

JOINT CANADA - UNITED STATES  
NORME NATIONALE

# CAN/ANSI/AHRI 1330-2015, Détermination des Caractéristiques de Performance Relatives à la Puissance Rayonnée des Appareils de Chauffage à Infrarouges au Gaz



on rend la vie meilleure®



Standards Council of Canada  
Conseil canadien des normes

JOINT CANADA - UNITED STATES  
NORME NATIONALE

# CAN/ANSI/AHRI 1330-2015, Détermination des Caractéristiques de Performance Relatives à la Puissance Rayonnée des Appareils de Chauffage à Infrarouges au Gaz

Préparée par:



on rend la vie meilleure®

Approuvée par :



**Standards Council of Canada**  
**Conseil canadien des normes**

Échéancier établi pour le réexamen: Un réexamen est prévu dans un délai de cinq ans après la date de publication.

## SCC Foreword

Le Conseil canadien des normes (CCN) est le coordonnateur du réseau canadien de normalisation, lequel est composé de personnes et d'organismes qui participent à l'élaboration, la promotion et la mise en œuvre des normes. Grâce aux efforts conjugués des membres du réseau canadien de normalisation, les travaux de normalisation contribuent à améliorer le bien-être collectif et économique du Canada et à protéger la santé et la sécurité des Canadiens. Le CCN veille au bon déroulement des activités du réseau.

Les principaux objectifs du CCN sont d'encourager et de favoriser une normalisation volontaire en vue de faire progresser l'économie nationale, de contribuer au développement durable, d'améliorer la santé, la sécurité et le bien-être des travailleurs et du public, d'aider et de protéger le consommateur, de faciliter le commerce intérieur et extérieur et de développer la coopération internationale en matière de normalisation.

Un aspect important du système canadien d'élaboration de normes est l'application des principes suivants : consensus; égalité d'accès et participation efficace des parties concernées; respect des divers intérêts et détermination des intérêts auxquels il faudrait donner accès au processus afin d'assurer l'équilibre nécessaire entre les intérêts; mécanisme de règlement des différends; ouverture et transparence; liberté d'accès des parties intéressées aux procédures qui orientent le processus d'élaboration de normes; clarté des processus; prise en compte de l'intérêt du Canada comme fondement initial de l'élaboration des normes.

Une Norme nationale du Canada (NNC) est une norme qui a été préparée ou examinée par un organisme d'élaboration de normes (OEN) accrédité et approuvée par le CCN au regard des exigences d'approbation des NNC. L'approbation ne porte pas sur le contenu technique de la norme, cet aspect demeurant la responsabilité de l'OEN. Une NNC reflète un consensus parmi les points de vue d'un certain nombre de personnes compétentes dont les intérêts réunis forment, dans la plus grande mesure possible, une représentation équilibrée des intérêts généraux et de ceux des producteurs, des organismes de réglementation, des utilisateurs (y compris les consommateurs) et d'autres personnes intéressées, selon le domaine visé. Les NNC ont pour but d'apporter une contribution appréciable, en temps opportun, à l'intérêt du Canada.

Il est recommandé aux personnes qui ont besoin d'utiliser des normes de se servir des NNC. Ces normes font l'objet d'examens périodiques; c'est pourquoi l'on recommande aux utilisateurs de se procurer l'édition la plus récente de la norme auprès de l'OEN qui l'a publiée.

La responsabilité d'approuver les normes comme NNC incombe au:

Standards Council of Canada  
600-55 Metcalfe Street  
Ottawa, ON K1P 6L5, Canada

**THIS NATIONAL STANDARD OF CANADA IS AVAILABLE IN BOTH FRENCH AND ENGLISH.**

Il est de la responsabilité de l'utilisateur de juger de l'application de cette norme nationale du Canada adaptée à son propre usage.

Numéro de la Classification internationale pour les normes (ICS): 97.100

Coordonnées de AHRI:

2111 Wilson Blvd. Suite 500  
Arlington, Virginia 22201  
Téléphone : 703-524-8800  
Télécopieur : 703-562-1942  
Courriel : [dabbate@ahrinet.org](mailto:dabbate@ahrinet.org)

La présente norme a été approuvée comme Norme nationale du Canada par le Conseil canadien des normes.

Pour l'acheter, veuillez écrire à Daniel Abbate à [dabbate@ahrinet.org](mailto:dabbate@ahrinet.org).

<b><u>Comité technique de la norme AHRI 1330</u></b>	
<b>Participant</b>	<b>Catégorie d'Intérêts</b>
Kevin Merritt SRP	Producteur
Bob Alcott Schwank North America	Producteur
Mr. Richard J. Peppin Engineers for Change, Inc.	Intérêt Général
Mr. Stephan Richter Roberts Gordon LLC	Producteur
Mr. Adam Muliawan International Association of Plumbing and Mechanical Officials	Intérêt Général
Judd Smith CSA Group Technical Advisor, Energy Efficiency- Fuel Burning Appliances	Intérêt Général

IMPORTANT

***AVIS DE NON-RESPONSABILITÉ EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ***

AHRI n'établit pas de normes de sécurité et n'offre pas de certification ni de garantie quant à la sécurité des produits, composants ou systèmes conçus, mis à l'essai, évalués, installés ou utilisés conformément à la présente norme ou directive. Il est fortement recommandé de concevoir, de fabriquer, d'assembler, d'installer et d'utiliser les produits couverts par la présente norme ou ligne directrice conformément aux codes et normes de sécurité applicables reconnus à l'échelle nationale.

AHRI déploie tous les efforts possibles pour élaborer des normes et des directives faisant référence à des pratiques de pointe acceptées dans l'industrie. Il ne certifie pas et ne garantit pas que les essais effectués en fonction de ses normes et lignes directrices seront sans danger ou sans risque.

Note:

Ceci est une nouvelle norme.

Cette norme a été approuvée par l'ANSI le: 4/20/2015.  
Modifications de fond limitées publiées en août 2020.

Cette norme est adéquat pour le tiers le certificat.

## TABLE DES MATIÈRES

SECTION	PAGE
Section 1. Objet.....	1
Section 2. Domaine d'Application.....	1
Section 3. Termes et Définitions.....	1
Section 4. Exigences d'Essai.....	3
Section 5. Exigences de Détermination des Caractéristiques Nominales.....	3
Section 6. Nomenclature.....	4
Section 7. Données Minimales pour les Caractéristiques Nominales Annoncées.....	5
Section 8. Information à Donner dans les Marquages et sur les Plaques Signalétiques.....	5
Section 9. Conditions de Conformité.....	6

### TABLEAUX

Tableau 1. Exigences de Détermination des Caractéristiques Nominales.....	4
Tableau 2. Nomenclature.....	4

### FIGURES

Figure 1. Grille de Mesure.....	2
Figure 2. Plan de Rayonnement de Référence.....	3

### ANNEXES

Annexe A. Références - Normatives.....	7
Annexe B. Références - Informatives.....	7
Annexe C. Méthode d'Essai Pour la Détermination des Caractéristiques Nominales des Appareils de Chauffage à Infrarouges - Normative.....	8
Annexe D. Source du Radiomètre - Normative.....	15
Annexe E. Conception du Radiomètre - Informative.....	16
Annexe F. Données Relatives à la Puissance Rayonnée - Informative.....	20

## TABLEAUX

Tableau C1.	Exigences de Précision de l'Appareillage de Mesure.....	10
Tableau C2.	Caractéristiques des Combustibles.....	11
Tableau E1.	Exemple de Mesures du Signal de Sortie Lors de l'Étalonnage.....	18

## FIGURES

Figure C1.	Plan de Rayonnement de Référence et Plan de Mesure d'un Appareil de Chauffage à Infrarouges Haute Intensité Installé à l'Horizontale.....	9
Figure C2.	Plan de Rayonnement de Référence et Plan de Mesure d'un Appareil de Chauffage à Infrarouges Haute Intensité Installé en angle .....	9
Figure C3.	Plan de Mesure d'un Appareil de Chauffage à Infrarouges Faible Intensité Installé à l'Horizontale .	9
Figure C4.	Plan de Mesure d'un Appareil de Chauffage à Infrarouges Faible Intensité Installé en Angle.....	9
Figure E1.	Conception du Radiomètre.....	16
Figure E2.	Détermination du Facteur d'Étalonnage.....	18

# DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES DE PERFORMANCE RELATIVES À LA PUISSANCE RAYONNÉE DES APPAREILS DE CHAUFFAGE À INFRAROUGES AU GAZ

## Section 1. Objet

**1.1** *Objet.* La présente norme vise à établir, pour les appareils de chauffage à infrarouges, les éléments suivants: définitions, exigences d'essais, exigences de détermination des caractéristiques nominales, nomenclature, données minimales pour les caractéristiques nominales annoncées, information à donner dans les marquages et sur les plaques signalétiques et conditions de conformité.

**1.1.1** *Intention.* La présente norme se veut un guide pour l'industrie, y compris les fabricants, les ingénieurs, les installateurs, les entrepreneurs et les utilisateurs.

**1.1.2** *Réévaluation et Modification.* La présente norme est appelée à être réexaminée et modifiée au fil des progrès technologiques.

## Section 2. Domaine d'Application

**2.1** *Domaine d'Application.* La présente norme s'applique aux appareils de chauffage à infrarouges haute intensité ou faible intensité au gaz qui consomment au plus 117.5 kW d'énergie par brûleur et qui sont destinés à être installés dans des lieux extérieurs ou intérieurs afin de les chauffer.

**2.1.1** *Exclusions.* La présente norme ne s'applique pas aux appareils de chauffage qui ne rayonnent pas leur énergie dans un seul plan de mesure.

## Section 3. Termes et Définitions

Tous les termes employés dans le présent document sont conforme aux définitions standard de l'industrie, disponibles sur le site Web ASHRAE (<https://www.ashrae.org/resources--publications/free-resources/ashrae-terminology>), sauf ceux qui sont définis autrement dans la section présente.

**3.1** *Facteur d'Étalonnage.* Résultat de l'étalonnage effectué par un laboratoire d'étalonnages et d'essais certifié selon la norme ISO 17025, et constitué d'une constante (a) et d'une valeur de décalage (b).

**3.2** *Coefficient de Puissance Rayonnée Non-Ajusté.* Chaleur émise par l'appareil sur le plan de rayonnement de référence divisée par le débit calorifique non-ajusté du gaz d'essai.

**3.3** *Facteur de Rayonnement Infrarouge.* Facteur de performance basé sur le coefficient de puissance rayonnée non-ajusté. Voir le Tableau 1.

**3.4** *Appareil de Chauffage à Infrarouges.* Appareil de chauffage qui dirige une partie importante de l'énergie qu'il produit sous forme de rayonnement infrarouge vers la zone à chauffer. Il peut être raccordé ou non à un conduit de ventilation. Voici différents types d'appareils de chauffage à infrarouges:

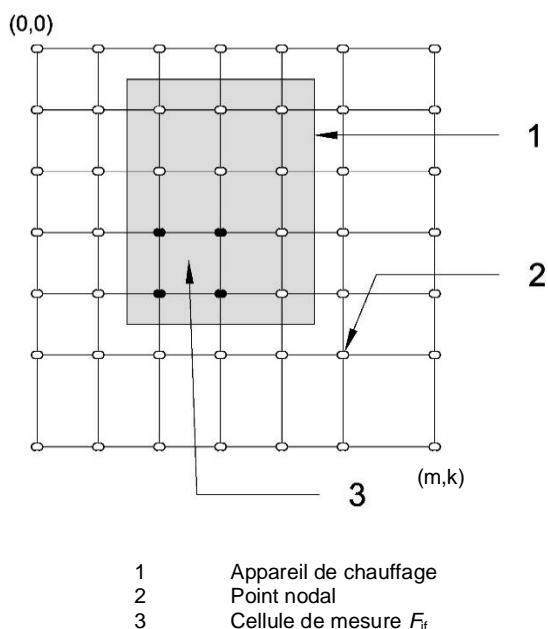
**3.4.1** *Appareil de Chauffage à Infrarouges Haute Intensité.* Appareil de chauffage à infrarouges avec une surface de rayonnement qui fonctionne généralement à 732.0°C ou plus.

**3.4.2** *Appareil de Chauffage à Infrarouges Faible Intensité.* Appareil de chauffage à infrarouges avec une surface de rayonnement qui fonctionne généralement à moins de 732.0°C.



**3.4.2.1 Appareil de Chauffage à Infrarouges à Tube Radiant.** Généralement, appareil de chauffage à infrarouges faible intensité où la combustion se produit dans un tube ou un conduit.

- 3.5** *Cellule de Mesure.* Zone formée par quatre (4) points nodaux adjacents d'une grille de mesure.
- 3.6** *Plan de Mesure.* Plan situé en dessous du plan rayonnement de référence et parallèle à ce dernier.
- 3.7** *Grille de Mesure.* Disposition régulière, dans le plan de mesure, de lignes droites parallèles et perpendiculaires à l'axe longitudinal de l'appareil.



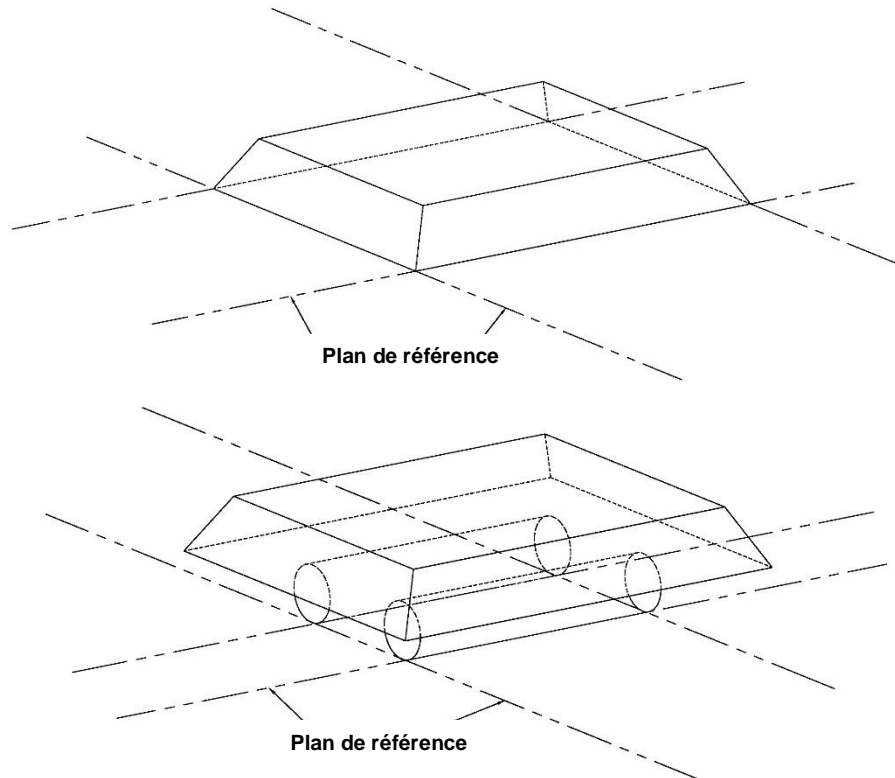
**Figure 1. Grille de Mesure**

- 3.8** *Angle Minimal.* Angle minimal d'installation spécifié par le fabricant. Cet angle est mesuré par rapport au plan horizontal.
- 3.9** *Point Nodal / Nœud.* Intersection de deux lignes perpendiculaires de la grille sur le plan de mesure, où une mesure est prise et enregistrée. Quatre (4) points nodaux adjacents forment une cellule de mesure.
- 3.10** *Caractéristiques Nominales Annoncées.* Énoncé des valeurs attribuées aux caractéristiques de performance, dans les conditions de détermination spécifiées, selon lequel un appareil peut être jugé adapté à son usage prévu. Ces valeurs s'appliquent au modèle mis à l'essai et aux modèles identiques produits par le même fabricant sous des noms de modèle différents. Le terme *caractéristiques nominales annoncées* englobe toutes les caractéristiques de performance affichées sur l'appareil ou publiées dans les spécifications, les publicités ou les autres documents contrôlés par le fabricant, dans les conditions de détermination spécifiées.

**3.10.1** *Caractéristiques Nominales Selon la Norme.* Caractéristiques nominales basées sur des essais effectués dans les conditions de détermination des caractéristiques nominales de la norme.

**3.11** *Plan de Rayonnement de Référence.* Surface horizontale plate limitée par le bord inférieur du réflecteur ou, si des parties radiantes font saillie en dessous du bord inférieur du réflecteur, surface horizontale plate touchant la partie radiante la plus basse (Figure 2).

**3.12** *Conditions de Détermination des Caractéristiques Nominales.* Ensemble de conditions de fonctionnement dans lesquelles un niveau de résultats de performance est obtenu.



**Figure 2. Plan de Rayonnement de Référence**

**3.12.1** *Conditions de détermination des caractéristiques nominales selon la norme.* Conditions de détermination des caractéristiques nominales utilisées comme base de comparaison pour les caractéristiques de performance.

**3.13** « *Doit* » ou « *Convient* ». Les mots « doit » et « convient » et leurs variantes grammaticales doivent être interprétés comme suit :

**3.13.1** *Devoir.* Lorsque le verbe « devoir » ou « ne pas devoir » est utilisé, le respect de l'énoncé est obligatoire pour affirmer la conformité à la norme.

**3.13.2** *Convient.* Lorsque « convient » est utilisé, le respect de l'énoncé n'est pas obligatoire, mais il est souhaitable et de commune mesure.

## Section 4. Exigences d'Essai

**4.1** *Exigences d'Essai.* Les caractéristiques nominales annoncées doivent être vérifiées par des essais effectués conformément à la méthode d'essai de l'annexe C et aux exigences de détermination des caractéristiques nominales de la section 5.

## Section 5. Exigences de Détermination des Caractéristiques Nominales

**5.1** *Exigences de Détermination des Caractéristiques Nominales.* Le facteur de rayonnement infrarouge doit être établi à l'aide du Tableau 1.

**5.2** *Caractéristiques Nominales Selon la Norme.* Les caractéristiques nominales selon la norme doivent être établies dans les conditions de fonctionnement de la section C4. Toutes les caractéristiques nominales selon la norme doivent être vérifiées au moyen d'essais conformes à l'annexe C.

**5.3 Tolérances.** Si le coefficient de puissance rayonnée non-ajusté se trouve à  $\pm 0,005$  des plages du Tableau 1, il faut alors déterminer les caractéristiques nominales soit en faisant la moyenne de trois essais successifs ou alors en choisissant le facteur de rayonnement infrarouge immédiatement inférieur. Les caractéristiques nominales annoncées ne doivent pas dépasser le facteur de rayonnement infrarouge calculé conformément à l'annexe C.

<b>Tableau 1. Exigences de détermination des caractéristiques nominales</b>	
Coefficient de Puissance Rayonnée	Facteur de Rayonnement Infrarouge
$\leq 0,35$	7
$> 0,35 \leq 0,40$	8
$> 0,40 \leq 0,45$	9
$> 0,45 \leq 0,50$	10
$> 0,50 \leq 0,55$	11
$> 0,55 \leq 0,60$	12
$> 0,60 \leq 0,65$	13
$> 0,65 \leq 0,7$	14
$> 0,7$	15

### Section 6. Nomenclature

<b>Tableau 2. Nomenclature</b>		
Symbole	Grandeur	Unité
$a$	Constante	—
$a_{CO_2}$	Coefficient dans l'équation pour $k_{CO_2(t_a)}$	$kPa^{-1}m^{-1}$
$a_{H_2O}$	Coefficient dans l'équation pour $K_{H_2O(t_a)}$	$kPa^{-1}m^{-1}$
$A_{CO_2}$	Facteur d'absorption du dioxyde de carbone	—
$A_{H_2O}$	Facteur d'absorption de la vapeur d'eau	—
$A_{TOT}$	Facteur de correction du rayonnement pour la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone dans l'air	—
$\beta$	Facteur de pression partielle	—
$b$	Valeur de décalage du signal	—
$b_{CO_2}$	Coefficient dans l'équation pour $k_{CO_2(t_a)}$	$kPa^{-1}m^{-1}C^{-1}$
$b_{H_2O}$	Coefficient dans l'équation pour $K_{H_2O(t_a)}$	$kPa^{-1}m^{-1}C^{-1}$
$D$	Épaisseur moyenne de la couche de gaz rayonnante	m
$E_{if}$	Rayonnement énergétique moyen sur la cellule de mesure	$kW/m^2$
$F_{if}$	Aire de la cellule de mesure	$m^2$
$H_s$	Pouvoir calorifique non-ajusté du gaz d'essai (à 15 °C, 1 013,25 mbar, gaz sec)	$kWh/m^3$
$k_{CO_2}$	Coefficient dans l'équation pour le facteur d'émission du dioxyde de carbone	$kPa^{-1}m^{-1}$
$k_{H_2O}$	Coefficient dans l'équation pour le facteur d'émission de la vapeur d'eau	$kPa^{-1}m^{-1}$
$L$	Longueur de la surface de rayonnement de l'appareil de chauffage	m
$n$	Coefficient dans les équations pour $k_{CO_2}$ et $k_{H_2O}$	—
$p_{CO_2}$	Pression partielle du dioxyde de carbone dans l'air ambiant	kPa

$p_{H_2O}$	Pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air ambiant	kPa
$p$	Pression d'alimentation en gaz	mbar
$p_a$	Pression atmosphérique	mbar
$Q_m$	Débit calorifique mesuré basé sur le pouvoir calorifique inférieur du gaz d'essai	W
$Q_{(R)C}$	Puissance rayonnée après correction de l'absorption du rayonnement dans l'air	W
$Q_{(R)M}$	Puissance rayonnée mesurée	W
$R$	Distance minimale entre le radiomètre et le plan de rayonnement de référence	m
$R_f$	Facteur de rayonnement	—
$r_h$	Humidité relative	%
$t_a$	Température moyenne de l'air ambiant	°C
$t_g$	Température du gaz au point de mesure	°C
$U$	Tension du capteur	V
$U_f$	Tension moyenne du capteur	V
$U_j$	Tension moyenne du capteur	V
$V$	Consommation volumique de gaz dans les conditions d'essai	m <sup>3</sup> /h
$V_0$	Débit volumique de gaz dans les conditions de référence (à 15 °C, 1 013,25 mbar, gaz sec)	m <sup>3</sup> /h
$y$	Rayonnement énergétique	kW/m <sup>2</sup>

## Section 7. Données Minimales pour les Caractéristiques Nominales Annoncées

**7.1** *Données minimales pour les caractéristiques nominales annoncées.* Au minimum, les caractéristiques nominales annoncées doivent comprendre toutes les caractéristiques *caractéristiques nominales selon la norme* norme. Toute affirmation se rapportant à une caractéristique visée par la présente norme doit s'accompagner de la mention « Caractéristique nominale déterminée conformément à la norme AHRI 1330 ». Toute affirmation se rapportant à une caractéristique non visée par la présente norme doit s'accompagner de la mention « Caractéristique en dehors du domaine d'application de la norme AHRI 1330 ». Lorsque des caractéristiques nominales d'application restreinte sont publiées ou imprimées, elles doivent s'accompagner d'une indication des conditions dans lesquelles ces caractéristiques s'appliquent.

Pour chaque modèle concerné, les renseignements suivants doivent être fournis :

- Numéro de modèle
- Débit calorifique, en kW
- Longueur du tube de l'échangeur thermique, pièces en U et coudes compris, mesurée à travers la ligne centrale (appareils de chauffage à infrarouges à tube radiant seulement), en m
- Facteur de rayonnement infrarouge
- Angle minimal (doit être spécifié si l'essai n'est pas effectué à l'horizontale), en °

## Section 8. Information à Donner Dans les Marquages et Sur les Plaques Signalétiques

**8.1** *Information à Donner Dans les Marquages et Sur les Plaques Signalétiques.* Au minimum, l'appareil doit porter les mentions suivantes : nom du fabricant, numéro de modèle, facteur de rayonnement infrarouge, débit calorifique et angle minimal. Ces mentions peuvent être placées à différents endroits sur l'appareil, si nécessaire.

**8.1.1** *Appareils de Chauffage à Infrarouges à Tube Radiant.* Pour les appareils de chauffage à infrarouges à tube radiant, la configuration (tube droit ou tube en U) et la longueur de l'échangeur thermique doivent figurer sur le produit.

## Section 9. Conditions de Conformité

**9.1** *Conformité.* Bien que la conformité à la présente norme soit volontaire, il est interdit d'affirmer ou de sous-entendre qu'un produit ou un appareil visé par le *domaine d'application* (Section 1) ou l'*objet* (Section 2) de la norme est conforme à cette dernière, à moins que le produit ou l'appareil satisfasse à toutes les exigences de la norme et que toutes les exigences d'essai et de détermination des caractéristiques nominales fassent l'objet de mesures et de rapports présentés conformément à la norme. Aucun produit ne respectant pas en tous points la norme ne peut s'accompagner d'une citation ou d'une mention quelconque de la norme dans une communication écrite, orale ou électronique.

## ANNEXE A. RÉFÉRENCES - NORMATIVES

**A1** Cette annexe donne la liste des normes, manuels et autres publications essentiels à l'élaboration et à la mise en œuvre de la présente norme. Toutes les références à cette annexe sont considérées comme faisant partie de la norme.

**A1.1** ASHRAE *Terminology*, <https://www.ashrae.org/resources--publications/free-resources/ashrae-terminology>, 2014, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329, États-Unis.

**A1.2** BS EN 416-2:2006, *Single burner gas-fired overhead radiant tube heaters for non-domestic use*, 2006, European Committee for Standardization, rue De Stassart 36, B-1050, Bruxelles, Belgique.

**A1.3** BS EN 419-2:2006, *Non-domestic gas-fired overhead luminous radiant heaters Rational use of energy*, 2006, European Committee for Standardization, rue De Stassart 36, B-1050, Bruxelles, Belgique.

**A1.4** ISO 17025:2005, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*, 2005, Organisation internationale de normalisation, case postale 56, CH-1211, Genève 21 Suisse.

## ANNEXE B. RÉFÉRENCES - INFORMATIVES

**B1** Cette annexe donne la liste des normes, manuels et autres publications qui contiennent de l'information utile et de l'information de base, mais qui ne sont pas considérés comme essentiels. Les références à ces documents ne sont pas considérées comme faisant partie de la norme.

Aucune.

# ANNEXE C. MÉTHODE D'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES NOMINALES DES APPAREILS DE CHAUFFAGE À INFRAROUGES - NORMATIVE

**C1** *Objet.* La présente annexe vise à décrire une méthode d'essai pour les appareils de chauffage à infrarouges.

**C2** *Domaine d'Application.* Voir la section 2 ci-dessus.

**C3** *Matériel d'Essai.*

**C3.1** *Radiomètre.* Le radiomètre conçu conjointement avec la méthode d'essai (méthode B) des normes EN 416-2 et EN 419-2 doit être utilisé. La source est indiquée à l'annexe D.

Note : Des renseignements supplémentaires sur le radiomètre sont fournis à l'annexe E.

**C3.1.1** *Fréquence du Hacheur.* La fréquence du hacheur, celle à laquelle la roue de hachage interrompt la réception du rayonnement, doit être ajustée en fonction de la fréquence d'étalonnage du radiomètre et demeurer constante tout au long de l'essai. Cette fréquence ne doit pas être la même que celle de l'alimentation électrique du matériel de collecte de données (p. ex. 50 Hz ou 60 Hz).

**C3.1.2** *Isolation du Radiomètre.* Un écran antirayonnement rond de matériau isolant d'un diamètre extérieur de 300 mm doit être placé au même niveau que la tête du radiomètre. Il doit avoir une épaisseur d'au moins 5 mm, et sa conductivité thermique doit être inférieure à 0.05 W/m·K.

**C3.1.2** *Étalonnage du Radiomètre.* Le radiomètre doit être étalonné par un laboratoire d'étalonnages et d'essais certifié selon la norme ISO 17025:2005.

Note : La procédure d'étalonnage est décrite à la section E6 de l'annexe E.

**C3.1.2.1** *Validité de l'Étalonnage du Radiomètre.* L'étalonnage sera approuvé si l'une des conditions suivantes est remplie :

**C3.1.2.1.1** L'intervalle entre la mesure et l'étalonnage est de moins de trois mois.

**C3.1.2.1.2** Le laboratoire d'étalonnages et d'essais certifié fournira les résultats de l'étalonnage sous la forme d'un facteur d'étalonnage consistant en une constante (*a*) et une valeur de décalage (*b*).

**C3.1.2.1.3** La puissance rayonnée ( $Q_{(R)M}$ ), en W, ou la tension, en V, ne s'écarte pas plus de 4% pour une source de chaleur rayonnante connue. Le rayonnement énergétique d'une source de chaleur rayonnante contrôlée et non ajustable doit être évalué immédiatement après l'étalonnage du radiomètre.

**C3.2** *Matériel d'Essai Mécanique.* Le matériel d'essai doit satisfaire aux exigences suivantes:

**C3.2.1** Si le matériel d'essai est mécanique, il doit permettre de suspendre l'appareil à l'horizontale ou à l'angle minimal spécifié dans les exigences du fabricant.

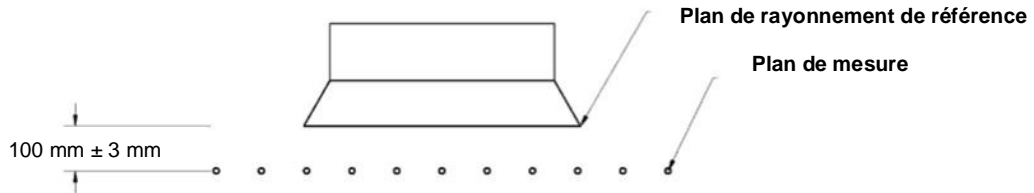
**C3.2.2** Le matériel doit constituer un ensemble stable et mobile permettant d'ajuster le radiomètre avec exactitude dans le plan de mesure.

Note: L'ajustement peut être manuel ou automatique.

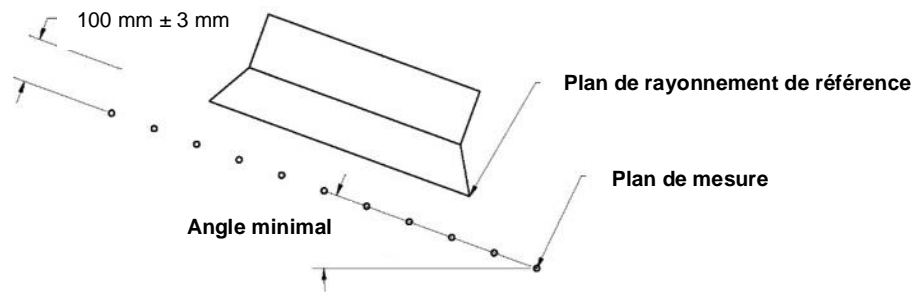
**C3.2.3** Le radiomètre doit être monté à partir de la base.

**C3.3** *Positions de Mesure du Radiomètre.* Les positions de mesure du rayonnement énergétique doivent être établies comme suit:

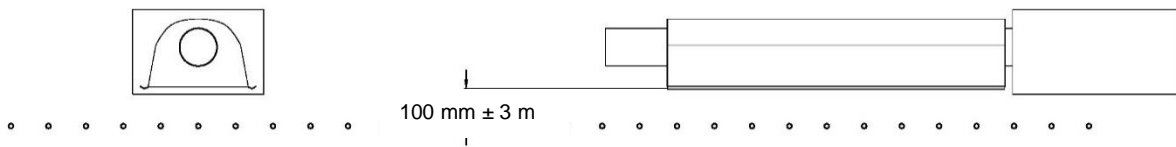
**C3.3.1** *Plan de Mesure.* Le radiomètre doit être placé de sorte que le plan de mesure soit à  $100\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  en dessous du plan de rayonnement de référence (Figures C1 à C4).



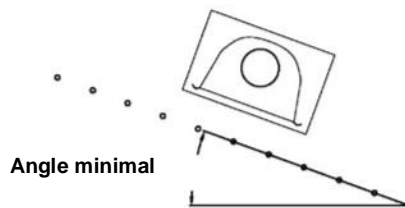
**Figure C1. Plan de Rayonnement de Référence et Plan de Mesure d'un Appareil de Chauffage à Infrarouges Haute Intensité Installé à l'Horizontale**



**Figure C2. Plan de Rayonnement de Référence et Plan de Mesure d'un Appareil de Chauffage à Infrarouges Haute Intensité Installé en Angle**



**Figure C3. Plan de Mesure d'un Appareil de Chauffage à Infrarouges Faible Intensité Installé à l'Horizontale**



**Figure C4. Plan de Mesure d'un Appareil de Chauffage à Infrarouges Faible Intensité Installé en Angle**

**C3.3.2** *Grille de Mesure.* Les points nodaux de la grille de mesure se situent à l'intersection des lignes perpendiculaires de la grille, de sorte que la distance entre tous les points nodaux adjacents de ces lignes soit de  $100\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ . La taille d'une cellule peut varier selon les dimensions de



l'appareil de chauffage, mais les cellules doivent toutes être de dimensions égales, et la tolérance pour toutes les tailles de cellules doit être constante à  $\pm 2$  mm (p. ex. 50 mm  $\pm$  2 mm).

**C3.3.2.1** *Points de Fin d'une Grille de Mesure.* La grille de mesure située dans le plan de mesure doit être établie comme suit:

**C3.3.2.1.1** Établir la ligne centrale du plan de référence.

**C3.3.2.1.2** Trouver une série de points nodaux équidistants le long de la ligne centrale.

**C3.3.2.1.3** Étendre la grille de mesure perpendiculairement à la ligne centrale en ajoutant des points nodaux jusqu'à ce que la mesure représente moins de 1 % du rayonnement énergétique maximal mesuré en dessous de l'appareil.

**C3.3.2.1.4** Ajouter des points nodaux longitudinalement, le long de la ligne centrale de l'appareil de chauffage, jusqu'à ce que la mesure représente moins de 1 % du rayonnement énergétique maximal mesuré en dessous de l'appareil.

**C3.3.2.1.5** Faire en sorte que le point nodal d'origine (0,0) se trouve à un coin de la grille de mesure.

**C3.4** *Tolérance du Matériel d'Essai.* Voir le Tableau C1 ci-dessous.

<b>Tableau C1. Exigences de Précision de L'appareillage de Mesure</b>		
Grandeur	Exactitude de l'Instrument	Précision de l'Instrument <sup>1</sup>
Pression atmosphérique	$\pm 0.34$ kPa	$\pm 0.17$ kPa
Température de l'air	$\pm 0.5$ °C	$\pm 0.25$ °C
Humidité relative	$\pm 1$ %	0.5 %
Volume de gaz	$\pm 1$ % de la lecture	0.014 m <sup>3</sup>
Pouvoir calorifique du combustible	$\pm 1$ % de la lecture	0.0745 MJ/m <sup>3</sup>
Temps	$\pm 0.5$ s/h	0.25 s/h
Débit d'azote	$\pm 10$ l/h	2.5 l/h

Note: 1. La plus petite subdivision de l'échelle de l'instrument utilisé ne doit pas dépasser le double de la précision spécifiée.

**C4** *Exigences d'Essai et Conditions de Fonctionnement.*

**C4.1** *Généralités.* L'essai doit être effectué avec l'appareil installé à l'horizontale, conformément aux instructions du fabricant ou, si l'appareil n'est pas fait pour cette position, à l'angle minimal d'installation par rapport à l'horizontale. L'appareil doit être suspendu au moins 1.2 m au-dessus du plancher. Les appareils de chauffage à infrarouges raccordés doivent être munis d'un conduit de longueur minimale et du système de ventilation spécifiés dans les instructions d'installation du fabricant.

**C4.2** *Zone de Travail.* L'essai doit être effectué dans une zone de travail au plancher non métallique. Les dimensions de la zone de travail doivent permettre l'installation de l'appareil et satisfaire aux exigences suivantes:

**C4.2.1** La ventilation apportée doit être suffisante pour éliminer les produits de combustion et la chaleur générés par l'appareil.

**C4.2.2** La température de l'air ambiant à l'extérieur du rayonnement direct de l'appareil de chauffage à infrarouges mis à l'essai doit être de 20°C  $\pm$  5°C.

**C4.2.3** La vitesse de déplacement de l'air autour des capteurs de température et d'humidité relative doit être inférieure à 0.25 m/s.

**C4.3** *Équilibre Thermique du Radiomètre.* La température du capteur doit être déterminée tout au long de la période de mesure et consignée à chaque point de mesure. Régler la température de l'eau de refroidissement à l'aide de la sonde afin que la température du capteur demeure de  $20^{\circ}\text{C} \pm 0.75^{\circ}\text{C}$  tout au long de la période de mesure.

**C4.4** *Purge à l'Azote du Radiomètre.* De l'azote sec à un débit de  $50 \text{ l/h} \pm 25 \text{ l/h}$  doit être utilisé pour purger la sonde du radiomètre lors de tous les essais.

**C4.5** *Conditions Uniformes de Fonctionnement.* L'appareil de chauffage à infrarouges doit fonctionner jusqu'à atteindre les conditions uniformes de fonctionnement définies par le fabricant. En l'absence d'une telle définition, l'appareil doit fonctionner pendant au moins 30 minutes.

**C4.6** *Débit Calorifique.* L'essai de l'appareil doit être effectué avec du gaz naturel, à moins que l'appareil soit approuvé pour l'utilisation de gaz propane seulement. Déterminer le pouvoir calorifique non-ajusté réel, en  $\text{kWh/m}^3$ , du gaz à utiliser durant l'essai avec une marge d'erreur d'au plus  $\pm 1\%$ . Ajuster le débit calorifique ( $Q_m$ ) de sorte qu'il corresponde, à  $\pm 2\%$ , à la valeur de la plaque signalétique. Lors des essais de performance décrits dans la présente norme, utiliser des gaz dotés de caractéristiques se rapprochant de celles du Tableau C2.

Tableau C2. Caractéristiques des Combustibles		
Type de Combustible	Pouvoir Calorifique, $H_s$	Densité
Gaz naturel	11.14 $\text{kWh/m}^3$	0.65
Gaz propane	25.86 $\text{kWh/m}^3$	1.53

**C5** *Procédure d'Essai.*

**C5.1** *Principe de Mesure.* La puissance rayonnée est déterminée par une méthode radiométrique qui consiste à mesurer le rayonnement énergétique dans le plan de mesure, puis à intégrer les valeurs mesurées sur l'aire de la grille de mesure.

**C5.2** *Mesure de la Puissance Rayonnée.* Tout de suite après s'être assuré que l'appareil de chauffage à infrarouges a atteint les conditions uniformes de fonctionnement, utiliser le radiomètre pour mesurer la puissance rayonnée à chacun des nœuds du plan de mesure. La puissance rayonnée mesurée à chaque nœud doit être consignée.

Le radiomètre doit être incliné d'au plus  $2^{\circ}$  par rapport à une droite perpendiculaire au plan de mesure.

Note: Il est recommandé d'enregistrer la séquence de mesure à l'aide d'un système automatique.

**C5.3** *Calcul de la Puissance Rayonnée.* La puissance rayonnée correspond à la somme de tous les produits qu'on peut faire en multipliant la surface nodale par la moyenne arithmétique des valeurs de rayonnement énergétique mesurées aux quatre nœuds formant cette surface.

**C5.3.1** *Tension Moyenne d'une Cellule de Mesure.* La tension moyenne d'une cellule ( $U_{if}$ ) est donnée par l'Équation C1.

$$U_{if} = \frac{U_{i-1,j-1} + U_{i-1,j} + U_{i,j-1} + U_{ij}}{4} \quad \text{C1}$$

Où:

$U_{if}$  = La tension moyenne, en V

$U_{ij}$  = La tension à un nœud, en V

$i \in (1, 2, \dots, m)$

$j \in (1, 2, \dots, k)$

**C5.3.2 Rayonnement Énergétique Moyen d'une Cellule de Mesure.** Le rayonnement énergétique moyen d'une cellule de mesure est donné par l'Équation C2.

$$E_{if} = U_{if} \cdot a + b \quad \text{C2}$$

Où:

$U_{if}$  = La tension moyenne, en V

$a$  = Le gradient de la ligne dans l'équation pour le facteur d'étalonnage

$b$  = La valeur de décalage du signal dans l'équation pour le facteur d'étalonnage

**C5.3.3 Puissance Rayonnée.** La puissance rayonnée ( $Q_{(R)M}$ ) est donnée par l'Équation C3.

$$Q_{(R)M} = E_{if} \sum_{(i=1, f=1)}^{(i=n, f=k)} F_{if} \quad \text{C3}$$

Où:

$E_{if}$  = Le rayonnement énergétique moyen d'une cellule de mesure, en W/m<sup>2</sup>

$F_{if}$  = L'aire de la cellule de mesure, en m<sup>2</sup>

$f \in (1, 2, \dots, k)$

$i \in (1, 2, \dots, m)$

$Q_{(R)M}$  = La puissance rayonnée, en W

**C5.4 Calcul du Débit Calorifique.** Le débit calorifique ( $Q_m$ ) de l'appareil est donné par l'Équation C4.

$$Q_m = \frac{V_o(H_s)}{1000} \quad \text{C4}$$

$$V_o = V \left[ \frac{288.75}{273.15 + t_g} \cdot \frac{p_a + p}{1013.25} \right] \quad \text{C5}$$

Où:

$H_s$  = Le pouvoir calorifique non-ajusté du gaz d'essai, en kWh/m<sup>3</sup>

$p_a$  = La pression atmosphérique, en mbar

$p$  = La pression d'alimentation en gaz, en mbar

$Q_m$  = Le débit calorifique mesuré, en W

$t_g$  = La température du gaz au point de mesure, en °C

$V$  = La consommation volumique de gaz dans les conditions d'essai, en m<sup>3</sup>/h

$V_0$  = Le débit du gaz dans les conditions de référence (à 15 °C, 1013.25 mbar, gaz sec), en m<sup>3</sup>/h

**C5.5 Correction de la Puissance Rayonnée Pour l'Absorption par l'Air.** La valeur mesurée est corrigée seulement en fonction de l'absorption par la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'air.

**C5.5.1 Épaisseur Moyenne de la Couche de Gaz Rayonnante.** L'épaisseur moyenne de la couche de gaz rayonnante ( $D$ ) est donnée par l'Équation C6.

$$D = 1.57 \cdot R - \frac{0.57R}{1 + 0.183(L/R)} \quad \text{C6}$$

Où:

$D$  = L'épaisseur moyenne de la couche de gaz rayonnante, en m

$L$  = La longueur de la surface de rayonnement de l'appareil de chauffage, en m

$R$  = La distance minimale entre le radiomètre et le plan de rayonnement de référence, en m

**C5.5.2 Absorption du Rayonnement par la Vapeur d'eau.** Le facteur d'absorption de la vapeur d'eau ( $A_{H_2O}$ ) se calcule au moyen de l'Équation C7.

$$A_{H_2O} = 1 - e^{(-k_{H_2O}(t_a) \cdot (p_{H_2O} \cdot D)^n)} \quad C7$$

Où:

$A_{H_2O}$  = Le facteur d'absorption de la vapeur d'eau

$k_{H_2O}(t_a)$  = Le coefficient du facteur d'émission de la vapeur d'eau à la température ambiante ( $t_a$ ), en  $\text{kPa}^{-1}\text{m}^{-1}$

$p_{H_2O}$  = La pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air ambiant, en kPa

$D$  = L'épaisseur moyenne de la couche de gaz rayonnante, en m

$t_a$  = La température de l'air ambiant, en °C

$$n = 0.7032 \cdot (p_{H_2O} \cdot D)^{-0.0972} \quad C8$$

**C5.5.2.1 Pression Partielle de la Vapeur d'eau Dans l'Air Ambiant.** La pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air ambiant se calcule au moyen de l'Équation C9.

$$p_{H_2O} = 0.1 \cdot \frac{r_h}{100} \cdot 6.1078 \cdot (e^{17.08 \cdot \frac{t_a}{243.175 + t_a}}) \quad C9$$

Où:

$r_h$  = l'humidité relative, en %

$t_a$  = La température de l'air ambiant, en °C

**C5.5.2.2 Coefficient du Facteur d'Émission de la Vapeur d'eau à la Température Ambiante.** Le coefficient du facteur d'émission de la vapeur d'eau à la température ambiante se calcule au moyen de l'Équation C10.

$$K_{H_2O}(t_a) = a_{H_2O} + b_{H_2O} \cdot \frac{t_a}{1000} \quad C10$$

Où:

$$a_{H_2O} = 0.062 \cdot (p_{H_2O} \cdot D)^{0.0283} \quad C11$$

$$b_{H_2O} = 0.0038 \cdot \ln(p_{H_2O} \cdot D) - 0.0463 \quad C12$$

**C5.5.3 Absorption du Rayonnement par le Dioxyde de Carbone.** Le facteur d'absorption du dioxyde de carbone ( $A_{CO_2}$ ) est donné par l'Équation C13.

$$A_{CO_2} = 1 - e^{[-k_{CO_2}(t_a) \cdot (p_{CO_2} \cdot D)^n]} \quad C13$$

Où:

$p_{CO_2}$  = La pression partielle du dioxyde de carbone dans l'air ambiant

$D$  est l'épaisseur moyenne de la couche de gaz rayonnante, en m

**C5.5.3.1 Pression Partielle du Dioxyde de Carbone dans l'Air Ambiant.** La pression partielle du dioxyde de carbone dans l'air ambiant ( $p_{CO_2}$ ) est environ égale à 0,03 kPa et correspond à une teneur de 300 ppm de  $CO_2$  dans l'air.

**C5.5.3.2 Coefficient du Facteur d'Émission du Dioxyde de Carbone à la Température ambiante.** Le coefficient du facteur d'émission du dioxyde de carbone à la température ambiante se calcule au moyen de l'Équation C14.

$$k_{CO_2(t_a)} = a_{CO_2} + b_{CO_2} \cdot \frac{t_a}{1000} \quad C14$$

Où:

$$a_{CO_2} = 0.0532$$

$$b_{CO_2} = 0.00168$$

$$n = 0.527$$

**C5.5.4 Facteur d'Absorption du Rayonnement Total.** Le facteur d'absorption du rayonnement total  $A_{TOT}$  pour la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone pour la puissance rayonnée  $Q_{(R)M}$  est donné par l'Équation C15.

$$A_{TOT} = A_{CO_2} + \beta \cdot A_{H_2O} \cdot (1 - A_{CO_2}) \quad C15$$

Où:

$A_{TOT}$  = Le facteur d'absorption du rayonnement total

$A_{CO_2}$  = Le facteur d'absorption du dioxyde de carbone, Équation C13

$A_{H_2O}$  = Le facteur d'absorption de la vapeur d'eau, Équation C7

$$\beta = 1 + \frac{p_{H_2O}}{100} \cdot (0.76 - 0.0328 \cdot \sqrt{p_{H_2O} \cdot D}) \quad C16$$

Cette équation est valable pour les valeurs de  $p_{H_2O}$  situées entre 0 et 20 kPa et les valeurs de  $p_{H_2O} \cdot D$  situées entre 0 et 1 kPa·m. La pression partielle de la vapeur d'eau ne peut dépasser cette plage de pression si l'essai est effectué dans les conditions d'essai standard.

**C5.6 Calcul de la Puissance Rayonnée Corrigée.** La puissance rayonnée corrigée en fonction de l'absorption par la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone se calcule au moyen de l'Équation C17.

$$Q_{(R)C} = \frac{Q_{(R)M}}{1 - A_{TOT}} \quad C17$$

Où :

$A_{TOT}$  = Le facteur d'absorption du rayonnement total

$Q_{(R)C}$  = La puissance rayonnée après correction de l'absorption par la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone, en W

$Q_{(R)M}$  = La puissance rayonnée mesurée, en W

**C5.7 Calcul du Coefficient de Puissance Rayonnée Non-ajusté.** Le coefficient de puissance rayonnée non-ajusté de l'appareil est donné par l'Équation C18.

$$R_f = \frac{Q_{(R)C}}{Q_m} \quad C18$$

Où:

$Q_m$  = Le débit calorifique mesuré, en W

$Q_{(R)C}$  = La puissance rayonnée après correction de l'absorption par la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone, en W

## ANNEXE D. (INFORMATIVE) SOURCE DU RADIOMÈTRE

**D1** *Source du Radiomètre.* Un fabricant de radiomètres adéquats connu du comité est DVGW-Forschungsstelle, am Engler-Bunte-Institut, des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), Prueflaboratorium Gas, Engler-Bunte-Ring 7, D-76131 Karlsruhe (Allemagne) ([www.dvgw-ebi.de](http://www.dvgw-ebi.de)). Un radiomètre équivalent conçu conjointement avec la méthode d'essai (méthode B) des normes EN 416-2 et EN 419-2 peut également être utilisé. Les données de conception détaillées sont la propriété de DVGW.

## ANNEXE E. (INFORMATIVE) CONCEPTION DU RADIOMÈTRE

**E1** *Principales Caractéristiques de Conception du Radiomètre.* Le rayonnement entre dans le radiomètre par l'orifice non-ajusté (dans la platine I, Figure E1) et est réfléchi plusieurs fois sur la surface intérieure de la sphère d'intégration. Le rayonnement est recueilli par le détecteur pyroélectrique. Afin que celui-ci ne reçoive pas un rayonnement direct, un disque doré est placé à l'horizontale au centre de la sphère d'intégration. L'orifice non-ajusté possède des arêtes vives, et l'intérieur de la sphère est doré (épaisseur de la couche d'or comprise entre 5 µm et 10 µm) de manière à produire une réflexion diffuse du rayonnement infrarouge. Le rayonnement reçu par le détecteur pyroélectrique est interrompu périodiquement par une roue de hachage. La sortie du détecteur est commandée électroniquement de façon à obtenir un signal continu compris entre 0 V et 10 V.

**E2** *Purge à l'Azote du Radiomètre.* Pour protéger les pièces internes de la sonde et les surfaces de la sphère d'intégration contre la poussière, les gaz et la condensation, il convient de purger continuellement la sonde à l'azote sec. Les tuyaux d'alimentation et d'évacuation de l'azote doivent être protégés contre l'influence du rayonnement.

**E3** *Conception Technique du Radiomètre.* La figure E1 illustre une conception appropriée pour le radiomètre. Elle consiste en quatre platines en laiton assemblées par vissage sur une unité. Il faut refroidir le radiomètre pour protéger les composants électroniques, le détecteur et le hacheur. Il convient de contrôler la température de l'eau de refroidissement pour éviter un refroidissement ou un échauffement excessif. Un thermomètre (p. ex. PT-100) est installé à cette fin.

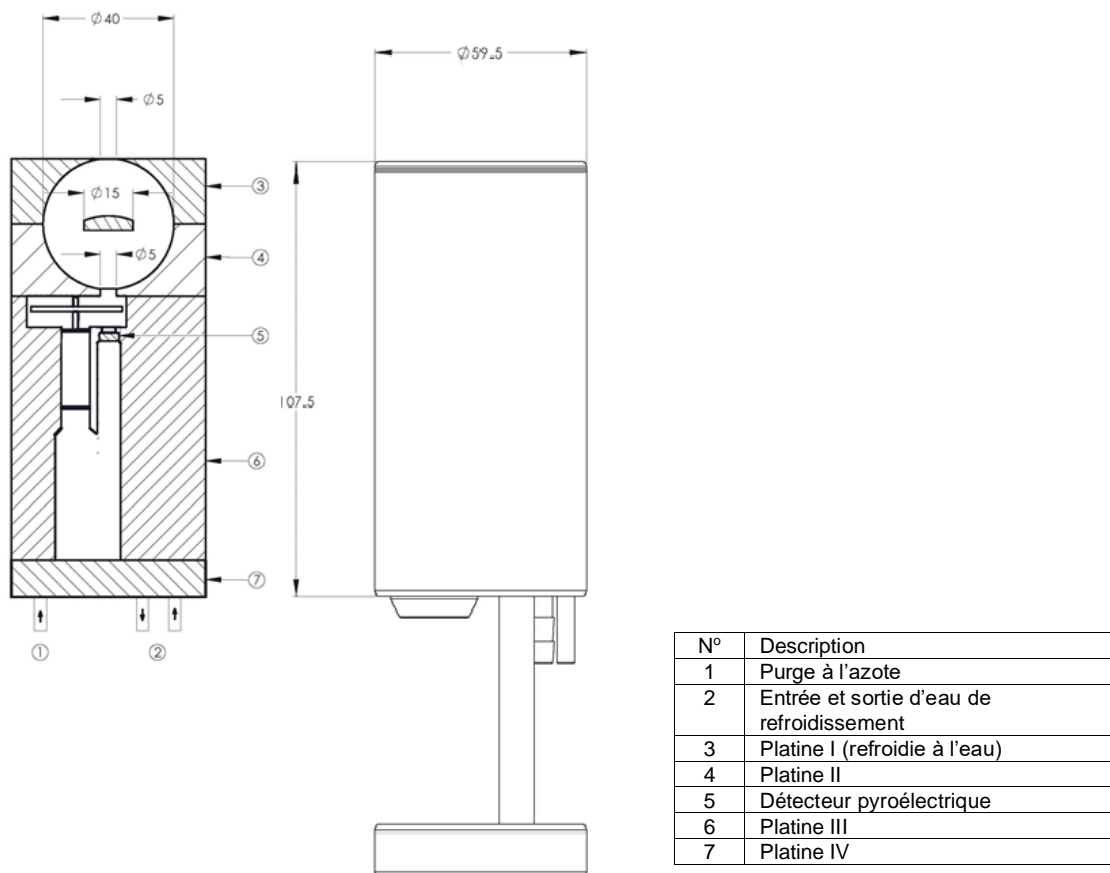


Figure E1 : Conception du Radiomètre

**E4** *Fréquence du Hacheur.* Il faut ajuster la fréquence du hacheur (roue de hachage) pour corriger le fonctionnement de l'amplificateur en fonction de la fréquence de l'alimentation électrique.

**E5** *Détecteur Pyroélectrique.* Il est recommandé d'utiliser un détecteur pyroélectrique (p. ex. LiTaO<sub>3</sub>) conjointement avec une fenêtre adéquate pour la transmission du rayonnement (p. ex. une fenêtre en bromure de potassium avec couche protectrice) ayant un domaine spectral allant de 0.8 µm à 40 µm. Le détecteur pyroélectrique est utilisé en mode tension. Dans ce mode, la sensibilité du détecteur dépend de la fréquence de la roue de hachage. Normalement, le détecteur peut être utilisé dans une bande de fréquences comprises entre 30 Hz et 4 kHz avec polarité positive (la sortie positive du signal augmente avec le rayonnement énergétique). Il convient de protéger tous les fils électriques contre les rayonnements électromagnétiques extérieurs.

**E6** *Étalonnage du Radiomètre.* Il convient d'étalonner l'ensemble du radiomètre, le dispositif de commande du hacheur, les câbles de branchement, l'alimentation en azote, le système de refroidissement et les composants électroniques de l'amplificateur. L'étalonnage du radiomètre doit être effectué sur toute la plage de rayonnement énergétique possible des appareils de chauffage à tube radiant et des appareils de chauffage à panneau radiant. Pour ce faire, il s'agit d'étalonner aux températures du corps noir suivantes : 80, 150, 300 et 550°C. Il convient de consigner la fréquence et la tension de l'alimentation électrique et du hacheur. Lors de l'étalonnage, il convient d'utiliser le radiomètre dans les mêmes conditions et avec les mêmes réglages que durant la mesure du rayonnement, et avec les mêmes fils, le même amplificateur et les mêmes composants. Pour accroître l'exactitude lors de l'essai d'un appareil de chauffage avec une faible température de surface, il est recommandé de déterminer un facteur d'étalonnage à des températures de corps noir inférieures, à l'intérieur de la plage de température représentative de l'appareil de chauffage.

**E6.1.1** *Méthode d'Étalonnage Avec un Corps Noir.* Méthode qui consiste à utiliser un corps noir à cavité sphérique fait d'un matériau céramique, ayant un diamètre intérieur de 300 mm et pouvant être chauffé à au moins 600 °C. La cavité sphérique doit avoir une ouverture d'un diamètre identique à celui du radiomètre à étalonner.

Pour étalonner le radiomètre, il s'agit de l'insérer par l'ouverture dans la cavité sphérique du corps noir, de sorte que l'avant du radiomètre soit aligné avec la surface intérieure de la cavité. Le rayonnement provenant de la surface intérieure chaude du corps noir est transmis au radiomètre et produit un signal de tension de sortie adéquat, en V.

Il n'est pas nécessaire d'étalonner à une température de corps noir de plus de 600°C.

Note : Un corps noir ( $\epsilon \cong 1$ ) à une température de 600°C donne le même rayonnement énergétique qu'un appareil de chauffage à rayonnement haute intensité ( $\epsilon < 1$ ) à une température de 900 °C.

**E6.1.1.1** *Rayonnement Énergétique.* Le rayonnement énergétique  $E$ , en kW/m<sup>2</sup>, à une température  $T$ , en K, pour une température du radiomètre de 20°C, est calculé à l'aide de la formule de Stephan-Boltzmann indiquée à l'Équation E1.

$$E = \frac{\sigma(T^4 - 293^4)}{1000} \quad \text{E1}$$

Où:

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}, (\text{W/m}^2\text{K}^4)$$

$T$  = La température, en K

Il convient d'effectuer l'étalonnage sur toute la plage de rayonnement énergétique de l'appareil de chauffage à infrarouges. Pour ce faire, il s'agit d'étalonner à plusieurs températures de corps noir. Pour chaque température, il est recommandé de réaliser les mesures au moins trois fois et de calculer la moyenne des valeurs. Il convient d'atteindre l'équilibre thermique pour chaque température de mesure avant la prise des mesures. Le facteur d'étalonnage pour toute la plage de rayonnement énergétique s'obtient par la moyenne des tensions mesurées à l'aide de moyens graphiques et statistiques (Tableau E1).



Le rayonnement énergétique est tracé en fonction de la tension de sortie du radiomètre (Figure E2). Le facteur d'étalonnage est donné par la ligne droite passant le plus précisément par le point d'origine (Équation E2).

Selon le graphique et l'Équation E2:

Il convient d'étalonner pour un rayonnement énergétique d'au moins 20 kW/m<sup>2</sup>.

Tableau E1. Exemple de Mesures du Signal de Sortie Lors de l'Étalonnage		
Température du Corps Noir, °C	Signal de Sortie Moyen, V	Rayonnement Énergétique, kW/m <sup>2</sup>
100	0.299	0.680
150	0.573	1.398
202	0.990	2.469
250	1.557	3.825
300	2.487	5.695
352	3.605	8.235
402	4.776	11.354
452	6.284	15.249
500	8.037	19.828

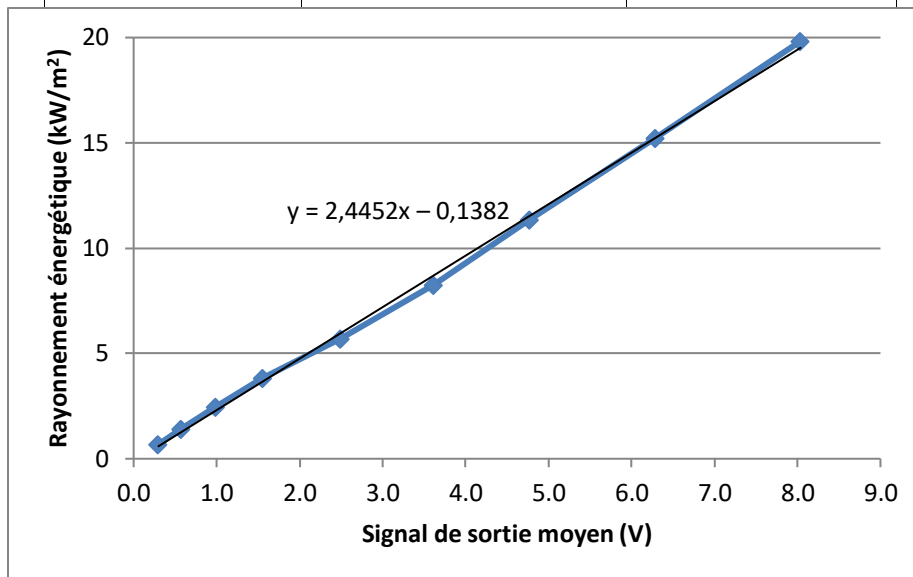


Figure E2. Détermination du Facteur d'Étalonnage

**E6.2** *Détermination du Facteur d'Étalonnage du Radiomètre.* Le facteur d'étalonnage du radiomètre dans la plage de température connue du corps noir devient une ligne droite selon l'Équation E2.

$$y = ax + b$$

E2

Où:

$y$  = Le rayonnement énergétique, en kW/m<sup>2</sup>

$x$  = La tension mesurée, en V

$a$  = Le gradient de la ligne droite

$b$  = La valeur de décalage du signal

## ANNEXE F. (INFORMATIVE) DONNÉES RELATIVES À LA PUISSANCE RAYONNÉE

### F1 Informations Générales à Consigner.

#### F1.1 Essai et Caractéristiques de l'Appareil.

Laboratoire d'essais: \_\_\_\_\_

Fabricant: \_\_\_\_\_ Technicien: \_\_\_\_\_

Type d'appareil de chauffage: \_\_\_\_\_ Date d'essai: \_\_\_\_\_

Fournisseur: \_\_\_\_\_ Configuration du tube: \_\_\_\_\_

Modèle: \_\_\_\_\_ Diamètre du tube: \_\_\_\_\_ m

Longueur de l'appareil de chauffage: \_\_\_\_\_ m Taille de l'orifice: \_\_\_\_\_ m

Largeur de l'appareil de chauffage: \_\_\_\_\_ m Longueur du conduit de fumée (le cas échéant): \_\_\_\_\_

Débit calorifique nominal: \_\_\_\_\_ kW Diamètre du conduit de fumée (le cas échéant): \_\_\_\_\_

Configuration de l'obturateur d'air: \_\_\_\_\_ Profil du réflecteur: \_\_\_\_\_

Longueur de la prise d'air neuf (le cas échéant): \_\_\_\_\_ Isolation du réflecteur (le cas échéant): \_\_\_\_\_

Diamètre de la prise d'air neuf (le cas échéant): \_\_\_\_\_ Angle de l'appareil de chauffage (si celui-ci n'est pas installé à l'horizontale): \_\_\_\_\_

Pouvoir calorifique non-ajusté du gaz d'essai (à 15 °C, 1 013,25 mbar): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ kWh/m<sup>3</sup>

#### F1.2 Caractéristiques Techniques du Radiomètre.

Nom/numéro du radiomètre: \_\_\_\_\_

Type de capteur: \_\_\_\_\_

Système de refroidissement: \_\_\_\_\_

Certificat d'étalonnage: \_\_\_\_\_

Facteur d'étalonnage (a·x+b): \_\_\_\_\_

Débit d'azote gazeux: \_\_\_\_\_ l/h

Température du capteur: \_\_\_\_\_ °C Étalonnage de la température du capteur: \_\_\_\_\_ °C

Fréquence du hacheur: \_\_\_\_\_ Hz

Note : L'appareillage de mesure doit être protégé contre la chaleur rayonnante directe.

#### F1.3 Caractéristiques Techniques du Plan de Mesure.

Nombre de points de mesure (sur les lignes parallèles à l'axe longitudinal): \_\_\_\_\_

Nombre de points de mesure (sur les lignes perpendiculaires à l'axe longitudinal): \_\_\_\_\_

Mesure du début de l'appareil de chauffage à la première colonne de nœuds: \_\_\_\_\_ mm

Longueur de la grille de mesure: \_\_\_\_\_ m Largeur de la grille de mesure: \_\_\_\_\_ m

Nombre de cellules de mesure: \_\_\_\_\_ Aire de la cellule de mesure: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Aire de la grille de mesure: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Présence de rayonnement énergétique aux lignes extérieures inférieur à 1 % de la valeur maximale: Oui/Non

**F2** *Résultats des Mesures.*

**F2.1** *Conditions Ambiantes de l'Essai.*

Paramètre	Numéro de l'essai				
	1	2	3	4	5
Température de l'air initiale, °C					
Température de l'air finale, °C					
Humidité ambiante initiale, %					
Humidité ambiante finale, %					
Pression atmosphérique $p_a$ initiale, mbar					
Pression atmosphérique $p_a$ finale, mbar					

**F2.2** *Données Relatives au Gaz et au Débit Calorifique.*

Paramètre	Numéro de l'Essai				
	1	2	3	4	5
Catégorie de gaz					
Pouvoir calorifique non-ajusté $H_s$ , kWh/m <sup>3</sup>					
Débit de gaz dans les conditions ambiantes, m <sup>3</sup> /h					
Température du gaz $t_g$ , °C					
Débit de gaz à 15°C et 1013 mbar, m <sup>3</sup> /h					
Débit calorifique Q, kW					
Pression d'alimentation de gaz, mbar					
Pression de gaz à la rampe, mbar					

**F2.3** *Données Relatives à l'Absorption de la Vapeur d'eau et du Dioxyde de Carbone.*

Paramètre	Numéro de l'Essai				
	1	2	3	4	5
Épaisseur de la couche de gaz rayonnante D, m					
Pression partielle de la vapeur d'eau dans la pression d'air ambiant, kPa					
Coefficient dans l'équation pour le facteur d'émission de la vapeur d'eau $K_{H_2O(t_a)}$ , kPa <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup>					
Facteur d'absorption de la vapeur d'eau, $A_{H_2O}$					
Facteur d'absorption du dioxyde de carbone, $A_{CO_2}$					
Facteur de correction du rayonnement pour la vapeur et le dioxyde de carbone dans l'air, $A_{TOT}$					

**F2.4** *Données Relatives à la Mesure du Rayonnement.*

Paramètre	Numéro de l'Essai				
	1	2	3	4	5
Température du capteur $t_s$ initiale, °C					
Température du capteur $t_s$ finale, °C					
Puissance rayonnée mesurée $Q_{(R)M}$ , W					
Puissance rayonnée mesurée après correction pour absorption $Q_{(R)C}$ , W					
Coefficient de puissance rayonnée non-ajusté, $R_f$					
Facteur de rayonnement infrarouge					

Nom :
Signature :