

---

# Norme internationale



# 7730

---

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

---

## Ambiances thermiques modérées — Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique

*Moderate thermal environments — Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*

**iTeh STANDARD PREVIEW**

Première édition — 1984-08-15

**(standards.iteh.ai)**

[ISO 7730:1984](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a692c2cd-78f3-4af8-8dd3-31814aff4ce9/iso-7730-1984>

---

CDU 331.043.6

Réf. n° : ISO 7730-1984 (F)

Descripteurs : ergonomie, corps humain, confort thermique, température, humidité.

Prix basé sur 19 pages

## 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 correspondant. 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.

La Norme internationale ISO 7730 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, et a été soumise aux comités membres en janvier 1983.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée:

Afrique du Sud, Rép. d'	Danemark	Pays-Bas
Allemagne, R.F.	Egypte, Rép. arabe d'	Suède
Australie	France	Suisse
Belgique	Hongrie	Tchécoslovaquie
Chine	Nouvelle-Zélande	

Le comité membre du pays suivant l'a désapprouvée pour des raisons techniques:

Royaume-Uni

## Sommaire

	Page
0 Introduction .....	1
1 Objet et domaine d'application .....	1
2 Références .....	1
3 Vote moyen prévisible (PMV) .....	1
4 Pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) .....	3
5 Ambiances thermiques acceptables pour le confort .....	4
<b>Annexes</b>	
<b>(standards.iteh.ai)</b>	
A Exigences de confort recommandées .....	5
B Production d'énergie métabolique pour différents types d'activités .....	7
C Estimation de la résistance thermique des tenues vestimentaires .....	8
D Programme informatique pour le calcul du vote moyen prévisible (PMV) et du pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) .....	10
E Tables pour la détermination du vote moyen prévisible (PMV) à une humidité relative de 50 % .....	12

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 7730:1984  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a692c2cd-78b3-4af8-8dd3-3e314431e951-7730-1984>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 7730:1984

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a692c2cd-78B-4af8-8dd3-31814aff4ce9/iso-7730-1984>

# Ambiances thermiques modérées — Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique

## 0 Introduction

La présente Norme internationale fait partie d'une série de normes spécifiant des méthodes de mesure et d'évaluation des ambiances thermiques modérées et extrêmes auxquelles l'homme est exposé. Elle traite de l'évaluation des ambiances thermiques modérées.

Les sensations thermiques de l'homme se rapportent principalement à l'état thermique de son corps dans son ensemble. Cet état est influencé par son activité physique et son vêtement ainsi que par les paramètres de l'environnement: température de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse de l'air et humidité de l'air.

Lorsque ces facteurs ont été estimés ou mesurés, la sensation thermique du corps dans son ensemble peut être prévue en calculant l'indice PMV (vote moyen prévisible, de l'anglais Predicted Mean Vote) comme indiqué dans le chapitre 3.

L'indice PPD (pourcentage prévisible d'insatisfaits, de l'anglais Predicted Percentage of Dissatisfied) donne des informations sur l'inconfort thermique ou l'insatisfaction thermique, en estimant le pourcentage de personnes susceptibles d'avoir trop chaud ou trop froid dans une ambiance donnée. Le PPD peut être déterminé à partir du PMV comme indiqué dans le chapitre 4.

Le chapitre 5 traite des spécifications sur les conditions d'ambiance thermique acceptables pour le confort. L'insatisfaction peut être causée par un inconfort chaud ou froid du corps dans son ensemble. Les limites de confort peuvent, dans ce cas, être exprimées par les indices PMV et PPD. Mais l'insatisfaction thermique peut aussi être causée par un échauffement ou un refroidissement local non désiré d'une partie spécifique du corps.

Des exigences de confort recommandées sont énoncées séparément dans l'annexe A. Si nécessaire, des limites de confort plus larges que celles recommandées dans l'annexe A peuvent être établies sur la base des principes énoncés dans la présente Norme internationale.<sup>1)</sup>

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale a pour objet

- de présenter une méthode de prévision de la sensation thermique et du degré d'inconfort (insatisfaction thermique) des personnes exposées à des ambiances thermiques modérées et
- de spécifier des conditions d'ambiances thermiques acceptables pour le confort.

La présente Norme internationale s'applique aux hommes et aux femmes en bonne santé exposés à des ambiances intérieures où le confort thermique est recherché, ou s'écartant peu des zones de confort. Dans des ambiances thermiques extrêmes, d'autres Normes internationales s'appliquent (voir chapitre 2). La présente Norme internationale peut être utilisée pour concevoir de nouvelles ambiances ou pour évaluer les ambiances existantes.

## 2 Références

ISO 7243, *Ambiances chaudes — Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir)*.

ISO 7726, *Ambiances thermiques — Appareils et méthodes de mesure des grandeurs physiques*.

ISO 7933, *Ambiances chaudes — Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de la sudation requise*.<sup>2)</sup>

## 3 Vote moyen prévisible (PMV)

### 3.1 Détermination

Le PMV est un indice qui donne l'avis moyen d'un groupe important de personnes exprimant un vote de sensation thermique en se référant à l'échelle à 7 niveaux suivante:

1) Une liste de références bibliographiques peut être obtenue auprès de l'Association française de normalisation (AFNOR).

2) Actuellement au stade de projet.

- +3 chaud
- +2 tiède
- +1 légèrement tiède
- 0 neutre
- 1 légèrement frais
- 2 frais
- 3 froid

L'indice PMV peut être déterminé lorsque l'activité (production d'énergie métabolique) et le vêtement (résistance thermique) sont estimés, et lorsque les paramètres de l'environnement suivants sont mesurés: température de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse relative de l'air et pression partielle de vapeur d'eau (voir ISO 7726).

L'indice PMV est basé sur un bilan thermique du corps humain. L'homme est en équilibre thermique lorsque la production interne de chaleur dans le corps est égale à la perte de chaleur vers l'ambiance.

Dans une ambiance modérée, le système de thermorégulation de l'homme essaiera automatiquement de modifier la température cutanée et la sécrétion sudorale pour maintenir l'équilibre thermique. Dans l'indice PMV, la réponse physiologique relative au système de thermorégulation a été reliée statistiquement aux votes de sensation thermique de plus de 1 300 sujets.

Le PMV est donné par l'équation

$$PMV = (0,303e^{-0,036M} + 0,028) \left\{ (M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0,0014 M(34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\} \quad (1)$$

où

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028(M - W) - I_{cl} \left\{ 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\}$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} & \text{pour } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1 \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \sqrt{v_{ar}} & \text{pour } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1 \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{pour } I_{cl} < 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{pour } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \end{cases}$$

où

PMV est le vote moyen prévisible;

$M$  est le métabolisme énergétique, en watts par mètre carré de surface corporelle<sup>1)</sup>;

$W$  est le travail extérieur, en watts par mètre carré, égal à zéro pour la plupart des activités;

$I_{cl}$  est la résistance thermique due au vêtement, en mètres carrés degrés Celsius par watt<sup>2)</sup>;

$f_{cl}$  est le rapport de la surface du corps habillé à la surface du corps nu;

$t_a$  est la température de l'air, en degrés Celsius;

$\bar{t}_r$  est la température moyenne de rayonnement, en degrés Celsius;

$v_{ar}$  est la vitesse relative de l'air, en mètres par seconde;

$p_a$  est la pression partielle de vapeur d'eau, en pascals;

$h_c$  est le coefficient de transfert de chaleur par convection, en watts par mètre carré degré Celsius;

$t_{cl}$  est la température de surface du vêtement, en degrés Celsius.

D'après l'équation (1), le PMV peut être calculé pour différentes combinaisons de métabolisme énergétique, vêtement, température de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse de l'air et humidité de l'air. Les équations pour  $t_{cl}$  et  $h_c$  peuvent être résolues par itération.

L'indice PMV a été établi pour des valeurs stationnaires de ces différentes variables mais il peut être déterminé avec une bonne approximation lorsqu'une ou plusieurs variables fluctuent faiblement, mais à condition de considérer leurs moyennes pondérées en fonction du temps pendant la période de 1 h précédente.

Il est recommandé d'utiliser l'indice PMV uniquement pour des valeurs de PMV comprises entre -2 et +2. De plus, il est recommandé de n'utiliser l'indice PMV que lorsque les six principaux paramètres sont compris dans les intervalles suivants:

$$M = 46 \text{ à } 232 \text{ W/m}^2 \text{ (0,8 à 4 met);}$$

$$I_{cl} = 0 \text{ à } 0,310 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W (0 à 2 clo);}$$

$$t_a = 10 \text{ à } 30 \text{ °C;}$$

$$\bar{t}_r = 10 \text{ à } 40 \text{ °C;}$$

$$v_{ar} = 0 \text{ à } 1 \text{ m/s;}$$

NOTE — Pour une activité légère, essentiellement sédentaire, une vitesse moyenne supérieure à 0,15 m/s peut être ressentie comme un courant d'air (voir annexe A).

$$p_a = 0 \text{ à } 2\,700 \text{ Pa.}$$

La production d'énergie métabolique peut être estimée à l'aide du tableau 2 (voir annexe B) et la résistance thermique du vêtement peut être estimée à l'aide du tableau 3 (voir annexe C) en

1) L'unité métabolique = 1 met = 58 W/m<sup>2</sup>

2) L'unité de résistance thermique due au vêtement = 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup> · °C/W

tenant compte du type de travail et de la période de l'année. Pour des productions d'énergie métabolique variables, il est recommandé d'en estimer une moyenne pondérée en fonction du temps pour la période de 1 h précédente.

Le PMV peut ensuite être déterminé de l'une des manières suivantes:

- a) Par l'équation (1) à l'aide d'un ordinateur. Un programme Fortran IV est donné en annexe D. Ce programme peut être facilement modifié pour emploi avec de petites calculatrices programmables de table ou de poche.
- b) Directement d'après l'annexe E, où un tableau des valeurs PMV est donné pour différentes températures opératives, différents vêtements et différentes vitesses relatives de l'air.

NOTE — La température opérative  $t_o$  est la température uniforme d'une enceinte rayonnante noire dans laquelle un occupant échangerait la même quantité de chaleur par rayonnement et convection que dans l'ambiance non uniforme réelle. Dans la plupart des cas en pratique, si la vitesse relative de l'air est faible ( $< 0,2$  m/s), ou si la différence entre la température moyenne de rayonnement et la température de l'air est faible ( $< 4$  °C), la température opérative peut être calculée avec une approximation suffisante comme la valeur moyenne de la température de l'air et de la température moyenne de rayonnement. Pour une plus grande précision, la formule suivante peut être adoptée:

$$t_o = At_a + (1 - A)t_r$$

où la valeur de  $A$  peut être trouvée ci-dessous en fonction de la vitesse relative de l'air  $v_{ar}$ , en mètres par seconde.

$v_{ar}$	$< 0,2$	$0,2 \text{ à } 0,6$	$0,6 \text{ à } 1,0$
$A$	$0,5$	$0,6$	$0,7$

Les valeurs PMV de l'annexe E s'appliquent pour une humidité relative de 50 %. L'influence de l'humidité sur la sensation thermique est faible à des températures modérées proches du confort et peut habituellement être négligée pour évaluer la valeur PMV.

- c) Par mesure directe, en utilisant un capteur intégrant.

### 3.2 Applications

L'indice PMV peut être appliqué pour vérifier si une ambiance thermique donnée est conforme aux critères de confort spécifiés dans le chapitre 5 et l'annexe A.

L'indice PMV peut aussi être utilisé pour établir des limites d'acceptabilité plus larges dans des espaces ayant des exigences de confort inférieures à celles spécifiées dans le chapitre 5 et l'annexe A.

En fixant  $PMV = 0$ , on établit une équation (l'équation de confort) qui prévoit des combinaisons de l'activité, du vêtement et des paramètres de l'environnement qui doivent fournir une sensation thermique neutre.

À titre d'exemple, la figure 2 (annexe A) indique la température opérative optimale en fonction de l'activité et du vêtement.

### 4 Pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD)

L'indice PMV est la valeur moyenne des votes donnés par un groupe important de personnes exposées à la même ambiance. Mais les votes individuels sont dispersés autour de cette valeur moyenne et il peut être utile de prévoir le nombre de personnes susceptibles d'être gênées par le chaud ou le froid.

L'indice PPD établit une prévision quantitative du nombre de personnes insatisfaites.

Le PPD prévoit, pour un groupe important de personnes, le pourcentage de celles susceptibles d'être gênées thermiquement, c'est-à-dire votant chaud (+3), tiède (+2), frais (-2) ou froid (-3) sur l'échelle de sensation thermique à 7 niveaux.

Lorsque les valeurs PMV ont été déterminées, le PPD peut être trouvé d'après la figure 1 ou déterminé d'après l'équation

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,033\ 53 \times PMV^4 + 0,217\ 9 \times PMV^2)}$$

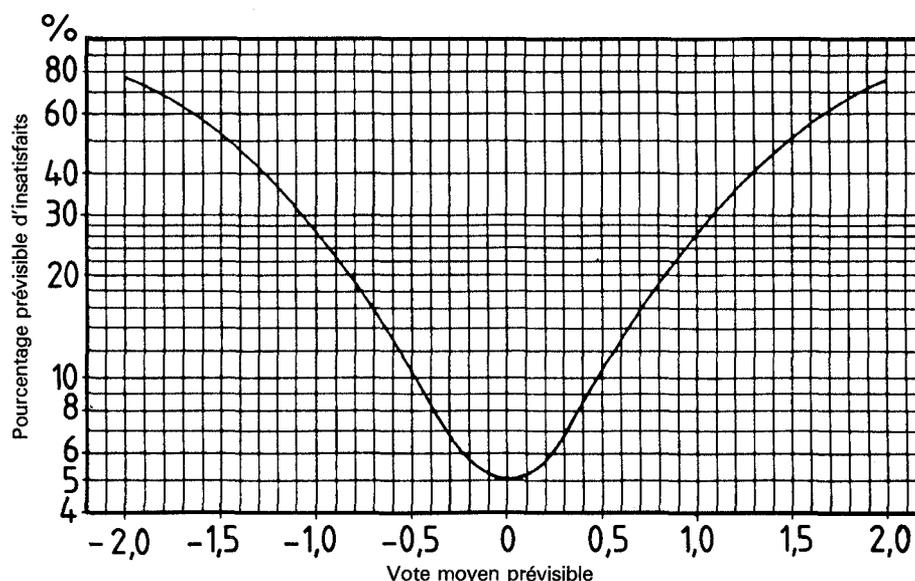


Figure 1 — Pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) en fonction du vote moyen prévisible (PMV)

Tableau 1 – Distribution des votes individuels de sensation thermique (basée sur une expérimentation comprenant 1 300 sujets) pour diverses valeurs du vote moyen

PMV	PPD	Pourcentage prévu de personnes votant		
		0	-1, 0 ou +1	-2, -1, 0, +1 ou +2
+2	75	5	25	70
+1	25	27	75	95
0	5	55	95	100
-1	25	27	75	95
-2	75	5	25	70

L'indice PPD prévoit le nombre de personnes insatisfaites thermiquement parmi un groupe important de personnes.

Le reste du groupe se sentira thermiquement neutre, légèrement tiède ou légèrement frais et la distribution prévisible des votes est donnée dans le tableau 1.

## 5 Ambiances thermiques acceptables pour le confort

Le confort thermique est défini comme la satisfaction exprimée au sujet de l'ambiance thermique. L'insatisfaction peut être causée par un inconfort «tiède» ou «frais» pour le corps dans son ensemble exprimé par les indices PMV et PPD. Mais l'insatisfaction thermique peut aussi être causée par un échauffement ou un refroidissement indésirable d'une partie spécifique du corps (inconfort local).

En raison des différences d'un individu à l'autre, il est impossible de spécifier une ambiance thermique qui puisse satisfaire chacun.

Il est vraisemblable qu'un certain pourcentage des occupants sera toujours insatisfait. Mais il est possible de spécifier des ambiances prévues pour être acceptables à l'expérience par un certain pourcentage des occupants. Dans l'annexe A sont spécifiées des exigences de confort recommandées prévues pour être acceptables par au moins 80 % des occupants.

Il peut exister des raisons (par exemple économie, économie d'énergie) pour spécifier des exigences de confort réduites, satisfaisant moins de 80 % des occupants. La présente Norme internationale peut être utilisée pour déterminer un intervalle plus large du PMV, provenant d'un PPD plus élevé, et de là des intervalles plus larges des paramètres de l'environnement susceptibles d'être atteints plus facilement.

ISO 7730:1984

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a692c2cd-78b3-4af8-8dd3-31814aff4ce9/iso-7730-1984>

## Annexe A

### Exigences de confort recommandées

(Cette annexe ne fait pas partie intégrante de la norme.)

#### A.1 Généralités

Dans cette annexe, des exigences de confort thermique sont recommandées pour des espaces occupés par l'homme. Il est recommandé que le PPD soit inférieur à 10 %. Ceci correspond (voir figure 1) au critère suivant pour le PMV :

$$-0,5 < \text{PMV} < +0,5$$

Les limites de confort correspondantes pour la température opérative peuvent être déduites de l'indice PMV comme indiqué dans le chapitre 3.

À titre d'exemple, des limites de confort pour la température opérative sont données à la figure 2 en fonction de l'activité et du vêtement.

Comme autre exemple important, des limites de confort pour la température opérative sont indiquées en A.1.1 et A.1.2 pour une activité légère, principalement sédentaire ( $70 \text{ W/m}^2 = 1,2 \text{ met}$ ). Cette activité est caractéristique de beaucoup d'espaces en pratique, par exemple bureaux, habitations, etc.

Le paragraphe A.1.1 couvre les conditions hivernales pour lesquelles un vêtement de  $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  est admis. Le paragraphe A.1.2 couvre les conditions estivales pour lesquelles un vêtement de  $0,5 \text{ clo} = 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  est admis.

Les indices PMV et PPD expriment un inconfort tiède ou frais pour le corps dans son ensemble. Mais l'insatisfaction thermique peut aussi être causée par un échauffement ou un refroidissement non désiré d'une partie spécifique du corps (inconfort local). Ceci peut être causé par une différence verticale de température de l'air trop élevée entre la tête et les chevilles, par un sol trop chaud ou trop froid, par une vitesse de l'air trop élevée (courant d'air), ou par une asymétrie de température de rayonnement trop élevée. Des limites pour ces facteurs sont données pour une activité légère principalement sédentaire, en A.1.1 et A.1.2. Si ces limites sont respectées, il est prévu que moins de 5 % des occupants éprouveront un inconfort dû à un échauffement ou à un refroidissement local du corps causé par chacun des facteurs mentionnés ci-dessus. Il faut noter que les pourcentages ne peuvent pas s'additionner.

Les données expérimentales concernant l'inconfort local sont moins complètes que pour les indices PMV et PPD. Une information suffisante n'est donc pas disponible pour établir des limites de confort local pour des activités plus élevées que pour des activités sédentaires. Mais en général, l'homme semble être moins sensible pour des activités plus élevées.

Si les conditions de l'ambiance sont à l'intérieur des limites de confort recommandées dans la présente annexe, on peut estimer que plus de 80 % des occupants trouveront les conditions thermiques acceptables.

#### A.1.1 Activité légère, principalement sédentaire dans les conditions hivernales (période de chauffage)

Les conditions sont les suivantes :

- a) La température opérative doit être comprise entre 20 et 24 °C (c'est-à-dire  $22 \pm 2 \text{ °C}$ ).
- b) La différence verticale de la température de l'air entre 1,1 et 0,1 m au-dessus du sol (niveau de la tête et niveau des chevilles) doit être inférieure à 3 °C.
- c) La température de surface du sol doit normalement être comprise entre 19 et 26 °C, mais les systèmes de chauffage par le sol peuvent être conçus pour 29 °C.
- d) La vitesse moyenne de l'air doit être inférieure à 0,15 m/s.
- e) L'asymétrie de température de rayonnement de fenêtres ou d'autres surfaces verticales doit être inférieure à 10 °C (par rapport à un petit élément plan vertical 0,6 m au-dessus du sol).
- f) L'asymétrie de température de rayonnement d'un plafond tiède (chauffé) doit être inférieure à 5 °C (par rapport à un petit élément plan horizontal 0,6 m au-dessus du sol).

**A.1.2 Activité légère, principalement sédentaire dans les conditions estivales (période de refroidissement)**

Les conditions sont les suivantes:

- a) La température opérative doit être comprise entre 23 et 26 °C (c'est-à-dire  $24,5 \pm 1,5$  °C).
- b) La différence verticale de la température de l'air entre 1,1 et 0,1 m au-dessus du sol (niveau de la tête et niveau des chevilles) doit être inférieure à 3 °C.
- c) La vitesse moyenne de l'air doit être inférieure à 0,25 m/s.

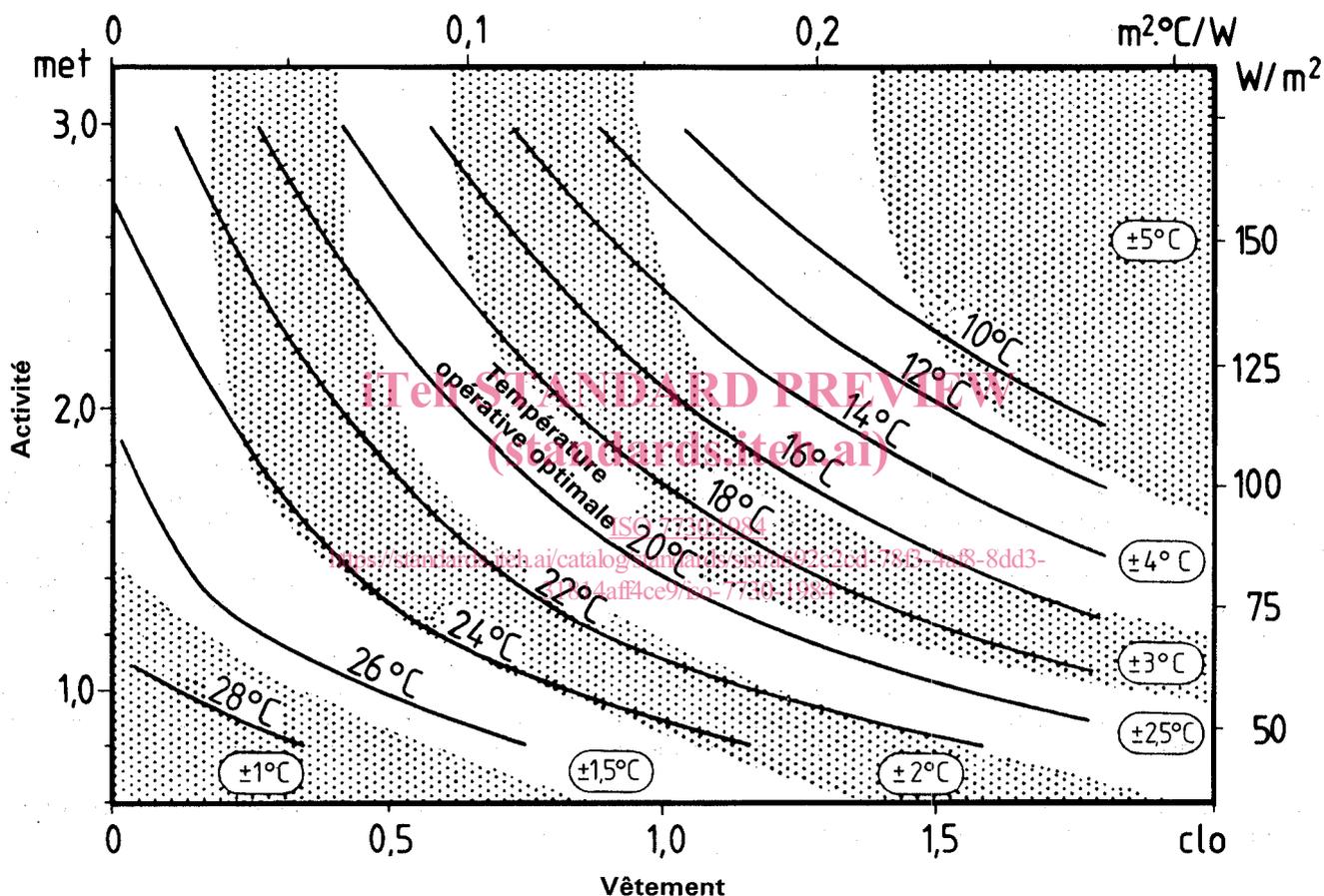


Figure 2 — Température opérative optimale (correspondant à  $PMV = 0$ ) en fonction de l'activité et du vêtement

NOTE — Les surfaces ombrées indiquent la zone de confort  $\pm \Delta t$  autour de la température optimale à l'intérieur de laquelle  $-0,5 < PMV < +0,5$ . La vitesse relative de l'air causée par les mouvements corporels est estimée égale à zéro pour  $M < 1$  met et  $v_{ar} = 0,3 (M - 1)$  pour  $M > 1$  met — Humidité relative  $\approx 50$  %.

## Annexe B

Production d'énergie métabolique pour différents types d'activités<sup>1)</sup>

(Cette annexe fait partie intégrante de la norme.)

Tableau 2 — Production d'énergie métabolique

Activité	Production d'énergie métabolique	
	(W/m <sup>2</sup> )	(met)
Repos, couché	46	0,8
Repos, assis	58	1,0
Repos, debout	70	1,2
Activité légère, assis (bureau, domicile, école, laboratoire)	70	1,2
Activité debout (achats, laboratoire, industrie légère)	93	1,6
Activité debout (vendeur, travail ménager, travail sur machine)	116	2,0
Activité moyenne (travail lourd sur machine, travail de garage)	165	2,8

(standards.iteh.ai)

ISO 7730:1984

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a692c2cd-78B-4af8-8dd3-31814aff4ce9/iso-7730-1984>

1) Une Norme internationale séparée décrivant plusieurs méthodes d'estimation du métabolisme énergétique est en cours d'élaboration.