
Norme internationale



4677/2

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Atmosphères de conditionnement et d'essai — Détermination de l'humidité relative — Partie 2: Méthode utilisant un psychromètre fronde

Atmospheres for conditioning and testing — Determination of relative humidity — Part 2: Whirling psychrometer method

Première édition — 1985-10-15

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4677-2:1985

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cb48bb9f-0f03-407e-b684-d684a99b18bd/iso-4677-2-1985>

CDU 620.1 : 551.584.6 : 533.275

Réf. n° : ISO 4677/2-1985 (F)

Descripteurs : atmosphère normalisée, atmosphère d'essai, détermination, humidité, psychromètre.

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 4677/2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 125, *Enceintes et conditions d'essai*.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

ISO 4677-2:1985

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cb48bb9f-0f03-407e-b684-d684a99b18bd/iso-4677-2-1985>

Sommaire

	Page
0 Introduction	1
1 Objet et domaine d'application	1
1.1 Objet	1
1.2 Domaine d'application	2
2 Références	2
3 Définitions	2
4 Principe	2
5 Appareillage et produits	2
5.1 Thermomètres	2
5.2 Manchon du thermomètre humide, mèche et réservoir d'eau	3
5.3 Eau	3
5.4 Air	3
6 Mode opératoire	3
6.1 Emplacement	3
6.2 Préparation pour l'essai	3
6.3 Ventilation et observation	3
7 Expression des résultats	4
7.1 Détermination à partir d'une table ou d'un diagramme psychrométrique ..	4
7.2 Détermination par le calcul	4
8 Précision	4
9 Procès-verbal d'essai	5
Annexes	
A Spécifications concernant les thermomètres pouvant être utilisés lorsque la température du thermomètre sec ne dépasse pas 40 °C	6
B Mode opératoire pour la détermination de la longueur minimale de la tige du thermomètre humide qui doit être recouverte par le manchon pour satisfaire à la condition de 5.2.3	8
C Tableau-cadre des humidités relatives	9
Bibliographie	10

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4677-2:1985

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cb48bb9f-0f03-407e-b684-d684a99b18bd/iso-4677-2-1985>

Atmosphères de conditionnement et d'essai — Détermination de l'humidité relative — Partie 2: Méthode utilisant un psychromètre fronde

0 Introduction

La présente partie de l'ISO 4677, traitant du psychromètre fronde, ainsi que l'ISO 4677/1, traitant du psychromètre à aspiration, spécifient des méthodes permettant de mesurer l'humidité avec précision, mais elles ne spécifient pas les détails des psychromètres nécessaires, ceci afin que des instruments bien conçus et qui ont été adoptés dans divers pays ne soient pas exclus arbitrairement. Cependant, les méthodes ne sont pas nécessairement appropriées à tous les modèles traditionnels. Cela n'aurait pu être le cas que si l'on avait accepté le facteur commun de rendement le plus bas.

Le parti adopté, de spécifier seulement les caractéristiques principales de quelques types importants de psychromètres, implique nécessairement certaines limitations. Il doit donc être entendu qu'il convient de se conformer à la bonne pratique, aussi bien dans l'application des spécifications des parties correspondantes de la présente Norme internationale que dans la réalisation dans le détail de ceux des aspects de la conception et de la procédure qui ne sont pas spécifiés.

Ni la présente partie de l'ISO 4677 ni l'ISO 4677/1 ne doivent être considérées comme donnant des spécifications des psychromètres appropriés pour des applications météorologiques ou d'autres utilisations à l'extérieur. Cependant, dans les deux parties, l'humidité est mesurée selon l'échelle utilisée d'une manière pratiquement universelle pour les mesures de météorologie à la surface de la Terre ainsi que pour les besoins de l'essai des matériaux.

Cette échelle a, en fait, été établie sur la base de l'acceptation générale de formules psychrométriques particulières pour des conceptions particulières de psychromètres. La formule de Sprung pour le psychromètre Assmann et celle de Ferrel pour un psychromètre fronde sont représentatives. Ces formules peuvent être exprimées en fonction du coefficient psychrométrique A , lequel figure dans l'équation du psychromètre donnée au chapitre 7. Le résultat de Sprung correspond à une valeur constante de A de $6,6 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, tandis que le résultat de Ferrel correspond à une valeur qui croît de $6,6 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ à $6,8 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ à mesure que la température du thermomètre humide croît de 0 à 30 °C. Dans les deux cas, l'erreur limite pour A est d'environ 10 %. On sait, cependant, que les vraies valeurs de A pour les deux instruments diffèrent de beaucoup moins de 10 %. L'échelle d'humidité généralement acceptée peut donc être considérée comme étant définie en spécifiant que A est constant et égal à $6,7 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ pour les deux instruments. Étant donné que la précision avec laquelle il faut connaître A pour obtenir une pré-

cision particulière dans la mesure de l'humidité relative décroît rapidement lorsque la température du thermomètre humide s'élève dans la plage au-dessus de 40 °C, cette définition peut être considérée comme étant applicable aux températures du thermomètre humide jusqu'à environ 100 °C (la pression atmosphérique étant supposée être approximativement normale).

Les erreurs limites en ce qui concerne la mesure de l'humidité indiquées dans la présente Norme internationale sont dues à des écarts par rapport aux résultats qui correspondraient à cette échelle. La relation entre cette échelle et la vraie échelle d'humidité est un problème à traiter ultérieurement. L'erreur limite actuelle sur cette relation correspond à une erreur limite sur A d'environ 10 %. Une diminution de A de 10 %, par exemple, entraînerait une modification de l'humidité relative dérivée de 50,0 % à 20 °C à 51,8 %.

La méthode utilisant un psychromètre fronde n'est pas aussi précise que la méthode qui utilise le psychromètre à aspiration. Elle demande aussi plus d'espace, elle est pratiquement limitée à l'utilisation de thermomètres à mercure en verre, ne prévoit pas de protection des réservoirs des thermomètres contre le rayonnement extérieur et exige des observateurs plus habiles. Cependant, le psychromètre fronde est de construction plus simple et moins onéreuse que le psychromètre à aspiration.

Dans la présente Norme internationale, l'abréviation « r.h. » est utilisée pour « humidité relative ». Elle ne correspond pas à une unité. Les erreurs limites sur l'humidité relative sont exprimées sous la forme $\pm u$ % de r.h., dont la signification est que l'humidité relative est supposée être située dans la plage $(U - u)$ % à $(U + u)$ %, où U est l'humidité relative observée. Toutes les erreurs limites sont à un niveau de confiance de 95 %.

1 Objet et domaine d'application

1.1 Objet

La présente partie de l'ISO 4677 spécifie une méthode de détermination de l'humidité relative des atmosphères de conditionnement et d'essai ayant des températures dans la plage de 5 à 80 °C, lorsqu'un psychromètre fronde est utilisé. L'humidité relative est déterminée avec une erreur limite ne dépassant pas ± 3 % de r.h.

1.2 Domaine d'application

La méthode est applicable à la détermination de l'humidité relative des atmosphères normales telles que spécifiées dans l'ISO 554 ainsi que de la plupart des atmosphères d'essai. Elle est limitée à des températures du thermomètre humide ne descendant pas au-dessous de 1 °C, à des températures du thermomètre sec ne dépassant pas 80 °C et à des pressions ne s'écartant pas de la pression atmosphérique normale de plus de 30 %.

La méthode ne doit pas être utilisée en cas de contamination importante de l'atmosphère par des gaz, des vapeurs ou de la poussière.

2 Références

ISO 386, *Thermomètres de laboratoire à dilatation de liquide dans une gaine de verre — Principes de conception, de construction et d'utilisation.*

ISO 554, *Atmosphères normales de conditionnement et/ou d'essai — Spécifications.*

ISO 1144, *Textiles — Système universel de désignation de la masse linéique (système Tex).*

3 Définitions

Dans le cadre de la présente partie de l'ISO 4677, les définitions suivantes sont applicables.

3.1 thermomètre: Thermomètre à mercure en verre.

3.2 psychromètre: Instrument destiné à la mesure de l'humidité relative et composé essentiellement de deux thermomètres dont les réservoirs sont l'un humide et l'autre sec.

3.3 manchon du thermomètre humide: Manchon en tissu de coton retenant l'eau et recouvrant le thermomètre humide.

3.4 mèche: Mèche en coton qui peut être destinée à relier le manchon du thermomètre humide à un réservoir d'eau de telle sorte que le manchon soit alimenté en eau de manière continue par capillarité.

3.5 ventilation: Terme qui s'applique à un psychromètre dans lequel il est prévu qu'un flux d'air passe sur les thermomètres.

NOTE — Ce flux d'air est obtenu en faisant tourner l'instrument dans la main, et il est perpendiculaire aux axes des réservoirs des thermomètres.

3.6 différence psychrométrique; différence psychrométrique du thermomètre humide: Différence entre la température du thermomètre humide et celle du thermomètre sec.

4 Principe

Lorsqu'on fait tourner le psychromètre, l'air passe sur le thermomètre humide et sur le thermomètre sec. L'eau s'évaporant de la surface du réservoir humide dans le flux d'air rafraîchit le réservoir et l'amène à une température constante telle qu'il se produit un équilibre entre la chaleur perdue due à l'évaporation et celle qui est acquise par convection et rayonnement. Cette température dépend de la température, de la pression et de l'humidité de l'atmosphère. Par conséquent, lorsque l'on dispose d'une valeur approchée de la pression, on peut en déduire l'humidité des températures observées du réservoir humide et du réservoir sec (les températures observées du thermomètre humide et du thermomètre sec).

5 Appareillage et produits

5.1 Thermomètres

5.1.1 Les thermomètres peuvent être soit du type gravé sur tige, soit du type à échelle protégée.

5.1.2 Les thermomètres doivent être semblables nominativement, et leur échelle de mesure doit comprendre la plage de 0 à 40 °C ou la plage de 40 à 80 °C et peut comprendre ces deux plages.

Les thermomètres doivent être tels que, d'après les indications qu'ils donnent, on puisse avoir la valeur de la différence psychrométrique avec une erreur limite ne dépassant pas $\pm 0,2$ °C si la température du thermomètre humide ne dépasse pas 40 °C, et ne dépassant pas $\pm 0,4$ °C si cette température dépasse 40 °C. Si cette condition est remplie, l'erreur limite sur la valeur obtenue pour la température du thermomètre sec peut atteindre $\pm 0,2$ °C lorsque cette température ne dépasse pas 40 °C, et ± 4 °C lorsque cette température dépasse 40 °C.

NOTES

1 L'erreur limite sur la valeur des indications données par le thermomètre pour la différence psychrométrique correspond à l'erreur limite sur la façon dont les indications donnent la différence psychrométrique se produisant réellement dans l'instrument.

2 Les thermomètres qui présentent la précision requise seulement lorsque les corrections (définies par l'étalonnage des thermomètres) sont apportées aux indications qu'ils fournissent sont acceptables, à condition que les corrections appropriées soient faites chaque fois que l'instrument est utilisé.

5.1.3 Les diamètres des réservoirs des thermomètres ne doivent pas être inférieurs à 2 mm ni supérieurs à 4 mm.

5.1.4 Les thermomètres doivent être montés de telle manière que leurs axes soient parallèles et qu'ils soient séparés par une distance d'au moins trois fois le diamètre du thermomètre humide (y compris le manchon du thermomètre humide).

5.1.5 Les thermomètres doivent être gradués en 0,5 °C et doivent pouvoir être lus à 0,1 °C près.

NOTE — Une spécification pour les thermomètres qui peuvent être utilisés lorsque la température du thermomètre sec ne dépasse pas 40 °C est donnée dans l'annexe A.

5.2 Manchon du thermomètre humide, mèche et réservoir d'eau

5.2.1 Le manchon doit être fabriqué en mousseline de coton hydrophile blanc sans apprêt, tissée avec un fil de masse linéique comprise entre 10 et 25 tex (voir ISO 1144) et ayant 20 à 25 fils par centimètre dans le sens de la chaîne et dans celui de la trame. Les manchons sans couture sont recommandés, mais une couture est autorisée à la condition qu'elle n'augmente pas de manière appréciable la rugosité de la surface déjà rugueuse du fait du tissage.

5.2.2 Après la fabrication, le manchon et la mèche, s'il y en a une, doivent être bouillis pendant environ 15 min dans une solution aqueuse à environ 5 % (m/m) de carbonate de sodium décahydraté, puis rincés soigneusement dans de l'eau pure (voir 5.3) et enfin bouillis dans de l'eau pure pendant au moins 15 min. Après cette opération, il ne faut plus les toucher avec les doigts. De temps à autre, le manchon et la mèche peuvent être ôtés de l'instrument et lavés de cette façon.

5.2.3 Le manchon doit recouvrir complètement le réservoir du thermomètre et lui être ajusté convenablement sans être trop serré. Il doit se prolonger sur la tige sur une distance telle que l'erreur sur la température observée du réservoir humide due à la conduction de la chaleur le long de la tige ne dépasse pas 0,1 °C, si la température du réservoir sec ne dépasse pas 40 °C, ou 0,2 °C, si la température du réservoir sec dépasse 40 °C. Une méthode pouvant être utilisée pour déterminer la longueur minimale que doit avoir le manchon sur la tige pour satisfaire à cette condition est décrite dans l'annexe B.

NOTE — Pour un thermomètre du type gravé sur tige, une longueur de deux fois le diamètre de la tige est habituellement appropriée.

5.2.4 La tige de chaque thermomètre doit être libre d'obstacles et exposée librement au flux d'air sur une longueur mesurée à partir du réservoir et qui ne soit pas inférieure à 1,5 fois la longueur de recouvrement du manchon exigée par 5.2.3.

5.2.5 Lorsque l'on se sert du psychromètre, le manchon doit être entièrement imprégné d'eau, ce que l'on peut contrôler d'après son aspect brillant dans un rayon de lumière.

5.2.6 Chaque fois qu'il est fixé ou réadapté au thermomètre humide et à d'autres occasions de temps à autre, le manchon doit être lavé, en le laissant en place, avec de l'eau pure, à l'aide d'un récipient de laboratoire tel qu'une pissette. Il doit être remplacé dès qu'apparaît tout signe de changement permanent.

5.2.7 Si une mèche est prévue, elle doit être fabriquée en fil torsadé de coton blanc et sa section transversale doit permettre une alimentation adéquate en eau du manchon du thermomètre humide pour les taux les plus élevés d'évaporation. La longueur libre de la mèche doit être d'au moins deux fois le diamètre du thermomètre humide et d'au moins trois fois le diamètre de la mèche, permettant d'être sûr que l'eau arrivant au manchon est déjà pratiquement à la température du thermomètre humide. La mèche doit être lâche.

5.2.8 Si une mèche est prévue, l'air qui passe sur la mèche autrement que très près du réservoir humide ne doit pas entrer en contact avec ce dernier.

5.2.9 Le réservoir d'eau ne doit pas faire obstacle au flux d'air et son contenu ne doit pas modifier l'humidité de l'échantillon d'air.

5.2.10 Le niveau de l'eau dans le réservoir d'eau ne doit pas descendre de plus de 50 mm au-dessous du niveau de la partie du réservoir humide située le plus bas.

5.3 Eau

On peut préparer une eau appropriée en utilisant des techniques de distillation ou de déionisation.

5.4 Air

5.4.1 La vitesse du flux d'air passant sur le thermomètre humide et le thermomètre sec doit être de 4 ± 1 m/s.

5.4.2 L'échantillon d'air ne doit rencontrer aucun obstacle avant de passer sur le thermomètre humide et le thermomètre sec.

5.4.3 Aucun air qui a été refroidi par le thermomètre humide ou par la mèche ne doit entrer en contact avec le thermomètre sec.

6 Mode opératoire

6.1 Emplacement

Autant que possible, choisir un emplacement où l'air constitue un échantillon représentatif et où il ne subit pas l'influence de facteurs tels que machines ou personnel.

6.2 Préparation pour l'essai

S'assurer que l'eau a bien humidifié la totalité du manchon du thermomètre humide. Si le manchon était sec auparavant, attendre quelques minutes pour obtenir la saturation. Éviter de toucher des doigts le manchon ou la mèche, s'il y en a une. S'assurer que le thermomètre sec est bien sec.

6.3 Ventilation et observation

6.3.1 En tenant l'instrument du côté du vent et bien loin du corps, le faire tourner dans la main à une vitesse telle que l'on obtienne la vitesse spécifiée du flux d'air sur le thermomètre humide et le thermomètre sec (voir 5.4.1). Arrêter périodiquement de le faire tourner pour lire les indications données par les thermomètres. Lorsque le mouvement est arrêté, lire rapidement le thermomètre humide et ensuite le thermomètre sec. Poursuivre cette procédure jusqu'à ce que l'on obtienne une température constante du thermomètre humide ou bien une variation cyclique régulière de la température du thermomètre humide.

NOTE — Habituellement, une ventilation d'environ 2 min est nécessaire.

6.3.2 Lire les thermomètres avec la précision nécessaire, en tenant compte des spécifications de 5.1.2.

6.3.3 Lorsque les mesurages sont effectués dans des conditions pratiquement constantes, par exemple lorsque le cycle de mesure est long en comparaison du temps de mesure, répéter les opérations spécifiées en 6.3.1 et 6.3.2, en humidifiant le manchon à nouveau si nécessaire, jusqu'à ce que sur trois lectures successives il n'y ait pas deux différences psychrométriques variant de plus de 0,2 °C si la température du thermomètre sec ne dépasse pas 40 °C, ou de 0,4 °C si cette température dépasse 40 °C.

6.3.4 Lorsque les mesurages sont effectués dans des conditions variant rapidement au cours du temps de mesure, effectuer plusieurs lectures pendant au moins deux cycles complets.

NOTE — Lorsque les mesurages sont effectués alors que les conditions sont modifiées au cours de la mesure, les lectures peuvent ne pas être valables.

6.3.5 Si cela est nécessaire, corriger les lectures des thermomètres, et donc la différence psychrométrique, conformément à l'étalonnage des thermomètres effectué auparavant.

7 Expression des résultats

7.1 Détermination à partir d'une table ou d'un diagramme psychrométrique

Utiliser une table ou un diagramme psychrométrique dont les valeurs indiquées correspondent aux équations et à la valeur appropriée du coefficient psychrométrique A tel qu'il est donné en 7.2 et, à partir de la température du thermomètre sec et de la différence psychrométrique, déduire l'humidité relative et l'humidité dans n'importe quelle autre unité désirée. Pour faciliter l'identification des tables ou diagrammes appropriés, les valeurs de l'humidité relative pour diverses températures du thermomètre humide ainsi que les différences psychrométriques sont données dans l'annexe C pour la pression atmosphérique normale et trois valeurs appropriées de A , à savoir $6,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, $6,7 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ et $6,9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

7.2 Détermination par le calcul

7.2.1 Déterminer la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'échantillon d'air, p , à partir de l'équation psychrométrique suivante ou à partir d'une équation similaire équivalente pour les conditions existantes:

$$p = p_w(t_w) - Ap_T(t - t_w)$$

où

$p_w(t_w)$ est la pression de saturation de la vapeur d'eau à la température du thermomètre humide;

t est la température du thermomètre sec, en degrés Celsius;

t_w est la température du thermomètre humide, en degrés Celsius;

p_T est la pression atmosphérique totale;

A est le coefficient psychrométrique, en kelvins à la puissance moins un.

NOTE — Les pressions p , $p_w(t_w)$ et p_T doivent être exprimées dans les mêmes unités.

La valeur de A doit être choisie dans la plage comprise entre $6,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ et $6,9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Si une valeur de A a été déterminée pour un type particulier de psychromètre et qu'elle est située dans cette plage, elle doit être utilisée. Si une valeur a été déterminée mais qu'elle est située en dehors de la plage, il faut alors utiliser la valeur extérieure la plus proche dans cette plage. S'il n'a pas été déterminé de valeurs de A , il faut alors utiliser la valeur $6,7 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

NOTE — Par exemple, si, à 20 °C et à la pression atmosphérique normale, l'emploi de la valeur $6,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ pour A donne une valeur de 50,0 % d'humidité relative, l'emploi de la valeur $6,9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ donnerait une valeur de 48,9 %.

7.2.2 L'humidité relative, exprimée en pourcentage, est donnée par la formule

ISO 4677-2:1985

$$100 p / p_w(t)$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cb48bb9f-0f03-407e-b684-4684a99b18bd/iso-4677-2-1985>

ou $p_w(t)$ est la pression partielle de saturation de la vapeur d'eau à la température du thermomètre sec, t .

7.2.3 La température du point de rosée peut être calculée, si cela est demandé. C'est la température à laquelle la pression partielle de saturation est égale à p .

7.2.4 La valeur de la pression de saturation de la vapeur d'eau pour n'importe quelle température particulière peut être obtenue à partir d'une formule ou de tables compatibles avec la formule donnée dans l'édition des « Règles techniques de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) ».

NOTE — Bien qu'elles donnent généralement des valeurs qui diffèrent légèrement de celles que donne la formule de l'OMM, la formule de Goff et Gratch [1] et celle de Wexler [2] peuvent être considérées comme compatibles avec la formule de l'OMM pour les besoins actuels.

8 Précision

On estime que l'erreur limite sur la valeur obtenue pour l'humidité relative ne dépasse pas $\pm 3 \%$ de r.h.

NOTE — La tolérance estimée de l'erreur limite sur la valeur de l'humidité relative prend en compte toutes les sources qui y contribuent à l'exception de la différence éventuelle, à laquelle il a été fait référence au chapitre 0, entre l'échelle d'humidité adoptée et l'échelle vraie.

9 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes:

- a) la référence de la présente partie de l'ISO 4677;
- b) l'identification de l'instrument utilisé;
- c) la date et le moment de la mesure;
- d) le lieu et les facteurs ayant une influence sur les conditions d'essai (voir 6.1);
- e) la température du thermomètre sec, le pourcentage d'humidité relative ainsi que l'humidité dans n'importe quelle autre unité désirée;
- f) l'erreur limite sur la température du thermomètre sec (voir 5.1.2) et l'erreur limite sur l'humidité relative, exprimée conformément à la présente partie de l'ISO 4677 (voir chapitre 0).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4677-2:1985

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cb48bb9f-0f03-407e-b684-d684a99b18bd/iso-4677-2-1985>