

---

---

**Ergonomie des ambiances thermiques —  
Principes et application des Normes  
internationales pertinentes**

*Ergonomics of the thermal environment — Principles and application of  
relevant International Standards*

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

[ISO 11399:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-  
dbd2060eedb9/iso-11399-1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995)



**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 11399:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995>

© ISO 1995

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](mailto:copyright@iso.ch)  
Web [www.iso.ch](http://www.iso.ch)

Version française parue en 2001

Imprimé en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Ergonomie de l'environnement thermique — Principes</b> .....	2
4 <b>Utilisation des Normes internationales pour évaluer les ambiances thermiques</b> .....	2
5 <b>Description des Normes internationales relatives aux ambiances chaudes</b> .....	4
6 <b>Description des Normes internationales relatives aux ambiances thermiques modérées</b> .....	7
7 <b>Description des Normes internationales relatives aux ambiances froides</b> .....	8
8 <b>Description des Normes internationales relatives au contact de la peau avec les surfaces solides</b> .....	10
9 <b>Description des Normes internationales complémentaires et de soutien</b> .....	10
10 <b>Description des futures Normes internationales</b> .....	16
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Ergonomie des ambiances thermiques — Principes d'évaluation</b> .....	17
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Ergonomie des ambiances thermiques: futures Normes internationales</b> .....	22
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Bibliographie</b> .....	25

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995>

## 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 3.

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 de la présente Norme internationale 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 Norme internationale ISO 11399 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 5, *Ergonomie de l'environnement physique*.

Les annexes A, B et C de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

[ISO 11399:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995>

## Introduction

La présente Norme internationale fait partie d'une série de normes qui spécifient des méthodes de mesurage et d'évaluation des ambiances thermiques chaudes, modérées ou froides. Elle indique les principes qui sous-tendent l'évaluation de la réponse de l'être humain face aux ambiances thermiques en général et, en particulier, face à celles qui font l'objet de chacune des normes internationales de cette série. Elle met également en évidence les relations existant entre les normes et leur utilisation complémentaire pour évaluer la gamme complète des ambiances thermiques.

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

[ISO 11399:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995>

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

ISO 11399:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995>

# Ergonomie des ambiances thermiques — Principes et application des Normes internationales pertinentes

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale a pour but de fournir des informations qui permettront d'utiliser correctement, de manière efficace et pratique les Normes internationales relatives à l'ergonomie de l'environnement thermique.

Elle comprend

- a) une description de chaque Norme internationale, ainsi que l'utilisation complémentaire pouvant être faite des normes lors de l'évaluation ergonomique des ambiances thermiques;
- b) une description des principes sous-jacents dont il est tenu compte dans chaque Norme internationale;
- c) une description des principes sous-jacents relatifs à l'ergonomie de l'environnement thermique.

La présente Norme internationale traite de l'application des normes énumérées dans l'article 2. Ces normes traitent des ambiances thermiques dans l'ensemble du domaine couvert par les recherches ergonomiques.

Les informations données dans la présente Norme internationale ne suffisent pas à l'évaluation des ambiances thermiques. Pour ce faire, il convient d'utiliser la Norme internationale appropriée (voir article 2).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-8912-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995>

## 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. 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 Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués 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.

ISO 7243:1989, *Ambiances chaudes — Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir)*.

ISO 7726:1985, *Ambiances thermiques — Appareils et méthodes de mesure des grandeurs physiques*.

ISO 7730:1994, *Ambiances thermiques modérées — Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique*.

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

ISO 8996:1990, *Ergonomie — Détermination de la production de chaleur métabolique*.

ISO 9886:1992, *Évaluation de l'astreinte thermique par mesures physiologiques*.

ISO 9920:1995, *Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire.*

ISO 10551:1995, *Ergonomie des ambiances thermiques — Évaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs.*

ISO/TR 11079:1993, *Évaluation des ambiances froides — Détermination de l'isolement requis des vêtements, IREQ.*

### 3 Ergonomie de l'environnement thermique — Principes

L'étude ergonomique des ambiances thermiques implique la compréhension d'un certain nombre de concepts et de principes sous-jacents, relatifs au comportement de l'homme face aux ambiances thermiques ainsi qu'aux méthodes de mesure. Les paramètres de base décrivant les ambiances thermiques du point de vue de l'être humain sont d'une importance fondamentale. Ces paramètres sont la température de l'air, la température moyenne de rayonnement, l'humidité, la vitesse de l'air, l'isolement vestimentaire et la production de chaleur métabolique. D'autres concepts et termes importants englobent la thermorégulation humaine, le transfert thermique, l'équation du bilan thermique du corps, les indices thermiques directs, empiriques et rationnels, l'acclimatation, les températures du noyau et de l'enveloppe corporelle, la température de surface, la sensation thermique et le confort thermique, la mouillure cutanée, les paramètres dérivés, le débit sudoral requis, l'isolement vestimentaire requis et autres. Un grand nombre de ces termes sont utilisés ici et certains d'entre eux sont explicités dans les normes correspondantes.

NOTE 1 L'annexe A fournit une description des principes sous-jacents d'ergonomie de l'environnement thermique et d'utilisation des concepts précédents.

iteh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

### 4 Utilisation des Normes internationales pour évaluer les ambiances thermiques

[ISO 11399:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995)

#### 4.1 Généralités

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995>

Les Normes internationales relatives à l'ergonomie des ambiances thermiques peuvent être exploitées de manière intégrée pour permettre l'évaluation des ambiances chaudes, modérées et froides. Le principe en est illustré dans les Tableaux 1 et 2 et est exposé ci-dessous.

#### 4.2 Ambiances chaudes

Pour estimer les ambiances chaudes, l'ISO 7243 offre une méthode d'évaluation simple, «rapide», fondée sur l'indice WBGT. Si les valeurs-repères de WBGT sont dépassées ou si l'on a besoin d'une analyse plus détaillée, l'ISO 7933 fournit une méthode analytique d'évaluation de l'ambiance. S'il est nécessaire de tenir compte du comportement humain, il convient alors d'effectuer des mesures physiologiques selon l'ISO 9886.

Les Normes internationales récapitulées dans l'article 9 viendront en appui et en complément des normes destinées à l'évaluation des ambiances chaudes.

#### 4.3 Ambiances modérées

L'ISO 7730 permet de déterminer les indices PMV et PPD, et d'évaluer ainsi les ambiances modérées. La valeur moyenne et la dispersion interindividuelle des sensations thermiques peuvent être mises en rapport avec le confort thermique et le degré d'insatisfaction thermique. Les ambiances qui produiraient un confort thermique (moyen) peuvent aussi être déterminées. Les comportements individuels peuvent également être obtenus au moyen de mesures subjectives selon l'ISO 10551. Chaque fois que cela est possible, il convient d'utiliser les deux normes de façon complémentaire pour évaluer les ambiances modérées.

Les Normes internationales proposées dans l'article 9 viendront en appui et en complément des normes destinées à l'évaluation des ambiances modérées.

#### 4.4 Ambiances froides

L'ISO/TR 11079 peut être utilisé pour évaluer les ambiances froides à l'aide de  $IREQ_{neutre}$ ,  $IREQ_{min}$ , WCI et  $t_{ch}$ . Si IREQ doit servir à sélectionner le vêtement approprié à une ambiance froide, on peut dans ce cas utiliser l'ISO 9920. Pour les évaluations visant soit des individus soit des populations spécifiques, l'ISO 9886 fournira des explications sur le comportement physiologique et l'ISO 10551 sur des mesures subjectives.

Les Normes internationales décrites dans l'article 9 viendront en appui et en complément des normes destinées à l'évaluation des ambiances froides.

#### 4.5 Contact avec les surfaces solides

En évaluant des ambiances chaudes, modérées et froides, il peut arriver que les personnes qui leur sont exposées viennent au contact avec des surfaces solides. Il convient d'utiliser les futures Normes internationales pour évaluer la sensation thermique et la gravité de la lésion pouvant être occasionnées par le contact de la peau, nue ou couverte, avec la surface solide. Dans le cas d'individus exposés à des environnements intermédiaires entre les extrêmes de chaleur et le froid, l'ISO 10551 fournira des explications sur l'évaluation subjective.

Tableau 1 — Évaluation des ambiances thermiques à l'aide des Normes internationales

Paramètre évalué	Type d'ambiance thermique		
	Chaude	Modérée	Froide
	<b>Moyens d'évaluation</b>		
Confort et contrainte	Indice de température humide et de globe noir, WBGT Débit de sudation requise, $SW_{req}$	Indices de vote moyen prévisible, PMV et de pourcentage prévisible d'insatisfaits, PPD	Indice du pouvoir refroidissant du vent, WCI Isolement requis du vêtement, IREQ
Astreinte physiologique	Température du «noyau» corporel et température cutanée, rythme cardiaque, perte de masse corporelle par sudation et respiration		
Astreinte psychologique	Méthodes d'appréciation subjectives		

**Tableau 2 — Ergonomie des ambiances thermiques — Normes internationales applicables**

Objet de la norme		Titre	Numéro
Présentation générale de la série de normes en termes de principes et d'applications		Ergonomie des ambiances thermiques — Principes et application des Normes internationales	ISO 11399
Normalisation des grandeurs, des unités et des symboles utilisés dans les normes		Ergonomie des ambiances thermiques: définitions, symboles et unités	ISO/CD 13731 <sup>1)</sup>
Évaluation de la contrainte thermique en ambiances chaudes	Méthode analytique	Ambiances thermiques chaudes — Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondée sur le calcul de la sudation requise	ISO 7933
	Méthode diagnostique	Ambiances thermiques chaudes — Estimation de la contrainte thermique exercée sur l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir)	ISO 7243
Évaluation du confort		Ambiances thermiques modérées — Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique	ISO 7730
Évaluation de la contrainte thermique en ambiances froides		Évaluation des ambiances froides — Détermination de l'isolement requis des vêtements, IREQ	ISO/TR 11079
Normes d'acquisition des données	Métabolisme énergétique	Ergonomie — Détermination de la production de chaleur ergonomique	ISO 8996
	Exigences pour les appareils de mesure	Ambiances thermiques — Appareils et méthodes de mesure des grandeurs physiques	ISO 7726
	Isolement du vêtement	Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire	ISO 9920
Évaluation de la contrainte thermique à l'aide de mesures physiologiques		Évaluation de la contrainte thermique par des mesures physiologiques	ISO 9886
Évaluation subjective du confort thermique		Évaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs	ISO 10551
Choix d'un système approprié de surveillance médicale pour différents types d'ambiances thermiques		Ergonomie des ambiances thermiques — Surveillance médicale des individus exposés à des ambiances chaudes ou froides	ISO/CD 12894 <sup>1)</sup>
Contact avec des surfaces chaudes, modérées et froides			ISO/NP 13732 <sup>1)</sup>
Confort des individus à capacités réduites			ISO/NP 14415 <sup>1)</sup>
Conception du travail au froid			Étude nouvelle proposée <sup>1)</sup>
Évaluation à long terme de la qualité de l'ambiance			Étude nouvelle acceptée <sup>1)</sup>
Ambiances dans les véhicules			ISO/NP 14505 <sup>1)</sup>

1) Projets de Norme internationales non encore publiquement disponibles.

## 5 Description des Normes internationales relatives aux ambiances chaudes

### 5.1 ISO 7243:1989

ISO 7243:1989, *Ambiances chaudes — Estimation de la contrainte thermique sur l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir).*

### 5.1.1 Domaine d'application

Cette Norme internationale définit une méthode pour l'estimation de la contrainte thermique subie par une personne placée dans une ambiance chaude, permettant un diagnostic rapide qui soit facilement utilisable en milieu industriel.

Elle s'applique à l'évaluation de l'effet moyen de la chaleur sur l'homme pendant une période représentative de son activité, mais elle ne s'applique ni à l'évaluation des contraintes thermiques subies pendant de très courtes périodes, ni à l'évaluation des contraintes thermiques proches des zones de confort.

### 5.1.2 Principes

L'ISO 7243 utilise l'indice de contrainte thermique WBGT (température humide et de globe noir) pour évaluer les ambiances chaudes.

À l'intérieur des bâtiments et à l'extérieur des bâtiments sans charge solaire:

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,3t_g$$

À l'extérieur des bâtiments en présence d'une charge solaire:

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,2t_g + 0,1t_a$$

Où, tels que définis dans l'ISO 7243:

$t_{nw}$  est la température humide naturelle;

$t_g$  est la température au centre d'un thermomètre à globe noir de 150 mm de diamètre;

$t_a$  est la température de l'air.

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 11399:1995  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/412881ee-89f2-4055-a9fb-dbd2060eedb9/iso-11399-1995>

La valeur de l'indice WBGT de l'ambiance chaude est comparée à une valeur repère de cet indice. Les valeurs repères de l'indice WBGT sont données dans l'ISO 7243 pour cinq niveaux de métabolisme séparément de personnes acclimatées et non acclimatées. Pour des niveaux élevés de métabolisme, les valeurs repères dépendent également du mouvement de l'air.

Ces valeurs repères ont été établies en acceptant une température rectale maximale de 38 °C pour les personnes concernées. Elles correspondent aux niveaux d'exposition auxquels la quasi-totalité des personnes peuvent être exposées de manière habituelle sans effet nocif, sous réserve d'absence d'états pathologiques préexistants.

Si l'indice WBGT de l'ambiance thermique chaude dépasse la valeur repère de l'indice WBGT, il est dans ce cas nécessaire de réduire la contrainte thermique au poste de travail ou de procéder à une analyse plus détaillée (par exemple en utilisant l'ISO 7933). La méthode utilisée dans l'ISO 7243 permet par conséquent un diagnostic simple et rapide des ambiances chaudes.

## 5.2 ISO 7933:1989

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

### 5.2.1 Domaine d'application

Cette Norme internationale définit une méthode d'évaluation analytique et d'interprétation de la contrainte thermique subie par un sujet dans une ambiance thermique chaude. Elle décrit les modes de calcul du bilan thermique ainsi que du débit de sueur que l'organisme humain doit normalement mettre en œuvre pour assurer l'équilibre thermique: ce débit de sueur est appelé «sudation requise».

Les divers termes intervenant dans la détermination de la sudation requise montrent l'incidence des différents paramètres physiques de l'environnement dans la contrainte thermique subie par le sujet. L'ISO 7933 permet de cette manière de déterminer sur quel paramètre ou ensemble de paramètres il convient d'agir et dans quelle mesure pour réduire le risque d'astreintes physiologiques.

Les objectifs principaux de l'ISO 7933 sont

- a) l'évaluation de la contrainte thermique dans les ambiances susceptibles d'entraîner un accroissement excessif de la température centrale du corps ou de la perte hydrique chez un sujet standard;
- b) la recherche des modifications à apporter à la situation de travail de manière à réduire ou éliminer ces effets;
- c) la détermination des durées limites d'exposition acceptables de manière à limiter l'astreinte physiologique à une valeur jugée tolérable.

L'ISO 7933 ne vise pas à prédire le comportement physiologique d'un sujet donné, mais concerne un sujet standard en bonne santé et apte à son travail.

Cette méthode de calcul et d'interprétation du bilan thermique est basée sur les apports scientifiques les plus récents. Les améliorations futures apportées aux expressions de calcul des différents termes du bilan thermique ou de son interprétation seront pris en compte au fur et à mesure de leur acquisition. Dans sa forme actuelle, cette méthode ne peut être utilisée dans le cas du port de vêtements spéciaux de protection.

### 5.2.2 Principes

L'ISO 7933 offre une approche rationnelle dans l'évaluation des ambiances thermiques chaudes. Les mesures des ambiances chaudes à partir de la température de l'air, de la température moyenne de rayonnement, de l'humidité et de la vitesse de l'air ainsi que par les estimations des facteurs relatifs aux personnes exposées, en terme de vêtement, de métabolisme et de posture sont utilisées pour calculer les échanges de chaleur entre un sujet standard et son environnement. Ceci permet de calculer le débit sudoral requis (pour le maintien en équilibre thermique du corps) d'après l'équation suivante:

$$SW_{req} = E_{req} / r_{req}$$

et

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R$$

où

$E_{req}$  est le débit évaporatoire requis pour l'équilibre du bilan thermique;

$M$  est la puissance métabolique;

$W$  est la puissance mécanique;

$C_{res}$  est la perte de chaleur par convection respiratoire;

$E_{res}$  est la perte de chaleur par évaporation respiratoire;

$C$  est l'échange de chaleur par convection au niveau de la peau;

$R$  est l'échange de chaleur par rayonnement au niveau de la peau;

$SW_{req}$  est le débit sudoral requis pour l'équilibre du bilan thermique;

$r_{req}$  est le rendement évaporatoire de la sudation au débit requis.