

RECOMMANDATION
INTERNATIONALE

OIML R 133
Édition 2002 (F)

Thermomètres à liquide en verre

Liquid-in-glass thermometers



Sommaire

<i>Avant-Propos</i>	3
1 Objet	4
2 Application	4
3 Terminologie	4
4 Description de l'instrument	5
5 Exigences métrologiques	6
6 Exigences techniques	7
7 Instructions pratiques	8
8 Contrôles métrologiques	9
Références	9
Annexe A: Erreurs maximales pouvant être obtenues avec les thermomètres (Informative)	10
Annexe B: Méthodes d'élimination des défauts dans le liquide thermométrique (Informative)	12
Annexe C: Procédure d'essai (Obligatoire)	14
Annexe D: Format du rapport d'essai (Obligatoire pour l'application au <i>Système de Certificats OIML pour les Instruments de Mesure</i>)	17
Annexe E: Incertitudes pouvant être obtenues avec les thermomètres étalonnés (Informative)	23

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 133 Édition 2002 (F) - a été élaborée par le Sous-Comité Technique OIML TC 11/SC 2 *Thermomètres de contact*. 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.

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

Thermomètres à liquide en verre

1 Objet

1.1 La présente Recommandation spécifie les exigences métrologiques et techniques des thermomètres à liquide en verre⁽¹⁾ pour usages généraux destinés à une utilisation en laboratoire comme étalons de température de référence ou de travail. Ces thermomètres sont gradués en degrés Celsius et divisés en six classes d'exactitude (voir 5.2.2) qui s'appliquent à des thermomètres fonctionnant dans l'étendue de température de -200 °C à $+500\text{ °C}$.

1.2 La présente Recommandation s'applique aux thermomètres gravés sur tige et aux thermomètres à échelle protégée. De plus, ces thermomètres peuvent être à immersion complète, totale ou partielle. Les exigences de performance des thermomètres contenant du mercure ou des liquides organiques comme liquide thermométrique sont explicitement couvertes par la présente Recommandation. Les exigences pour les thermomètres contenant d'autres liquides tels que le gallium ou un alliage mercure-thallium peuvent être développées en appliquant les mêmes principes.

1.3 Une procédure d'essai est donnée pour déterminer si les thermomètres satisfont à chaque exigence spécifiée dans des conditions de laboratoire spécifiées. La procédure inclut une inspection visuelle et des essais sur la permanence de la pigmentation, la stabilité du réservoir et la détermination des erreurs.

1.4 La présente Recommandation ne s'applique pas aux thermomètres à maximum tels que ceux utilisés pour mesurer la température du corps.

2 Application

2.1 Les thermomètres à liquide en verre sont utilisés comme étalons de température de référence ou de travail dans la vérification et l'étalonnage des thermomètres ainsi que dans la détermination des conditions nécessaires à l'évaluation des performances d'autres

instruments de mesure utilisés en métrologie légale et dans l'industrie.

2.2 Les thermomètres à liquide en verre sont également utilisés dans les laboratoires médicaux pour les examens du sang, des enzymes et autres analyses médicales.

2.3 Le contrôle de qualité peut être maintenu dans les mesurages de température en laboratoire par des comparaisons inter-laboratoires utilisant des thermomètres à liquide en verre.

3 Terminologie

Note: Pour les termes généraux de métrologie et de métrologie légale, se référer au *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (VIM, édition 1993) et au *Vocabulaire international des termes de métrologie légale* (VIML, édition 2000) [1].

3.1 Tige

Tube contenant le capillaire à travers lequel le liquide thermométrique se meut sous l'effet des changements de température.

3.2 Réservoir

Réservoir contenant le liquide thermométrique.

3.3 Chambre de contraction

Élargissement du capillaire en dessous de l'échelle principale ou entre l'échelle principale et l'échelle auxiliaire, servant à réduire la longueur du thermomètre ou à empêcher la contraction de la colonne liquide dans le réservoir.

(1) La dénomination complète selon ISO 386:1977(F) est *thermomètres à dilatation de liquide dans une gaine en verre*.

3.4 Chambre d'expansion

Élargissement à la partie supérieure du capillaire, protégeant le réservoir contre une éventuelle déformation ou rupture suite à une pression excessive du liquide ou du gaz quand le thermomètre est exposé à une température dépassant son étendue de travail.

3.5 Échelle principale

Échelle graduée en unités appropriées, couvrant l'étendue de température de travail du thermomètre.

3.6 Échelle auxiliaire

Petite échelle optionnelle à la partie inférieure ou supérieure du thermomètre, contenant un point de référence, en général le point de congélation de l'eau (0 °C).

3.7 Point de référence

Température correspondant en général à une phase de transition physique telle que le point de congélation ou point triple de l'eau, à laquelle un thermomètre est vérifié en ce qui concerne les variations du volume du réservoir et la discontinuité du liquide dans le capillaire.

3.8 Étendue de mesure de la température (étendue de travail)

Ensemble de valeurs de température pour lesquelles l'erreur du thermomètre est supposée se tenir dans des limites spécifiées.

3.9 Erreurs maximales tolérées

Valeurs extrêmes d'une erreur tolérées par les spécifications, règlements, etc. pour un thermomètre à liquide en verre donné.

3.10 Classe d'exactitude

Classe de thermomètres à liquide en verre qui satisfont à certaines exigences métrologiques destinées à maintenir les erreurs à l'intérieur de limites spécifiées.

4 Description de l'instrument

Note: Pour plus de détails concernant la conception, la construction, l'utilisation et l'essai des thermomètres à liquide en verre, voir références [2] et [3].

4.1 Principales caractéristiques d'un thermomètre à liquide en verre

4.1.1 Un thermomètre à liquide en verre consiste en un réservoir, une tige, un liquide thermométrique et un gaz inerte au-dessus de la colonne liquide. Ces caractéristiques, ainsi que d'autres, d'un thermomètre gravé sur tige et d'un thermomètre à échelle protégée, sont illustrées par la Figure 1, a) et b) respectivement.

4.1.2 Un thermomètre peut avoir un ou deux élargissements du capillaire. L'un est la chambre d'expansion située à la partie supérieure du thermomètre. Son but est de réduire l'augmentation de pression dans les thermomètres remplis de gaz et de supporter l'excès de liquide quand le thermomètre est exposé à une température supérieure à l'étendue de travail.

4.1.3 Un autre élargissement est la chambre de contraction. Cette chambre est en général en dessous de l'échelle principale ou entre l'échelle principale et l'échelle auxiliaire. Son but est de réduire la longueur du capillaire; il convient cependant que sa position par rapport à l'échelle soit telle qu'elle permette un fonctionnement correct du thermomètre.

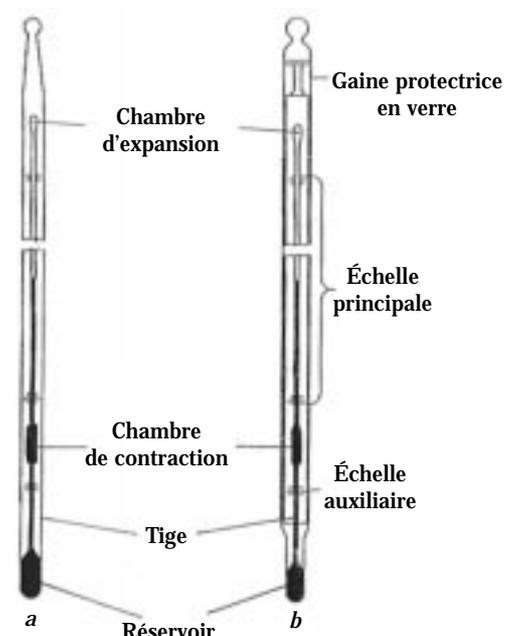


Figure 1 Caractéristiques principales des thermomètres à liquide en verre:
a) thermomètre gravé sur tige, b) thermomètre à échelle protégée.

4.1.4 Il n'est pas nécessaire pour un thermomètre d'avoir une chambre de contraction ou une chambre d'expansion. S'il n'y a pas de chambre d'expansion, la longueur de capillaire de section uniforme située entre la partie supérieure de l'échelle principale et la partie supérieure du thermomètre peut alors remplir le même rôle.

4.2 Types de thermomètres à liquide en verre

4.2.1 Un thermomètre gravé sur tige consiste en un tube capillaire à paroi épaisse avec un réservoir fixé par fusion à la partie inférieure, la partie supérieure étant fermée par fusion. L'échelle est marquée sur la surface par un procédé approprié qui assure la permanence de l'échelle.

4.2.2 Un thermomètre à échelle protégée consiste en un mince tube capillaire fixé de manière inamovible à une échelle. La partie inférieure du tube est fixée par fusion à un réservoir et la partie supérieure fermée par fusion. L'échelle et le tube capillaire sont enfermés dans une gaine protectrice en verre. Le haut peut être muni d'un manchon de métal ou autre matériau approprié, ou faire l'objet d'une finition du verre.

4.3 Immersion

Note: Les thermomètres à liquide en verre couverts par la présente Recommandation sont soutenus verticalement.

4.3.1 Un thermomètre à immersion complète est conçu pour indiquer la température correctement quand le thermomètre dans son entier est exposé à la température mesurée. Cela exige que le thermomètre soit immergé dans un liquide clair dans un récipient ayant un moyen pour observer l'échelle. La lecture du thermomètre peut être influencée par la pression hydrostatique exercée sur le réservoir, pression qui dépend du liquide dans lequel le thermomètre est immergé et de la profondeur d'immersion. Il peut en conséquence être nécessaire de tenir compte de ces paramètres.

4.3.2 Un thermomètre à immersion partielle est conçu pour indiquer la température correctement quand le réservoir et une partie spécifiée de la tige sont exposés à la température mesurée. Le reste de la tige (tige émergente) est exposé à des températures variables et différentes du milieu mesuré. Pour les mesurages de la plus grande exactitude, il convient que la température de la tige émergente soit spécifiée. Si la température réelle de la tige émergente est différente de la température spécifiée, il est en général nécessaire d'appliquer une correction de tige émergente. Pour

cela, la température moyenne de la tige émergente peut être mesurée en utilisant un thermomètre 'faden' (c'est-à-dire un thermomètre à réservoir allongé, voir références [2] et [3]). Il convient qu'un thermomètre à immersion partielle porte une ligne d'immersion marquée ou une indication physique de la profondeur d'immersion.

4.3.3 Un thermomètre à immersion totale est conçu pour indiquer la température correctement quand le réservoir et la partie de la tige du thermomètre contenant le liquide thermométrique sont exposés à la température mesurée. Il est cependant nécessaire que le ménisque du liquide thermométrique dans la tige du thermomètre soit au-dessus (en général de une ou deux divisions) du niveau du milieu mesuré afin de le lire correctement. Une erreur peut se produire quand le liquide thermométrique dans la tige émergente est au-dessus du milieu mesuré et à une température différente. Ce genre d'erreur peut être compensé en appliquant une correction de tige émergente.

5 Exigences métrologiques

5.1 Généralités

L'échelle d'un thermomètre doit être graduée et marquée en degrés Celsius (°C) et raccordée aux étalons nationaux et internationaux selon l'Échelle Internationale de Température de 1990 (ITS-90).

5.2 Classes d'exactitude

5.2.1 Les thermomètres, quel que soit leur type d'immersion, sont rangés dans une classe de précision basée sur leurs erreurs maximales tolérées.

5.2.2 Les classes d'exactitude suivantes s'appliquent:

Classe d'exactitude	Erreur maximale tolérée (EMT) (°C)
A	± 0,1
B	± 0,2
C	± 0,5
D	± 1,0
E	± 2,0
F	± 5,0

5.2.3 Le fabricant doit spécifier l'étendue de mesure de température sur laquelle la classe d'exactitude s'applique. L'étendue de mesure de température spécifiée doit être définie par les valeurs extrêmes de l'échelle marquée sur le thermomètre et doit être prolongée par un nombre spécifié de repères nécessaires pour permettre la vérification de la classe d'exactitude du thermomètre. Sur la base de l'expérience, les erreurs maximales pouvant être obtenues sur des étendues de mesure spécifiées pour certains liquides thermométriques utilisés dans les thermomètres à liquide en verre sont données en Annexe A.

5.2.4 L'échelle de température pour une classe d'exactitude donnée de thermomètres doit avoir un échelon égal à la valeur absolue de l'erreur maximale tolérée. Des échelons plus petits sont permis à condition qu'il n'y ait pas plus de 14 traits au centimètre.

Note: Il convient que l'échelle de température soit marquée de manière que sa résolution (lisibilité) soit telle qu'un observateur peut estimer une lecture à la moitié d'une division ou mieux, sans l'aide d'un dispositif optique autre que des lunettes usuellement utilisées pour corriger la vue.

5.3 Échelle auxiliaire

L'erreur maximale tolérée d'une échelle auxiliaire, si présente, doit être la même que pour l'échelle principale du thermomètre.

6 Exigences techniques

6.1 Le liquide thermométrique utilisé dans un thermomètre doit être approprié à l'étendue de mesure indiquée. Le mercure peut être utilisé pour des mesurages de température de -38 °C à $+500\text{ °C}$, et un liquide organique peut être utilisé pour des températures de -200 °C à $+200\text{ °C}$. Le liquide organique peut inclure un colorant pour faciliter la lecture, à condition que ce colorant soit insensible à la lumière et ne tache pas le verre.

Note: Étant donné que le liquide organique adhère à la surface capillaire, un temps approprié est nécessaire pour permettre au liquide de s'écouler, en particulier pour des utilisations à basse température.

6.2 Un gaz sec inerte, tel que l'azote, doit être introduit dans le capillaire au-dessus de la colonne de mercure à une pression suffisante pour retarder la vaporisation du mercure aux températures élevées et pour empêcher l'oxydation de la colonne de mercure.

6.3 Le capillaire ne doit pas présenter d'irrégularités dimensionnelles observables dans son diamètre, ni contenir de matières étrangères telles que des débris de verre.

6.4 La longueur de division doit soit être uniforme pour les thermomètres remplis de mercure ou autre liquide à coefficient de dilatation constant sur toute l'étendue de mesure, soit être variable tout au long de la longueur de l'échelle afin de suivre le coefficient non linéaire du liquide. Les repères indiquant les échelons doivent être clairs, droits, uniformes en longueur et en largeur, et indélébiles. Il convient que les thermomètres gravés sur tige portent un émaillage opaque blanc ou jaune afin de faciliter la détection du capillaire et la lecture du niveau du ménisque.

6.5 Les valeurs de température marquées sur l'échelle et leur séquence doivent être claires et lisibles et dans l'ordre approprié. Les thermomètres à échelle protégée doivent être munis d'une marque pour vérifier le positionnement correct de la plaquette porte-échelle par rapport au capillaire. Pour un tube avec capillaire à section prismatique, aucune distorsion ne doit exister lorsqu'on observe la colonne liquide sur toute sa longueur depuis une position fixe.

6.6 L'échelle doit être placée sur le thermomètre selon les critères ci-après, les longueurs spécifiées étant des valeurs minimales et des valeurs supérieures étant acceptables (voir Figure 2).

6.6.1 Une longueur de 13 mm de capillaire à section constante entre le réservoir et la ligne d'immersion ou le repère le plus bas quand la valeur de ce repère est inférieure ou égale à 100 °C , et une longueur 30 mm quand la valeur du repère le plus bas est supérieure à 100 °C .

6.6.2 Une longueur de 5 mm de capillaire à section constante entre la chambre de contraction et le premier repère de l'échelle auxiliaire, si celle-ci est présente. Cela ne s'applique pas à la chambre d'expansion.

6.6.3 Une longueur de 10 mm de capillaire à section constante entre la chambre de contraction, autre que le réservoir, et la ligne d'immersion ou le repère situé au-dessus quand la valeur de ce repère est inférieure ou égale à 100 °C , et une longueur de 30 mm quand la valeur de ce repère est supérieure à 100 °C .

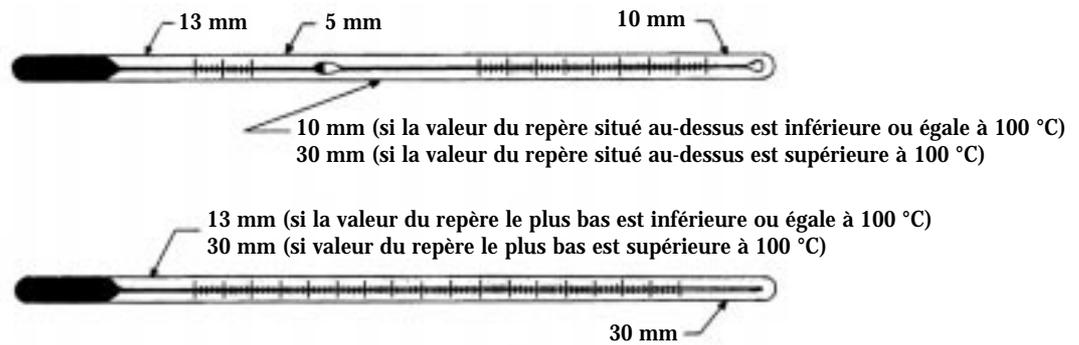


Figure 2 - Espaces libres sur le capillaire (valeurs minimales)

6.6.4 Une longueur de 10 mm de capillaire à section constante au-dessus du repère le plus haut quand une chambre d'expansion existe à la partie supérieure du thermomètre, et une longueur de 30 mm pour un thermomètre sans chambre d'expansion.

6.7 L'échelle auxiliaire, si présente, doit avoir au minimum dix repères, cinq au-dessus et cinq au-dessous du point de référence.

6.8 Le réservoir du thermomètre doit être exempt de gaz. Si du gaz est présent, il doit pouvoir être enlevé (voir Annexe B).

6.9 Le liquide dans le capillaire ne doit pas avoir de discontinuités. Si des discontinuités existent, il doit être possible de les éliminer (voir Annexe B).

6.10 Les marques de l'échelle du thermomètre doivent être permanentes, avec des traits uniformes ayant une largeur ne dépassant pas le cinquième de la longueur d'une division.

Note: Les traits peuvent être appliqués par gravure et pigmentation, sérigraphie ou cuisson.

6.11 Le réservoir et la tige d'un thermomètre doivent être faits avec un verre thermométrique approprié pour l'étendue de mesure de température spécifiée et pour la stabilité requise des lectures.

Note: Il convient que le verre soit stabilisé par traitement thermique afin de pouvoir supporter les températures prévues et les contraintes et chocs mécaniques. Le verre ne doit pas contenir de défauts propres à empêcher les lectures. Sauf cas particuliers, le réservoir ne doit pas avoir un diamètre supérieur à celui de la tige. Voir référence [4].

6.12 Chaque thermomètre doit être marqué ou étiqueté de façon permanente avec l'indication ° C ou C près de l'échelle, le nom ou marque du fabricant, le numéro de série et la classe d'exactitude. Pour les thermomètres à immersion partielle, la profondeur d'immersion doit être indiquée soit par une ligne, soit par une autre indication physique. La profondeur d'immersion doit également être indiquée sur le thermomètre. Pour les classes d'exactitude A et B, le fabricant doit spécifier la température de référence de la tige émergente pour les thermomètres à immersion partielle.

7 Instructions pratiques

7.1 Lors de la sélection d'un thermomètre pour une application particulière, déterminer l'étendue de température et l'erreur maximale tolérée exigées pour les mesurages. Il convient en particulier de prendre en considération les conditions ambiantes dans lesquelles le thermomètre est utilisé.

7.2 Si le thermomètre doit être utilisé en immersion partielle, déterminer si la température de la tige émergente sera proche de la valeur d'utilisation spécifiée. Autrement, il faut calculer et appliquer les corrections appropriées (voir 4.3.2 et références [2] et [3]).

7.3 Si le thermomètre doit être inséré dans un appareillage spécial ou autre équipement, il convient de choisir la longueur et le diamètre appropriés selon qu'on utilise un thermomètre à immersion totale ou partielle.

7.4 Les liquides thermométriques organiques sont très volatiles et ont une faible tension superficielle; la distillation du liquide thermométrique et la rupture de la colonne de liquide peuvent donc se produire. Il convient donc d'apporter un soin particulier au stockage, à la préparation et à l'utilisation de ces thermomètres.

8 Contrôles métrologiques

8.1 Évaluation de type

8.1.1 Le fabricant doit soumettre à l'évaluation de l'organisme national responsable un spécimen représentatif du type de thermomètre avec les instructions appropriées et complètes. Il peut également fournir des données d'essai qui démontrent que le type de thermomètre satisfait aux exigences de performance selon la présente Recommandation.

8.1.2 L'organisme national responsable (ou autorisé) doit effectuer une inspection visuelle et des essais de performance ou peut accepter les données d'essai du fabricant qui peuvent aider à déterminer si les performances du thermomètre satisfont aux exigences de la présente Recommandation. Les essais de performance doivent être effectués dans un laboratoire à la température ambiante de $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ et avec une stabilité de température de $\pm 1\text{ °C}$ pendant la période d'essai. Les procédures pour un essai global des thermomètres, y compris les exigences métrologiques et techniques, sont données en Annexe C.

8.1.3 L'inspection visuelle comprend:

- capillaire de diamètre uniforme et exempt de matériaux étrangers (6.3 et C.1.1);
- longueur de division uniforme ou variant selon le coefficient de dilatation du liquide thermométrique (6.4 et C.1.2);
- repères clairs, droits et uniformes (6.4 et C.1.3);
- valeurs de température sur l'échelle selon un ordre et à des emplacements appropriés (6.5 et C.1.4);
- échelle au bon endroit sur le thermomètre (6.6 et C.1.5);
- marquage de l'échelle auxiliaire, si présente (6.7);
- réservoir exempt d'air (6.8, B.2 et C.1.6);
- liquide sans aucune discontinuité dans le capillaire (6.9, B.3 et C.1.7);
- étiquetage (6.12).

8.1.4 Les essais de performance comprennent:

- permanence des repères (6.10 et C.2);
- stabilité du réservoir (6.11 et C.3);

- erreurs de l'échelle du thermomètre (5.2 et C.4);
- erreurs de l'échelle auxiliaire ou du point de référence, si présents (5.3 et C.4.5).

8.1.5 Le rapport sur l'inspection visuelle et les essais de performance du thermomètre effectués lors de l'évaluation de type doit au moins contenir les éléments d'information selon le format donné en Annexe D. Un format spécifique peut être développé selon les préférences nationales pour utilisation nationale. Le fabricant doit recevoir des commentaires spécifiques pour chaque essai aboutissant à un échec.

8.2 Vérifications primitive et ultérieures

8.2.1 L'inspection visuelle et les essais de performance spécifiés en 8.1.3 et 8.1.4, à l'exception du premier point sous 8.1.4, doivent être effectués lors des vérifications primitive ou ultérieures.

8.2.2 La période de validité des vérifications primitive ou ultérieures doit être spécifiée par l'organisme national responsable.

8.3 Des certificats peuvent être délivrés aux thermomètres ayant passé avec succès l'évaluation de type et les essais de vérifications primitive ou ultérieures.

8.4 Les thermomètres à liquide en verre peuvent être utilisés comme étalons secondaire et de référence lorsqu'ils sont étalonnés. Les incertitudes que l'on peut obtenir avec les thermomètres étalonnés sont indiquées en Annexe E à titre d'information uniquement.

Références

- [1] *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie*, (VIM, édition 1993) et *Vocabulaire international des termes de métrologie légale* (VIML, édition 2000)
- [2] ISO 386:1977 *Thermomètres de laboratoire à dilatation de liquide dans une gaine de verre - Principes de conception, de construction et d'utilisation*, Organisation Internationale de Normalisation
- [3] Wise, J. A., *Liquid-in-Glass Thermometer Calibration Service*, NIST Special Publication 250-23 (1998), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, USA
- [4] ISO 4795:1996 *Verre des réservoirs de thermomètre*, Organisation Internationale de Normalisation

Annexe A

Erreurs maximales pouvant être obtenues avec les thermomètres (Informative)

A.1 Les erreurs maximales pouvant être obtenues avec les thermomètres à liquide en verre sont données dans les Tableaux 1 et 2 ci-après qui indiquent les étendues de mesure de température et les liquides thermométriques pour lesquels l'expérience a montré que les classes d'exactitude peuvent actuellement être respectées.

Note: Les valeurs sont valables quand déterminées dans des conditions de laboratoire contrôlées (voir C.4).

A.2 Le Tableau 1 donne une liste des erreurs maximales pouvant être obtenues avec des thermomètres à liquide en verre à immersion totale remplis soit de mercure, soit d'un liquide organique.

A.3 Le Tableau 2 donne une liste d'erreurs maximales pouvant être obtenues avec des thermomètres à liquide en verre à immersion partielle remplis soit de mercure, soit d'un liquide organique.

Tableau 1 Erreurs maximales pouvant être obtenues avec des thermomètres à immersion totale

Classe d'exactitude (EMT) ^a	Étendue de température en °C							
	- 200 à - 38 ^b	- 38 à 0	0 à + 50	+ 50 à + 100	+ 100 à + 200	+ 200 à + 300	+ 300 à + 360	+ 360 à + 500
A (± 0,1)		M ^c	M	M				
B (± 0,2)		M	M	M	M			
C (± 0,5)		M	M	M	M	M		
D (± 1,0)		M	M	M	M	M		
E (± 2,0)	O ^d	M/O	M/O	M/O	M/O	M	M	
F (± 5,0)	O	M/O	M/O	M/O	M/O	M	M	M

a EMT signifie erreur maximale tolérée en °C.

b - 38,8 °C est le point de congélation du mercure.

c M symbolise un thermomètre rempli de mercure.

d O symbolise un thermomètre rempli de liquide organique.

Tableau 2 Erreurs maximales pouvant être obtenues avec des thermomètres à immersion partielle

Classe d'exactitude (EMT) ^a	Étendue de température en °C							
	- 200 à - 38 ^b	- 38 à 0	0 à + 50	+ 50 à + 100	+ 100 à + 200	+ 200 à + 300	+ 300 à + 360	+ 360 à + 500
A (± 0,1)								
B (± 0,2)			M ^c	M				
C (± 0,5)		M	M	M	M			
D (± 1,0)		M	M	M	M	M		
E (± 2,0)		M	M	M	M	M	M	
F (± 5,0)	O ^d	M/O	M/O	M/O	M/O	M	M	M

a EMT signifie erreur maximale tolérée en °C.

b - 38,8 °C est le point de congélation du mercure.

c M symbolise un thermomètre rempli de mercure.

d O symbolise un thermomètre rempli de liquide organique.

Annexe B

Méthodes d'élimination des défauts dans le liquide thermométrique (Informative)

B.1 La présente Annexe donne des exemples de méthodes par lesquelles des défauts du liquide thermométrique dans le réservoir et le capillaire du thermomètre peuvent être éliminés, à savoir enlever du gaz piégé et supprimer les discontinuités du liquide. D'autres méthodes équivalentes peuvent être également efficaces.

B.2 Par inspection visuelle, examiner le réservoir du thermomètre afin de déterminer la présence de gaz piégé qui apparaîtra sous forme d'un cercle à la surface intérieure du verre du réservoir. Si du gaz est présent, l'enlever par la méthode suivante ou autre méthode équivalente.

Note: La présente méthode ne s'applique qu'aux thermomètres à mercure. L'inspection peut être effectuée à l'aide d'un microscope de faible puissance ou d'une loupe.

B.2.1 Immerger la moitié inférieure seulement du réservoir dans du dioxyde de carbone en poudre (glace sèche) ou dans un mélange de glace sèche et d'alcool.

Note: Ne pas immerger le réservoir pendant trop longtemps car le mercure pourrait geler et briser le réservoir si la partie inférieure du mercure dans le réservoir fond avant le mercure à la partie supérieure.

B.2.2 Lorsque le mercure est descendu jusqu'à la partie inférieure du cône qui joint le réservoir à la tige, enlever le thermomètre de la glace sèche. Le tenir à l'envers et le taper une fois contre le côté de la main pour introduire une grosse bulle de gaz dans le réservoir. Taper le thermomètre contre la main en le faisant tourner afin que la grosse bulle de gaz entre en contact avec toute la surface intérieure du réservoir, enlevant ainsi les bulles de gaz plus petites qui pourraient être présentes.

B.2.3 Examiner à nouveau le thermomètre avec un microscope pour s'assurer que toutes les petites bulles de gaz ont bien été enlevées. Lorsque seule la grosse bulle de gaz est présente au sommet du réservoir, placer à nouveau la moitié inférieure du réservoir dans la glace sèche et amener tout le mercure dans le cône ou au sommet du réservoir. Enlever le thermomètre de la glace sèche. Alors qu'il est en position verticale, le ba-

lancer circulairement ou taper délicatement le réservoir sur une surface douce, telle qu'un bouchon de caoutchouc. Chacune de ces deux méthodes éliminera la grosse bulle et réunifiera la colonne de mercure.

B.3 Utiliser l'une des méthodes suivantes ou une méthode équivalente pour réunifier une colonne de liquide discontinue

B.3.1 Pour un thermomètre à mercure, utiliser de la glace sèche pour amener tout le mercure dans le réservoir ou plus bas. Enlever le thermomètre de la glace sèche et le taper délicatement sur une surface douce, telle qu'un bouchon de caoutchouc, afin de détacher des parois du réservoir ou du cône les particules séparées de mercure. Laisser le thermomètre atteindre la température de la pièce et la colonne de mercure se réunifiera.

B.3.2 Pour un thermomètre à mercure avec chambre d'expansion et discontinuité dans la partie supérieure de la colonne de liquide, chauffer le réservoir du thermomètre afin que la partie séparée et la partie supérieure de la colonne de mercure se trouvent dans la chambre d'expansion, rendant ainsi très mince la discontinuité entre les parties séparées lorsque le mercure est dans la partie la plus large de la chambre d'expansion. Détacher le mercure des parois de la chambre en tapant le thermomètre contre la main. Taper ensuite délicatement le thermomètre sur une surface douce pour obliger le mercure à descendre au fond de la chambre d'expansion où il peut être repris par le sommet de la colonne de mercure en chauffant à nouveau le thermomètre.

Note: Lors de l'utilisation de cette méthode (qui n'est pas applicable si le thermomètre doit être porté à plus de 260 °C), ne pas chauffer le thermomètre avec une source de chaleur ponctuelle, telle qu'une flamme. De préférence, chauffer le thermomètre avec un liquide dont les points d'ébullition et d'éclair sont supérieurs à la valeur du repère le plus haut du thermomètre. Si le réservoir est chauffé, il convient de stocker ensuite le thermomètre pendant au moins 72 heures avant d'effectuer tout essai de performance.

B.3.3 Pour un thermomètre à mercure avec chambre de contraction, refroidir ou réchauffer le thermomètre,

comme approprié, afin d'amener la séparation dans la chambre de contraction. Quand cette petite partie de mercure est dans la chambre, taper doucement le thermomètre pour arracher le mercure de la parois sous forme de goutte. Taper, chauffer ou refroidir le thermomètre pour réunir la goutte de mercure avec la colonne principale.

B.3.4 Dans le cas d'un thermomètre à mercure qui a une petite goutte de mercure dans la chambre d'expansion et qui est gradué au-delà de 200 °C, renverser le thermomètre et le placer dans un bain d'huile à une température entre 200 °C et 300 °C, ce qui entraîne la distillation de la goutte de mercure et sa condensation dans le capillaire à l'intérieur de l'échelle principale et en dehors du bain. Enlever ensuite le thermomètre du bain et le laisser refroidir. Remettre le thermomètre en position verticale et placer le réservoir et la partie inférieure de la tige dans le bain d'huile; la colonne de

mercure s'élève dans le capillaire dans les limites de l'échelle principale et ainsi récupère la goutte condensée de mercure.

B.3.5 Pour un thermomètre rempli d'un liquide organique, réunir le liquide séparé soit (a) en amenant la partie séparée et le sommet de la colonne de liquide organique dans la chambre d'expansion comme décrit en B.3.2 ou (b) en dispersant le liquide séparé (si le capillaire est large) en tapant le thermomètre contre la main puis en tenant le thermomètre verticalement afin que le liquide dispersé coule le long du capillaire et rejoigne la colonne principale. Chauffer la partie supérieure d'un thermomètre rempli de liquide organique avant de l'utiliser car un liquide organique clair peut se condenser dans la chambre d'expansion.

B.3.6 Utiliser la force centrifuge pour réunir un liquide séparé en plaçant le thermomètre dans une centrifugeuse, le réservoir orienté vers l'extérieur.

Annexe C

Procédure d'essai (Obligatoire)

C.1 Inspection visuelle

C.1.1 Examiner le capillaire du thermomètre dans son entier pour vérifier qu'il est uniforme, sans déformations ni irrégularités observables, et qu'il est exempt de matières étrangères d'origine externe.

Note: Des objets tels que des débris de verre qui peuvent se trouver dans le capillaire au moment de la fabrication, risquent de se déplacer dans le capillaire et ainsi contenir le liquide ou piéger du gaz, ce qui donnera un caractère erratique aux lectures du thermomètre. Cette inspection peut être effectuée à l'aide d'un microscope de faible puissance ou d'une loupe.

C.1.2 En utilisant un dispositif de mesure de longueur, examiner les longueurs des divisions du thermomètre afin de déterminer si elles sont de longueur uniforme sans variations appréciables d'un bout à l'autre de l'échelle. Cela s'applique aux thermomètres avec des liquides thermométriques à dilatation constante sur l'échelle de température (6.4). En raison de la dilatation non uniforme d'un liquide organique, les thermomètres remplis de liquides organiques peuvent montrer des variations plus significatives de leur longueurs de divisions que les thermomètres à mercure.

C.1.3 En utilisant un dispositif de mesure de longueur, examiner les repères de l'échelle du thermomètre. Ces repères doivent être clairs et avec des bords nets, droits, uniformes et de longueur appropriée. Ils ne doivent pas être plus larges que le cinquième de la longueur d'une division (c'est-à-dire la distance entre les centres des repères). Pour un thermomètre à échelle protégée, vérifier la position correcte de la plaquette portant l'échelle. Pour un thermomètre à capillaire à section prismatique, vérifier que le capillaire ne présente pas de distorsion en examinant la colonne de liquide sur toute sa longueur à partir d'une position fixe.

C.1.4 Examiner les chiffres et leur séquence sur la ou les échelles du thermomètre. Les nombres doivent être clairs et lisibles, dans la séquence appropriée et doivent correspondre aux bons repères sur l'échelle. Si une échelle auxiliaire est présente, vérifier sa conformité à 6.7.

C.1.5 En utilisant un dispositif de mesure de longueur, vérifier à ± 1 mm près les distances minimales relatives à l'échelle et spécifiées en 6.6. Les distances ne doivent pas être inférieures mais peuvent être supérieures aux valeurs spécifiées.

C.1.6 Examiner le réservoir du thermomètre pour détecter la présence de gaz piégé. S'il y en a, l'enlever selon la méthode donnée en B.2 ou une méthode équivalente.

C.1.7 Déterminer si le liquide thermométrique est continu. Sinon, réunifier le liquide selon une des méthodes données en B.3 ou une méthode équivalente.

C.2 Permanence de l'échelle

C.2.1 Exposer une portion de l'échelle pendant environ 3 heures à la plus basse des deux températures suivantes: environ 260 °C ou la température maximale spécifiée. Ensuite, enlever le thermomètre, le laisser se refroidir et comparer la portion chauffée de l'échelle avec la portion non chauffée.

C.2.2 Le thermomètre a passé avec succès cet essai si le pigment n'a pas disparu ou n'apparaît pas brûlé, blanchi ou affadi.

C.3 Stabilité du réservoir

C.3.1 Immerger la totalité du réservoir du thermomètre dans un bain ou un four à une température égale à la température maximale spécifiée de son étendue de travail. Après que le thermomètre ait atteint l'équilibre thermique, ce qui est mis en évidence par l'observation des variations de niveau du liquide thermométrique, enlever le thermomètre du bain ou du four et le laisser refroidir doucement dans l'air jusqu'à la plus

basse des deux températures suivantes: 20 °C au-dessus de la température ambiante ou 50 °C. Placer le thermomètre dans un bain de référence, par exemple un bain de glace, et enregistrer la température indiquée au bout d'une heure.

C.3.2 Placer à nouveau de réservoir du thermomètre dans le bain ou four (C.3.1). Après 24 heures, enlever le thermomètre et le laisser refroidir doucement comme décrit en C.3.1. Placer le thermomètre dans le bain de référence (C.3.1) et enregistrer la température indiquée.

C.3.3 La différence entre les températures mesurées en C.3.2 et en C.3.1 doit être comprise entre ± 70 % de l'erreur maximale tolérée du thermomètre.

C.4 Erreurs sur l'étendue de température de travail

C.4.1 Pour essayer un thermomètre à liquide en verre et déterminer si ses indications sont à l'intérieur de l'erreur maximale tolérée spécifiée en 5.2.2, il faut utiliser un thermomètre de référence et un bain fermé à température constante. Les mesurages doivent être effectués au moins aux valeurs extrêmes de l'étendue de température de travail spécifiée pour la classe de précision par le fabricant et à une ou plusieurs valeurs de température entre ces extrêmes. Les mesurages doivent également être effectués au point de référence, si présent. Si le thermomètre a une échelle auxiliaire, une valeur sur cette échelle doit être vérifiée.

Note: Avant d'effectuer cet essai, il convient que le thermomètre soit resté à la température de la pièce pendant au moins trois jours pour permettre au réservoir de se stabiliser.

C.4.2 Utiliser un thermomètre de référence avec un étalonnage valide et une incertitude ne dépassant pas, sur toute l'étendue de mesure requise, un quart de la valeur absolue de l'erreur maximale tolérée du thermomètre soumis aux essais.

Note: Le thermomètre de référence peut être un thermomètre à résistance de platine industriel, étalonné et compété par un instrument de mesure de résistance approprié, un thermomètre numérique, un thermistor avec voltmètre numérique et source de courant stable ou, de préférence, un autre thermomètre à liquide en verre.

C.4.3 Utiliser un bain fermé à température constante dont la température est uniforme et contrôlée dans tout le milieu, et d'un volume et d'une profondeur suffisants pour recevoir le nombre et les types de thermomètres soumis aux essais. Régler la température du bain à $\pm 0,01$ °C près de telle manière que les variations de température dans la partie utilisable du bain soient au plus de $\pm 0,05$ °C.

Note: Il convient de consulter les fabricants de bains à température constante au sujet des huiles ou sels appropriés disponibles. Il est possible d'utiliser les milieux suivants dans les bains sur les étendues de température indiquées:

- 200 °C	azote liquide
- 150 °C à - 50 °C	méthyle pentane
- 50 °C à 0 °C	éthanol
+ 5 °C à + 95 °C	eau
+ 95 °C à + 200 °C	huile
+ 200 °C à + 500 °C	sel fondu

C.4.4 À la température de l'azote liquide (environ - 200 °C), vérifier l'erreur en immergeant le thermomètre de référence et le thermomètre à vérifier dans une fiole Dewar contenant de l'azote liquide. Deux à trois minutes environ après que le thermomètre de référence ait indiqué que le bain est dans un état de température stable, lire les deux thermomètres l'un immédiatement après l'autre. La différence entre les deux lectures ne doit pas dépasser l'erreur maximale tolérée du thermomètre soumis aux essais.

C.4.5 Dans l'étendue de température de - 110 °C à + 500 °C, vérifier les erreurs en utilisant des bains fermés à température constante comme décrit en C.4.3. Placer le thermomètre à essayer dans le bain avec le thermomètre de référence. Si le thermomètre soumis aux essais est à immersion totale, l'immerger dans le bain de telle manière que le ménisque soit au-dessus de la surface du liquide d'au plus 10 mm. S'il s'agit d'un thermomètre à immersion partielle, l'immerger jusqu'à la ligne d'immersion ou profondeur d'immersion spécifiée. Ensuite, pour les essais aux températures plus élevées, dans le cas d'un thermomètre à immersion totale, l'enfoncer de telle manière que le ménisque soit toujours au-dessus de la surface du liquide d'au plus 10 mm, alors qu'un thermomètre à immersion partielle doit rester dans la même position pendant tous les essais. Lors des essais d'un thermomètre rempli de liquide organique, attendre le temps approprié pour que le liquide s'écoule le long du capillaire pour les températures inférieures à celle de la pièce. Deux à trois minutes environ après que le thermomètre de référence ait indiqué une température du bain stable, le lire et lire simultanément le thermo-

mètre soumis aux essais. La différence entre les deux lectures ne doit pas dépasser l'erreur maximale tolérée du thermomètre soumis aux essais.

C.4.6 À la température de la glace fondante (0 °C), vérifier l'erreur en immergeant le thermomètre à essayer dans un bain de glace. Préparer un bain de glace en ajoutant de la glace pilée à de l'eau distillée refroidie pour former une neige fondue. Au fur et à mesure de la fonte de la glace, il peut être nécessaire d'enlever de l'eau et de rajouter de la glace pilée. Pour un thermomètre à immersion totale, l'immerger dans le bain de telle manière que le ménisque soit environ deux divisions au-dessus de la surface de la glace ou enlever rapidement du bain le thermomètre totalement immergé

pour faire la lecture; pour un thermomètre à immersion partielle, l'immerger jusqu'à la ligne ou la profondeur d'immersion. Le thermomètre étant à la profondeur adéquate, l'envelopper de glace et attendre au moins 1 à 2 minutes que l'équilibre se fasse. Avant la lecture, taper doucement le thermomètre pour éliminer tout risque de blocage du mercure dans la colonne. La différence entre l'indication du thermomètre soumis aux essais et 0 °C ne doit pas dépasser l'erreur maximale tolérée du thermomètre soumis aux essais.

Note: Cet essai s'applique aussi à la vérification de l'erreur de l'échelle auxiliaire, si présente. Il convient de produire la glace à partir d'eau de classe laboratoire, qui peut être distillée, dés-ionisée ou filtrée.

Annexe D

Format du rapport d'essai

(Obligatoire pour l'application au *Système de Certificats OIML pour les Instruments de Mesure*)

Le présent *Format du rapport d'essai* présente un format normalisé pour les résultats des divers essais et examens auxquels un modèle (ou type) de thermomètre à liquide en verre doit être soumis en vue de son approbation. La liste des essais est donnée dans l'Annexe C de la présente Recommandation.

Dans le cas de l'application de la présente Recommandation:

- dans le cadre du *Système de Certificats OIML pour les Instruments de Mesure*, **l'utilisation du présent *Format du rapport d'essai* est obligatoire.**
- dans les réglementations nationales (et dans les autres cas), **le présent *Format du rapport d'essai* a seulement un caractère informatif.** Toutefois, dans ce cas:
 - il est **fortement recommandé** à tous les services de métrologie ou laboratoires évaluant des modèles (ou types) de thermomètres à liquide en verre conformément aux réglementations nationales basées sur la présente Recommandation d'utiliser le présent *Format du rapport d'essai*, directement ou après traduction en une autre langue que l'anglais ou le français;
 - il est **même encore plus fortement recommandé** que le présent *Format du rapport d'essai* soit utilisé en anglais ou en français (ou dans ces deux langues) chaque fois que les résultats d'essai peuvent être transmis par le pays effectuant ces essais aux autorités d'approbation d'un autre pays, par exemple dans le cadre des accords bi- ou multilatéraux de coopération.

Un rapport d'essai destiné à être utilisé dans le cadre du *Système de Certificats OIML* et à d'autres fins doit inclure les informations suivantes.

Rapport N°:.....

Recommandation OIML N°:.....

Édition (année):

D.1 Nom et adresse du (des) laboratoire(s) d'essai

.....

.....

.....

.....

D.2 Lieu où les essais ont été effectués, si différent de celui indiqué sous D.1

.....

.....

.....

.....

D.3 Nom et adresse du fabricant

.....
.....
.....
.....

D.4 Nom et adresse du demandeur si différent du fabricant

.....
.....
.....
.....

D.5 Identification du type essayé:

- nom commercial.....
- numéro du type.....
- numéro de série
- classe d'exactitude
- échelon
- étendue de mesure de température
- type d'immersion

D.6 Résumé de l'inspection visuelle

D.6.1 Capillaire de diamètre uniforme et exempt de matières étrangères:

succès échec

Commentaires:

.....
.....
.....
.....

D.6.2 Longueur de division uniforme (ou adaptée à la dilatation du liquide thermométrique):

succès échec

Commentaires:

.....
.....
.....
.....

D.6.3 Repères clairs, droits et uniformes:

succès échec

Commentaires:

.....
.....
.....
.....

D.6.4 Valeurs des températures sur l'échelle en séquence et à des emplacements corrects:

succès échec

Commentaires:

.....
.....
.....
.....

D.6.5 Échelle placée sur le thermomètre comme spécifié en 6.6 (et 6.7 si une échelle auxiliaire est présente):

succès échec

Commentaires:

.....
.....
.....
.....

D.6.6 Gaz dans le réservoir du thermomètre: oui non
Gaz enlevé avec succès: oui non

Commentaires:

.....

D.6.7 Liquide séparé: oui non
Liquide réunit avec succès: oui non

Commentaires:

.....

D.6.8 Inscriptions sur le thermomètre:

succès échec

Commentaires:

.....

D.7 Résumé des essais de performance

D.7.1 Permanence des marques d'échelle(s):

succès échec

Commentaires:

.....

D.7.2 Essai de stabilité du réservoir:

- Température de référence:
- Indication de température du thermomètre soumis aux essais:
- Différence:

succès échec

Commentaires:

.....

.....

.....

.....

D.7.3 Erreurs du thermomètre:

- Température ambiante du laboratoire d'essai:
 - avant essai:
 - après essai:
- Thermomètre de référence
 - type:
 - incertitude:
 - date de dernier étalonnage:
 - classe d'exactitude spécifiée par le fabricant (si applicable):
 - étendue de mesure de température:
- Pour un thermomètre soumis aux essais du type à immersion partielle:
 - température de référence de la tige émergente:
 - température mesurée de la tige émergente:
 - correction:

Note: Pour les thermomètres à immersion partielle des classes d'exactitude A et B, des corrections de température pour la tige émergente peuvent être nécessaires. Dans ce cas, prévoir des emplacements dans le tableau qui suit pour noter la température de référence de la tige émergente, la température mesurée de la tige émergente et la valeur de température mesurée corrigée.

Indication de température en °C		
Thermomètre de référence	Thermomètre soumis aux essais	Différence (erreur)

succès échec

Commentaires:

.....
.....
.....
.....

D.7.4 Erreurs de l'échelle auxiliaire, si présente et/ou du point de référence:

- Température de référence:
- Indication de température du thermomètre soumis aux essais:
- Différence:

succès échec

Commentaires:

.....
.....
.....
.....

D.8 Brève déclaration concluant si le thermomètre essayé satisfait aux exigences de la présente Recommandation:

D.9 Personne(s) responsable(s) des essais:

- Signature(s) et titre(s):
- Date:

Annexe E

Incertitudes pouvant être obtenues avec les thermomètres étalonnés (Informative)

- E.1** Les thermomètres à liquide en verre peuvent être utilisés comme étalons secondaires ou de référence.
- E.2** Le Tableau 3 donne une liste d'incertitudes élargies ($k = 2$) pouvant être obtenues en étalonnage pour des thermomètres à liquide en verre à immersion totale.
- E.3** Le Tableau 4 donne une liste d'incertitudes élargies ($k = 2$) pouvant être obtenues en étalonnage pour des thermomètres à liquide en verre à immersion partielle.

Note: Les valeurs des Tableaux 3 et 4 peuvent être obtenues dans des conditions de laboratoire et en utilisant des bains fermés à température constante.

Tableau 3 Incertitudes élargies ($k = 2$) pouvant être obtenues en étalonnage pour des thermomètres à immersion totale

Classe d'exactitude (EMT) ^a	Étendue de température en °C dans des limites spécifiées								
	- 200 à + 50	- 100 à + 50	- 38 ^b à + 100	- 10 à + 50	- 10 à + 100	- 10 à + 200	- 10 à + 300	- 10 à + 400	- 10 à + 500
A (± 0,1)			± 0,02	± 0,02	± 0,02				
B (± 0,2)			± 0,03	± 0,03	± 0,03	± 0,06			
C (± 0,5)			± 0,05	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,1		
D (± 1,0)			± 0,1	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,2		
E (± 2,0)		± 1,5 ^c	± 0,2 ± 1,5 ^c	± 0,2 ± 1,5 ^c	± 0,2 ± 1,5 ^c	± 0,5 ± 2,0 ^c	± 0,5	± 1,0	
F (± 5,0)	± 3,0 ^c	± 3,0 ^c	± 0,5 ± 3,0 ^c	± 0,5 ± 3,0 ^c	± 0,5 ± 3,0 ^c	± 1,0 ± 3,0 ^c	± 1,0	± 2,0	± 3,0

- a EMT signifie erreur maximale tolérée en °C.
- b - 38,8 °C est le point de congélation du mercure.
- c S'applique à un thermomètre rempli de liquide organique; les autres valeurs d'incertitude s'appliquent aux thermomètres à mercure.

Tableau 4 Incertitudes élargies ($k = 2$) pouvant être obtenues en étalonnage pour des thermomètres à immersion partielle

Classe d'exactitude (EMT) ^a	Étendue de température en °C dans des limites spécifiées								
	- 200 à + 50	- 100 à + 50	- 38 ^b à + 100	- 10 à + 50	- 10 à + 100	- 10 à + 200	- 10 à + 300	- 10 à + 400	- 10 à + 500
A (± 0,1)									
B (± 0,2)				± 0,05	± 0,05				
C (± 0,5)			± 0,1	± 0,1	± 0,1	± 0,2			
D (± 1,0)			± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 0,3	± 0,5		
E (± 2,0)			± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 1,0	± 1,0	± 2,0	
F (± 5,0)	± 4,0 ^c	± 4,0 ^c	± 1,0 ± 4,0 ^c	± 1,0 ± 4,0 ^c	± 1,0 ± 4,0 ^c	± 2,0 ± 4,0 ^c	± 2,0	± 3,0	± 4,0

- a EMT signifie erreur maximale tolérée en ° C.
- b - 38,8 °C est le point de congélation du mercure.
- c S'applique à un thermomètre rempli de liquide organique; les autres valeurs d'incertitude s'appliquent aux thermomètres à mercure.