
**Ergonomie des ambiances thermiques —
Détermination analytique et interprétation
du confort thermique par le calcul des
indices PMV et PPD et par des critères de
confort thermique local**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and
interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD
indices and local thermal comfort criteria*
(standards.iteh.ai)

[ISO 7730:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7450f-822f-4537-976a-721f6450fc2f/iso-7730-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7450f-822f-4537-976a-721f6450fc2f/iso-7730-2005>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 7730:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7450f-822f-4537-976a-721f6450fc2f/iso-7730-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7450f-822f-4537-976a-721f6450fc2f/iso-7730-2005>

© ISO 2005

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Vote moyen prévisible (PMV, predicted mean vote)	2
4.1 Détermination	2
4.2 Applications	4
5 Pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD, predicted percentage dissatisfied)	4
6 Inconfort thermique local	6
6.1 Généralités	6
6.2 Courant d'air	6
6.3 Différence verticale de la température de l'air	6
6.4 Sols froids ou chauds	8
6.5 Asymétrie de température de rayonnement	9
7 Ambiances thermiques acceptables pour le confort	10
8 Ambiances thermiques variables	11
8.1 Généralités	11
8.2 Cycles de température	11
8.3 Dérives ou rampes de température	11
8.4 Fluctuations transitoires	11
9 Évaluation à long terme des conditions de confort thermique général	11
10 Adaptation	12
Annexe A (informative) Exemples d'exigences de confort thermique pour différentes catégories d'ambiance et types de lieu	13
A.1 Catégories d'ambiance thermique	13
A.2 Plage de températures opératives	14
A.3 Inconfort thermique local	16
A.4 Exemples d'exigences pour différents types de lieu	17
Annexe B (informative) Métabolisme énergétique pour différents types d'activité	19
Annexe C (informative) Estimation de l'isolement thermique des tenues vestimentaires	20
C.1 Généralités	20
C.2 Détermination des caractéristiques de l'isolement dynamique des vêtements	22
Annexe D (normative) Programme informatique de calcul du PMV et du PPD	24
Annexe E (normative) Tables pour la détermination du vote moyen prévisible (PMV)	27
Annexe F (informative) Humidité	44
Annexe G (informative) Vitesse de l'air	45
Annexe H (informative) Évaluation à long terme des conditions de confort thermique général	47
Bibliographie	49

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 7730 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 5, *Ergonomie de l'environnement physique*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 7730:1994), qui a fait l'objet d'une révision technique. Une méthode d'évaluation à long terme a été ajoutée, ainsi que des informations sur les inconforts thermiques locaux, sur les ambiances thermiques variables et sur l'adaptation. Une annexe informative, indiquant comment les exigences de confort thermique peuvent être exprimées dans différentes catégories, a également été ajoutée.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Introduction

La présente Norme internationale traite de l'évaluation des ambiances thermiques modérées. Elle a été développée en parallèle avec la norme «standard 55» de l'ASHRAE¹⁾, et elle fait partie d'une série de documents ISO spécifiant des méthodes de mesure et d'évaluation des ambiances thermiques modérées et extrêmes, auxquelles l'homme est exposé (l'ISO 7243, l'ISO 7933 et l'ISO/TR 11079, qui traitent des ambiances thermiques extrêmes, font également partie de cette série de documents).

Les sensations thermiques de l'homme sont liées principalement à l'équilibre thermique du corps dans son ensemble. Cet équilibre est influencé par son activité physique et par 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 considéré dans son ensemble peut être prédite en calculant l'indice PMV (vote moyen prévisible, de l'anglais *predicted mean vote*). Voir l'Article 4.

L'indice PPD (pourcentage prévisible d'insatisfaits, de l'anglais *predicted percentage 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. Voir l'Article 5.

L'inconfort thermique peut aussi être causé par un refroidissement ou un réchauffement local non désiré du corps. Les causes d'inconfort local les plus courantes sont l'asymétrie de température de rayonnement (surfaces froides ou chaudes), le courant d'air (défini comme un refroidissement local du corps causé par un déplacement d'air), les différences verticales de température et les sols froids ou chauds. L'Article 6 spécifie comment prédire le pourcentage d'insatisfaits du fait d'un inconfort local.

L'insatisfaction peut être causée par un inconfort chaud ou froid du corps considéré 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 des paramètres d'inconfort thermique local. L'Article 7 traite des ambiances thermiques acceptables pour le confort.

Les Articles 6 et 7 traitent essentiellement des conditions stationnaires. L'Article 8 présente les méthodes d'évaluation de conditions non stationnaires, comme les fluctuations transitoires (échelons de température), les variations cycliques de température ou les rampes de température. Les ambiances thermiques des immeubles ou des bureaux fluctuent et il n'est pas toujours possible de maîtriser ces fluctuations dans des limites recommandées. L'Article 9 présente une méthode d'évaluation à long terme du confort thermique.

L'Article 10 donne des recommandations sur la manière de prendre en compte l'adaptation des personnes lors de l'évaluation et de la conception des immeubles et des systèmes.

1) American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7730:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7450f-822f-4537-976a-721f6450fc2f/iso-7730-2005>

Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale présente des méthodes de prévision de la sensation thermique générale et du degré d'inconfort (insatisfaction thermique) général des personnes exposées à des ambiances thermiques modérées. Elle permet de déterminer analytiquement et d'interpréter le confort thermique, par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local, donnant les conditions des ambiances thermiques considérées acceptables du point de vue du confort thermique général et les conditions représentant les inconforts locaux. Elle est applicable aux hommes et aux femmes en bonne santé, exposés à des ambiances intérieures où le confort thermique est recherché, mais où des écarts modérés dudit confort thermique peuvent se produire, pour concevoir de nouvelles ambiances ou pour évaluer les ambiances existantes. Spécifiquement développée pour les environnements de travail, elle peut cependant être appliquée à d'autres types d'environnement. Elle est censée être utilisée avec une référence à l'ISO/TS 14415:2005, 4.2, eu égard aux personnes ayant des exigences particulières, dont les personnes physiquement handicapées. Il s'avère également nécessaire de prendre en compte les différences ethniques, nationales et géographiques, lorsqu'on considère les espaces non climatisés.

[ISO 7730:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7450f-822f-4537-976a-721f6450fc2f/iso-7730-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7450f-822f-4537-976a-721f6450fc2f/iso-7730-2005>

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 13731, *Ergonomie des ambiances thermiques — Vocabulaire et symboles*

ISO/TS 13732-2, *Ergonomie des ambiances thermiques — Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec des surfaces — Partie 2: Contact humain avec des surfaces à température modérée*

ISO/TS 14415:2005, *Ergonomie des ambiances thermiques — Application des Normes internationales aux personnes ayant des exigences particulières*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13731 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

cycle de température

variation de la température, d'amplitude et de fréquence données

3.2

dérive de température

évolution passive, monotone, stable et non cyclique de la température opérative d'un lieu clos

3.3

rampe de température

variation contrôlée, monotone, stable et non cyclique de la température opérative d'un lieu clos

3.4

température opérative

t_o

température uniforme d'une enceinte noire virtuelle dans laquelle l'occupant échangerait la même quantité de chaleur par rayonnement plus convection que dans l'environnement réel non uniforme

3.5

fluctuation transitoire

changement soudain des conditions thermiques dû à des changements par paliers de la température, de l'humidité, de l'activité ou de l'habillement

3.6

courant d'air

refroidissement local non désiré du corps provoqué par un déplacement d'air

4 Vote moyen prévisible (PMV, *predicted mean vote*)

4.1 Détermination

Le PMV est un indice qui donne la valeur moyenne des votes d'un groupe important de personnes exprimant leur sensation thermique sur une échelle à 7 niveaux (voir Tableau 1). Il est basé sur le bilan thermique du corps humain. L'équilibre thermique est atteint 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 humain tentera automatiquement de modifier la température cutanée et la sécrétion sudorale pour maintenir l'équilibre thermique.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7450f-822f-4537-976a-721f6450fc2f/iso-7730-2005>

Tableau 1 — Échelle de sensation thermique à sept niveaux

+ 3	Chaud
+ 2	Tiède
+ 1	Légèrement tiède
0	Neutre
- 1	Légèrement frais
- 2	Frais
- 3	Froid

Calculer le PMV en utilisant les Équations (1) à (4):

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot$$

$$\left\{ \begin{aligned} & (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5\,733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] \\ & - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5\,867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) \\ & - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \left\{ 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \right\} \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{pour } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{pour } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{pour } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{pour } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases} \quad (4)$$

où

M est le métabolisme énergétique, en watts par mètre carré (W/m^2);

W est la puissance mécanique utile, en watts par mètre carré (W/m^2);

I_{cl} est l'isolement thermique du vêtement, en mètres carrés kelvins par watt [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$];

f_{cl} est le facteur de surface du vêtement;

t_a est la température de l'air, en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$);

\bar{t}_r est la température moyenne de rayonnement, en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$);

v_{ar} est la vitesse relative de l'air, en mètres par seconde (m/s);

p_a est la pression partielle de vapeur d'eau, en pascals (Pa);

h_c est le coefficient d'échange de chaleur par convection, en watts par mètre carré kelvin $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

t_{cl} est la température de la surface externe du vêtement, en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

NOTE 1 unité métabolique = 1 met = 58,2 W/m^2 ; 1 unité vestimentaire = 1 clo = 0,155 $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W}$.

Le PMV peut être calculé pour différentes combinaisons de métabolisme énergétique, isolement thermique, température de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse de l'air et humidité de l'air (voir l'ISO 7726). 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, à condition de considérer leurs moyennes pondérées en fonction du temps pendant l'heure 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 W/m^2 à 232 W/m^2 (0,8 met à 4 met);

I_{cl}	0 m ² ·K/W à 0,310 m ² ·K/W (0 clo à 2 clo);
t_a	10 °C à 30 °C;
\bar{t}_r	10 °C à 40 °C;
v_{ar}	0 m/s à 1 m/s;
p_a	0 Pa à 2 700 Pa.

NOTE En ce qui concerne v_{ar} , durant une activité légère essentiellement sédentaire, une vitesse moyenne dans cette plage peut être ressentie comme un courant d'air.

Estimer le métabolisme énergétique à l'aide de l'ISO 8996 ou de l'Annexe B, en tenant compte du type de travail. Pour des métabolismes énergétiques variables, il est recommandé d'estimer une valeur moyenne pondérée en fonction du temps sur l'heure précédente. Estimer la résistance thermique des vêtements et du siège à l'aide de l'ISO 9920 ou de l'Annexe C, en tenant compte de la période de l'année.

Déterminer le PMV selon l'une des manières suivantes.

- À partir de l'Équation (1), à l'aide d'un ordinateur. Un programme en BASIC est donné dans l'Annexe D. Le Tableau D.1 fournit des exemples de résultats permettant de valider d'autres programmes informatiques.
- Directement à partir de l'Annexe E, où des tables de valeurs de PMV sont données pour différentes combinaisons d'activité, d'habillement, de température opérative et de vitesse relative.
- Par mesure directe, en utilisant un capteur intégrateur (température opérative et température équivalente).

Les valeurs figurant dans l'Annexe E correspondent à 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 du PMV (voir l'Annexe F).

4.2 Applications

L'indice PMV peut être utilisé pour vérifier si une ambiance thermique donnée est conforme aux critères de confort (voir l'Article 7 et l'Annexe A) et pour formuler des exigences relatives à différents niveaux d'acceptabilité.

En fixant $PMV = 0$, on établit une relation permettant de prévoir des combinaisons de l'activité, du vêtement et des paramètres de l'environnement, qui, en moyenne, doivent procurer une sensation thermique neutre.

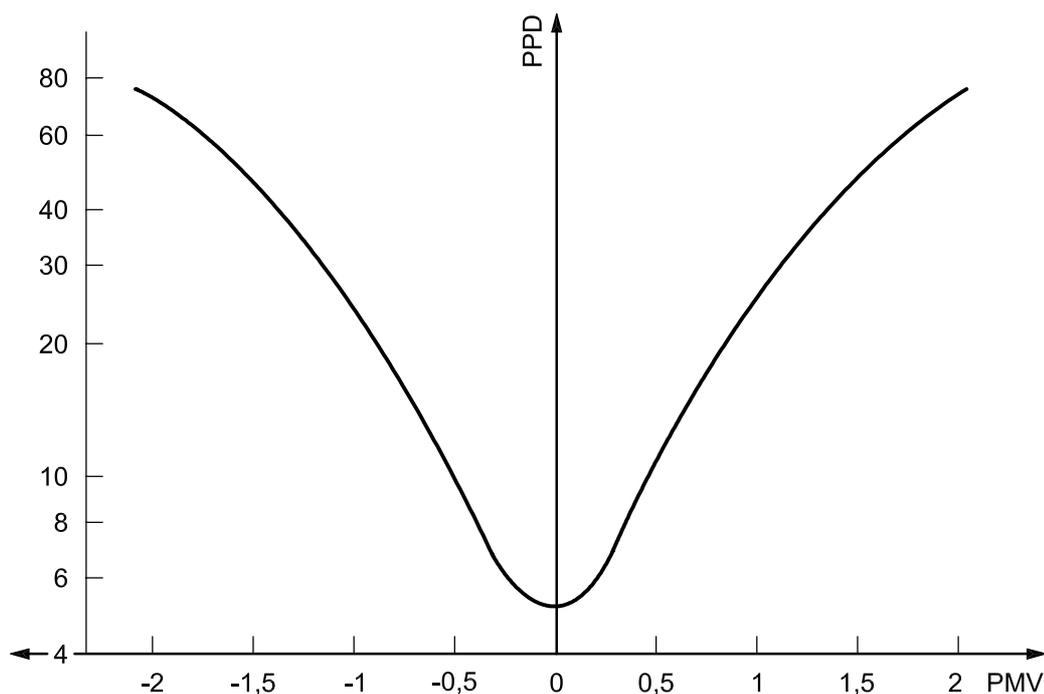
5 Pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD, *predicted percentage dissatisfied*)

L'indice PMV est une estimation de la valeur moyenne des votes de sensation thermique 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 de ressentir un inconfort chaud ou froid.

L'indice PPD établit une prévision quantitative du pourcentage de personnes insatisfaites thermiquement, susceptibles d'avoir trop chaud ou trop froid. Dans la présente Norme internationale, les personnes insatisfaites thermiquement sont celles qui votent *chaud*, *tiède*, *frais* ou *froid* sur l'échelle de sensation thermique à sept niveaux du Tableau 1.

Lorsque la valeur du PMV a été déterminée, calculer le PPD à partir de l'Équation (5), voir la Figure 1:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,033 53 \cdot PMV^4 - 0,217 9 \cdot PMV^2) \quad (5)$$

**Légende**

PMV vote moyen prévisible

PPD pourcentage prévisible d'insatisfaits, %

Figure 1 — PPD en fonction du PMV

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. La distribution prévisible des votes est donnée dans le Tableau 2.

Tableau 2 — Distribution des votes individuels de sensation thermique pour diverses valeurs du vote moyen

PMV	PPD	Pourcentage prévu de personnes votant ^a		
		%		
		0	- 1, 0 ou + 1	- 2, - 1, 0, + 1 ou + 2
+ 2	75	5	25	70
+ 1	25	30	75	95
+ 0,5	10	55	90	98
0	5	60	95	100
- 0,5	10	55	90	98
- 1	25	30	75	95
- 2	75	5	25	70

^a Basé sur une expérimentation comprenant 1 300 sujets.

6 Inconfort thermique local

6.1 Généralités

Les indices PMV et PPD expriment les inconforts dus à des températures froides ou chaudes pour le corps considéré dans son ensemble. Mais l'insatisfaction thermique peut également résulter d'un refroidissement ou réchauffement local non désiré du corps: c'est l'*inconfort local*. La cause la plus fréquente de l'inconfort local est le courant d'air (6.2). Mais l'inconfort local peut également être causé par une différence verticale de température entre la tête et les chevilles anormalement grande (6.3), par un sol trop chaud ou trop froid (6.4) ou par une asymétrie de température de rayonnement excessive (6.5). L'Annexe A fournit des exemples d'exigences en matière de confort thermique local et général pour différentes catégories d'ambiance et différents types d'espace.

Ce sont souvent les personnes en activité sédentaire légère qui sont sensibles aux inconforts locaux. Ce groupe de personnes a une sensation thermique pour l'ensemble du corps proche de la neutralité. Pour des niveaux d'activité supérieurs, les personnes sont thermiquement moins sensibles et par conséquent le risque d'inconfort local est moindre.

6.2 Courant d'air

La gêne par courant d'air peut être exprimée par le pourcentage prévisible de la population se déclarant dérangé par ce courant d'air. Calculer la gêne par courant d'air, DR (de l'anglais *draught rate*), à partir de l'Équation (6) (modèle d'évaluation de la gêne par courant d'air):

$$DR = (34 - t_{a,l}) (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot \bar{v}_{a,l} \cdot Tu + 3,14) \quad (6)$$

Pour $\bar{v}_{a,l} < 0,05$ m/s, utiliser $\bar{v}_{a,l} = 0,05$ m/s

Si $DR > 100$ %, utiliser $DR = 100$ % [ISO 7730:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7450f-822f-4537-976a-721f6450fc2f/iso-7730-2005)

où

$t_{a,l}$ est la température locale de l'air, en degrés Celsius, 20 °C à 26 °C;

$\bar{v}_{a,l}$ est la vitesse moyenne locale de l'air, en mètres par seconde, < 0,5 m/s;

Tu est l'intensité locale de turbulence, en pourcentage, 10 % à 60 % (si la valeur n'est pas connue, il est possible d'utiliser 40 %).

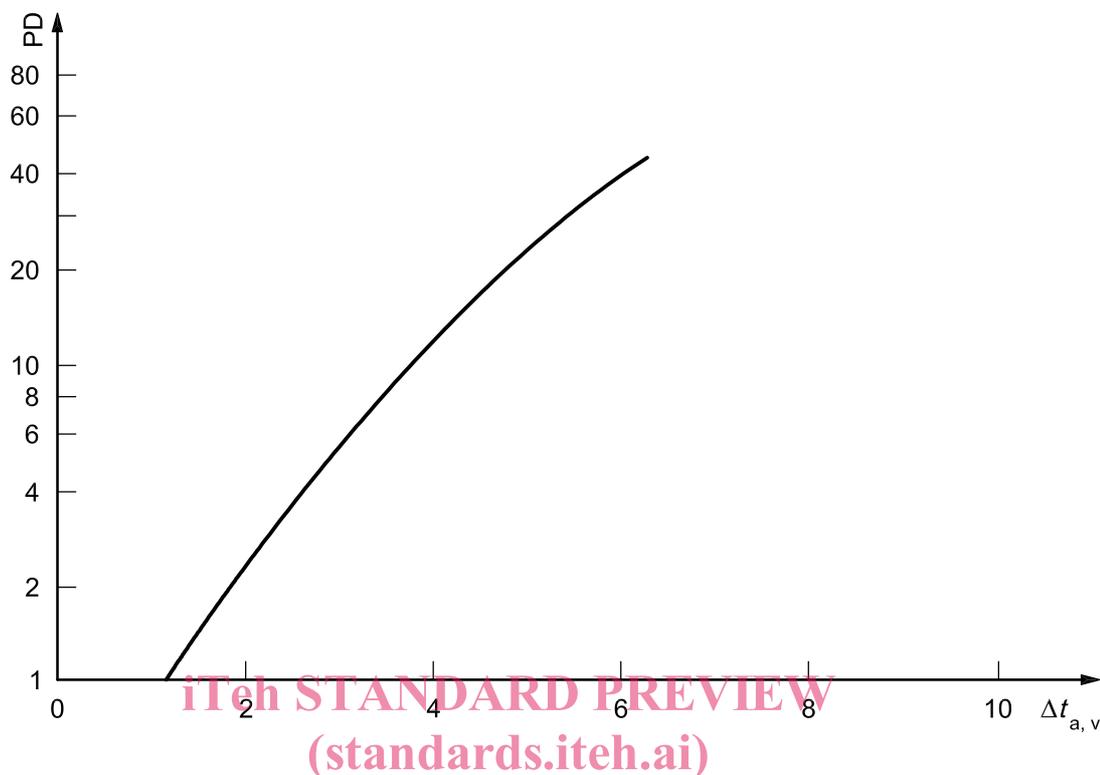
Le modèle s'applique aux sujets dont l'activité est légère, essentiellement sédentaire, et dont la sensation thermique est proche de la neutralité pour le corps entier, pour prédire une éventuelle gêne par courant d'air au niveau du cou. Au niveau des bras et des pieds, le modèle peut surestimer les prévisions de gêne par courant d'air. La sensation de gêne par courant d'air est plus faible pour des activités plus intenses que le travail sédentaire (> 1,2 met) et pour des sujets estimant avoir plus chaud qu'à la neutralité thermique. De plus amples informations sur les effets de la vitesse de l'air sont répertoriées dans l'Annexe G.

6.3 Différence verticale de la température de l'air

Une forte différence verticale de la température de l'air entre la tête et les chevilles peut être à l'origine d'un inconfort. La Figure 2 représente le pourcentage de personnes insatisfaites (PD, de l'anglais *percentage dissatisfied*) en fonction de la différence verticale de température de l'air entre la tête et les chevilles. La figure s'applique lorsque la température augmente dans le sens de la hauteur. Les personnes sont moins sensibles à ce type de gêne lorsque la température décroît avec la hauteur. Déterminer le PD au moyen de l'Équation (7):

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})} \quad (7)$$

L'Équation (7) a été établie à partir des données d'origine par une analyse de régression logistique. Il convient d'utiliser l'Équation (7) uniquement lorsque $\Delta t_{a,v} < 8 \text{ °C}$.



Légende

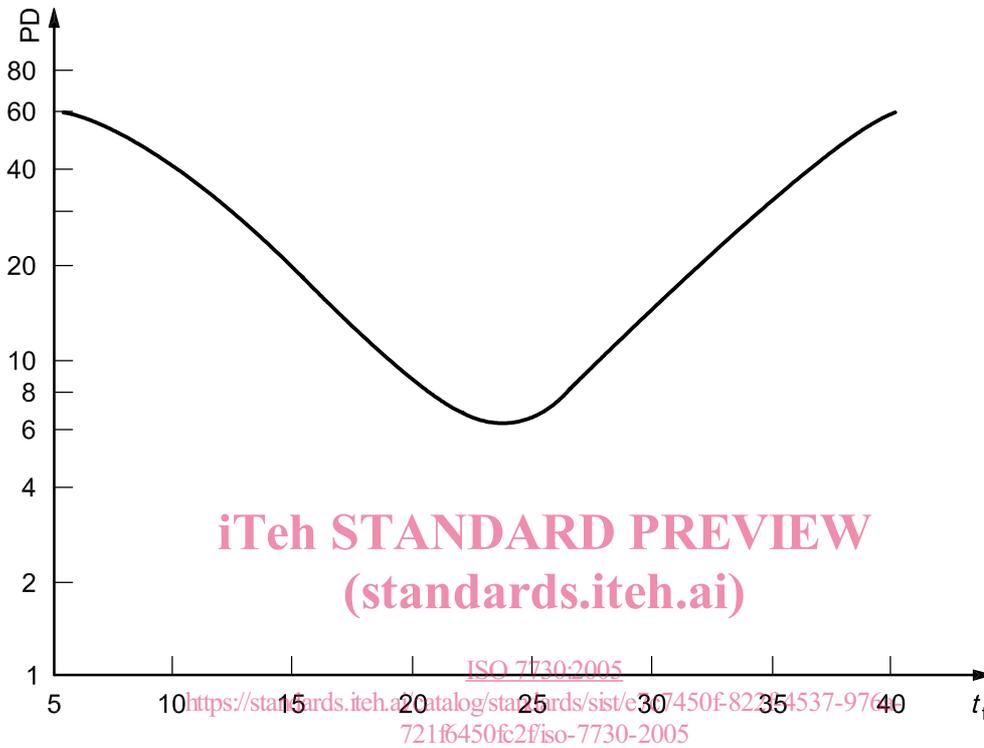
PD pourcentage d'insatisfaits, %

$\Delta t_{a,v}$ différence verticale de la température de l'air entre la tête et les pieds, °C

Figure 2 — Inconfort local causé par une différence verticale de la température de l'air

6.4 Sols froids ou chauds

Si le sol est trop chaud ou trop froid, les personnes peuvent ressentir de l'inconfort du fait de la sensation thermique au niveau des pieds. Pour celles qui portent des chaussures d'intérieur légères, c'est la température du sol plus que la nature du revêtement du sol qui influe sur le confort. La Figure 3 représente le pourcentage d'insatisfaits en fonction de la température du sol. Ce diagramme est basé sur des études menées sur des personnes sédentaires et/ou debout.



Légende

- PD pourcentage d'insatisfaits, %
- tf température du sol, °C

Figure 3 — Inconfort thermique local causé par des sols chauds ou froids

Des valeurs similaires peuvent être utilisées pour les personnes assises ou allongées par terre. Déterminer le pourcentage d'insatisfaits au moyen de l'Équation (8), établie à partir des données d'origine par une analyse de régression non linéaire:

$$PD = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot t_f - 0,0025 \cdot t_f^2) \tag{8}$$

En cas de période plus longue, les résultats ne sont pas valables dans le cas d'un chauffage électrique par le sol.

NOTE Le chauffage électrique fournit un certain apport de chaleur indépendant de la température de surface. Un système de chauffage à circulation d'eau ne génèrera pas de températures supérieures à la température de l'eau.

Pour des lieux où les personnes sont pieds nus, voir l'ISO/TS 13732-2.

6.5 Asymétrie de température de rayonnement

L'asymétrie de température de rayonnement (Δt_{pr}) peut également générer un inconfort. Les individus sont plus sensibles à l'asymétrie de rayonnement causée par des plafonds chauds ou des murs (fenêtres) froids. La Figure 4 représente le pourcentage d'insatisfaits en fonction de l'asymétrie de température de rayonnement causée par un plafond chaud, un mur froid, un plafond froid ou un mur chaud. Pour l'asymétrie de rayonnement horizontale, la Figure 4 se rapporte à une asymétrie latérale (gauche/droite ou droite/gauche). Les courbes fournissent alors une estimation conservatrice de l'inconfort et aucune autre position du corps par rapport aux surfaces (par exemple avant/arrière) n'entraînera un plus grand inconfort lié à l'asymétrie. Déterminer le pourcentage d'insatisfaits au moyen des Équations (9) à (12):

a) Plafond chaud

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \cdot \Delta t_{pr})} - 5,5 \quad (9)$$

$$\Delta t_{pr} < 23 \text{ °C}$$

b) Mur froid

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 \cdot \Delta t_{pr})} \quad (10)$$

$$\Delta t_{pr} < 15 \text{ °C}$$

c) Plafond froid

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 \cdot \Delta t_{pr})} \quad (11)$$

$$\Delta t_{pr} < 15 \text{ °C}$$

d) Mur chaud

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 \cdot \Delta t_{pr})} - 3,5 \quad (12)$$

$$\Delta t_{pr} < 35 \text{ °C}$$

Les Équations (9) à (12) ont été établies à partir des données d'origine par une analyse de régression logistique. Il convient de ne pas utiliser les Équations (9) à (12) au-delà des plages indiquées ci-dessus. Les équations pour a) (plafond chaud) et pour d) (mur chaud) ont été ajustées pour tenir compte de l'inconfort qui n'est pas dû à l'asymétrie de température de rayonnement. Voir la Figure 4.