
**Ergonomie des ambiances
thermiques — Estimation de la
contrainte thermique basée sur
l'indice WBGT (température humide
et de globe noir)**

*Ergonomics of the thermal environment — Assessment of heat stress
using the WBGT (wet bulb globe temperature) index*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 7243:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/edd8234d-5357-4f43-91dc-baafef2d600f/iso-7243-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/edd8234d-5357-4f43-91dc-baafef2d600f/iso-7243-2017>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 7243:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/edd8234d-5357-4f43-91dc-baafef2d600f/iso-7243-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/edd8234d-5357-4f43-91dc-baafef2d600f/iso-7243-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Méthode	2
5 Détermination de l'indice WBGT	3
6 Détermination du métabolisme énergétique	3
7 Détermination des effets des vêtements	3
8 Période et durée des mesures	4
8.1 Période des mesures.....	4
8.2 Durée des mesures.....	4
9 Variations dans l'espace et dans le temps	5
9.1 Spécifications de mesure relatives à l'hétérogénéité de l'environnement (variations dans l'espace).....	5
9.2 Spécifications de mesure relatives aux variations dans le temps de l'indice WBGT.....	5
9.3 Spécifications de mesure relatives aux variations dans le temps du métabolisme énergétique.....	5
9.4 Spécifications de mesure relatives aux variations dans le temps de la tenue vestimentaire.....	6
10 Interprétation	6
Annexe A (informative) Valeurs de référence de l'indice de contrainte thermique WBGT	7
Annexe B (normative) Mesurage des paramètres utilisés dans l'indice WBGT et spécification des instruments	9
Annexe C (informative) Autres thermomètres à globe	11
Annexe D (informative) Prévision de la température humide naturelle	13
Annexe E (informative) Estimation du métabolisme énergétique	15
Annexe F (informative) Valeurs d'ajustement pour les vêtements (CAV)	16
Bibliographie	17

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré 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 7243:1989), qui a fait l'objet d'une révision technique, et contient les modifications suivantes:

- à l'[Annexe A](#) informative, des limites d'exposition supplémentaires sont représentées à la [Figure A.1](#), ainsi que des équations de référence;
- l'estimation de la contrainte thermique inclut maintenant les effets des vêtements;
- les erreurs potentielles et les réglages pour les capteurs de température de globe noir non normalisés sont décrits;
- une méthode de prévision de la température humide naturelle est fournie.

Introduction

La présente Norme internationale fournit une méthode d'estimation de la contrainte thermique. Elle fait partie d'une série de normes consacrée à l'évaluation des ambiances thermiques. Celles-ci comprennent des normes relatives à l'évaluation des ambiances chaudes, modérées et froides concernant à la fois les principes d'évaluation et leur application pratique.

L'indice WBGT (température humide et de globe noir) est un indice de contrainte thermique dont la valeur représente l'ambiance thermique à laquelle est exposé un individu. Cet indice est facile à déterminer dans la plupart des environnements. Il convient de le considérer comme une méthode d'examen préalable permettant d'établir la présence ou l'absence de contrainte thermique.

Une méthode d'estimation de la contrainte thermique, basée sur l'analyse des échanges de chaleur entre une personne et l'ambiance, permet une estimation plus précise de la contrainte et une analyse des moyens de protection (voir l'ISO 7933). Il convient d'utiliser une telle méthode soit directement lorsque l'on souhaite effectuer une analyse approfondie des conditions de travail à la chaleur, soit en complément de la méthode décrite dans la présente norme, basée sur l'indice WBGT, lorsque les valeurs WBGT obtenues dépassent les valeurs de référence indiquées.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 7243:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/edd8234d-5357-4f43-91dc-baafef2d600f/iso-7243-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/edd8234d-5357-4f43-91dc-baafef2d600f/iso-7243-2017>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7243:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/edd8234d-5357-4f43-91dc-baafef2d600f/iso-7243-2017>

Ergonomie des ambiances thermiques — Estimation de la contrainte thermique basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir)

1 Domaine d'application

Le présent document décrit une méthode d'examen préalable permettant d'évaluer la contrainte thermique à laquelle est exposée une personne et d'établir la présence ou l'absence de contrainte thermique.

Il s'applique à l'évaluation de l'effet de la chaleur sur une personne pendant son exposition totale au cours d'une journée de travail (jusqu'à 8 heures).

Il ne s'applique pas à de très courtes expositions à la chaleur.

Il s'applique à l'évaluation des environnements de travail intérieur et extérieur ainsi qu'à d'autres types d'environnement, et aux hommes et femmes adultes et aptes au travail.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 7243:2017

ISO 7933, *Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de l'astreinte thermique prévisible*

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

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.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>
- IIEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1

température humide et de globe noir indice WBGT

indice simple de l'ambiance qui est considéré conjointement avec le métabolisme énergétique afin d'évaluer la possibilité de contrainte thermique pour les personnes exposées à des conditions chaudes

Note 1 à l'article: L'indice WBGT combine la mesure de deux paramètres dérivés, la température humide naturelle (t_{nw}) et la température de globe noir (t_g). Lorsque les capteurs sont influencés par le rayonnement incident direct du soleil (charge solaire) à l'extérieur ou à l'intérieur, la pondération de la température de globe noir est réduite en incluant la température de l'air (t_a).

3.2

température humide et de globe noir effective indice WBGT effectif

WBGT_{eff}

valeur de l'indice WBGT ajustée en fonction des effets des vêtements

Note 1 à l'article: Il donne l'indice WBGT de l'environnement lorsque les vêtements réels sont portés, équivalent à celui lorsque des vêtements de travail standard sont portés (indice d'isolement thermique $I_{cl} = 0,6$ clo, $i_m = 0,38$). Voir l'ISO 9920.

3.3

valeur d'ajustement pour les vêtements

CAV

ajustement de la valeur de l'indice WBGT pour prendre en compte les effets de la tenue vestimentaire ayant des propriétés thermiques différentes de celles de vêtements de travail standard

4 Méthode

Le niveau de contrainte thermique auquel est exposée une personne dépend:

- des caractéristiques de l'environnement régissant le transfert de chaleur entre l'ambiance et le corps;
- de la production de chaleur à l'intérieur du corps, par suite d'une activité physique; et
- des vêtements portés qui modifient l'échange de chaleur avec l'environnement.

Une analyse détaillée de l'incidence de l'environnement sur la contrainte thermique nécessite la connaissance des quatre paramètres fondamentaux suivants: température de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse de l'air et humidité absolue (ISO 7726). Cependant, une estimation de cette incidence peut être obtenue par la mesure de paramètres dérivés de ces paramètres fondamentaux et qui sont fonction des caractéristiques physiques de l'environnement étudié. L'indice WBGT est utilisé pour obtenir une première approximation de la contrainte thermique subie par une personne (voir [Article 5](#)).

La charge thermique interne est le résultat du métabolisme énergétique lié à l'activité. Le taux de production de chaleur métabolique est généralement estimé (voir [Article 6](#)).

Le seuil de contrainte thermique suppose le port d'un maillot en coton à manches longues et d'un pantalon en coton. Un ajustement doit être effectué pour d'autres vêtements (voir [Article 7](#)).

La présente méthode d'estimation de la contrainte thermique repose sur l'évaluation de ces différents paramètres et le calcul de valeurs moyennes tenant compte des variations d'emplacement, de durée et d'activité ainsi que des variations dans le temps (voir [Article 8](#)).

Les valeurs de référence de l'indice WBGT (limites d'exposition) indiquées correspondent aux niveaux d'exposition prolongée jusqu'à 8 heures.

Les valeurs de l'indice WBGT obtenues par cette méthode sont comparées aux valeurs de référence de l'indice WBGT (limites d'exposition). Si les valeurs sont supérieures aux valeurs de référence, alors le risque de troubles liés à la chaleur augmente et il sera nécessaire

- de réduire directement la contrainte ou l'astreinte thermique au poste de travail par des méthodes appropriées; ou
- de procéder à une analyse détaillée de la contrainte thermique à l'aide de l'ISO 7933.

Il convient de noter que les seuils d'exposition décrits dans le présent document sont établis pour réduire le risque de maladie liée à la chaleur, et que cela n'exclut pas la possibilité d'autres résultats associés à des expositions à une contrainte thermique (par exemple, risque de brûlures et d'accidents, baisse de productivité ou inconfort).

5 Détermination de l'indice WBGT

Les [Formules \(1\)](#) et [\(2\)](#) fournissent des équations pour le calcul de l'indice WBGT et montrent la relation entre les différents paramètres:

- sans charge solaire

$$\text{WBGT} = 0,7t_{\text{nw}} + 0,3t_{\text{g}} \quad (1)$$

- avec charge solaire

$$\text{WBGT} = 0,7t_{\text{nw}} + 0,2t_{\text{g}} + 0,1t_{\text{a}} \quad (2)$$

La température de globe noir évalue la charge thermique rayonnante totale émise par le soleil et d'autres sources. La [Formule 2](#) correspond à une surestimation de la chaleur rayonnante directe émise par le soleil (charge solaire). Cela signifie que les dispositions du présent document s'appliquent lorsqu'il existe une charge thermique rayonnante avec ou sans rayonnement solaire direct [[Formules \(1\)](#) et [\(2\)](#)].

Les valeurs de référence ont été choisies de sorte que le niveau de contrainte thermique puisse être soutenu pendant l'exposition totale sur une journée de travail (jusqu'à 8 heures). L'intervalle de temps pour l'analyse est d'environ 1 heure, représentative de l'exposition. En cas de variations de l'environnement dans l'espace et/ou dans le temps, il est nécessaire de procéder à un ajustement pour tenir compte de ces variations, comme décrit en [9.1](#) (variation dans l'espace) et [9.2](#) (variation dans le temps).

L'[Annexe B](#) décrit les exigences relatives aux capteurs utilisés pour le mesurage de l'indice WBGT.

NOTE 1 Il existe des variantes dans la conception des capteurs réels de l'instrumentation utilisée pour évaluer l'indice WBGT. Les variantes courantes de conception sont décrites dans l'[Annexe C](#) avec une discussion sur les conséquences de la conception par rapport à la conception adoptée dans le présent document et spécifiée dans l'[Annexe B](#).

NOTE 2 La méthode préférentielle pour déterminer les valeurs de l'indice WBGT est la mesure directe à l'aide des capteurs spécifiés dans l'[Annexe B](#). Toutefois, il est parfois intéressant de prédire les valeurs de l'indice WBGT à partir des quatre paramètres, à savoir température de l'air, température moyenne de rayonnement, humidité relative et vitesse de l'air. (Voir les [Annexes C](#) et [D](#))

6 Détermination du métabolisme énergétique

La quantité de chaleur produite à l'intérieur du corps contribue de façon notable à la contrainte thermique et une estimation valable de celle-ci est essentielle pour l'évaluation. Le métabolisme énergétique, qui représente la quantité totale d'énergie consommée à l'intérieur du corps en fonction du temps, en est une bonne estimation pour la plupart des situations (c'est-à-dire qu'il est possible de supposer que l'énergie consommée correspond à la chaleur produite car l'énergie consommée pour d'autres fonctions telles que le travail extérieur est généralement négligeable en comparaison).

Le métabolisme énergétique peut être classé en repos, métabolisme faible, métabolisme modéré, métabolisme élevé ou métabolisme très élevé selon l'[Annexe E](#). Les valeurs indiquées dans le [Tableau E.1](#) sont basées sur un travail continu aux niveaux d'effort décrits. En cas de travail intermittent, une moyenne pondérée dans le temps doit être calculée selon [9.3](#).

Si une estimation plus détaillée est requise, il convient alors d'utiliser les méthodes décrites dans l'ISO 8996.

7 Détermination des effets des vêtements

Les valeurs de référence (limites d'exposition) indiquées dans l'[Annexe A](#) ont été déterminées en utilisant des vêtements de travail en coton (0,6 clo et $i_m = 0,38$) comme vêtements de référence. Des vêtements différents, notamment ceux qui ont une résistance à l'évaporation différente, sont susceptibles d'avoir un effet différent sur le niveau de contrainte thermique. Pour des matériaux et configurations vestimentaires

différents des vêtements de travail standard, des valeurs d'ajustement pour les vêtements (CAV), en unités de température WBGT, sont fournies. La valeur CAV est ajoutée à l'indice WBGT mesuré afin d'obtenir un indice WBGT effectif ($WBGT_{eff}$) qui représente une estimation de la contrainte thermique fournie par les vêtements réels portés comme un environnement équivalent, soit

$$WBGT_{eff} = WBGT + CAV \quad (3)$$

L'[Annexe F](#) contient la liste des valeurs CAV. Il convient de se rappeler que les effets des vêtements peuvent être complexes et que la valeur CAV est un simple ajustement et une première approximation pour prendre en compte la contrainte thermique s'exerçant sur une personne, telle que déterminée à partir de résultats de laboratoire.

La valeur CAV peut ne pas être directement connue pour une tenue vestimentaire. Dans ce cas, il est possible de l'estimer à partir de vêtements ayant des propriétés thermiques similaires. Les propriétés thermiques d'une vaste gamme de vêtements sont fournies dans l'ISO 9920.

Pour les tenues vestimentaires pour lesquelles la valeur CAV ne peut pas être déterminée, le présent document ne doit pas être utilisé et une analyse détaillée de la contrainte thermique doit être effectuée à l'aide de l'ISO 7933.

La valeur CAV est une approximation de l'effet du port de vêtements différents des «vêtements de travail ordinaires» pour lesquels les valeurs de référence données dans l'[Annexe A](#) s'appliquent sans ajustement pour les vêtements (CAV = 0). En général, la valeur CAV augmente lorsque la résistance à l'évaporation augmente (ou lorsque l'indice de perméabilité diminue). Les autres effets sont la chaleur rayonnante, la vitesse de l'air, les mouvements du corps, les configurations vestimentaires et l'humidité. Parmi ceux-ci, la valeur CAV est fortement influencée par la combinaison d'une résistance élevée à l'évaporation et d'une humidité élevée. Dans ce cas, et en raison de la nature simpliste de l'ajustement, il convient que la valeur CAV soit une estimation haute pour prévoir une marge de sécurité. Les effets de la chaleur rayonnante sur la valeur CAV ne sont pas connus.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/edd8234d-5357-4f43-91dc-baafef2d600f/iso-7243-2017>

8 Période et durée des mesures

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/edd8234d-5357-4f43-91dc-baafef2d600f/iso-7243-2017>

8.1 Période des mesures

La détermination de l'indice WBGT ne permet que l'estimation de la contrainte thermique subie par un travailleur au moment où les mesures ont été effectuées. En conséquence, il est recommandé de réaliser celles-ci aux périodes de l'année durant lesquelles une contrainte thermique est la plus susceptible d'apparaître, c'est-à-dire généralement en période chaude d'été. Pour la même raison, il est préférable de choisir la période représentative de l'exposition en milieu de journée, ou lorsque l'exposition est la plus susceptible d'induire une contrainte thermique.

Si le travail sur une journée est divisé en types ou catégories nettement différents, il peut alors être nécessaire d'effectuer des mesures et des évaluations séparées des différents types de travail.

EXEMPLE Lorsque des travaux légers sont principalement exécutés dans la matinée et des travaux intenses l'après-midi, ou lorsque les valeurs de l'indice WBGT sont nettement différentes pour des périodes de plus d'une heure.

8.2 Durée des mesures

Une mesure de l'indice WBGT est requise sur une période représentative d'environ une heure. La durée de chaque mesure dépend du temps de réponse du capteur utilisé, qui peut dans certains cas être assez important (température de globe noir, notamment). Il convient qu'une valeur stable soit établie pour toutes les lectures de capteur avant d'enregistrer les valeurs assignées à cette lecture. La durée totale de mesure peut donc être supérieure à l'heure utilisée comme base de temps dans l'analyse (voir [9.2](#)).

Il est possible d'enregistrer des mesures environnementales avec une résolution élevée (par exemple chaque seconde ou minute) et de mémoriser de grandes quantités de données au format numérique.

Les constantes de temps, la précision et la sensibilité de l'instrumentation doivent être prises en compte lors du mesurage de tout paramètre.

9 Variations dans l'espace et dans le temps

9.1 Spécifications de mesure relatives à l'hétérogénéité de l'environnement (variations dans l'espace)

Il convient normalement de mesurer les valeurs de l'indice WBGT à hauteur de l'abdomen (ISO 7726) des personnes exposées à la chaleur. Lorsque des paramètres dans l'espace entourant les personnes ne sont pas homogènes, il convient d'effectuer la mesure au niveau de la position où la contrainte thermique est la plus élevée.

Dans le cas où il est impossible de placer les capteurs à l'endroit où se trouve normalement le travailleur, il convient de les placer dans une position telle qu'ils soient soumis à la même influence de l'environnement.

9.2 Spécifications de mesure relatives aux variations dans le temps de l'indice WBGT

Lorsque les analyses de l'environnement et de l'activité ont montré qu'un paramètre ne présentait pas une valeur constante dans le temps, une valeur moyenne représentative doit être déterminée.

La procédure la plus précise consiste à mesurer l'évolution continue de ce paramètre en fonction du temps et à en déduire la valeur moyenne par intégration. Cette méthode ne pouvant être que difficilement utilisée dans de nombreux cas, les variations de chaque paramètre sont répertoriées en niveaux sensiblement constants. La valeur moyenne du paramètre considéré est alors obtenue en pondérant les niveaux des différentes classes par le temps cumulé pendant lequel chacun de ces niveaux a été atteint.

ISO 7243:2017

La base de temps T pour le calcul des valeurs moyennes est une période d'environ 1 h, qui est représentative de l'exposition possible à la contrainte thermique. La valeur moyenne d'un paramètre p (par exemple: température de l'air, température humide naturelle, température de globe noir ou WBGT dans le cas de la mesure simultanée des trois paramètres caractéristiques de l'environnement), dont l'évolution en fonction du temps a été décomposée en n niveaux est donc exprimée par la [Formule \(4\)](#):

$$\bar{p} = \frac{(p_1 \times t_1) + (p_2 \times t_2) + \dots + (p_n \times t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad (4)$$

où p_1, p_2, \dots, p_n est le niveau du paramètre atteint pendant le temps t_1, t_2, \dots, t_n ;

$$t_1 + t_2 + \dots = T = 1 \text{ h} \quad (5)$$

Le nombre de mesures à effectuer dépend de la vitesse de variation des paramètres, des caractéristiques de réponse des capteurs utilisés et de la précision de mesure souhaitée.

9.3 Spécifications de mesure relatives aux variations dans le temps du métabolisme énergétique

La [Formule \(4\)](#) s'applique à la détermination de la valeur moyenne pondérée dans le temps du métabolisme énergétique, basée sur des valeurs mesurées ou estimées à partir de tables de référence. Le métabolisme énergétique est classé dans l'une des cinq grandes classes présentées dans l'[Annexe E](#). Le niveau moyen de métabolisme énergétique est déterminé à l'aide de la [Formule \(4\)](#), où le paramètre est le métabolisme énergétique, en prenant pour chaque activité élémentaire la valeur moyenne du métabolisme énergétique indiquée dans le [Tableau E.1](#).