
**Ergonomie des ambiances thermiques —
Appareils de mesure des grandeurs
physiques**

*Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring
physical quantities*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 7726:1998](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f92eea-d1b3-48b4-8a3c-8e5a5112718a/iso-7726-1998>



Sommaire

	Page
1 Domaine d'application.....	1
2 Référence normative	1
3 Généralités	1
4 Appareils de mesure.....	2
5 Spécifications relatives aux méthodes de mesure.....	5
Annexe A Mesure de la température de l'air.....	12
Annexe B Mesure de la température moyenne de rayonnement	15
Annexe C Mesure de la température plane de rayonnement.....	30
Annexe D Mesure de l'humidité absolue de l'air	37
Annexe E Mesure de la vitesse de l'air	47
Annexe F Mesure de la température de surface.....	50
Annexe G Mesure de la température opérative	52
Annexe H Bibliographie.....	54

© ISO 1998

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse
Internet iso@iso.ch

Imprimé en Suisse

Avant-propos

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

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 7726 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie* sous-comité SC 5, *Ergonomie de l'environnement physique*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/siv/95d2ecc1-d105-48b4-8a5c-8c3a5112716a/iso-7726-1998>
ISO 7726:1998
Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 7726:1985), dont elle constitue une révision technique.

Les annexes A à H de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

Le présent document constitue l'une des Normes internationales d'une série consacrée à l'étude des ambiances thermiques.

Cette série de Normes internationales vise en particulier

- la mise au point des définitions des termes à utiliser dans les méthodes de mesure, d'essai et d'interprétation, en tenant compte des normes existantes ou en cours d'élaboration;
- l'établissement de spécifications relatives aux méthodes de mesure des grandeurs physiques caractérisant les ambiances thermiques;
- la sélection d'une ou plusieurs méthodes d'interprétation des paramètres;
- l'établissement de valeurs recommandées ou limites d'exposition aux ambiances thermiques dans le domaine du confort et des ambiances extrêmes (chaudes et froides);
- l'établissement de spécifications relatives aux méthodes de mesure de l'efficacité de dispositifs ou procédés de protection individuels ou collectifs contre la chaleur ou le froid.

Tout appareil de mesure permettant d'obtenir ou d'améliorer les précisions indiquées dans la présente Norme internationale peut être utilisé.

La description ou l'énumération de certains appareils dans ces annexes ne saurait signifier qu'ils sont "recommandés", attendu que les caractéristiques de ces appareils peuvent varier selon le principe de mesure, leur construction et la façon dont ils sont utilisés. Il appartient aux utilisateurs de comparer les qualités des appareils disponibles sur le marché à un moment donné et de contrôler leur conformité aux spécifications contenues dans la présente Norme internationale.

Ergonomie des ambiances thermiques — Appareils de mesure des grandeurs physiques

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les caractéristiques minimales des appareils de mesure des grandeurs physiques d'une ambiance, ainsi que les méthodes de mesure des grandeurs physiques de cette ambiance.

Elle n'a pas pour but de définir un indice global de confort ou de contrainte thermique, mais simplement de normaliser la prise des informations devant conduire à de tels indices. D'autres Normes internationales précisent les méthodes permettant d'exploiter les informations recueillies conformément à la présente norme.

La présente Norme internationale pourra servir de référence pour la constitution

- a) d'un cahier des charges pour les constructeurs et les utilisateurs d'appareils de mesure des grandeurs physiques de l'environnement;
- b) d'un document contractuel entre deux parties pour la mesure de ces grandeurs.

Elle s'applique à l'influence des ambiances chaudes, confortables ou froides sur les personnes.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f92eea-d1b3-48b4-8a3c-8e5a5112718a/iso-7726-1998>

2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 7933:1989, *Ambiances thermiques chaudes — Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de la sudation requise.*

3 Généralités

3.1 Norme confort et norme contrainte

Les spécifications et méthodes contenues dans la présente Norme internationale ont été regroupées en deux classes en fonction de l'importance de la nuisance thermique à évaluer.

Les spécifications et méthodes du type C se rapportent à des mesures réalisées dans des ambiances modérées proches du confort (norme confort).

Les spécifications et méthodes du type S se rapportent à des mesures réalisées dans des ambiances thermiquement plus contraignantes, voire des ambiances de contrainte thermique extrême (norme contrainte thermique).

Les spécifications et méthodes décrites pour chacune de ces classes ont été déterminées compte tenu des possibilités pratiques de mesures *in situ* et des performances actuelles disponibles à ce jour des appareils de mesure.

3.2 Grandeurs physiques caractéristiques de l'environnement

3.2.1 Introduction

La détermination d'indices globaux de confort ou de contrainte thermique nécessite la connaissance de grandeurs physiques liées à l'environnement. Ces grandeurs peuvent être regroupées en deux catégories selon leur degré de dépendance avec l'environnement.

3.2.2 Grandeurs physiques fondamentales

Les grandeurs physiques fondamentales caractérisent chacune un des facteurs de l'environnement indépendamment des autres. Elles sont souvent utilisées pour définir des indices de confort ou de contrainte thermique basés sur l'établissement rationnel du bilan thermique d'une personne placée dans une ambiance thermique donnée. Ces grandeurs sont les suivantes:

- a) température de l'air, exprimée en kelvins (T_a) ou en degrés Celsius (t_a);
- b) température moyenne de rayonnement, exprimée en kelvins (\bar{T}_r) ou en degrés Celsius (\bar{t}_r), température plane de rayonnement, exprimée en kelvins (T_{pr}) ou en degrés Celsius (t_{pr}), rayonnement direct, exprimé en watts par mètre carré;
- c) humidité absolue de l'air, exprimée par la pression partielle de vapeur d'eau (p_a), en kilopascals;
- d) vitesse de l'air (v_a), exprimée en mètres par seconde;
- e) température de surface, exprimée en kelvins (T_s), ou en degrés Celsius (t_s).

Les liaisons entre ces grandeurs et les différents apports et pertes de chaleur du corps humain sont représentées dans le tableau 1. Le tableau 1 indique également quatre autres grandeurs qui, étant plus souvent estimées à partir de tables de données que mesurées, ne sont pas introduites dans la suite de la présente Norme internationale.

NOTE — Le concept de température moyenne de rayonnement permet d'étudier les phénomènes d'échange radiatifs entre l'environnement et l'homme. Il présuppose que les effets sur l'homme de l'environnement réel généralement hétérogène et de l'environnement virtuel défini comme homogène sont identiques. Lorsque cette hypothèse n'est pas vérifiée, en particulier dans le cas de rayonnements asymétriques, les échanges radiatifs provenant de régions thermiquement différentes et l'importance de leurs effets sur l'homme doivent être, de plus, évalués à l'aide du concept de température plane de rayonnement.

3.2.3 Grandeurs physiques dérivées

Les grandeurs physiques dérivées caractérisent un ensemble de facteurs de l'environnement pondérés, en fonction des caractéristiques des capteurs utilisés. Elles sont souvent utilisées pour définir directement un indice empirique de confort ou de contrainte thermique sans passer par une méthode rationnelle fondée sur des estimations des différentes formes d'échanges de chaleur entre le corps humain et les ambiances thermiques, ainsi que du bilan thermique et de la contrainte physiologique en résultant. Certaines grandeurs dérivées sont décrites dans les normes spécifiques lorsqu'elles s'appliquent et lorsque des exigences de mesure sont incluses.

4 Appareils de mesure

4.1 Grandeurs mesurées

4.1.1 La température de l'air est la température de l'air autour du corps humain (voir annexe A).

4.1.2 La température moyenne de rayonnement est la température des parois d'une enceinte virtuelle pour laquelle la température des parois serait uniforme et les échanges par rayonnement entre cette enceinte et l'homme seraient égaux aux échanges par rayonnement dans l'enceinte réelle.

La température moyenne de rayonnement peut être mesurée par l'intermédiaire de dispositifs permettant "d'intégrer" en une valeur moyenne le rayonnement généralement hétérogène issu des parois d'une enceinte réelle (voir annexe B).

Le thermomètre à globe noir est un appareil de mesure fréquemment utilisé, et permet la détermination approchée de la température moyenne de rayonnement à partir de la connaissance de la température de globe noir, t_g , de la température et de la vitesse de l'air autour du globe noir.

La précision de mesure de la température moyenne de rayonnement obtenue avec cet appareil varie dans d'importantes proportions selon le type d'environnement considéré et la précision de mesure des températures de globe, de l'air et de la vitesse de l'air. La précision réelle de mesure doit être indiquée à chaque fois que celle-ci dépasse les tolérances spécifiées par la présente Norme internationale.

La température moyenne de rayonnement est définie en relation avec le corps humain. La forme sphérique du thermomètre à globe peut donner une approximation raisonnable de la forme du corps dans le cas d'une personne assise. Un capteur ellipsoïdal approche mieux la forme humaine à la fois pour des personnes debout ou assises.

La température moyenne de rayonnement peut également être calculée à partir de la valeur mesurée de la température des murs environnants, de la taille de ces murs et de leur emplacement par rapport à une personne (calcul des facteurs de forme géométriques) (voir annexe B).

Elle peut d'autre part être estimée à partir de la température plane de rayonnement dans six directions opposées, pondérées en fonction des facteurs d'aire projetée pour une personne. De même, elle peut être estimée à partir de la mesure du flux de rayonnement provenant de directions différentes.

Tout autre dispositif de mesure ou méthode de calcul permettant de déterminer la température moyenne de rayonnement avec la précision spécifiée dans les paragraphes ci-dessous peut être utilisé(e).

4.1.3 La température plane de rayonnement est la température uniforme d'une enceinte pour laquelle l'irradiance sur un côté d'un petit élément plan est la même que dans l'environnement réel non uniforme.

Le radiomètre dit "net" est un appareil souvent utilisé pour mesurer cette grandeur (voir annexe C). Il est alors possible de déterminer la température plane de rayonnement à partir du rayonnement net échangé entre l'environnement et l'élément de surface et de la température de surface du radiomètre.

Un radiomètre muni un capteur constitué d'un disque réfléchissant (poli) et d'un disque absorbant (peint en noir) peut également être utilisé.

La température plane de rayonnement peut aussi être calculée à partir des températures de surface de l'environnement et des facteurs de forme entre les surfaces et l'élément plan (voir annexe C).

L'asymétrie de température de rayonnement est la différence entre la température plane de rayonnement des deux faces opposées d'un petit élément plan (voir définition de la température plane de rayonnement).

Le concept d'asymétrie de température de rayonnement est utilisé lorsque la température moyenne de rayonnement ne décrit pas complètement l'environnement radiatif, par exemple lorsque le rayonnement est issu de parties opposées de l'espace présentant des hétérogénéités thermiques sensibles.

Le champ rayonnant asymétrique est défini par rapport à la position de l'élément plan servant de référence. Il convient néanmoins de préciser exactement la position de celui-ci par la direction de la normale à cet élément.

L'asymétrie de température de rayonnement est mesurée ou calculée à partir de la connaissance de la température plane de rayonnement dans deux directions opposées.

Tout autre dispositif ou méthode permettant la mesure ou le calcul de l'asymétrie de température de rayonnement ou de la température plane de rayonnement avec la même précision que celle spécifiée ci-après, peut-être utilisé(e).

4.1.4 L'humidité absolue de l'air caractérise toute grandeur liée à la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air, par opposition à des grandeurs telles que l'humidité relative ou le degré de saturation qui donnent la quantité de vapeur d'eau dans l'air, par rapport à la quantité maximale qu'il peut contenir à une température et à une pression données.

Sur le plan des échanges par évaporation entre une personne et son environnement, c'est l'humidité absolue de l'air qui est à prendre en considération. Celle-ci est souvent exprimée sous forme de pression partielle de vapeur d'eau.

La pression partielle de vapeur d'eau d'un mélange d'air humide est la pression qu'exercerait la vapeur d'eau contenue dans ce mélange si elle occupait seule le volume qu'occupe l'air humide à la même température.

L'humidité absolue peut être déterminée directement (appareils à condensation, appareils électrolytiques) ou indirectement par la mesure simultanée de plusieurs grandeurs (humidité relative et température de l'air; température humide psychrométrique et température de l'air) (voir annexe D).

Le psychromètre est un appareil de mesure de l'humidité fréquemment utilisé. Il permet la détermination de l'humidité absolue de l'air à partir de la connaissance de la température de l'air (t_a) et de la température humide psychrométrique (t_w). La précision de mesure n'est conforme aux spécifications incluses dans la présente Norme internationale que si l'appareil est bien conçu et que les précautions d'emploi sont strictement respectées.

Tout dispositif permettant de mesurer l'humidité absolue de l'air avec la précision indiquée dans les paragraphes ci-dessous peut-être utilisé.

4.1.5 La vitesse de l'air est une grandeur définie par son intensité et sa direction. La grandeur à considérer dans le cas des ambiances thermiques est la vitesse de l'air, c'est-à-dire l'intensité du vecteur vitesse du flux au point de mesure considéré (voir annexe E).

La vitesse de l'air, v_a , fluctue en fonction du temps en tout point d'un espace, et il est recommandé d'enregistrer ses fluctuations. Un écoulement d'air peut-être décrit par la vitesse moyenne, v_a , définie comme la moyenne de la vitesse sur un intervalle de temps (période de mesure), et par l'écart-type de la vitesse, SD, obtenu à l'aide de l'équation suivante:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_{a_i} - v_a)^2}$$

ITeH STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 7726:1998

où v_{a_i} est la vitesse à l'instant t_i de la période de mesure.

L'intensité de turbulence, TU, de l'écoulement d'air est définie comme l'écart-type divisé par la vitesse moyenne et est généralement exprimée en pourcentage.

$$TU = \frac{SD}{v_a} \times 100$$

4.1.6 La température de surface est la température d'une surface donnée. Elle est utilisée pour évaluer l'échange de chaleur de rayonnement entre le corps humain à l'aide de la température moyenne de rayonnement et/ou la température plane de rayonnement. Elle est également utilisée pour évaluer l'effet du contact direct entre le corps et une surface donnée. La température de surface peut être mesurée à l'aide la méthode de l'annexe F, qui nécessite l'utilisation des appareils suivants:

- un thermomètre de contact, dont le capteur est en contact direct avec la surface. Il est possible que le capteur modifie le flux thermique au point de mesure et qu'il influence par conséquent le résultat;
- un capteur à infrarouge, lorsqu'il s'agit de mesurer le flux thermique de rayonnement à partir de la surface et de le convertir en température. Il est possible que les résultats subissent l'influence de l'émissivité de la surface.

4.2 Caractéristiques des appareils de mesure

4.2.1 Caractéristiques des appareils de mesure des grandeurs fondamentales

Les gammes de mesure, la précision des mesures et des temps de réponse à 90 % des capteurs pour chacune des grandeurs fondamentales sont résumées dans le tableau 2. Ces caractéristiques doivent être considérées comme des caractéristiques minimales. En fonction des besoins et des possibilités techniques de réalisation, il est toujours possible de spécifier des caractéristiques plus sévères. Ainsi, pour certaines grandeurs, des mesures très précises

de contrainte thermique pourront nécessiter l'utilisation d'appareils ayant les gammes de mesure de la classe S et les précisions de la classe C.

Pour les besoins de la présente Norme internationale, la constante de temps d'un capteur est considérée comme numériquement égale au temps mis par le capteur, en réponse à une variation en forme d'échelon de la grandeur mesurée, pour atteindre 63 % de sa variation finale en état stationnaire sans dépassement. Le temps de réponse, qui est pratiquement le temps au bout duquel on peut considérer la grandeur mesurée (par exemple: température du thermomètre) comme suffisamment proche de la valeur exacte de la grandeur à mesurer (par exemple: température de l'air), peut-être calculé à partir de la constante de temps. Un temps de réponse à 90 % est atteint au bout d'un temps égal à 2,3 fois la constante de temps. Il est nécessaire d'attendre au minimum pendant une durée équivalente au temps de réponse avant qu'une mesure ne soit prise.

La constante de temps et donc le temps de réponse d'un capteur ne dépendant pas seulement du capteur (masse, surface, présence d'une gaine protectrice) mais également de l'environnement, et donc de facteurs liés à une mesure donnée (vitesse de l'air, rayonnement, etc.), il convient d'indiquer les conditions dans lesquelles ces valeurs ont été obtenues. Les conditions d'environnement de référence sont précisées dans le tableau 3 (classes C et S). Elles doivent servir de référence excepté en cas de contradiction avec le principe de mesure de la grandeur considérée.

De plus, les précisions de la mesure de la températures de l'air, de la température moyenne de rayonnement, de l'asymétrie de la température de rayonnement, de la vitesse de l'air et de l'humidité dépendent également de l'influence des autres grandeurs. Par conséquent, les précisions spécifiées dans le tableau 2 doivent être obtenues pour les conditions environnementales précisées entre parenthèses dans ce tableau.

4.2.2 Caractéristiques des appareils de mesure du type intégrant

Tout instrument de mesure intégrant la mesure de plusieurs variables doit posséder un intervalle de mesure, un temps de réponse et une précision égaux ou supérieurs à ceux des variables correspondantes.

5 Spécifications relatives aux méthodes de mesure

5.1 Généralités

Les méthodes de mesure des grandeurs physiques de l'environnement doivent tenir compte du fait que ces grandeurs varient dans l'espace et dans le temps.

L'ambiance thermique peut varier en position horizontale, et il faut alors tenir compte de la durée de travail d'une personne à différents endroits. Elle peut également varier en position verticale, comme montré en 5.2.

5.2 Spécifications relatives aux variations des grandeurs physiques dans l'espace entourant le sujet

Une ambiance peut être considérée comme «homogène» sur le plan bioclimatique si, à un instant donné, la température de l'air, le rayonnement, la vitesse de l'air et l'humidité peuvent être considérés comme pratiquement uniformes autour du sujet, c'est-à-dire, par exemple, lorsque les écarts entre chacune de ces grandeurs et leur valeur moyenne spatiale calculée comme moyenne des emplacements n'excèdent pas les valeurs obtenues en multipliant la précision de mesure requise du tableau 2 par le facteur X correspondant indiqué au tableau 4. Cette condition est assez souvent satisfaite pour la température de l'air, la vitesse de l'air et l'humidité, mais plus rarement pour le rayonnement.

Lorsque l'hétérogénéité de l'ambiance est trop importante, il convient de mesurer les grandeurs physiques en plusieurs endroits, à la place ou autour du sujet et de tenir compte des résultats partiels obtenus pour déterminer la valeur moyenne des grandeurs à considérer pour l'estimation du confort ou de la contrainte thermique. Des analyses antérieures de la contrainte thermique aux postes de travail étudiés, ou à des postes de travail d'un type voisin, peuvent fournir des informations intéressantes pour déterminer si certaines valeurs sont distribuées de façon homogène. Dans les locaux aux postes de travail peu ou mal définis, il est courant de ne considérer qu'une zone

d'occupation limitée où les critères de confort ou de contrainte thermique doivent être respectés. En cas de contestation des données, les mesures faites en considérant l'ambiance hétérogène doivent servir de référence.

Le tableau 5 indique les hauteurs de mesure des grandeurs fondamentales à retenir et les coefficients de pondération à utiliser pour le calcul des valeurs moyennes des grandeurs selon le type d'ambiance considérée et la classe des spécifications de mesures.

Les hauteurs de mesure des grandeurs dérivées seront de préférence choisis conformément aux indications du tableau 5. La température plane de rayonnement, la température moyenne de rayonnement et l'humidité absolue se mesurent normalement uniquement à la hauteur centrale. En tout état de cause, se reporter aux normes qui définissent les indices de contrainte ou de confort thermique et qui prévalent sur la présente Norme internationale.

Les différents capteurs doivent être placés à l'endroit où l'homme effectue normalement son activité aux hauteurs indiquées dans le tableau 5. Dans le cas où il est possible d'arrêter l'activité en cours, il convient de placer les capteurs à des endroits tels que les échanges thermiques soient approximativement identiques à ceux auxquels l'homme est soumis (cette particularité de mesure doit être mentionnée dans les résultats).

5.3 Spécifications relatives aux variations des grandeurs physiques dans le temps

Les grandeurs physiques dans l'espace entourant l'homme peuvent se modifier en fonction du temps essentiellement pour les deux raisons suivantes:

- a) pour une activité donnée, les grandeurs peuvent varier en fonction d'événements extérieurs tels que ceux accompagnant un processus de fabrication dans le cas d'une activité industrielle;
- b) les grandeurs peuvent également varier par suite des déplacements de l'homme dans différentes ambiances (par exemple: ambiance chaude près d'une machine et ambiance confortable de repos).

Une ambiance est dite stationnaire par rapport au sujet lorsque les grandeurs physiques utilisées pour décrire le niveau d'exposition sont pratiquement indépendantes du temps, c'est-à-dire, par exemple, lorsque les fluctuations de ces grandeurs par rapport à leur valeur moyenne temporelle n'excèdent pas les valeurs obtenues en multipliant la précision de mesure requise du tableau 2 par le facteur X correspondant indiqué au tableau 4.

Il convient de noter que les autres grandeurs servant à décrire le niveau d'exposition à la chaleur (métabolisme, rendement énergétique, isolement vestimentaire) peuvent également dépendre du temps.

Dans la mesure où une ambiance ne peut être considérée comme stationnaire par rapport au sujet, il convient de noter les principales variations de ses grandeurs physiques en fonction du temps (ces informations seront utilisées dans les autres normes de cette série pour déterminer un indice global de confort ou de contrainte thermique). La durée de mesure et l'interprétation des données dépendront de l'indice de confort ou de contrainte thermique utilisé. Ces informations doivent être obtenues à partir des normes appropriées.

Tableau 1 — Principales grandeurs indépendantes intervenant dans l'analyse du bilan thermique entre l'homme et l'ambiance thermique

Éléments du bilan thermique	Grandeurs									
	t_a	\bar{t}_r	v_a	p_a	I_{cl}	R_{cl}	M	W		
Température de l'air										
Température moyenne de rayonnement										
Vitesse de l'air										
Humidité absolue de l'air (pression partielle de vapeur d'eau)										
Isolément vestimentaire										
Résistance évaporatoire du vêtement										
Métabolisme										
Travail extérieur										
Production de chaleur interne, $M - W$										
Transfert de chaleur par rayonnement, R										
Transfert de chaleur par convection, C ¹⁾										
Pertes de chaleur par évaporation:										
— évaporation cutanée, E										
— évaporation par respiration, E_{res}										
Convection par respiration, C_{res}										

1) Les échanges de chaleur par convection sont également influencés par les mouvements de la personne. La vitesse de l'air qui en résulte au niveau de la peau est appelée vitesse de l'air relative (v_{ar}). L'influence de la conduction de chaleur (température de surface) sur le bilan thermique global reste limitée.

Tableau 2 — Caractéristiques des appareils de mesure (suite)

Grandeur	Symbole	Classe C (confort)			Classe S (contrainte thermique)			Observations
		Gamme de mesure	Précision	Temps de réponse (à 90%)	Gamme de mesure	Précision	Temps de réponse (à 90%)	
Température plane de rayonnement	t_{pr}	de 0 °C à 50 °C	Spécifiée: $\pm 0,5$ °C Souhaitable: $\pm 0,2$ °C Ces niveaux doivent être garantis pour une déviation d'au moins $ t_{pr} - t_a < 10$ °C.	Le plus court possible. Valeur à spécifier comprise caractéristique de l'instrument de mesure.	de 0 °C à 200 °C	Spécifiée: - 60 °C à 0 °C: $\pm (1 + 0,1 t_{pr})$ °C 0 °C à 50 °C: ± 1 °C 50 °C à 200 °C: $\pm [1 + 0,1 (t_{pr} - 50)]$ °C Souhaitable: $\frac{\text{précision spécifiée}}{2}$ Ces niveaux doivent être garantis au moins pour une déviation $ t_{pr} - t_a < 20$ °C.	Le plus court possible. Valeur à spécifier comprise caractéristique de l'instrument de mesure. Pour mesurer le degré de turbulence, un temps de réponse court est nécessaire.	
Vitesse de l'air	v_a	0,05 m/s à 1 m/s	Spécifiée: $\pm (0,05 + 0,05 v_a)$ m/s Souhaitable: $\pm (0,02 + 0,07 v_a)$ m/s Ces niveaux doivent être garantis quelle que soit la direction de l'écoulement à l'intérieur d'un angle solide. (;) = 3π sr	Spécifiée: 0,5 s Souhaitable: 0,2 s	0,2 m/s à 20 m/s	Spécifiée: $\pm (0,1 + 0,05 v_a)$ m/s Souhaitable: $\pm (0,05 + 0,05 v_a)$ m/s Ces niveaux doivent être garantis quelle que soit la direction de l'écoulement à l'intérieur d'un angle solide. (;) = 3π sr	Le plus court possible. Valeur à spécifier comprise caractéristique de l'instrument de mesure. Pour mesurer le degré de turbulence, un temps de réponse court est nécessaire.	Sauf dans le cas de courant d'air unidirectionnel, le capteur de la vitesse de l'air doit mesurer la vitesse quelle que soit la direction de l'air. Il est également souhaitable d'avoir une indication de la valeur moyenne et de l'écart type pour une période de 3 min.

Tableau 2 — Caractéristiques des appareils de mesure (fin)

Grandeur	Symbole	Classe C (confort)			Classe S (contrainte thermique)			Observations
		Gamme de mesure	Précision	Temps de réponse (à 90%)	Gamme de mesure	Précision	Temps de réponse (à 90%)	
Humidité absolue exprimée en pression partielle de vapeur d'eau	p_a	0,5 kPa à 3,0 kPa	± 0,15 kPa Ce niveau doit être garanti pour une différence $ t_r - t_a $ de 10 °C au moins.	Le plus court possible. Valeur à spécifier comme caractéristique de l'instrument de mesure.	0,5 kPa à 6,0 kPa	± 0,15 kPa Ce niveau doit être garanti pour une différence $ t_r - t_a $ de 20 °C au moins.	Le plus court possible. Valeur à spécifier comme caractéristique de l'instrument de mesure.	
Température de la surface	t_s	de 0 °C à 50 °C	Spécifiée: ± 1 °C Souhaitable: ± 0,5 °C	Le plus court possible. Valeur à spécifier comme caractéristique de l'instrument de mesure.	- 40 °C à 120 °C	Spécifiée: à < -10 °C: ± [1 + 0,05 (- t_s - 10)] - 10 °C à 50 °C: ± 1 °C > 50 °C: ± [1 + 0,05 (t_s - 50)] Souhaitable: $\frac{\text{précision spécifiée}}{2}$	Le plus court possible. Valeur à spécifier comme caractéristique de l'instrument de mesure.	
Rayonnement directionnel	r_d	de -35 W/m ² à + 35 W/m ²	± 5 W/m ²	Spécifiée: 1,0 s Souhaitable: 0,5 s	de -300 °C à 100 °C de 100 °C à 1000 W/m ² à 2500 W/m ²	de ± 5 W/m ² à ± 10 W/m ² à ± 15 W/m ²	Spécifiée: 1,0 s Souhaitable: 0,5 s	

NOTE — Dans certains lieux de travail en environnement chaud (industries de l'acier, du charbon), il peut être nécessaire de mesurer la température plane de rayonnement et la température de surface à des niveaux plus élevés que ceux de ce tableau. Les fabricants des instruments doivent indiquer les précisions dans des limites plus larges que celles de ce tableau.

Tableau 3 — Conditions d'environnement de référence pour la détermination des constantes de temps des capteurs

Mesure du temps de réponse des capteurs	Grandeurs de l'environnement de référence			
	t_a	\bar{t}_r	p_a	v_a
température de l'air		$= t_a$	Quelconque	< 0,15 m/s
température moyenne de rayonnement	$= t_r$		Quelconque	< 0,15 m/s
humidité absolue	$= 20\text{ °C}$	$= t_a$		À préciser suivant la méthode de mesure
vitesse de l'air	$= 20\text{ °C}$	$= t_a$	Quelconque	
température plane de rayonnement	$= 20\text{ °C}$	$= t_a$	Quelconque	< 0,15 m/s
température de surface	$= 20\text{ °C}$	$= t_a$	Quelconque	< 0,15 m/s

Tableau 4 — Critères pour un environnement homogène et en régime permanent

Quantité	Classe C (confort)		Classe S (contrainte thermique)
	Facteur X		
Température de l'air	3		4
Température moyenne de rayonnement	2		2
Asymétrie de température de rayonnement	2		3
Vitesse moyenne de l'air	2		3
Pression de vapeur	2		3

NOTE — L'écart entre chaque quantité individuelle et leur valeur moyenne doit être inférieur à celui obtenu en multipliant la précision de mesure requise (tableau 2) par le facteur X du tableau 4.

Tableau 5 — Hauteurs de mesure des grandeurs physiques d'une ambiance

Position des capteurs	Coefficients de pondération des mesures pour le calcul des valeurs moyennes				Hauteur recommandée (seulement à titre indicatif)	
	Ambiance homogène		Ambiance hétérogène		Assis	Debout
	Classe C	Classe S	Classe C	Classe S		
Niveau tête			1	1	1,1 m	1,7 m
Niveau abdomen	1	1	1	2	0,6 m	1,1 m