
**Ergonomie des ambiances thermiques —
Évaluation des ambiances thermiques
dans les véhicules —**

Partie 2:
**Détermination de la température
équivalente**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Ergonomics of the thermal environment — Evaluation of thermal
environments in vehicles —*

*ISO 14505-2:2006
Part 2: Determination of equivalent temperature*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/723520c6-f880-4499-9d39-ebbbee681c98/iso-14505-2-2006>



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 14505-2:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/723520e6-f880-4499-9d39-ebbbee681c98/iso-14505-2-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/723520e6-f880-4499-9d39-ebbbee681c98/iso-14505-2-2006>

© ISO 2006

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 Principes d'évaluation	2
4.1 Description générale de la température équivalente	3
4.2 Principe général de détermination de la température équivalente	3
5 Températures équivalentes spécifiques	4
5.1 Généralités	4
5.2 Température équivalente du corps dans son ensemble	4
5.3 Température équivalente segmentaire	5
5.4 Température équivalente directionnelle	5
5.5 Température équivalente omnidirectionnelle	6
6 Instruments de mesure	7
7 Évaluation	8
7.1 Détermination de la température équivalente du corps dans son ensemble	8
7.2 Détermination de la température équivalente locale	8
Annexe A (informative) Exemples d'instruments de mesure	9
Annexe B (informative) Caractéristiques et spécifications des instruments de mesure	12
Annexe C (informative) Étalonnage et autres déterminations	18
Annexe D (informative) Interprétation de la température équivalente	20
Annexe E (informative) Exemples	23
Bibliographie	26

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 14505-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 5, *Ergonomie de l'environnement physique*.

L'ISO 14505 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Ergonomie des ambiances thermiques — Évaluation des ambiances thermiques dans les véhicules*:

- *Partie 1: Principes et méthodes d'évaluation du stress induit par la température* [Spécification technique]
- *Partie 2: Détermination de la température équivalente*
- *Partie 3: Évaluation du confort thermique en ayant recours à des sujets humains*

Introduction

L'interaction entre les échanges thermiques par convection, par rayonnement et par conduction à l'intérieur d'un habitacle de véhicule ou dans des espaces confinés analogues est très complexe. Les charges thermiques extérieures associées au système de chauffage et de ventilation intérieure du véhicule créent un climat local qui peut varier de façon significative dans l'espace et dans le temps. Des conditions thermiques asymétriques se produisent et celles-ci sont souvent la principale cause de plaintes d'inconfort thermique. Dans les véhicules ne disposant pas d'un système de chauffage, de ventilation et de climatisation (système CVCA) ou dans lesquels ce système fonctionne de façon médiocre, la contrainte thermique est déterminée en général par l'impact des conditions climatiques ambiantes sur l'habitacle du véhicule. Une évaluation subjective est par nature intégratrice, car l'individu regroupe en une réaction l'effet combiné de plusieurs stimuli thermiques. Cependant, elle n'est pas suffisamment détaillée et précise pour une utilisation répétée. Les mesurages physiques fournissent des informations détaillées et précises, mais nécessitent une intégration pour prévoir les effets thermiques sur l'homme. Étant donné que plusieurs facteurs climatiques influencent le bilan thermique définitif d'une personne, une mesure intégrée de ces facteurs, respectant leur degré d'importance relative, s'avère nécessaire.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 14505-2:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/723520e6-f880-4499-9d39-ebbbee681c98/iso-14505-2-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/723520e6-f880-4499-9d39-ebbbee681c98/iso-14505-2-2006>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 14505-2:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/723520e6-f880-4499-9d39-ebb6e681c98/iso-14505-2-2006>

Ergonomie des ambiances thermiques — Évaluation des ambiances thermiques dans les véhicules —

Partie 2: Détermination de la température équivalente

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 14505 donne des lignes directrices relatives à l'évaluation des conditions thermiques à l'intérieur d'un habitacle de véhicule. Elle peut également s'appliquer à d'autres espaces confinés où règnent des conditions climatiques asymétriques. Elle est essentiellement destinée à l'évaluation des conditions thermiques, lorsque les écarts par rapport à la neutralité thermique sont relativement faibles. L'une des méthodes appropriées décrite dans la présente partie de l'ISO 14505 peut être choisie pour être incluse dans des normes de performance spécifiques en vue d'essayer les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (système CVCA) des véhicules et les espaces confinés analogues.

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*

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 température équivalente

t_{eq}
température d'un espace homogène, dont la température moyenne de rayonnement est égale à la température de l'air et où la vitesse de l'air est égale à zéro, dans lequel une personne échange la même déperdition de chaleur par convection et par rayonnement que dans les conditions réelles soumises à évaluation

3.2 température équivalente du corps dans son ensemble

$t_{eq, whole}$
température d'une enceinte imaginaire, dont la température des surfaces environnantes est égale à la température de l'air et où la vitesse de l'air est égale à zéro, dans laquelle un capteur chauffé, de forme humaine, grandeur nature, échangera la même chaleur sèche par rayonnement et par convection que dans le véritable environnement non uniforme

3.3 température équivalente segmentaire

$t_{eq, segment}$
température uniforme d'une enceinte imaginaire, dont la température des surfaces environnantes est égale à la température de l'air et où la vitesse de l'air est égale à zéro, dans laquelle une ou plusieurs zones sélectionnées d'un mannequin thermique échangeront la même chaleur sèche par rayonnement et par convection que dans le véritable environnement non uniforme

3.4 température équivalente directionnelle

$t_{eq, direct}$
température uniforme d'une enceinte imaginaire, dont la température des surfaces environnantes est égale à la température de l'air et où la vitesse de l'air est égale à zéro, dans laquelle une petite surface plate et chauffée échangera la même chaleur sèche par rayonnement et par convection que dans le véritable environnement non uniforme

3.5 température équivalente omnidirectionnelle

$t_{eq, omni}$
température uniforme d'une enceinte imaginaire, dont la température des surfaces environnantes est égale à la température de l'air et où la vitesse de l'air est égale à zéro, dans laquelle un ellipsoïde chauffé échangera la même chaleur sèche par rayonnement et par convection que dans le véritable environnement non uniforme

3.6 segment

partie d'un capteur de forme humaine correspondant en général à une partie réelle du corps, constituée d'une ou plusieurs zones entières pour lesquelles une température équivalente segmentaire, $t_{eq, segment}$, est présentée

3.7 zone

division physique d'un mannequin, réglée de manière indépendante, à l'intérieur de laquelle sont mesurés la température de surface et l'échange de chaleur

3.8 système CVCA

système de chauffage, ventilation et climatisation d'air du véhicule et/ou de la cabine

4 Principes d'évaluation

Le principe d'évaluation est fondé sur le mesurage de la température équivalente. La température équivalente fournit une estimation physique unifiée des effets climatiques sur l'échange de chaleur sèche du corps humain. En se basant sur la valeur réelle de la température équivalente et sur la variation de celle-ci, il est possible de prévoir les conditions propices à un équilibre thermique dans les conditions régnant dans la zone de neutralité thermique ou proches de celle-ci. La sensation thermique des personnes est influencée principalement par des niveaux locaux et généraux et par des variations dans le flux de chaleur au niveau de la surface cutanée. Les valeurs de la température équivalente d'un environnement défini se sont révélées étroitement liées aux votes de sensation thermique des personnes exposées au même environnement. Cela peut être utilisé pour l'interprétation de la valeur de t_{eq} et l'évaluation de la qualité de l'environnement.

Le climat est évalué en termes de *température équivalente totale*, qui décrit le niveau de *neutralité thermique*.

Le climat est également évalué au niveau des effets locaux sur des parties définies de la surface du corps humain. Les *températures équivalentes locales* déterminent dans quelle mesure les véritables parties du corps subissent des déperditions de chaleur demeurant dans des limites acceptables (*inconfort local*).

4.1 Description générale de la température équivalente

La température équivalente est une grandeur physique pure qui intègre les effets indépendants de la convection et du rayonnement sur l'échange de chaleur du corps humain. L'échange de chaleur globale (corps dans son ensemble) fournit la meilleure description de ce rapport. Pour les rapports entre l'échange de chaleur sèche locale et la température équivalente locale, l'expérience acquise est limitée. La définition normalisée de la t_{eq} s'applique uniquement au corps dans son ensemble. Il faut donc modifier la définition pour les besoins de la présente partie de l'ISO 14505. La t_{eq} ne prend pas en compte la perception et la sensation humaines ou d'autres aspects subjectifs. Cependant, des études empiriques montrent que les valeurs de t_{eq} sont étroitement liées à la perception subjective de l'effet thermique.

4.2 Principe général de détermination de la température équivalente

La détermination de la t_{eq} est basée sur des équations relatives au transfert de chaleur par convection et par rayonnement pour des personnes vêtues. L'échange de chaleur par conduction est supposé faible et est calculé en fonction du rayonnement et de la convection.

$$R = h_r (t_{sk} - \bar{t}_r) \quad (1)$$

$$C = h_c (t_{sk} - t_a) \quad (2)$$

où

R est l'échange de chaleur par rayonnement, en watts par mètre carré (W/m^2);

C est l'échange de chaleur par convection, en watts par mètre carré (W/m^2);

h_r est le coefficient de transfert de chaleur par rayonnement, en watts par mètre carré degré Celsius [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$];

h_c est le coefficient de transfert de chaleur par convection, en watts par mètre carré degré Celsius [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$];

t_{sk} est la température cutanée, en degrés Celsius ($^\circ C$);

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

t_a est la température de l'air ambiant, en degrés Celsius ($^\circ C$).

Dans la pratique, la température équivalente est déterminée et définie par

$$t_{eq} = t_s - \frac{Q}{h_{cal}} \quad (3)$$

où

t_{eq} est la température de l'environnement normalisé;

t_s est la température de surface;

Q est la déperdition de chaleur par convection et par rayonnement mesurée dans les conditions réelles,

$$Q = R + C \quad (4)$$

h_{cal} est le coefficient de transfert de chaleur combiné, déterminé lors de l'étalonnage dans un environnement normalisé.

L'environnement normalisé comprend des conditions thermiques uniformes et homogènes avec $t_a = \bar{t}_r$ et la vitesse de l'air, $v_a < 0,1$ m/s. Un mode opératoire d'étalonnage approprié est décrit dans l'Annexe C.

5 Températures équivalentes spécifiques

5.1 Généralités

Étant donné qu'il n'existe aucune méthode pour mesurer la t_{eq} totale réelle ou locale, quatre températures équivalentes spécifiques sont calculées en fonction de différents principes de mesurage décrits en 5.2 à 5.5. En fonction de différents principes de mesurage, ces températures sont définies comme suit:

- température équivalente du corps dans son ensemble,
- température équivalente segmentaire,
- température équivalente directionnelle,
- température équivalente omnidirectionnelle.

5.2 Température équivalente du corps dans son ensemble

5.2.1 Principe de détermination

Le principe de la détermination consiste à mesurer le flux total de chaleur émise d'un mannequin d'essai de taille humaine comprenant plusieurs zones, chacune avec une température de surface mesurée spécifique similaire à celle d'un être humain. Théoriquement, la température équivalente du corps dans son ensemble peut être mesurée avec des mannequins thermiques ou un nombre important de capteurs plats chauffés attachés à un mannequin non chauffé. L'exactitude du résultat est fonction de la température de surface, de la taille du corps, du nombre de zones et leur division, de la posture, etc. Une méthode appropriée consiste à utiliser un mannequin thermique divisé en zones distinctes, chauffées individuellement, couvrant l'ensemble du corps, avec des températures de surface proches de celles d'un véritable être humain. Un mannequin de taille humaine avec seulement une zone ne permettra pas de déterminer une t_{eq} réaliste d'un corps dans son ensemble, car les conditions thermiques varient trop sur toute la surface. Plus il y a de zones sur le mannequin, plus la valeur mesurée sera correcte.

5.2.2 Calcul

$$t_{eq,whole} = t_{sk,whole} - \frac{Q_{whole}}{h_{cal,whole}} \quad (5)$$

$$t_{sk,whole} = \frac{\sum (t_{sk,n} \times A_n)}{\sum A_n} \quad (6)$$

$$Q_{whole} = \frac{\sum (Q_n \times A_n)}{\sum A_n} \quad (7)$$

où

$h_{cal, whole}$ est déterminé par étalonnage dans un environnement normalisé (voir Annexe C);

n est le nombre de zones du corps ($0 < n \leq N$).

Pour pouvoir comparer les résultats obtenus d'autres mannequins, il convient que la valeur de t_{eq} mesurée soit présentée avec les spécifications du mannequin utilisé, telles que le principe de régulation, la température cutanée, le nombre de zones, etc. (voir Annexes A et B).

5.3 Température équivalente segmentaire

5.3.1 Principe de détermination

Le principe de la détermination consiste à mesurer le flux total de chaleur émise d'un *segment* comprenant une ou plusieurs *zones*, chacune avec une température de surface mesurée spécifique similaire à celle d'un être humain.

La t_{eq} segmentaire est basée sur le flux de chaleur émise par une certaine partie du corps, c'est-à-dire un segment, comme la main, la tête ou la poitrine. La t_{eq} segmentaire peut seulement être mesurée à l'aide d'un capteur chauffé de forme humaine, grandeur nature, par exemple un mannequin thermique. Il faut que le nombre de zones et leur répartition correspondent au moins au segment réel pour lequel la t_{eq} segmentaire est mesurée. Pour certains segments, par exemple la cuisse, il est nécessaire de diviser en au moins deux zones à l'intérieur du même segment, car les conditions thermiques sont différentes sur la face avant et la face arrière (contact avec le siège) de la cuisse.

5.3.2 Calcul

$$t_{eq, segment} = t_{sk, segment} - \frac{Q_{segment}}{h_{cal, segment}} \quad (8)$$

$$t_{sk, segment} = \frac{\sum (t_{sk,n} \times A_n)}{\sum A_n} \quad (9)$$

$$Q_{segment} = \frac{\sum (Q_n \times A_n)}{\sum A_n} \quad (10)$$

où

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/723520e6-f880-4499-9d39-ebb6e681c98/iso-14505-2-2006>

$h_{cal, segment}$ est déterminé par étalonnage dans un environnement normalisé (voir Annexe C); et

n est le nombre de zones du corps ($0 < n \leq N$).

Le segment peut être choisi librement mais il faut qu'il comprenne une ou plusieurs zones entières. Normalement, les parties du corps telles la tête, les mains, les bras, les pieds, la poitrine, le dos et le postérieur sont choisies. Pour pouvoir comparer les résultats obtenus avec d'autres mesurages, il convient que la valeur de t_{eq} mesurée soit présentée avec les spécifications sur le segment utilisé, telles que le principe de régulation, la température de surface, la partie du corps, le nombre, la taille et la division des zones du segment (voir Annexes A et B).

5.4 Température équivalente directionnelle

5.4.1 Principe de détermination

Le principe de la détermination est de mesurer le flux total de chaleur émise d'une petite surface plate avec une température de surface mesurée. La t_{eq} *directionnelle* peut être décrite comme un vecteur normal au plan de mesurage en chaque point, défini par l'ampleur et la direction. Elle se rapporte à l'échange de chaleur à l'intérieur de la demi-sphère à l'avant du plan infinitésimal. La t_{eq} directionnelle peut seulement être mesurée à l'aide d'un capteur plat, lequel peut ou peut ne pas être attaché à un mannequin chauffé ou autre dispositif de positionnement. Plusieurs capteurs peuvent être utilisés simultanément pour déterminer la t_{eq} directionnelle à d'autres emplacements ou dans d'autres directions, à condition qu'ils soient positionnés de manière à ne pas avoir d'incidence les uns sur les autres.

5.4.2 Calcul

$$t_{\text{eq, direct}} = t_{\text{sk, direct}} - \frac{Q_{\text{direct}}}{h_{\text{cal, direct}}} \quad (11)$$

où

$t_{\text{sk, direct}}$ est la température de surface du capteur;

Q_{direct} est le flux de chaleur émise par le capteur;

$h_{\text{cal, direct}}$ est déterminé par étalonnage du capteur dans un environnement normalisé (voir Annexe C).

Une température équivalente locale, $t_{\text{eq, local}}$, peut être calculée sous forme d'une valeur moyenne à partir de plusieurs mesurages effectués au même emplacement mais dans différentes directions. Elle peut être calculée sous forme d'une moyenne arithmétique sans fonction de pondération ou avec pondération afin de simuler une posture particulière du corps.

$$t_{\text{eq, local}} = \frac{\sum t_{\text{eq, direct, } n}}{n} \quad (12)$$

où n est le nombre de directions.

$$t_{\text{eq, local}} = \sum (t_{\text{eq, direct, } n} \times A_n) \quad (13)$$

où n est le nombre d'emplacements avec $\sum(A_n) = 1$.

Une température équivalente totale peut être calculée sous forme d'une moyenne pondérée de températures équivalentes locales.

$$t_{\text{eq, local}} = \sum (t_{\text{eq, local, } n} \times A_n) \quad (14)$$

où n est le nombre de mesurages avec $\sum(A_n) = 1$ et A représente des postures corporelles.

Pour pouvoir comparer les résultats obtenus avec d'autres mesurages, il convient que la valeur de t_{eq} mesurée soit présentée avec les spécifications sur le capteur utilisé, telles que le principe de régulation, la température de surface, la taille ainsi que l'emplacement et la direction du capteur (voir Annexes A et B). La t_{eq} du corps dans son ensemble et la t_{eq} totale n'est pas la même. Dans un climat asymétrique et avec contact avec le siège, la différence sera considérable.

5.5 Température équivalente omnidirectionnelle

5.5.1 Principe de détermination

Le principe de la détermination est de mesurer le flux total de chaleur émis par la surface d'un ellipsoïde avec une température de surface mesurée. La t_{eq} *omnidirectionnelle* peut être décrite comme la valeur moyenne pondérée de la t_{eq} directionnelle dans toutes les directions. Les fonctions de pondération pour les différentes directions dépendent de la forme de l'ellipsoïde. Elle se rapporte à l'échange de chaleur dans toutes les directions. La t_{eq} omnidirectionnelle peut seulement être mesurée à l'aide d'un capteur ellipsoïdal avec un flux de chaleur uniforme sur toute la surface. Un ou plusieurs capteurs peuvent être utilisés simultanément. En cas d'utilisation de plusieurs capteurs, il faut signaler que, en tant que surfaces chaudes, les capteurs auront une incidence les uns sur les autres dans la sphère soumise au mesurage.