et de contrôle qualité décrites dans la présente Norme internationale.

3.3.3

classe 2

performance à laquelle on peut associer une incertitude inférieure ou égale à $\pm 0,2$ MJ/m³ du pouvoir calorifique sur une base volumique (0,5 % environ)

3.3.4

classe 3

performance à laquelle on peut associer une incertitude inférieure ou égale à $\pm 0,5$ MJ/m³ du pouvoir calorifique sur une base volumique (1,0 % environ)

iteh STANDARD PREVIEW

3.4 Termes de métrologie (standards.iteh.ai)

NOTE Les définitions suivantes, y compris les Notes (à l'exception de la Note figurant en 3.4.6) qui leur sont associées, sont toutes tirées de l'ISO 14111, où des détails explicatifs supplémentaires sont fournis.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008>

3.4.1

exactitude

étroitesse de l'accord entre un résultat de mesurage et la valeur vraie du mesurande

NOTE Appliqué à un ensemble de résultats de mesurages, le terme «exactitude» englobe un ensemble d'éléments aléatoires et une erreur systématique commune dite erreur de justesse ou biais.

3.4.2

justesse

étroitesse de l'accord entre la valeur moyenne obtenue à partir d'une série importante de résultats de mesurages et la valeur vraie du mesurande

NOTE La mesure de la justesse est généralement exprimée en termes d'erreur de justesse ou biais.

3.4.3

erreur de justesse

biais

différence entre les résultats de mesurage attendus et une valeur de référence acceptée

3.4.4

fidélité

étroitesse de l'accord entre des résultats de mesurage indépendants obtenus dans des conditions spécifiées

NOTE La fidélité dépend uniquement de la distribution des erreurs aléatoires et ne se rapporte pas à la valeur vraie.

3.4.5

répétabilité

fidélité dans des conditions où des résultats de mesurages indépendants sont obtenus par la même méthode sur des objets de mesurage identiques dans le même laboratoire, par le même opérateur et pendant un court intervalle de temps

NOTE La répétabilité s'exprime quantitativement en fonction de l'écart-type des résultats.

3.4.6

incertitude

estimation liée à un résultat de mesurage et qui caractérise la gamme des valeurs au sein desquelles la valeur vraie est supposée être

NOTE Une autre définition, mais équivalente, tirée de la Référence [1] est comme suit: paramètre associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande.

3.4.7

étalonnage

ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs de la grandeur indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure, ou les valeurs représentées par une mesure matérialisée ou un matériau de référence, et les valeurs correspondantes de la grandeur réalisées par des étalons

3.4.8

vérification

confirmation, par examen et fourniture d'une preuve objective, que des exigences spécifiées ont été satisfaites

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4 Principe de mesurage

ISO 15971:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb2fd55a-3748-435a-85ee-5763374f7429/iso-15971-2008>

4.1 Introduction

Les instruments capables d'une performance de classe 0 (ci-après appelés calorimètres de classe 0, par souci de brièveté) ont été établis dans un petit nombre de laboratoires spécialisés mais, étant donné qu'il s'agit inévitablement d'instruments d'essai à la goutte à forte proportion de main-d'œuvre, non disponibles commercialement et non adaptés à l'exploitation sur le terrain, les détails de leur installation, fonctionnement et maintenance sont en dehors du cadre de la partie principale de la présente Norme internationale.

Néanmoins, les mesurages effectués à l'aide de calorimètres de ce type peuvent avoir un rôle important à jouer dans la détermination «quotidienne» du pouvoir calorifique, principalement en tant que moyen agréé possible de fourniture de gaz d'étalonnage certifiés (matériaux de référence gazeux certifiés) ayant une traçabilité à des étalons métrologiques internationaux (voir 7.2). Ils peuvent également être utilisés pour les besoins de la recherche et pour la résolution de différends.

Les principes selon lesquels les calorimètres de classe 0 typiques fonctionnent, ainsi que les détails de plusieurs de leurs autres facteurs pertinents, sont indiqués dans l'Annexe C. Tous les calorimètres de classe 0 conçus jusqu'à présent ont, comme première détermination, le pouvoir calorifique sur une base massique. Afin d'être utilisable pour la plupart des applications de routine, il est nécessaire de convertir celui-ci, par quelque moyen secondaire, en une valeur sur une base volumique. Pour obtenir un pouvoir calorifique sur une base volumique avec une incertitude de $\pm 0,1$ %, il est habituel d'utiliser un densimètre, d'exactitude suffisante, avec des instruments de ce type.

Les instruments capables d'une performance de classe 1, classe 2 ou classe 3 mesurent généralement le pouvoir calorifique sur une base volumique. Ils sont généralement conçus pour un fonctionnement continu sans surveillance sur le terrain et réalisent un enregistrement essentiellement continu du pouvoir calorifique. À l'exception des appareils de chromatographie en phase gazeuse de procédé (qui ne sont pas l'objet de la présente Norme internationale), ils sont les seuls types d'instrument qui peuvent être sensiblement utilisés pour des mesurages de routine du pouvoir calorifique sur un gaz naturel passant à travers les systèmes de transmission et de distribution.

Le principe de fonctionnement peut être direct, indirect ou par déduction, dans l'acception de ces termes conformément à l'ISO 14532. La présente Norme internationale s'attache davantage à la performance de ces types d'instrument. Un certain nombre d'instruments ont la fonctionnalité supplémentaire de mesurer la densité relative. Dans ces cas, cette fonctionnalité équivaut à disposer de la détermination à la fois du pouvoir calorifique sur une base massique et de l'indice de Wobbe.

En fonction de l'application particulière, les instruments peuvent devoir enregistrer soit le pouvoir calorifique supérieur, soit le pouvoir calorifique inférieur. Bien que chaque type particulier d'instrument réponde, en principe, à l'un ou à l'autre de ceux-ci, la plupart des types peuvent être configurés pour enregistrer l'autre valeur, avec une petite perte d'exactitude pour les gaz naturels typiques. À cet effet, l'exigence principale est que l'instrument soit configuré en utilisant des gaz d'étalonnage qui sont certifiés en conséquence (voir également 5.1.10.2).

4.2 Calorimétrie de combustion directe

Seuls les instruments qui sont de vrais calorimètres de combustion, dans le sens où l'énergie libérée sous forme de chaleur par la combustion du gaz est déterminée à l'aide de mesurages thermométriques, figurent dans la catégorie «mesurage direct». Toutes les réalisations commerciales actuelles déterminent le pouvoir calorifique sur une base volumique.

Dans ce type d'instrument, l'échantillon de gaz est mesuré volumétriquement, en continu, souvent par l'utilisation d'un «appareil de mesure humide» (voir Référence [2], chapitre 4 et l'ISO 6145-1) à joint hydraulique, avant de passer à un brûleur. Le mesurage principal est celui de l'élévation quasi stationnaire de température (d'équilibre) d'un agent de transfert de chaleur (mesuré) circulant en continu, auquel les produits chauds de la combustion ne se mélangent pas.

L'agent de transfert de chaleur est généralement l'air; les calorimètres à circulation d'eau existent dans une large diversité de formes mais tous ceux-ci sont maintenant obsolètes. L'élévation de température est généralement mesurée à l'aide d'un thermomètre à résistance. L'étalonnage est généralement effectué à l'aide de matériaux gazeux de référence (étalons de travail) certifiés pour le pouvoir calorifique.

Les pouvoirs calorifiques sont généralement mesurés par cette méthode aux température et pression ambiantes. Toutefois, il est nécessaire de reporter les valeurs enregistrées aux conditions spécifiées de référence de température et de pression, de mesurage et de combustion. C'est la raison pour laquelle une information préalable relative à la stabilité de la sortie par rapport aux variations de la température ambiante peut être importante (voir 5.1.6).

Il doit également être important de définir la condition de référence de la teneur en eau du gaz, en particulier si l'instrument contrôle la teneur en eau du gaz (soit par saturation, soit par séchage) avant ou pendant le processus de mesurage. Dans les conditions de référence standard, la différence entre le pouvoir calorifique supérieur d'un gaz sec et d'un gaz humide est d'environ 1,7 %.

Les instruments de ce type sont généralement configurés pour enregistrer le pouvoir calorifique supérieur. Un des principaux avantages des vrais calorimètres de combustion est qu'il n'y a aucune restriction sur la composition du gaz échantillon pour lequel il est attendu qu'ils donnent un résultat correct.

Les calorimètres basés sur cette méthodologie générique (Référence [2], chapitre 10; Référence [6], chapitre 7; et Références [3] à [5]) sont souvent capables d'une performance de classe 1 mais ont généralement une réponse tout à fait médiocre aux changements de pouvoir calorifique à cause de l'inertie thermique.

Des exemples typiques de ce type de calorimètre sont décrits dans l'Annexe D.

4.3 Méthodes indirectes

4.3.1 Généralités

Les instruments qui appartiennent à la catégorie «indirecte» sont ceux qui mesurent une certaine propriété physico-chimique du gaz et qui utilisent une relation connue, définie par l'observation pratique et par l'analyse théorique, entre le pouvoir calorifique et la propriété mesurée, pour en déduire le pouvoir calorifique, soit supérieur, soit inférieur, du gaz.

4.3.2 Combustion stœchiométrique

Les instruments de ce type dépendent du principe selon lequel, pour un mélange de gaz ne contenant que des alcanes et des constituants inertes, le pouvoir calorifique (supérieur ou inférieur) sur une base volumique est une fonction linéaire du rapport air/gaz nécessaire pour réaliser la combustion stœchiométrique.

Il existe au moins deux façons de mettre en œuvre ce principe dans un dispositif pratique. Dans un mode de réalisation, le point stœchiométrique est déterminé par la recherche du rapport air/gaz pour lequel la quantité d'oxygène dans les produits de la combustion complète est nulle. Dans un autre mode de réalisation, le point stœchiométrique est déterminé par la recherche du rapport air/gaz auquel est atteinte la température de flamme maximale.

Un inconvénient des instruments qui fonctionnent sur ce principe est la nécessité de s'assurer que le gaz échantillon ne contient que des alcanes et des constituants inertes. Tout autre constituant (par exemple les alcènes, l'hydrogène, le monoxyde de carbone et surtout l'oxygène) peut faire que l'instrument donne un relevé erroné. Toutefois, dans un certain nombre de cas, les erreurs éventuelles peuvent être prises en compte à l'aide d'une procédure de correction.

Les instruments basés sur ce principe (voir Référence [7]) sont directement capables d'une performance de classe 2 au moins et présentent typiquement une réponse rapide à des variations de pouvoir calorifique.

L'Annexe E présente un certain nombre de détails pratiques de ces dispositifs.

4.3.3 Combustion catalytique

Les instruments de ce type sont basés sur le principe selon lequel une détermination de la quantité de chaleur libérée pendant l'oxydation (combustion) complète d'un gaz sur une surface catalytique est une mesure représentative correcte de son pouvoir calorifique.

Dans un mode de réalisation, un débit mesuré semi-continu (c'est-à-dire marche-arrêt-marche) du gaz combustible subit une oxydation à la surface d'un conducteur revêtu d'un catalyseur. La chaleur libérée par ce processus de combustion élève la température du conducteur et influence ainsi sa résistance électrique. La résistance électrique peut directement être utilisée pour suivre l'élévation de température sur la période «marche» du débit du gaz puis l'élévation de température intégrée pendant cette période peut être utilisée comme un indicateur du pouvoir calorifique inférieur.

Dans un autre mode de réalisation, le processus d'oxydation a lieu au contact d'un matériau catalytique en poudre. Le débit de combustible (à un débit constant de l'air) qui est nécessaire pour maintenir la chambre de réaction à une température constante est alors mesuré et utilisé comme indicateur du pouvoir calorifique inférieur.

Les instruments des types décrits dans le présent paragraphe (voir Références [8] et [9]) se trouvent à un stade avancé de développement mais ne sont pas encore disponibles dans le commerce. Leurs capacités de performance ne peuvent donc pas être évaluées.

4.4 Méthodes par déduction

La ligne de séparation entre les méthodes «indirectes» et les méthodes «par déduction» est plutôt imprécise. On peut logiquement rétorquer que toutes les déterminations de pouvoir calorifique sont, dans un certain sens du terme, par déduction. Ici, il est considéré que les méthodes par déduction sont celles qui dépendent d'une corrélation empirique (ou éventuellement semi-empirique) entre le pouvoir calorifique et d'autres propriétés mesurées.

Parmi les exemples de propriétés pertinentes pouvant être utilisées de cette façon, comme prédicteurs de pouvoir calorifique, on trouve le facteur de compression (qui est lié au pouvoir calorifique par l'équation SGERG-88, voir Référence [10]) et la vitesse du son. Aucune de ces propriétés ne suffit à elle seule à déterminer le pouvoir calorifique de façon non ambiguë (il est nécessaire de disposer d'autres informations relatives aux constituants inertes), et aucun appareil commercial n'a encore été produit pour exploiter ces corrélations. Néanmoins, la grande précision à laquelle la vitesse du son peut être immédiatement mesurée présage un rôle futur possible pour une méthode basée sur ces principes.

Pour le moment, toutefois, les instruments qui peuvent le mieux être classés comme «par déduction» sont beaucoup moins sophistiqués, tant dans le principe que dans la construction. Dans les instruments typiques de cette sorte, une proportion supposée constante de la chaleur libérée par la combustion d'un débit régulé du gaz combustible est captée (mais pas mesurée) par un dispositif particulier et reliée empiriquement au pouvoir calorifique.

Dans un mode de réalisation de ce principe établi depuis longtemps (voir Référence [2], chapitre 10; et Référence [6], chapitre 6) le dispositif capteur est la cheminée de brûleur elle-même, formée à partir de deux tubes métalliques concentriques joints rigidement à la partie inférieure. Les deux tubes se dilatent de façon différentielle d'une quantité qui dépend de la chaleur transférée des gaz de combustion, et cela peut être utilisé pour fournir une indication du pouvoir calorifique. Dans un autre mode de réalisation (voir Référence [4]), le capteur est un tube à dilatation thermique d'un seul métal, placé dans le flux d'effluents gazeux. Dans un mode de réalisation légèrement plus moderne, il s'agit d'une thermopile placée de manière similaire, sa sortie étant prise comme indication du pouvoir calorifique. Dans aucun de ces instruments l'eau de combustion ne condense. En conséquence, ils répondent tous, en principe, au pouvoir calorifique inférieur.

Comme conséquence de leur simplicité reconnue, les instruments de ce type général ne sont pas généralement censés atteindre une performance meilleure que celle de classe 3, sauf dans les circonstances les plus favorables.

Un très grand nombre d'autres principes de fonctionnement ont été décrits au cours des années mais l'intention n'est pas ici de décrire des idées qui ne trouvent plus, n'ont jamais trouvé ou ne trouveront vraisemblablement pas d'application raisonnablement répandue. Il existe d'innombrables brevets «sans issue».

5 Évaluation de performance et essais de réception

L'organigramme fourni à la Figure 1 présente une vue d'ensemble des procédures qu'il est nécessaire d'exécuter afin de satisfaire aux exigences d'évaluation de performance et d'essais de réception. Les paragraphes 5.1 et 5.2 fournissent des détails spécifiques.

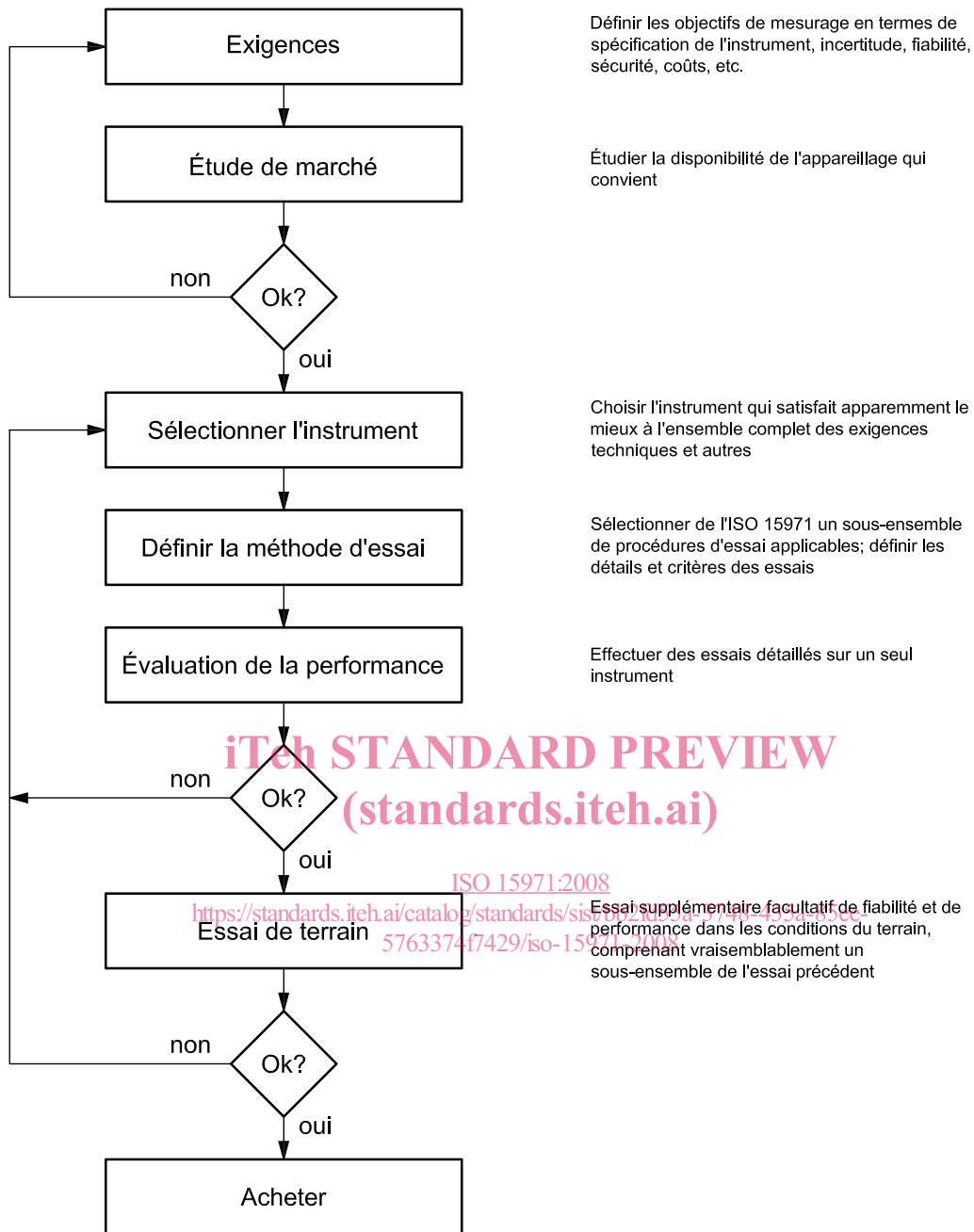


Figure 1 — Essais d'évaluation de l'instrument, d'évaluation de performance et de réception

5.1 Évaluation de performance pour la sélection de l'instrument

5.1.1 Généralités

Pour toute application, il est nécessaire que l'instrument de mesurage du pouvoir calorifique satisfasse à un certain nombre de critères d'acceptabilité. Deux formes communes que peuvent prendre ces critères pour un instrument disponible dans le commerce sont:

- a) un ensemble d'exigences qui doivent être satisfaites pour que l'instrument reçoive une homologation de type; dans un certain nombre de cas, celle-ci peut être délivrée par un organisme légal chargé de la supervision du transfert de garde ou de facturation au client;
- b) une spécification technique pour les besoins de contrat d'achat.

L'Annexe B fournit un exemple de spécification typique d'homologation de type (Article B.1) et de spécification technique typique constituant une partie de la documentation d'achat (Article B.2).

Le paragraphe 5.1 concerne des essais d'évaluation de performance à exécuter sur (habituellement) un seul instrument en tant qu'exemple de son type. Les paragraphes 5.1.2 à 5.1.13 concernent les facteurs qui sont le plus souvent spécifiés dans un ensemble formel d'exigences, telles que celles auxquelles il est fait référence dans le présent paragraphe. Un programme d'essai déterminé est censé comprendre l'investigation de la plupart, voire de la totalité, des aspects de la performance de l'instrument.

Le programme d'essais doit inclure une spécification de l'étalonnage et des autres gaz d'essai nécessaires pour réaliser plusieurs aspects des essais détaillés et de l'étalonnage, même si tous les gaz d'essai ne nécessitent pas une certification. De surcroît, toute documentation d'homologation de type éditée comme résultat du programme d'essais doit inclure une spécification pour les gaz à utiliser in situ dans des procédures de réétalonnage et de vérification, de manière à assurer l'obtention et la conservation de l'exactitude spécifiée.

Les instruments de tous types considérés dans la présente Norme internationale ont généralement une qualité de fonctionnement optimale lorsqu'ils sont laissés en fonctionnement continu en ligne. Les exigences qui ne demandent qu'un fonctionnement intermittent ou hors ligne nécessitent une attention spéciale et des essais préliminaires supplémentaires (voir 5.1.3).

En fonction des circonstances particulières, les essais d'évaluation de performance peuvent être effectués par un organisme de réglementation, par un laboratoire d'essai indépendant agréé et/ou par l'acheteur. S'ils sont effectués par un organisme de réglementation, les essais peuvent conduire à une documentation de l'homologation de type. Il existe un compromis évident entre le temps passé sur une série d'essais de performance et la quantité de détails qu'ils fournissent sur un instrument. Lorsqu'un organisme de réglementation exige une caractérisation exhaustive de tous les aspects de la performance, le programme d'essais peut facilement se prolonger sur une période d'une année ou plus.

Une liste de vérifications pro-forma du type fourni au Tableau 1 peut être un moyen utile de conserver une trace de l'avancement d'un programme d'évaluation de longue durée et des résultats qu'on en tire.

5.1.2 Fonctionnement continu

Une exigence explicite sera probablement que l'instrument soit en service et fonctionne correctement (et, pour la plupart des applications, de façon continue) pendant une durée spécifiée. Si l'application particulière n'exige qu'un fonctionnement intermittent, il convient que les essais de justesse (5.1.3) abordent ce facteur de complication comme une priorité avant de poursuivre avec les autres essais.

En cas de fonctionnement continu, il convient que l'instrument soit vérifié, simplement en le laissant tourner sans interruption ni interférence induite (telle que des réajustements imprévus apportés aux réglages), pendant une durée continue qui dépasse la durée de fonctionnement minimal requise d'un pourcentage spécifié. En fonction de l'application, cette durée peut être de quelques jours à plusieurs mois. Cependant, il peut être possible d'effectuer d'autres essais pendant cette période, par exemple des essais de justesse et de répétabilité, sans préjuger de l'essai de fiabilité.

Il serait convenable de répéter l'essai de continuité (fiabilité), après une maintenance périodique conformément aux instructions du constructeur, au moins une fois. Si l'instrument est incapable de fonctionner sans panne ni anomalie évidente pendant la période spécifiée, il échoue à cet essai.

Les résultats d'un essai complet peuvent être analysés afin d'estimer la période pendant laquelle la performance spécifiée de l'instrument a été obtenue. Si cette période est inférieure au minimum pour lequel un fonctionnement correct est requis, l'instrument aura encore échoué. Dans ce cas, il peut être encore possible d'utiliser l'instrument dans des applications pour lesquelles une durée plus courte de fonctionnement continu satisfaisant est acceptable.

S'il n'existe pas d'exigence explicite relative à une durée de fonctionnement minimale, il peut être possible de déterminer la fréquence des opérations de maintenance par l'expérience opérationnelle, c'est-à-dire que les opérations de maintenance soient guidées par la performance plutôt que par les exigences.