
**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**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Ergonomics of the thermal environment — Methods for the assessment of
human responses to contact with surfaces —*

ISO/TS 13732-2:2001

Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e8785c4c-75ca-4036-8132-
db879ab88143/iso-ts-13732-2-2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e8785c4c-75ca-4036-8132-db879ab88143/iso-ts-13732-2-2001)



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/TS 13732-2:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e8785c4c-75ca-4036-8132-db879ab88143/iso-ts-13732-2-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e8785c4c-75ca-4036-8132-db879ab88143/iso-ts-13732-2-2001>

© ISO 2001

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.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comité 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 3.

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.

Dans d'autres circonstances, en particulier lorsqu'il existe une demande urgente du marché, un comité technique peut décider de publier d'autres types de documents normatifs:

- une Spécification publiquement disponible ISO (ISO/PAS) représente un accord entre les experts dans un groupe de travail ISO et est acceptée pour publication si elle est approuvée par plus de 50 % des membres votants du comité dont relève le groupe de travail;
- une Spécification technique ISO (ISO/TS) représente un accord entre les membres d'un comité technique et est acceptée pour publication si elle est approuvée par 2/3 des membres votants du comité.

Les ISO/PAS et ISO/TS font l'objet d'un nouvel examen tous les trois ans afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente partie de l'ISO/TS 13732 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.

La Spécification technique ISO/TS 13732-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 5, *Ergonomie de l'environnement physique*.

L'ISO/TS 13732 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Ergonomie des ambiances thermiques — Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec des surfaces*:

- *Partie 1: Contact humain avec des surfaces chaudes*
- *Partie 2: Contact humain avec des surfaces à température modérée*

Introduction

Un contact entre la peau nue et des surfaces solides peut entraîner un inconfort thermique qui dépend de la partie du corps en contact, de la température du matériau et du type de matériau. Il peut également accroître le risque encouru lors de la manipulation de machines, d'outils à main et en situation domestique. Un contact entre la peau nue et un métal, à la température de la pièce, peut engendrer une sensation de froid, alors qu'un contact avec du bois peut se révéler agréable. Il convient de prendre en considération ces sensations et inconforts lors de la conception et la construction de mains courantes, de poignées de véhicules, d'outils à main ainsi que de matériaux de revêtement de sol dans les endroits où les individus marchent pieds nus et où les enfants jouent sur le sol. La présente partie de l'ISO/TS 13732 présente des données ergonomiques de base aidant à la prévision de la sensation et de l'inconfort thermiques au contact avec des surfaces, dans la gamme des températures modérées.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TS 13732-2:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e8785c4c-75ca-4036-8132-db879ab88143/iso-ts-13732-2-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e8785c4c-75ca-4036-8132-db879ab88143/iso-ts-13732-2-2001>

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO/TS 13732 présente des principes et des méthodes de prévision de la sensation thermique et du degré d'inconfort éprouvés par l'individu lorsque des parties du corps sont en contact avec des surfaces solides, à des températures de surface modérées (approximativement 10 °C à 40 °C).

Elle traite de la sensation thermique au contact de la main, du pied et en position assise au sol.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO/TS 13732. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO/TS 13732 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

EN 563, *Sécurité des machines — Températures des surfaces tangibles — Données ergonomiques pour la fixation de températures limites des surfaces chaudes.*

3 Paramètres influençant la sensation thermique au contact

Pour la prévision de la sensation thermique, prendre en considération les paragraphes 3.1 à 3.5.

3.1 Température de la peau et température ambiante

Dans un environnement chaud, une surface froide peut sembler agréable; inversement, une surface chaude peut sembler agréable dans un environnement froid. Par conséquent, la sensation thermique au contact d'une surface est influencée par la température ambiante. Une surface identique peut entraîner une sensation de fraîcheur ou de chaleur selon la température de la partie du corps en contact. Ainsi, la température ambiante et la température de la peau influencent toutes deux la sensation thermique.

3.2 Partie du corps et type d'objet en contact

La température de surface adéquate au confort dépend du type d'objet (sol, poignée), de la partie du corps (main, pied), du matériau (métal, bois). La partie du corps en contact avec l'objet et la nature du matériau de surface doivent être connues pour prévoir la sensation thermique.

3.3 Durée du contact et pression du contact

La température de la peau en contact avec une surface peut varier en fonction de la durée du contact, et par conséquent la sensation thermique peut varier avec le temps. La durée du contact doit donc être déterminée afin de prévoir la sensation thermique. Par exemple, la durée du contact entre le pied et le sol dans un salon peut être supérieure à 10 min en position debout ou inférieure à 1 min si l'on marche; la durée d'un contact entre la main et une poignée de porte peut n'être que de quelques secondes. La température de la peau, lorsque la pression du contact est élevée, est supérieure, dans le cas d'une surface plus chaude, et inférieure, dans le cas d'une surface plus froide, à celle résultant d'une pression faible, étant donné le moindre débit sanguin dans les vaisseaux capillaires. Dans le cas d'un contact à pression élevée et d'une longue durée de contact dans des conditions de température modérée, un inconfort local, voire une lésion des tissus, peuvent apparaître à des températures inférieures au seuil de la douleur (voir EN 563).

3.4 Surfaces avec ou sans source de chaleur

Trois cas courants se présentent:

- une surface sans source de chaleur, lorsque la température de surface est proche de la température ambiante (poignée, main courante, outil à main, mobilier);
- une surface dotée d'un dispositif de chauffage permettant d'obtenir une température de surface agréable, supérieure à la température ambiante (chauffage par le sol, chauffage par le siège);
- une surface dotée d'une source de refroidissement, permettant d'obtenir une température de surface inférieure à la température ambiante (refroidissement par le sol, poche à glace).

La température de surface et le type d'apport de chaleur sont des facteurs importants pour la prévision de la sensation thermique. Il convient de noter la différence fondamentale entre le chauffage électrique et le chauffage par eau. Dans le cas du chauffage électrique, une certaine quantité de chaleur est fournie, indépendamment de la température de surface. Dans le cas du système de chauffage par eau, les températures produites ne seront pas supérieures à la température de l'eau.

3.5 Coefficient de contact et diffusivité thermique

La sensation thermique au contact dépend des matériaux de surface, même si ces derniers ont une température identique. La température de contact, t_k , entre deux objets solides de températures différentes, exprimée en degrés Celsius, peut être calculée de la façon suivante:

$$t_k = (b_1 \cdot t_1 + b_2 \cdot t_2) / (b_1 + b_2) \quad (1)$$

où

- t_1 est la température initiale de l'objet 1, en degrés Celsius;
- t_2 est la température initiale de l'objet 2, en degrés Celsius;
- b_1 est le coefficient de contact de l'objet 1, en watts heures à la puissance 0,5 par mètre carré degré Celsius;
- b_2 est le coefficient de contact de l'objet 2, en watts heures à la puissance 0,5 par mètre carré degré Celsius.

Le coefficient de contact, b , exprimé en watts heures à la puissance 0,5 par mètre carré degré Celsius, est calculé de la façon suivante:

$$b = (\lambda \cdot c \cdot \rho)^{0,5} \quad (2)$$

où

λ est la conductivité thermique, en watts par mètre degré Celsius;

c est la chaleur massique, en joules par kilogramme degré Celsius;

ρ est la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube.

Le flux de chaleur, q , entre les surfaces, exprimé en watts par mètre carré, est calculé de la façon suivante:

$$q = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{b_1 \cdot b_2}{b_1 + b_2} (t_1 - t_2) \frac{1}{\sqrt{\tau}} \quad (3)$$

où

τ est le temps après le contact, en heures.

Étant donné qu'une main, un pied ou toute autre partie du corps n'est pas un objet solide et rigide, ces équations peuvent ne pas prévoir de façon précise la température de contact et le flux de chaleur pour la peau en contact avec un objet.

La conduction thermique transitoire d'un matériau dépend de la diffusivité thermique, d , exprimée en mètres carrés par seconde:

$$d = \lambda / (c \cdot \rho) \quad (4)$$

Le coefficient de contact et la diffusivité thermique peuvent être utilisés pour tenir compte des propriétés du matériau lors de la prévision de la sensation thermique au contact. La température de la peau de la partie du corps en contact ou la perte de chaleur de la peau est un indicateur utile pour la prévision de la sensation thermique.

La norme DIN 52614¹⁾ décrit une méthode de mesurage pour l'essai des matériaux, au moyen de la perte de chaleur au niveau d'un pied artificiel.

4 Prévision de la sensation thermique

4.1 Sensation thermique au contact avec la main

La sensation thermique résultant du contact initial entre une main nue et différents types de matériaux, en fonction des températures de surface, est présentée à la Figure 1. La sensation est mesurée pour un contact avec la main courante d'un escalier et une poignée de porte. Elle est déterminée pour le contact initial.

La sensation thermique au contact avec le bois/plastique (diffusivité thermique de l'ordre de $6 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ à $20 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) ne varie que modérément en fonction de la température du matériau, par rapport à l'acier ($1200 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) et l'aluminium ($6\,600 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$). Pour une température de surface de 36°C , la sensation au contact avec tous les matériaux est la même, car leur température et celle de la peau sont identiques.

1) DIN 52614, *Essai d'isolation thermique — Détermination de la perte de chaleur au niveau des sols*.

La Figure 2 présente la relation entre la sensation thermique pour une main nue, la diffusivité thermique du matériau et la température du matériau. La sensation thermique peut être prévue à partir de la diffusivité thermique du matériau et de sa température. Dans le cas d'un métal tel que l'acier ou l'aluminium, la sensation de chaleur/de froid issue du contact avec une feuille de métal fine est amplifiée par rapport à celle issue du contact avec une feuille épaisse.

4.2 Sensation thermique au contact entre le pied et le sol

4.2.1 Caractérisation thermique des sols

Tels que décrits en 3.5, le coefficient de contact, b , et la diffusivité thermique, d , peuvent être utilisés pour caractériser un matériau quant à la sensation de chaleur ou de froid au contact. Dans la plupart des cas pratiques, les hypothèses relatives à l'homogénéité du matériau ne sont pas satisfaites.

La norme DIN 52614 fournit une méthode d'essai et de comparaison des sols plus réaliste. Selon cette norme, la perte d'énergie (kJ/m²) est mesurée à partir d'un pied artificiel en contact avec le sol. Ce pied se compose d'un cylindre de 15 cm de diamètre rempli d'eau avec, à sa base, une membrane de caoutchouc. La perte de chaleur est déterminée pour des durées de contact de 1 min et 10 min (Figure 3). Les conditions normalisées se composent d'un pied artificiel à 33 °C et d'un sol à 18 °C. Si la température du sol est autre que 18 °C, la perte de chaleur est convertie pour obtenir les conditions normalisées grâce à l'équation suivante (5), qui peut s'appliquer dans la gamme de températures du sol s'étendant de 10 °C à 25 °C.

La perte de chaleur, W_{18} , estimée à la température du sol de 18 °C, et exprimée en kilojoules par mètre carré, est calculée de la façon suivante:

$$W_{18} = W_{t_1} \frac{15}{33 - t_1} \quad (5)$$

où

W_{t_1} est la perte de chaleur mesurée à la température t_1 , exprimée en kilojoules par mètre carré;

t_1 est la température du sol durant l'essai, en degrés Celsius.

Sur la base de ce mode opératoire, les valeurs correspondant à une série de constructions types de sol sont énumérées dans le Tableau 1.

4.2.2 Relation entre les caractéristiques thermiques des sols et la sensation thermique au contact de pieds nus/de chaussettes

Une étude impliquant des sujets humains debout sur différents types de sols a établi les relations de la Figure 4 et de la Figure 5. Selon ces résultats, il n'est pas possible de déterminer une combinaison de la température du sol et du matériau du sol satisfaisante pour tous les sujets. Pour une courte occupation (1 min), 2 % sont satisfaits de la température optimale du sol. Pour une occupation plus longue (10 min), 11 % sont satisfaits de cette même température. Ces températures de sol confortables sont présentées dans le Tableau 1. Les résultats sont basés sur des études impliquant des personnes en position debout. Les personnes assises préfèrent une température de sol supérieure de 1 °C à 2 °C. Aucune distinction n'existe entre les exigences des femmes et des hommes.

4.2.3 Relation entre la température de surface et la sensation thermique en cas de port de chaussures normales (semelles de 5 mm à 15 mm d'épaisseur)

Pour les personnes portant des chaussures normales, la sensation thermique au contact du sol est principalement influencée par la température du sol et le niveau d'activité des individus. Il va de soi qu'il n'y a pas de distinction nette entre les situations dans lesquelles il convient d'appliquer des exigences relatives soit au cas des pieds nus/chaussettes, soit au cas des chaussures. Avec des chaussettes épaisses, le matériau du sol devient moins important alors qu'avec des chaussures à fines semelles, le matériau du sol peut avoir une certaine influence. Pour les chaussures/bottes présentant d'épaisses semelles, la température du sol devient moins importante.

La Figure 6 présente une relation entre la température du sol et le pourcentage de personnes insatisfaites. Elle est basée sur les résultats moyens issus d'essais avec des personnes en position assise et debout, portant des chaussures normales (semelles de 5 mm à 15 mm d'épaisseur). Les personnes assises préfèrent une température de sol d'environ 1 °C supérieure aux valeurs présentées à la Figure 6, et les personnes debout, une température de 1 °C inférieure. Les personnes ayant un niveau d'activité supérieur peuvent même accepter des températures de sol inférieures.

Pour les personnes en position assise/debout, portant des chaussures, il est recommandé que

- la température du sol utilisée pour la conception du système de chauffage par le sol soit inférieure ou égale à 29 °C;
- la température du sol pour la conception de l'isolation requise en hiver ou du système de climatisation en été soit supérieure ou égale à 19 °C;
- pour des sols de température potentiellement élevée durant la plus grande partie de l'année, c'est-à-dire situés au-dessus de pièces chaudes (boulangerie, chaufferie, etc.), il est recommandé que la température du sol soit inférieure à 26 °C.

4.2.4 Température de la peau en position assise sur un sol comportant une source électrique de chaleur

Il est possible que des personnes s'assoient ou s'allongent sur le sol pour une longue durée. Même si la température du sol est agréable au contact initial, un sol comportant un système électrique de chauffage peut entraîner un inconfort et une brûlure cutanée après un contact prolongé. Cette situation peut s'avérer dangereuse pour les personnes présentant une maladie fonctionnelle telle qu'une thermo-anesthésie, pour celles qui présentent des interruptions de la circulation sanguine ainsi que pour les nourrissons, les personnes âgées et les personnes infirmes qui ne peuvent pas se retourner ou se déplacer sans aide. Le système électrique de chauffage fournit en effet une quantité de chaleur constante, tandis que pour les systèmes de chauffage par eau, l'augmentation de la température de surface est limitée par la température de l'eau.

[ISO/TS 13732-2:2001](http://standards.iso.org/standards/catalogue.html)

La Figure 7 présente la température de la peau lors d'une position assise sur un sol doté d'un système de chauffage électrique, à différentes températures du sol. Celles-ci sont mesurées en dehors de la partie du sol en contact avec une personne. Les températures de la peau à chaque température du sol augmentent graduellement en fonction de la durée du contact.