

RECOMMANDATION
INTERNATIONALE

OIML R 75-1

Édition 2002 (F)

Compteurs d'énergie thermique
Partie 1: Exigences générales

Heat meters
Part 1: General requirements



Sommaire

<i>Avant-propos</i>	4
1 Domaine d'application	5
2 Références	5
3 Types d'instruments	5
3.1 Instrument complet	
3.2 Instrument combiné	
3.3 Instrument hybride	
3.4 Sous-ensembles d'un compteur d'énergie thermique combiné	
3.5 Équipement soumis à l'essai (EST)	
4 Terminologie et symboles	6
4.1 Temps de réponse, $\tau_{0,5}$	
4.2 Compteur à réponse rapide	
4.3 Tension nominale, U_n	
4.4 Conditions assignées de fonctionnement	
4.5 Conditions de référence	
4.6 Grandeur d'influence	
4.7 Facteur d'influence	
4.8 Perturbation	
4.9 Types d'erreur	
4.10 Types de défaut	
4.11 Valeurs de référence du mesurande, VRM	
4.12 Valeur conventionnellement vraie	
4.13 Modèle de compteur	
4.14 Dispositif électronique	
4.15 Composant électronique	
4.16 Profondeur minimale d'immersion d'une sonde de température	
4.17 Effet d'auto-échauffement	
5 Conditions assignées de fonctionnement	8
5.1 Limites de l'étendue de température	
5.2 Limites des différences de température	
5.3 Limites du débit	
5.4 Limites de la puissance thermique	
5.5 Pression maximale de service admissible, PMA	
5.6 Perte de pression maximale	
6 Caractéristiques techniques	8
6.1 Matériaux et construction	
6.2 Prescriptions en dehors des limites du débit	
6.3 Affichage (dispositif indicateur)	
6.4 Protection contre les fraudes	
6.5 Tension d'alimentation	
7 Étendue de mesure spécifiée	11
7.1 Différence de température	
7.2 Débit	

8	Formules de l'échange thermique	11
9	Caractéristiques métrologiques (erreurs maximales tolérées, EMT)	11
9.1	Généralités	
9.2	Valeurs des erreurs maximales tolérées	
9.3	Application des erreurs maximales tolérées	
9.4	Erreurs maximales tolérées en service	
10	Classification d'environnement	13
10.1	Classe d'environnement A (usage domestique, installations intérieures)	
10.2	Classe d'environnement B (usage domestique, installations extérieures)	
10.3	Classe d'environnement C (usages industriels)	
11	Spécifications d'un compteur d'énergie thermique, inscriptions et manuel d'instructions	13
11.1	Capteur hydraulique	
11.2	Paire de sondes de température	
11.3	Calculateur	
11.4	Instrument complet	
12	Informations à fournir avec le compteur ou avec les sous-ensembles	15
	Annexe A (Obligatoire): Équations du coefficient thermique	16

Avant-propos

L'Organisation Internationale de Métrologie légale (OIML) est une organisation intergouvernementale mondiale dont l'objectif premier est d'harmoniser les réglementations et les contrôles métrologiques appliqués par les services nationaux de métrologie, ou organismes apparentés, de ses États Membres.

Les deux principales catégories de publications OIML sont:

- **les Recommandations Internationales (OIML R)**, qui sont des modèles de réglementation fixant les caractéristiques métrologiques d'instruments de mesure et les méthodes et moyens de contrôle de leur conformité; les États Membres de l'OIML doivent mettre ces Recommandations en application dans toute la mesure du possible;
- **les Documents Internationaux (OIML D)**, qui sont de nature informative et destinés à améliorer l'activité des services de métrologie.

Les projets de Recommandations et de Documents OIML sont élaborés par des comités techniques ou sous-comités composés d'États Membres. Certaines institutions internationales et régionales y participent aussi sur une base consultative.

Des accords de coopération ont été conclus entre l'OIML et certaines institutions, comme l'ISO et la CEI, pour éviter des prescriptions contradictoires; en conséquence les fabricants et utilisateurs d'instruments de mesure, les laboratoires d'essai, etc. peuvent appliquer simultanément les publications OIML et celles d'autres institutions.

Les Recommandations Internationales et Documents Internationaux sont publiés en français (F) et en anglais (E) et sont périodiquement soumis à révision.

La présente publication - référence OIML R 75-1 Édition 2002 - a été élaborée par le Comité Technique OIML TC 11 *Instruments de mesure de la température et des grandeurs associées* sur la base de la Partie 1 de la Norme Européenne EN 1434 (1997) dont les paragraphes concernés ont été reproduits avec l'accord du Comité Européen de Normalisation (CEN). Cette publication a été approuvée par le Comité International de Métrologie Légale en 2001 pour publication définitive et sera soumise à la sanction formelle de la Conférence Internationale de Métrologie Légale en 2004.

La Recommandation OIML R 75 comprend trois parties: la Partie 1 (*Exigences générales*) et la Partie 2 (*Essais d'approbation de type et essais de vérification primitive*) qui ont été publiés en 2002 sous forme de fascicules séparés, et la Partie 3 (Format du rapport d'essai) dont l'approbation et la publication sont prévues pour une date ultérieure. Elle remplace l'édition précédente datée 1988.

Les publications de l'OIML peuvent être obtenues auprès du siège de l'Organisation:

Bureau International de Métrologie Légale
11, rue Turgot - 75009 Paris - France

Téléphone: 33 (0)1 48 78 12 82 et 42 85 27 11

Fax: 33 (0)1 42 82 17 27

E-mail: biml@oiml.org

Internet: www.oiml.org

Compteurs d'énergie thermique

Partie 1: Exigences générales

1 Domaine d'application

La présente Recommandation s'applique aux compteurs d'énergie thermique, c'est-à-dire aux instruments destinés à mesurer l'énergie thermique qui, dans un circuit d'échange thermique, est cédée par un liquide appelé liquide caloporteur.

Les compteurs d'énergie thermique qui sont soumis aux contrôles des services de métrologie légale doivent satisfaire aux exigences de la présente Recommandation.

2 Références

Vocabulaire International des Termes de Métrologie Légale (VIML, 2000)

Vocabulaire International des Termes Fondamentaux et Généraux de Métrologie (VIM, 1993)

CEI 61010-1 (2001-02). *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire. Partie 1: Prescriptions générales*. Commission Électrotechnique Internationale, Genève

ISO 7268 (1983-05). Amendement ISO 7268-am1(1984-07). *Tuyauterie - Définition de la pression nominale*. Organisation International de Normalisation, Genève

IAPWS-IF97. *The Industrial Standard for the Thermodynamic Properties and Supplementary Equations for other Properties of Water and Steam*, par W. Wagner et A. Kruse, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1998

CEI 60751 (1983-01). Amendements CEI 60751-am1(1986-01) et CEI 60751-am2(1995-07). *Capteurs industriels à résistance thermométrique de platine*. Commission Électrotechnique Internationale, Genève

3 Types d'instruments

Pour les besoins de la présente Recommandation, les compteurs d'énergie thermique sont définis soit comme instruments complets, soit comme instruments combinés.

3.1 Instrument complet

Compteur d'énergie thermique qui n'a pas de sous-ensembles séparables tels que définis en 3.4.

3.2 Instrument combiné

Compteur d'énergie thermique qui a des sous-ensembles séparables tels que définis en 3.4.

3.3 Instrument hybride

Compteur d'énergie thermique - fréquemment qualifié d'instrument "compact" - qui, dans le cadre de la procédure d'approbation de type et de vérification primitive, peut être considéré comme un instrument combiné comme défini en 3.2. Néanmoins, après vérification, ses sous-ensembles doivent être considérés comme inséparables.

3.4 Sous-ensembles d'un compteur d'énergie thermique combiné

Le capteur hydraulique, la paire de sondes de température et le calculateur, ou toute autre combinaison de ceux-ci.

3.4.1 Capteur hydraulique

Sous-ensemble qui, traversé par le liquide caloporteur à l'entrée ou à la sortie du circuit d'échange thermique, émet un signal fonction du volume ou de la masse, ou du débit volumique ou massique.

3.4.2 Paire de sondes de température

Sous-ensemble (monté avec ou sans doigt de gant) qui mesure les températures du liquide caloporteur à l'entrée et à la sortie du circuit d'échange thermique.

3.4.3 *Calculateur*

Sous-ensemble qui reçoit des signaux du capteur hydraulique et des sondes de température et qui calcule et indique la quantité d'énergie thermique échangée.

3.5 **Équipement soumis à l'essai (EST)**

Sous-ensemble, combinaison de sous-ensembles ou instrument complet soumis à un essai.

4 **Terminologie et symboles**

Pour les besoins de la présente Recommandation, les définitions et symboles suivants s'appliquent.

Note: La terminologie utilisée dans la présente Recommandation est conforme au *Vocabulaire International des Termes de Métrologie Légale (VIML)* et au *Vocabulaire International des Termes Fondamentaux et Généraux de Métrologie (VIM)* dont certaines définitions sont reproduites ci-dessous.

4.1 **Temps de réponse, $\tau_{0,5}$**

Temps séparant le moment où le débit, la température ou la différence de température sont soumis à une variation brusque spécifiée et le moment où la réponse atteint 50 % de sa valeur stable définitive.

4.2 **Compteur à réponse rapide**

Compteur adapté aux circuits d'échange thermique avec des variations dynamiques rapides dans l'échange de chaleur.

4.3 **Tension nominale, U_n**

Tension de l'alimentation électrique externe nécessaire au fonctionnement du compteur d'énergie thermique et, par convention, tension de l'alimentation secteur en courant alternatif.

4.4 **Conditions assignées de fonctionnement**

Conditions d'utilisation pour lesquelles les caractéristiques métrologiques spécifiées de l'instrument de mesure sont supposées comprises à l'intérieur des erreurs maximales tolérées spécifiées [adapté de VIM 5.5].

4.5 **Conditions de référence**

Conditions d'utilisation prescrites pour les essais de fonctionnement d'un instrument de mesure ou pour l'intercomparaison des résultats de mesures [VIM 5.7].

4.6 **Grandeur d'influence**

Grandeur qui n'est pas le mesurande mais qui a un effet sur le résultat du mesurage [VIM 2.7].

4.7 **Facteur d'influence**

Grandeur d'influence dont la valeur se situe à l'intérieur des conditions assignées de fonctionnement.

4.8 **Perturbation**

Grandeur d'influence dont la valeur se situe en dehors des conditions assignées de fonctionnement.

4.9 **Types d'erreur**

4.9.1 *Erreur (d'indication) d'un instrument de mesure*

Indication de l'instrument de mesure moins la valeur conventionnellement vraie de la grandeur d'entrée correspondante [adapté de VIM 5.20].

4.9.2 *Erreur intrinsèque (d'un instrument de mesure)*

Erreur d'un instrument de mesure déterminée dans les conditions de référence [VIM 5.24].

4.9.3 Erreur intrinsèque initiale

Erreur d'un instrument de mesure telle qu'elle est déterminée avant les essais de performance et d'endurance.

4.9.4 Erreur d'endurance

Différence entre l'erreur intrinsèque après un certain temps d'utilisation et l'erreur intrinsèque initiale.

4.9.5 Erreur maximale tolérée, EMT

Valeurs extrêmes de l'erreur (en plus ou en moins) tolérées par la présente Recommandation [adapté de VIM 5.21].

4.10 Types de défaut

4.10.1 Défaut

Différence entre l'erreur d'indication et l'erreur intrinsèque de l'instrument.

4.10.2 Défaut temporaire

Variation momentanée de l'indication qui ne saurait être interprétée, mémorisée ou transmise comme un résultat de mesurage.

4.10.3 Défaut significatif

Défaut supérieur à la valeur absolue de l'EMT et qui n'est pas temporaire.

Exemple: Si l'EMT est de $\pm 2\%$, le défaut significatif est alors un défaut supérieur à 2% .

4.11 Valeurs de référence du mesurande, VRM

Ensemble de valeurs spécifiées du débit, de la température de sortie et de la différence de température, déterminé pour assurer une comparaison valable des résultats de mesure.

4.12 Valeur conventionnellement vraie

Valeur d'une grandeur qui, pour les besoins de la présente Recommandation, est considérée comme étant une valeur vraie.

Note: Une valeur conventionnellement vraie est en général considérée comme suffisamment proche de la valeur vraie pour que la différence, eu égard à l'objectif considéré, soit négligeable.

4.13 Modèle de compteur

Compteurs d'énergie thermique ou sous-ensembles de différentes tailles constituant une famille par la similitude de leurs principes de fonctionnement, leur construction et leurs matériaux.

4.14 Dispositif électronique

Dispositif qui utilise des composants électroniques et qui accomplit une fonction spécifique.

4.15 Composant électronique

Plus petite entité physique d'un dispositif électronique qui utilise la conduction par trou dans les semi-conducteurs ou de la conduction par électrons dans les gaz ou dans le vide.

4.16 Profondeur minimale d'immersion d'une sonde de température

Profondeur d'immersion dans un bain thermostaté à une température de $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$ pour une température ambiante de $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ au-delà de laquelle une augmentation de l'immersion entraîne une variation de la valeur de sortie correspondant à moins de 0,1 K.

4.17 Effet d'auto-échauffement

Augmentation du signal de température obtenue en soumettant chacune des sondes de température d'une paire à une dissipation continue de puissance de 5 mW, lorsque celles-ci sont immergées à la profondeur minimale d'immersion dans un bain d'eau, la vitesse moyenne de circulation de l'eau étant de 0,1 m/s.

5 Conditions assignées de fonctionnement

5.1 Limites de l'étendue de température

5.1.1 La limite supérieure de l'étendue de température, Θ_{\max} , (exprimée en °C) est la température la plus élevée du liquide caloporteur à laquelle le compteur d'énergie thermique doit fonctionner sans que les erreurs maximales tolérées soient dépassées.

5.1.2 La limite inférieure de l'étendue de température, Θ_{\min} , (exprimée en °C) est la température la plus basse du liquide caloporteur à laquelle le compteur d'énergie thermique doit fonctionner sans que les erreurs maximales tolérées soient dépassées.

5.2 Limites des différences de température

5.2.1 La différence de température, $\Delta\Theta$, (exprimée en K) est la valeur absolue de la différence entre les températures du liquide caloporteur à l'entrée et à la sortie du circuit d'échange thermique.

5.2.2 La limite supérieure de la différence de température, $\Delta\Theta_{\max}$, est la plus grande différence de température à laquelle le compteur d'énergie thermique doit fonctionner, dans le cadre de la valeur supérieure de la puissance thermique, sans que les erreurs maximales tolérées soient dépassées.

5.2.3 La limite inférieure de la différence de température, $\Delta\Theta_{\min}$, est la plus petite différence de température à laquelle le compteur d'énergie thermique doit fonctionner sans que les erreurs maximales tolérées soient dépassées.

5.3 Limites du débit

5.3.1 La limite supérieure du débit, q_s , est le débit le plus élevé auquel le compteur d'énergie thermique doit fonctionner pendant de courtes périodes (moins que 1 h / jour et moins que 200 h / an) sans que les erreurs maximales tolérées soient dépassées.

5.3.2 Le débit permanent, q_p , est le débit le plus élevé auquel le compteur d'énergie thermique doit fonctionner sans interruption sans que les erreurs maximales tolérées soient dépassées.

5.3.3 La limite inférieure du débit, q_i , est le débit le plus petit à partir duquel le compteur d'énergie thermique doit fonctionner sans que les erreurs maximales tolérées soient dépassées.

5.4 Limites de la puissance thermique

La limite supérieure de la puissance thermique, P_s , est la puissance la plus élevée à laquelle le compteur d'énergie thermique doit fonctionner sans que les erreurs maximales tolérées soient dépassées.

5.5 Pression maximale de service admissible, PMA

Pression maximale interne positive que le compteur d'énergie thermique peut supporter en permanence à la limite supérieure de l'étendue de température, exprimée sous forme de classe de PN selon la définition de ISO 7268.

5.6 Perte de pression maximale

Perte de pression dans le liquide caloporteur traversant le capteur hydraulique au débit permanent, q_p .

6 Caractéristiques techniques

Les matériaux utilisés et la construction des compteurs d'énergie thermique doivent assurer une stabilité suffisante permettant à l'instrument de satisfaire aux erreurs maximales tolérées spécifiées lorsque le dispositif est installé conformément au manuel d'instructions du fournisseur.

6.1 Matériaux et construction

Tous les éléments constitutifs des compteurs d'énergie thermique doivent être solidement construits avec des matériaux présentant des qualités convenables pour résister aux différentes formes de corrosion et d'usure se produisant dans les conditions assignées de fonctionnement, en particulier celles provoquées par des impuretés dans le liquide caloporteur. Les compteurs, quand ils sont installés convenablement, doivent aussi être capables de résister aux influences externes. Les

compteurs doivent, en toutes circonstances, supporter la pression maximale admissible et les températures pour lesquelles ils sont conçus, sans défaut de fonctionnement.

6.1.1 Le fabricant du compteur d'énergie thermique doit déclarer les limitations concernant l'installation du compteur d'énergie thermique ainsi que son orientation par rapport à la verticale.

6.1.2 Le boîtier d'un compteur d'énergie thermique doit protéger les parties intérieures contre les pénétrations d'eau et de poussière. L'indice de protection minimal doit être IP54 pour les boîtiers installés sur les canalisations de chauffage et IP52 pour les autres, conformément à CEI 61010-1.

6.1.3 Les compteurs d'énergie thermique peuvent être munis d'interfaces permettant le raccordement de dispositifs complémentaires. Ces raccordements ne doivent en rien modifier les qualités métrologiques des compteurs d'énergie thermique.

6.1.4 La perte de pression maximale à q_p doit être inférieure ou égale à 0,25 bar sauf si le compteur inclut un régulateur de débit ou assure également la fonction de réducteur de pression.

6.2 Prescriptions en dehors des limites de débit

Lorsque le débit est inférieur à la valeur limite déclarée par le fournisseur, aucun enregistrement n'est permis.

Note: Il est recommandé que le débit à travers une vanne "normalement" fermée ou que le mouvement du liquide dans la canalisation derrière une vanne fermée, causé par l'expansion ou la contraction thermique, ne soient pas enregistrés.

Pour des débits supérieurs à q_s , le comportement du compteur, par exemple l'émission de signaux aberrants ou nuls, doit être indiqué par le fabricant. Des débits supérieurs à q_s ne doivent pas résulter en une erreur positive supérieure à 10 %.

6.3 Affichage (dispositif indicateur)

6.3.1 La quantité d'énergie thermique doit être indiquée en joules, wattheures ou en leurs multiples

décimaux. Le nom ou le symbole de l'unité dans lequel la quantité d'énergie thermique est donnée doit être affiché au droit de l'affichage.

6.3.2 Le dispositif indicateur doit comporter une échelle numérique ou semi-numérique. Les compteurs d'énergie thermique doivent être conçus de telle manière que, dans le cas d'une coupure d'alimentation externe (secteur ou courant continu externe), les indications de celui-ci au moment de la panne ne soient pas perdues et demeurent accessibles pendant au moins un an.

Note: La conformité à 6.3.2 ne garantit pas nécessairement que le compteur d'énergie thermique continue à enregistrer l'énergie consommée en cas de panne d'alimentation.

6.3.3 La lecture de l'indication doit être sûre, facile et non ambiguë.

6.3.4 La hauteur réelle ou apparente des chiffres de l'indicateur ne doit pas être inférieure à 4 mm.

6.3.5 Les chiffres indiquant les sous-multiples de l'unité doivent être séparés des autres par un séparateur décimal. De plus, les chiffres des sous-multiples doivent se distinguer clairement des autres.

6.3.6 Dans le cas d'indicateurs à rouleaux, l'avancement d'une unité d'un chiffre d'un rang quelconque doit se produire complètement pendant que le chiffre du rang immédiatement inférieur passe de 9 à 0. Le rouleau portant les chiffres du rang le plus bas peut avoir un mouvement continu dont le déplacement visible doit alors se produire de bas en haut.

6.3.7 Le dispositif indicateur d'énergie thermique doit pouvoir enregistrer sans débordement une quantité d'énergie correspondant au moins à un fonctionnement continu de 3000 h à la limite supérieure de la puissance thermique, P_s , du compteur.

La quantité d'énergie mesurée par un compteur d'énergie thermique fonctionnant à la limite supérieure de la puissance thermique pendant 1 h doit correspondre, au moins, à un échelon de l'élément de rang le plus bas du dispositif indicateur.

6.4 Protection contre les fraudes

Les compteurs d'énergie thermique doivent être dotés de dispositifs de protection qui peuvent être scellés de telle manière qu'après scellement, à la fois avant et après la bonne installation du compteur, il n'existe pas de possibilité de démonter, déplacer ou modifier le compteur ou ses dispositifs de réglage sans dommage apparent aux dispositifs ou aux plombs.

Des moyens doivent être également prévus pour les compteurs dotés d'une alimentation externe, soit pour protéger le compteur contre un débranchement de son alimentation, soit pour mettre en évidence qu'un débranchement a eu lieu.

Des emplacements doivent être prévus pour l'apposition de marques (par exemple les marques réglementaires) sur la partie du compteur qui indique la quantité d'énergie thermique, pour un compteur complet, ou sur chaque sous-ensemble d'un compteur combiné. Toutes les parties du compteur d'énergie thermique qui peuvent être séparées après étalonnage et essai doivent comporter des emplacements pour apposer une marque d'identification. Les emplacements de ces marques doivent être tels que les marques sont clairement visibles quand les sous-ensembles sont fixés.

Note: L'incorporation dans le compteur d'un système indiquant le nombre d'heures de fonctionnement permet de noter les débranchements de l'alimentation électrique.

6.5 Tension d'alimentation

Les instruments doivent être complètement opérationnels et ne doivent pas dépasser les erreurs maximales tolérées si l'alimentation électrique est modifiée comme décrit aux paragraphes 6.5.1 à 6.5.4.

6.5.1 Instruments alimentés par le réseau en courant alternatif

- Variations de la tension alternative du réseau de -15% à $+10\%$ par rapport à la tension nominale de l'instrument.
- Variations de la fréquence alternative du réseau de -2% à $+2\%$ par rapport à la fréquence nominale de l'instrument

6.5.2 Instruments alimentés par une tension extérieure, alternative ou continue, de faible valeur ($< 50\text{ V}$)

- Variations de la tension extérieure alternative de $\pm 50\%$ par rapport à la tension nominale de l'instrument.
- Variations de la tension extérieure continue de -50% à $+75\%$ par rapport à la tension nominale de l'instrument.

6.5.3 Instruments alimentés par des batteries internes non rechargeables ou par des batteries rechargeables qui ne peuvent être rechargées pendant le fonctionnement de l'instrument de mesure

Quand la tension de la batterie descend au dessous d'une valeur critique, soit une indication claire doit être donnée par l'instrument en temps utile avant que l'instrument ne commence à mal fonctionner (ce qui se traduit, par exemple, par un affichage de mauvaise qualité, une instabilité de la mémoire, des erreurs excédant les EMT, etc.), soit l'instrument doit automatiquement se débrancher en ayant mis en mémoire, pour une durée d'au moins un an, les données réelles et le temps du moment de la coupure. Le moment de la coupure peut être préprogrammé.

La période de temps minimale pendant laquelle l'instrument doit fonctionner correctement sans remplacement ni recharge des batteries doit être spécifiée par le constructeur, et ne saurait être inférieure à 2 ans.

6.5.4 Instruments alimentés par des batteries internes rechargeables prévues pour être (re)chargées pendant le fonctionnement de l'instrument de mesure

Ces instruments doivent:

- *soit* satisfaire aux exigences pour les instruments alimentés par batteries (6.5.3), après coupure (manuelle ou accidentelle) de l'alimentation extérieure,
- *soit* satisfaire aux exigences pour les instruments alimentés par une tension extérieure, alternative ou continue, de faible valeur (6.5.2), après coupure (manuelle ou accidentelle) de l'alimentation extérieure,

et doivent de plus:

- satisfaire aux exigences pour les instruments alimentés en tension alternative (6.5.1), après coupure de l'alimentation du réseau.

7 Étendue de mesure spécifiée

Les paramètres de fonctionnement du compteur d'énergie thermique sont délimités par les valeurs limites de l'étendue de température, de la différence de température, de la puissance thermique et des débits (q_s et q_i).

Si la mesure de l'énergie thermique est influencée par la pression du liquide caloporteur, cette pression doit être considérée comme un paramètre.

7.1 Différence de température

Le rapport entre les limites supérieure et inférieure de la différence de température ne doit pas être inférieur à 10. La limite inférieure doit être indiquée par le fournisseur comme étant soit de 1, 2, 3, 5 ou 10 K. La valeur préférentielle est 3 K.

7.2 Débit

Le rapport du débit permanent à la limite inférieure du débit (q_p/q_i) doit être égal à 10, 25, 50, 100 ou 250.

8 Formules de l'échange thermique

L'énergie thermique cédée par ou à un liquide peut être déterminée à partir de sa masse, de sa capacité thermique massique et de la variation de température.

Dans un compteur d'énergie thermique, le taux de variation d'enthalpie entre entrée et sortie d'un échangeur thermique est intégré par rapport au temps. L'équation est la suivante:

$$Q = \int_{t_0}^{t_1} q_m \Delta h dt$$

où:

Q est la quantité d'énergie thermique cédée;

q_m est le débit-masse du liquide caloporteur dans le compteur d'énergie thermique;

Δh est la différence entre les enthalpies spécifiques du liquide caloporteur aux températures d'entrée et de sortie du circuit d'échange thermique;

t est le temps.

Si l'instrument détermine le volume à la place de la masse, son équation devient:

$$Q = \int_{V_0}^{V_1} k \Delta \theta dV$$

où:

Q est la quantité d'énergie thermique cédée;

V est le volume de liquide écoulé;

k appelé "coefficient thermique", est fonction des propriétés du liquide caloporteur aux températures et à la pression correspondantes;

$\Delta \theta$ est la différence de température entre l'entrée et la sortie du circuit d'échange thermique.

La valeur conventionnellement vraie du coefficient thermique k de l'eau, si celle-ci est utilisée comme liquide caloporteur, doit être obtenue à partir des formules (A.1) à (A.5) de l'Annexe A, à une pression de 16 bar.

Pour des compteurs destinés à être utilisés avec d'autres liquides caloporteurs, le fabricant doit mentionner le coefficient thermique utilisé en fonction de la température et de la pression.

Note: Des tables de valeurs du coefficient thermique pour des liquides autres que l'eau peuvent être trouvées dans l'ouvrage *Handbuch der Wärmeverbrauchsmessung* par Dr. F. Adunka, Vulkan-Verlag, Essen, ISBN 3-8027-2373-2.

9 Caractéristiques métrologiques (erreurs maximales tolérées, EMT)

Les compteurs d'énergie thermique doivent satisfaire aux tolérances spécifiées, qui sont considérées comme

étant les erreurs maximales tolérées lors des essais d'approbation de type et en vérifications primitive et ultérieures.

9.1 Généralités

9.1.1 Les capteurs hydrauliques des compteurs d'énergie thermique peuvent appartenir à l'une des trois classes d'exactitude suivantes:

classe 1, classe 2 et classe 3.

La classe de l'instrument complet est déterminée par la classe de son capteur hydraulique.

9.1.2 Les erreurs maximales tolérées des compteurs d'énergie thermique, en plus ou en moins, par rapport à la valeur conventionnellement vraie de l'énergie thermique, sont définies comme erreurs relatives variant en fonction de la différence de température et du débit.

9.1.3 Les erreurs maximales tolérées des sous-ensembles, en plus ou en moins, sont calculées en fonction de la différence de température dans le cas du calculateur et de la paire de sondes de température, et en fonction du débit dans le cas du capteur hydraulique.

9.1.4 L'erreur relative, E , s'exprime sous la forme:

$$E = \frac{X_d - X_c}{X_c} 100 \%$$

où:

X_d est la valeur lue;

X_c est la valeur conventionnellement vraie.

9.2 Valeurs des erreurs maximales tolérées

9.2.1 Erreurs maximales tolérées pour un instrument complet

Les EMT d'un instrument complet sont calculées en fonction du rapport de différence de température

($\Delta\theta_{\min} / \Delta\theta$) et du rapport de débit (q_p/q). Les EMT d'un instrument complet de classe d'exactitude 2 et 3 sont la somme arithmétique de E_c (voir 9.2.2.1), E_t (voir 9.2.2.2) et E_f (voir 9.2.2.3). Les classes des compteurs d'énergie thermique sont définies par les classes de leur capteur hydraulique.

Classe 1: voir note en 9.2.2.3

Classe 2 et Classe 3: $E = E_c + E_t + E_f$

9.2.2 Erreurs relatives maximales tolérées pour les sous-ensembles

9.2.2.1 Calculateur

$$E_c = \pm (0,5 + \Delta\theta_{\min} / \Delta\theta)$$

où l'erreur E_c est fonction de l'énergie thermique lue et de la valeur conventionnellement vraie de cette énergie.

9.2.2.2 Paire de sondes de température

$$E_t = \pm (0,5 + 3 \Delta\theta_{\min} / \Delta\theta)$$

où l'erreur E_t relie la valeur lue à la valeur conventionnellement vraie de la relation entre les signaux de sortie de la paire de sondes de température et la différence de température.

La relation entre la température et la résistance de chaque sonde de température de la paire ne doit pas différer des valeurs de la formule donnée dans CEI 60751 (en utilisant les valeurs normales des constantes A, B et C) de plus de 2 K.

9.2.2.3 Capteur hydraulique

Classe 1: E_f : voir note

Classe 2: $E_f = \pm (2 + 0,02 q_p/q)$, mais pas plus de $\pm 5 \%$

Classe 3: $E_f = \pm (3 + 0,05 q_p/q)$, mais pas plus de $\pm 5 \%$

où l'erreur E_f relie la valeur lue à la valeur conventionnellement vraie de la relation entre le signal de sortie du capteur hydraulique et la masse ou le volume.

Note: E et E_f seront, pour la classe 1, définis lorsque les moyens d'essais et les capteurs hydrauliques le permettront.

On peut présumer que ces définitions pour les capteurs hydrauliques de classe 1 seront les suivantes:

Pour les compteurs complets:

$$E = \pm (2 + 4 \Delta\theta_{\min}/\Delta\theta + 0,01 q_p/q)$$

Pour les capteurs hydrauliques:

$$E_f = \pm (1 + 0,01 q_p/q) \text{ mais pas plus de } \pm 3,5 \%$$

Il est présumé que ces erreurs maximales tolérées seront applicables aux compteurs d'énergie thermique munis de capteurs hydrauliques avec $q_p \geq 100 \text{ m}^3/\text{h}$.

9.3 Application des erreurs maximales tolérées

9.3.1 Pour une combinaison de sous-ensembles tels que définis en 3.4, l'erreur maximale tolérée pour cette combinaison est la somme arithmétique des erreurs maximales tolérées pour chaque sous-ensemble.

9.3.2 Les erreurs d'instruments combinés ne doivent pas dépasser la somme arithmétique des erreurs maximales tolérées des sous-ensembles indiquées en 9.2.2.1 à 9.2.2.3.

9.3.3 Le fournisseur d'instruments combinés peut spécifier que, pour l'application des erreurs maximales tolérées, ils doivent être considérés comme des instruments complets.

9.4 Erreurs maximales tolérées en service

Lorsque les réglementations nationales prescrivent des valeurs différentes pour les erreurs maximales tolérées en service et en vérification, les valeurs des erreurs maximales tolérées en service doivent être le double des erreurs maximales tolérées en vérification.

10 Classification d'environnement

Les compteurs d'énergie thermique doivent se conformer à une ou plusieurs des classifications d'environnement suivantes, et ce en fonction de leur utilisation.

10.1 Classe d'environnement A (usage domestique, installations intérieures)

- Température ambiante: + 5 °C à + 55 °C
- Conditions d'humidité faible

- Conditions électriques et électromagnétiques normales
- Conditions mécaniques faibles

10.2 Classe d'environnement B (usage domestique, installations extérieures)

- Température ambiante: - 25 °C à + 55 °C
- Conditions d'humidité normale
- Conditions électriques et électromagnétiques normales
- Conditions mécaniques faibles

10.3 Classe d'environnement C (usages industriels)

- Température ambiante: + 5 °C à + 55 °C
- Conditions d'humidité normale
- Conditions électriques et électromagnétiques élevées
- Conditions mécaniques faibles

11 Spécifications d'un compteur d'énergie thermique, inscriptions et manuel d'instructions

Chaque compteur d'énergie thermique doit être accompagné d'un manuel d'instructions et de feuilles de données qui doivent inclure les informations dont la liste figure aux points 11.1 à 11.4.

Un compteur d'énergie thermique et/ou ses sous-ensembles doit porter clairement et de manière indélébile les informations données en *italique* dans les points 11.1, 11.2, 11.3 et 11.4.

11.1 Capteur hydraulique

- *Fournisseur (nom ou marque commerciale)*
- *Identification du type, année de fabrication, numéro de série*
- *Classe d'exactitude*
- *Limites du débit (q_i , q_p et q_s)*
- *Limites de température (θ_{\min} et θ_{\max})*
- *Pression de service maximale admissible (classe PN)*
- *Une ou plusieurs flèches pour indiquer la direction de l'écoulement*

- *Classe d'environnement*
- *Liquide caloporteur utilisé si celui-ci n'est pas de l'eau*
- *Facteur nominal du compteur (litres/impulsion ou facteur correspondant pour sortie normale)*
- *Orientations limites de l'installation du compteur*
- *Perte maximale de pression (perte de pression à q_p)*
- *Exigences d'installation, dont les longueurs de canalisations*
- *Dimensions physiques (longueur, hauteur, largeur, poids, caractéristiques du filetage/de la bride)*
- *Signal de sortie en fonctionnement normal (type/niveaux)*
- *Signal de sortie en essai (type/niveaux)*
- *Performances à des débits supérieurs à q_s*
- *Valeur du seuil pour le débit*
- *Temps de réponse, pour les compteurs à réponse rapide*
- *Exigences pour l'alimentation sur secteur: tension, fréquence*
- *Exigences pour l'alimentation par batterie: tension, type, durée de vie de la batterie*

11.2 Paire de sondes de température

- *Fournisseur (nom ou marque commerciale)*
- *Identification du type, par exemple Pt 100, année de fabrication, numéro de série*
- *Limites de température (Θ_{\min} et Θ_{\max})*
- *Limites de la différence de température ($\Delta\Theta_{\min}$ et $\Delta\Theta_{\max}$)*
- *Pression de service maximale admissible pour les sondes montées en direct (classe PN)*
- *Identification des capteurs de sortie et de retour, si nécessaire*
- *Câblage des sondes (exemple: quatre ou deux fils)*
- *Résistance totale des câbles à deux fils*
- *Principe de fonctionnement*
- *Valeur efficace maximale du courant de la sonde*
- *Dimensions physiques*
- *Exigences d'installation (par exemple pour montage en doigt de gant)*
- *Vitesse maximale du fluide pour une sonde de plus de 200 mm de longueur*
- *Profondeur d'immersion minimale*
- *Signal de sortie en fonctionnement normal (type/niveaux)*
- *Temps de réponse $\tau_{0,5}$*

11.3 Calculateur

- *Fournisseur (nom ou marque commerciale)*
- *Identification du type, année de fabrication, numéro de série*
- *Type de sonde de température (par exemple Pt 100 ou Pt 500, etc.)*
- *Classe d'environnement*
- *Exigences d'installation, y compris le câblage des sondes de température et une indication sur la nécessité ou non d'un blindage*
- *Limites de températures (Θ_{\min} et Θ_{\max})*
- *Limites de la différence de température ($\Delta\Theta_{\min}$ et $\Delta\Theta_{\max}$)*
- *Signal d'entrée reçu du capteur hydraulique*
- *Liquide caloporteur utilisé si celui-ci n'est pas de l'eau*
- *Capteur hydraulique à utiliser en entrée ou en sortie*
- *Options d'affichage des unités (MJ, kWh)*
- *Comportement dynamique (cas de mesurage de température et intégration)*
- *Valeur maximale de l'énergie thermique (P_s)*
- *Fonctions en plus de l'indication thermique*
- *Dimensions physiques*
- *Alimentation secteur (tension, fréquence)*
- *Exigences pour alimentation par batterie (tension, type, durée de vie de la batterie)*
- *Valeur efficace (RMS) du courant de la sonde de température*
- *Signal maximal admis en provenance du capteur hydraulique (fréquence maximale des impulsions)*
- *Signal de sortie en fonctionnement normal (type/niveaux)*
- *Signal de sortie en essai (type/niveaux)*

11.4 Instrument complet

- *Fournisseur (nom ou marque commerciale)*
- *Identification du type, année de fabrication, numéro de série*
- *Limites de débit (q_v , q_p et q_s)*
- *Limites de température (Θ_{\min} et Θ_{\max}) du capteur hydraulique/des sondes de températures*
- *Limites de la différence de température ($\Delta\Theta_{\min}$ et $\Delta\Theta_{\max}$)*
- *Classe d'exactitude*
- *Pression de service maximale admissible (classe PN)*
- *Classe d'environnement*
- *Pression maximale admissible pour le capteur hydraulique (PMA)*

- *Liquide caloporteur utilisé si celui-ci n'est pas de l'eau*
- *Compteur à installer en entrée ou en sortie*
- *Un ou plusieurs flèches pour indiquer la direction de l'écoulement*
- *Orientations limites de l'installation du compteur*
- Options d'affichage des unités (MJ, kWh)
- Fonctions en plus de l'indication thermique
- Valeur maximale de la puissance thermique (P_s)
- Valeur limite du débit
- Perte de pression maximale du capteur hydraulique (perte de pression à q_p)
- Exigences d'installation, dont les longueurs de canalisation
- Dimensions physiques (longueur, hauteur, largeur, poids, caractéristiques du filetage/de la bride)
- Exigences pour l'alimentation secteur (tension, fréquence)
- Exigences pour l'alimentation par batterie (tension, type, durée de vie de la batterie)
- Signal de sortie en fonctionnement normal (type/niveaux)
- Signal de sortie en essai (type/niveaux)
- Performances à des débits supérieurs à q_s
- Temps de réponse de la paire de sondes de température
- Temps de réponse, pour les compteurs à réponse rapide

12 Informations à fournir avec le compteur d'énergie thermique ou avec les sous-ensembles

Les instructions d'installation, sous les titres ci-après, doivent comporter au moins les informations suivantes.

a) Capteur hydraulique:

- rinçage de l'installation avant le montage;
- installation sur l'aller ou le retour indiqué sur le calculateur;
- longueurs minimales droites en amont et en aval;
- limites d'orientation;
- nécessité de tranquilliseurs;
- prescription quant à une protection contre les risques de chocs et de vibrations;
- prescription quant aux contraintes exercées sur l'installation par les tuyaux et raccords.

b) Paire de sondes de température:

- nécessité (si besoin est) d'une installation symétrique dans des tuyaux de même dimension;
- utilisation de doigts de gant ou de raccords pour les sondes de température;
- utilisation d'une isolation thermique pour la tuyauterie et les têtes de sondes.

c) Calculateur (et électronique du capteur hydraulique):

- espace libre autour du compteur;
- distance entre le compteur et d'autres équipements;
- disponibilité d'un support mural respectant les points de fixation normalisés.

d) Câblage:

- nécessité d'un raccordement à la terre;
- longueurs maximales des câbles;
- séparation requise entre les câbles de puissance et de signaux;
- prescriptions de support mécanique;
- prescriptions de blindage électrique.

e) Autre:

- contrôle fonctionnel initial et instructions de fonctionnement;
- apposition des marques de scellements

Annexe A - Équations du coefficient thermique

(Obligatoire)

Pour déterminer la quantité de chaleur échangée dans un circuit d'échange thermique, les compteurs d'énergie thermique doivent tenir compte du type de liquide caloporteur (généralement de l'eau) en se fondant sur le coefficient thermique de celui-ci $k(p, \Theta_f, \Theta_r)$. Le coefficient thermique est fonction des grandeurs physiques mesurables: pression p , température d'entrée Θ_f et température de sortie Θ_r , et satisfait à l'équation A.1.

$$\text{Coefficient thermique de l'eau} \quad k(p, \Theta_f, \Theta_r) = \frac{1}{v} \frac{h_f - h_r}{\Theta_f - \Theta_r} \quad (\text{A.1})$$

où v est le volume spécifique, h_f , h_r sont les enthalpies spécifiques (f-entrée; r-sortie). Les grandeurs v , h_f et h_r peuvent être calculées selon *The Industrial Standard for the Thermodynamic Properties of Water and Steam* (IAPWS-IF 97) sur la base de l'Échelle Internationale de Température de 1990 (ITS-90).

$$\text{Volume spécifique} \quad v = (\partial g / \partial p)_T \quad v(\pi, \tau) = \frac{p}{RT} = \pi \gamma_\pi \quad (\text{A.2})$$

où g est l'énergie libre réduite de Gibbs et

$$\pi = p / p^* \text{ avec } p^* = 16,53 \text{ MPa}$$

$$\gamma_\pi = \sum_{i=1}^{34} -n_i I_i (7,1 - \pi)^{I_i - 1} (\tau - 1,222)^{J_i} \quad (\text{A.3})$$

Pour les valeurs de n_i , I_i et J_i voir Table 1.

$$\text{Enthalpie spécifique} \quad h = g - T(\partial g / \partial T)_p; \quad \frac{h(\pi, \tau)}{RT} = \tau \gamma_\tau \quad (\text{A.4})$$

où $\tau = T^* / T$ et $T^* = 1386 \text{ K}$

$$\gamma_\tau = \sum_{i=1}^{34} n_i (7,1 - \pi)^{I_i} J_i (\tau - 1,222)^{J_i - 1} \quad (\text{A.5})$$

avec $273,15 \text{ K} \leq T \leq 623,15 \text{ K}$; $p_s(T) \leq p \leq 100 \text{ MPa}$ et $R = 461,526 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

avec $p_s(T)$: pression de saturation

Pour les valeurs de n_i , I_i et J_i voir Tableau 1.

Exemples de valeurs pour $\Theta_f = 70 \text{ °C}$ et $\Theta_r = 30 \text{ °C}$ à 16 bar; capteur hydraulique en:

	Position entrée	Position sortie
Volume spécifique en (m^3/kg)	$0,102204 \cdot 10^{-2}$	$0,100370 \cdot 10^{-2}$
Enthalpie _f spécifique en (kJ/kg)	$0,294301 \cdot 10^3$	$0,294301 \cdot 10^3$
Enthalpie _r spécifique en (kJ/kg)	$0,127200 \cdot 10^3$	$0,127200 \cdot 10^3$
Coefficient thermique en ($\text{MJ}/(\text{m}^3 \text{ K})$)	4,0874	4,1621

Tableau 1 Coefficients et exposants des équations (A.3) et (A.5)

i	I_i	J_i	n_i	i	I_i	J_i	n_i
1	0	-2	0,146 329 712 131 67	18	2	3	$-0,441 418 453 308 46 \times 10^{-5}$
2	0	-1	-0,845 481 871 691 14	19	2	17	$-0,726 949 962 975 94 \times 10^{-15}$
3	0	0	$-0,375 636 036 720 40 \times 10^1$	20	3	-4	$-0,316 796 448 450 54 \times 10^{-4}$
4	0	1	$0,338 551 691 683 85 \times 10^1$	21	3	0	$-0,282 707 979 853 12 \times 10^{-5}$
5	0	2	-0,957 919 633 878 72	22	3	6	$-0,852 051 281 201 03 \times 10^{-9}$
6	0	3	0,157 720 385 132 28	23	4	-5	$-0,224 252 819 080 00 \times 10^{-5}$
7	0	4	$-0,166 164 171 995 01 \times 10^{-1}$	24	4	-2	$-0,651 712 228 956 01 \times 10^{-6}$
8	0	5	$0,812 146 299 835 68 \times 10^{-3}$	25	4	10	$-0,143 417 299 379 24 \times 10^{-12}$
9	1	-9	$0,283 190 801 238 04 \times 10^{-3}$	26	5	-8	$-0,405 169 968 601 17 \times 10^{-6}$
10	1	-7	$-0,607 063 015 658 74 \times 10^{-3}$	27	8	-11	$-0,127 343 017 416 41 \times 10^{-8}$
11	1	-1	$-0,189 900 682 184 19 \times 10^{-1}$	28	8	-6	$-0,174 248 712 306 34 \times 10^{-9}$
12	1	0	$-0,325 297 487 705 05 \times 10^{-1}$	29	21	-29	$-0,687 621 312 955 31 \times 10^{-18}$
13	1	1	$-0,218 417 171 754 14 \times 10^{-1}$	30	23	-31	$0,144 783 078 285 21 \times 10^{-19}$
14	1	3	$-0,528 383 579 699 30 \times 10^{-4}$	31	29	-38	$0,263 357 816 627 95 \times 10^{-22}$
15	2	-3	$-0,471 843 210 732 67 \times 10^{-3}$	32	30	-39	$-0,119 476 226 400 71 \times 10^{-22}$
16	2	0	$-0,300 017 807 930 26 \times 10^{-3}$	33	31	-40	$0,182 280 945 814 04 \times 10^{-23}$
17	2	1	$0,476 613 939 069 87 \times 10^{-4}$	34	32	-41	$-0,935 370 872 924 58 \times 10^{-25}$

