
Ergonomie — Évaluation de l'astreinte thermique par mesures physiologiques

*Ergonomics — Evaluation of thermal strain by physiological
measurements*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9886:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004>



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 9886:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004>

© ISO 2004

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	2
3 Symboles et termes abrégés	2
4 Mesurage de la température corporelle centrale (t_{CR})	3
4.1 Généralités	3
4.2 Techniques de mesurage des indicateurs de la température corporelle centrale	4
5 Mesure de la température cutanée (t_{SK})	7
5.1 Généralités	7
5.2 Principe de la méthode	7
5.3 Interprétation	7
6 Évaluation de l'astreinte thermique à partir de la fréquence cardiaque (HR)	7
6.1 Généralités	7
6.2 Principe de la méthode	8
6.3 Interprétation	8
7 Évaluation de l'astreinte physiologique à partir de la perte de la masse corporelle due à la sudation (Δm_{SW})	8
7.1 Principe de la méthode	8
7.2 Interprétation	9
Annexe A (informative) Comparaison des méthodes physiologiques d'évaluation de l'astreinte thermique	10
Annexe B (informative) Techniques de mesures	13
Annexe C (informative) Valeurs limites des paramètres physiologiques d'astreinte thermique	19
Bibliographie	22

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 9886 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 5, *Ergonomie de l'environnement physique*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 9886:1992), qui a fait l'objet d'une révision technique.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004>

Introduction

Le présent document fait partie d'une série de normes consacrées à l'évaluation de la contrainte et de l'astreinte thermique.

Cette série de Normes internationales vise en particulier

- a) l'établissement de spécifications relatives aux méthodes de mesurage des paramètres physiques caractérisant les ambiances thermiques;
- b) l'établissement de méthodes d'évaluation de la contrainte thermique en ambiances froides, modérées et chaudes.

Les méthodes d'analyse décrites par les autres normes de la série permettent de prévoir la réponse physiologique moyenne de sujets exposés à une ambiance thermique. Certaines de ces méthodes ne sont pas applicables lorsque les circonstances climatiques sont exceptionnelles, que les caractéristiques des sujets exposés s'écartent fortement de la moyenne ou que des moyens de protection spéciaux sont utilisés.

Dans ces cas, ou dans le cadre de recherches, il peut se révéler utile, voire nécessaire, de recourir au mesurage direct de l'astreinte physiologique subie par le sujet.

La présente Norme internationale dresse une série de spécifications relatives aux méthodes de mesurage et d'interprétation des paramètres physiologiques reflétant la réponse de l'organisme humain placé en ambiance thermique chaude ou froide.

[ISO 9886:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9886:2004](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004>

Ergonomie — Évaluation de l'astreinte thermique par mesures physiologiques

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit les méthodes de mesure et d'interprétation des paramètres physiologiques suivants:

- la température corporelle centrale;
- les températures cutanées;
- la fréquence cardiaque;
- la perte de masse corporelle.

Le choix des grandeurs à mesurer et des techniques à utiliser est laissé à l'appréciation des personnes responsables de la santé des travailleurs. Ces personnes auront à tenir compte non seulement de la nature des conditions thermiques, mais aussi du degré d'acceptation de ces techniques par les travailleurs concernés.

Il y a lieu d'insister sur le fait que des mesurages directs sur l'individu ne peuvent être réalisés qu'à deux conditions:

- a) lorsque la personne a été informée en détail de l'inconfort et des risques éventuels associés à la technique de mesurage et consent librement à de tels mesurages;
- b) lorsque les mesurages ne présentent pour la personne aucun risque qui soit inacceptable compte tenu des codes d'éthique généraux ou spécifiques.

Afin de faciliter ce choix, l'Annexe A présente une comparaison des différentes méthodes en ce qui concerne leur domaine d'application, leur complexité technique et la gêne et les risques qu'elles peuvent entraîner.

La norme définit les conditions à remplir pour assurer la fiabilité des informations recueillies à partir des différentes méthodes. Les techniques de mesurage sont exposées en Annexe B. Les valeurs limites sont proposées en Annexe C (informative).

La norme ne concerne pas les conditions expérimentales dans lesquelles des chercheurs peuvent être amenés à développer des méthodes alternatives destinées à affiner les connaissances dans ce domaine. Il est cependant recommandé que, lors de ces études en laboratoire, les méthodes décrites ci-dessous soient utilisées à titre de référence, de sorte que les résultats puissent être comparés.

Avant d'utiliser les méthodes d'évaluation décrites dans la présente Norme internationale, l'utilisateur doit observer les règles déontologiques et juridiques en vigueur dans son pays ou son institution. Par conséquent, il consultera les comités de déontologie et observera strictement les règles relatives au libre consentement écrit, à la liberté de participation, à la confidentialité, etc.

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

3 Symboles et termes abrégés

A_{Du}	surface du corps calculée selon la formule de Du Bois (m^2)
HR	fréquence cardiaque (battements·min ⁻¹)
HR_0	fréquence cardiaque moyenne (battements·min ⁻¹) du sujet au repos, en position assise dans des conditions thermiques neutres
HR_r	fréquence cardiaque (battements·min ⁻¹) lors d'une pause pendant le travail, après que les composantes de la fréquence cardiaque dues aux efforts statiques et au travail musculaire dynamique aient disparu
HR_L	limite de la fréquence cardiaque (battements·min ⁻¹)
ΔHR_M	élévation de la fréquence cardiaque (battements·min ⁻¹) liée au métabolisme de travail
ΔHR_S	élévation de la fréquence cardiaque (battements·min ⁻¹) liée à la production d'efforts musculaires statiques
ΔHR_T	élévation de la fréquence cardiaque (battements·min ⁻¹) liée à l'astreinte thermique subie par le sujet
ΔHR_N	élévation de la fréquence cardiaque (battements·min ⁻¹) due à des facteurs psychologiques
ΔHR_e	composante résiduelle dans la fréquence cardiaque (battements·min ⁻¹) liée au rythme de la respiration, au rythme circadien, etc.
I_{cl}	isolement thermique du vêtement (clo)
k_i	coefficient de pondération d'un point de mesurage
Δm	variation de la masse corporelle
M	métabolisme énergétique moyen (W/m^2)
Δm_{clo}	variation de la masse due à la variation du vêtement ou à l'accumulation de sueur dans celui-ci
Δm_g	perte brute de masse corporelle
Δm_O	perte de masse due à la différence de masse entre le dioxyde de carbone et l'oxygène
Δm_{res}	perte de masse due à l'évaporation dans les voies respiratoires
Δm_{sol}	variation de la masse due à la prise (nourriture) et à l'excrétion (matières fécales) de solides

Δm_{sw}	perte de masse due à la perte sudorale durant l'intervalle de temps donné
Δm_{wat}	variation de la masse corporelle due à la prise et à l'excrétion (urine) d'eau
p_a	pression partielle de vapeur d'eau dans l'air (kPa)
R	quotient respiratoire (sans dimension)
Δt	intervalle de temps (min)
t_{ab}	température intra-abdominale (°C)
t_{ac}	température du conduit auditif (°C)
t_{cr}	température corporelle centrale (°C)
t_{es}	température œsophagienne (°C)
t_{or}	température buccale (°C)
t_{re}	température rectale (°C)
t_{sk}	température cutanée (°C)
t_{ski}	température cutanée locale au point i (°C)
t_{ty}	température tympanique (°C)
t_{ur}	température urinaire (°C)

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9886:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004>

4 Mesurage de la température corporelle centrale (t_{cr})

4.1 Généralités

Le terme «noyau» («parties profondes») fait référence à l'ensemble des tissus situés assez profondément pour ne pas être affectés par un gradient de température à travers les tissus superficiels. Toutefois, à l'intérieur du noyau, des différences de température sont possibles en fonction des métabolismes locaux, de la densité des réseaux vasculaires et des variations locales de débit sanguin. La température du noyau n'est donc pas une grandeur unique et mesurable en tant que telle. Cette température peut être approchée par la mesure de la température en différentes parties du corps:

- l'œsophage: température œsophagienne (t_{es});
- le rectum: température rectale (t_{re});
- le tractus gastro-intestinal: température intra-abdominale (t_{ab});
- la bouche: température buccale (t_{or});
- le tympan: température tympanique (t_{ty});
- le conduit auditif: température du conduit auditif (t_{ac});
- la température urinaire (t_{ur}).

L'ordre de présentation de ces différentes techniques a été adopté uniquement pour la simplicité de l'exposé.

En fonction de la technique adoptée, la température mesurée peut refléter

- la température moyenne de la masse corporelle, ou
- la température du sang irriguant le cerveau et dès lors influençant les centres de thermorégulation de l'hypothalamus. Cette température est habituellement considérée comme décrivant l'astreinte thermique subie par le sujet.

4.2 Techniques de mesurage des indicateurs de la température corporelle centrale

4.2.1 Température œsophagienne (t_{es})

4.2.1.1 Principe de la méthode

Le capteur de température est introduit dans la partie inférieure de l'œsophage qui est en contact sur une longueur de 50 mm à 70 mm avec la face antérieure de l'oreillette gauche et la face postérieure de l'aorte descendante. Placé à ce niveau, le capteur de température enregistre les variations de la température du sang artériel avec un temps de latence très court.

Dans sa partie supérieure, l'œsophage est appliqué contre la trachée et la mesure de température à ce niveau est influencée par la ventilation. À l'inverse, si le capteur est placé trop bas, il enregistre la température gastrique.

Le capteur est également influencé par la température de la salive avalée par le sujet. La température œsophagienne est dès lors donnée non par la valeur moyenne des températures enregistrées, mais par les valeurs de pointe. Ceci est particulièrement important dans le cas d'environnements froids où la salive peut être fraîche.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004>

4.2.1.2 Interprétation

De toutes les mesures indirectes de t_{cr} mentionnées en 4.2.1.1, t_{es} est celle qui reflète le mieux les variations de température du sang artériel à la sortie du cœur, et très probablement la température du sang irriguant les centres de thermorégulation dans l'hypothalamus.

4.2.2 Température rectale (t_{re})

4.2.2.1 Principe de la méthode

Le capteur de température est introduit dans le rectum; celui-ci étant entouré d'une masse importante de tissus abdominaux de faible conductibilité thermique, la température rectale est indépendante des conditions ambiantes.

4.2.2.2 Interprétation

Lorsque le sujet est au repos, la température rectale est la plus élevée des températures corporelles. À l'inverse, lorsque le sujet est au travail, t_{re} est directement influencée par la production de chaleur des muscles locaux: à dépense énergétique égale par unité de temps, t_{re} est plus élevée lorsque le travail est effectué avec les jambes que lorsqu'il est réalisé exclusivement avec les bras.

t_{re} reflète essentiellement la température moyenne de la masse corporelle. Elle ne peut être considérée comme un indicateur de la température du sang et dès lors de la température des centres de thermorégulation, que pour autant que l'accumulation de chaleur soit lente et que le travail concerne le corps entier.

En cas d'accumulation lente et lorsque le travail est essentiellement effectué avec les jambes, la mesure de t_{re} conduit à une légère surévaluation de la température des centres de thermorégulation.

À l'inverse, en cas d'accumulation rapide, lors d'une contrainte thermique intense et de courte durée, t_{re} s'élève plus lentement que la température des centres de thermorégulation, poursuit son élévation au-delà du temps d'exposition pour enfin décroître progressivement. Les vitesses d'augmentation et les retards sont fonction des conditions d'exposition et de récupération. Dans ces cas, la valeur de t_{re} est inappropriée pour l'évaluation de l'astreinte subie par la personne.

4.2.3 Température intra-abdominale (t_{ab})

4.2.3.1 Principe de la méthode

Un capteur de température est ingéré par le sujet. Durant son transit par le tube digestif, la température mesurée va varier suivant que le capteur est localisé dans une zone proche de gros vaisseaux artériels ou d'organes ayant un métabolisme local important ou, au contraire, près des parois abdominales.

4.2.3.2 Interprétation

Lorsque le capteur est dans l'estomac ou le duodénum, les variations de température observées sont similaires à celles de t_{es} et la différence entre ces deux températures est très faible. Au fur et à mesure que le capteur progresse dans l'intestin, les caractéristiques de la température mesurée se rapprochent de celles décrites pour t_{re} . Dès lors, l'interprétation dépend du temps écoulé depuis l'ingestion du capteur et de la vitesse du transit gastro-intestinal chez l'individu étudié.

Dans l'état actuel des connaissances, t_{ab} semble être indépendante des conditions climatiques extérieures, sauf en cas d'exposition de l'abdomen à un flux intense de rayonnement.

4.2.4 Température buccale (t_{or})

ISO 9886:2004

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004)

4.2.4.1 Principe de la méthode

[c49fa1865848/iso-9886-2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bb69deef-9b9e-4710-a29a-c49fa1865848/iso-9886-2004)

Le capteur est placé sous la langue et est donc en contact avec les branches profondes de l'artère linguale. Il permet dès lors une mesure satisfaisante de la température du sang influençant les centres de thermorégulation.

Néanmoins, la température mesurée dépend des conditions extérieures. Lorsque la bouche est ouverte, les échanges thermiques par convection et évaporation à la surface des muqueuses buccales contribuent à abaisser la température de la cavité buccale. Même lorsque la bouche est fermée, la température peut être significativement abaissée en fonction d'une diminution de la température cutanée de la face, ou élevée lorsque la face est exposée à un flux intense de rayonnement thermique.

4.2.4.2 Interprétation

Lorsque les conditions de mesurage sont respectées, t_{or} est très proche de t_{es} . Chez le sujet au repos et dans des ambiances où la température de l'air est supérieure à 40 °C, t_{or} peut surestimer t_{es} de 0,25 °C à 0,4 °C. Chez le sujet au travail, la concordance entre t_{or} et t_{es} n'est établie que pour les niveaux d'efforts musculaires ne dépassant pas 35 % de la puissance aérobie maximale du sujet.

4.2.5 Température tympanique (t_{ty})

4.2.5.1 Principe de la méthode

Cette méthode a pour objet de mesurer la température de la membrane tympanique dont la vascularisation provient, pour une part, de l'artère carotide interne, qui irrigue également l'hypothalamus. L'inertie thermique du tympan étant faible, de par sa faible masse et son importante vascularisation, sa température suit les variations de la température du sang artériel, qui influence les centres de thermorégulation.

Cependant, la membrane tympanique étant également vascularisée par l'artère carotide externe, sa température est influencée par les échanges thermiques locaux dans le territoire vascularisé par cette artère. Le contact d'un capteur avec la membrane tympanique (ou la zone l'entourant) étant douloureux, soit la sonde thermique est placée aussi près que possible de la membrane tympanique ou sa température est mesurée par un dispositif à rayonnement infrarouge (IR) propre à mesurer la température superficielle et dirigé vers la membrane. Cependant, la méthode à rayonnement infrarouge rencontre souvent d'importants problèmes dans la pratique (voir B.1.6).

4.2.5.2 Interprétation

t_{ty} présente des variations parallèles à celles de t_{es} lors des variations rapides du contenu thermique du noyau, que celles-ci soient d'origine métabolique ou dues à l'environnement. L'écart observé entre ces deux températures, ou entre t_{ty} et t_{re} , est toutefois influencé par les échanges de chaleur autour de l'oreille et de la surface cutanée de la tête.

4.2.6 Température du conduit auditif (t_{ac})

4.2.6.1 Principe de la méthode

Le capteur est dans ce cas placé contre les parois du méat auriculaire, à proximité immédiate du tympan. Celles-ci sont vascularisées à partir de l'artère carotidienne externe et leur température est influencée à la fois par la température du sang artériel dans le cœur et par les variations du débit sanguin cutané au niveau de l'oreille et du cuir chevelu. Un gradient de température est par conséquent observé entre le tympan et l'orifice externe du méat auriculaire. Ce gradient peut être réduit en isolant de manière appropriée l'oreille du climat extérieur.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4.2.6.2 Interprétation

Les règles d'interprétation sont semblables à celles présentées pour la température tympanique. La température du conduit auditif présente donc, comme t_{ty} , des variations parallèles à celles de t_{es} .

Cependant, les écarts positifs observés en ambiance très chaude ou les écarts négatifs observés en ambiance froide par rapport à t_{es} sont systématiquement plus élevés que ceux observés pour t_{ty} . Par conséquent, t_{ac} peut être considérée plutôt comme un indicateur des températures combinées du noyau et de la peau que comme un indicateur de la température du noyau seulement.

Ce site de mesurage de la température est accepté par certains comme un compromis indispensable entre la précision de l'évaluation et la facilité d'utilisation pour le porteur et l'observateur.

4.2.7 Température urinaire (t_{ur})

4.2.7.1 Principe de la méthode

La vessie et son contenu peuvent être considérés comme faisant partie du noyau du corps. Le mesurage de la température de l'urine lors de la miction paraît donc susceptible de renseigner sur le niveau de la température t_{cr} . Le mesurage est réalisé au moyen d'un capteur de température introduit dans un dispositif de recueil de l'urine. Par définition, la réalisation du mesurage est dépendante du degré de remplissage vésical.

4.2.7.2 Interprétation

La température urinaire présente des variations parallèles à celles de t_{re} , mais la constante de temps est quelque peu supérieure. En valeur réelle, t_{ur} est systématiquement inférieure à t_{re} de 0,2 °C à 0,5 °C.