
**Dispositifs de protection
respiratoire — Facteurs humains —
Partie 5:
Effets thermiques**

Respiratory protective devices — Human factors —

Part 5: Thermal effects
iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 16976-5:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7e3a5-eb80-4bdd-a912-fc3bc56f8ecf/iso-ts-16976-5-2013>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 16976-5:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7e3a5-eb80-4bdd-a912-fc3bc56ffecf/iso-ts-16976-5-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

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
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, définitions, symboles et abréviations	2
3.1 Termes et définitions.....	2
3.2 Symboles et abréviations.....	2
4 Effets thermiques locaux	2
4.1 Généralités.....	2
4.2 Effets d'un contact cutané avec l'APR.....	3
4.3 Surfaces chaudes.....	3
4.4 Surfaces froides.....	4
4.5 Effets du gaz respirable inhalé sur les voies respiratoires et les tissus pulmonaires.....	9
5 Effets sur l'équilibre thermique du corps entier	11
5.1 Échanges thermiques respiratoires.....	11
5.2 Échanges thermiques au niveau de la surface de la peau.....	12
5.3 Métabolisme énergétique accru.....	13
5.4 Conditions thermoneutres.....	13
5.5 Contrainte thermique.....	14
5.6 Contrainte liée au froid.....	15
Bibliographie	17

[ISO/TS 16976-5:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7e3a5-eb80-4bdd-a912-fc3bc56ffecf/iso-ts-16976-5-2013)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7e3a5-eb80-4bdd-a912-fc3bc56ffecf/iso-ts-16976-5-2013>

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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, 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/CEI, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

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. 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 sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues (voir www.iso.org/patents).

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Pour plus d'explications sur la signification des termes et expressions spécifiques employés par l'ISO pour l'évaluation de la conformité, et pour plus d'informations au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC relatifs aux obstacles techniques au commerce (OTC), voir l'URL suivante: Avant-propos — Informations supplémentaires.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 94, *Sécurité individuelle — Vêtements et équipements de protection*, sous-comité SC 15, *Appareils de protection respiratoire*.

L'ISO/TS 16976 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Appareils de protection respiratoire — Facteurs humains*:

- *Partie 1: Régimes métaboliques et régimes des débits respiratoires* [Spécification technique]
- *Partie 2: Anthropométrie* [Spécification technique]
- *Partie 3: Réponses physiologiques et limitations en oxygène et en gaz carbonique dans l'environnement respiratoire* [Spécification technique]
- *Partie 4: Travail de respiration et de résistance à la respiration: limites physiologiques* [Spécification technique]
- *Partie 5: Effets thermiques* [Spécification technique]
- *Partie 7: Discours et audition* [Spécification technique]
- *Partie 8: Facteurs ergonomiques* [Spécification technique]

La partie suivante est en préparation:

- *Partie 6: Effets psycho-physiologiques* [Spécification technique]

Introduction

La conception, le choix et l'utilisation des appareils de protection respiratoire doivent répondre aux exigences physiologiques fondamentales de l'utilisateur. Le fonctionnement d'un appareil de protection respiratoire, la manière dont il est conçu et utilisé et les propriétés du matériau dont il est constitué peuvent avoir un effet thermique sur le corps humain.

La présente partie de l'ISO/TS 16976 fait partie d'une série de documents fournissant des données physiologiques et anthropométriques élémentaires concernant l'être humain. Elle contient des informations concernant les effets thermiques associés au port d'appareils de protection respiratoire.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 16976-5:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7e3a5-eb80-4bdd-a912-fc3bc56f8ecf/iso-ts-16976-5-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7e3a5-eb80-4bdd-a912-fc3bc56f8ecf/iso-ts-16976-5-2013>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 16976-5:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7e3a5-eb80-4bdd-a912-fc3bc56ffecf/iso-ts-16976-5-2013>

Dispositifs de protection respiratoire — Facteurs humains —

Partie 5: Effets thermiques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO/TS 16976 fait partie d'une série de Spécifications techniques fournissant des informations sur les facteurs liés à l'anthropométrie, la physiologie humaine, l'ergonomie et les performances en vue de l'élaboration de normes relatives à la conception, aux essais et à l'utilisation d'appareils de protection respiratoire. Elle contient des informations relatives aux effets thermiques des appareils de protection respiratoire sur le corps humain, portant notamment sur

- les températures de surfaces associées à une sensation d'inconfort et à des effets nocifs sur les tissus humains,
- les effets thermiques des températures du gaz respirable sur les voies respiratoires et les tissus pulmonaires,
- les effets de la température et de l'humidité du gaz respirable sur les échanges thermiques respiratoires, et
- les effets des appareils de protection respiratoire sur les échanges thermiques globaux du corps.

Les informations fournies représentent les données relatives à des hommes et femmes adultes de 20 ans à 60 ans. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7e3a5-eb80-4bdd-a912-fc3bc56ffecf/iso-ts-16976-5-2013>

2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 7730, *Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local*

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

ISO 11079, *Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination et interprétation de la contrainte liée au froid en utilisant l'isolement thermique requis du vêtement (IREQ) et les effets du refroidissement local*

ISO 13732-1, *Ergonomie des ambiances thermiques — Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec des surfaces — Partie 1: Surfaces chaudes*

ISO 13732-3, *Ergonomie des ambiances thermiques — Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec des surfaces — Partie 3: Surfaces froides*

ISO 16972, *Appareils de protection respiratoire — Termes, définitions, symboles graphiques et unités de mesure*

ISO/TS 16976-1, *Appareils de protection respiratoire — Facteurs humains — Partie 1: Régimes métaboliques et régimes des débits respiratoires*

ISO/TS 16976-3, *Appareils de protection respiratoire — Facteurs humains — Partie 3: Réponses physiologiques et limitations en oxygène et en gaz carbonique dans l'environnement respiratoire*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 16972 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1.1

clo

unité utilisée pour exprimer l'isolement thermique d'un vêtement

Note 1 à l'article: 1 clo est égal à 0,155 m² °C/W.

3.1.2

isolement thermique requis

IREQ

indice de contrainte liée au froid, déterminé conformément à l'ISO 11079

3.1.3

métabolisme énergétique

utilisation physiologique de l'énergie par unité de temps

3.1.4

astreinte thermique prévisible

PHS

indice de contrainte thermique, déterminé conformément à l'ISO 7933

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e7c7e3a5-eb80-4bdd-a912-fc3bc56ffecf/iso-ts-16976-5-2013>

3.2 Symboles et abréviations

EPI équipement de protection individuelle

APR appareil de protection respiratoire

PMV vote moyen prévisible

PPD pourcentage prévisible d'insatisfaits

T_s température de surface: température de la surface en contact avec la peau

T_a température ambiante: température de l'air autour du corps ou de l'air inhalé

T_c température de contact: température de l'interface entre la peau et la surface en contact

T_r température rectale: température centrale du corps

4 Effets thermiques locaux

4.1 Généralités

Les effets de la chaleur et du froid décrits ci-après varieront en fonction de la sensibilité individuelle.

Il convient de prêter attention aux échelles d'évaluation données dans l'ISO 8996[1].

4.2 Effets d'un contact cutané avec l'APR

Un transfert de chaleur par conduction a lieu via les mains lors de la manipulation de l'équipement et via le visage, la tête et le torse pendant l'utilisation réelle de l'équipement.

Compte tenu de leur nature particulière, les parties de l'APR sont en contact plus ou moins direct avec la peau nue, par exemple du visage. Dans les zones de contact, les échanges thermiques seront affectés. L'ampleur de cet effet dépend de la pression de contact, de la structure des surfaces, des dimensions de la surface de contact, de la masse de matériau en contact, des conditions thermiques et des propriétés thermiques des matériaux en contact.

Les matériaux utilisés dans les APR sont pour la plupart des matériaux à faible transfert thermique par conduction. Les parties métalliques font exception, notamment lorsqu'elles ne sont pas isolées.

Dans des environnements extrêmement chauds ou froids, les conditions ambiantes peuvent chauffer ou refroidir l'APR ou des parties de celui-ci, augmentant ainsi le risque d'un effet thermique sur la peau.

L'appréciation du risque de refroidissement ou d'échauffement de la peau nue par contact doit être fondée sur:

l'ISO 13732-1 pour les surfaces chaudes, et

l'ISO 13732-3 pour les surfaces froides.

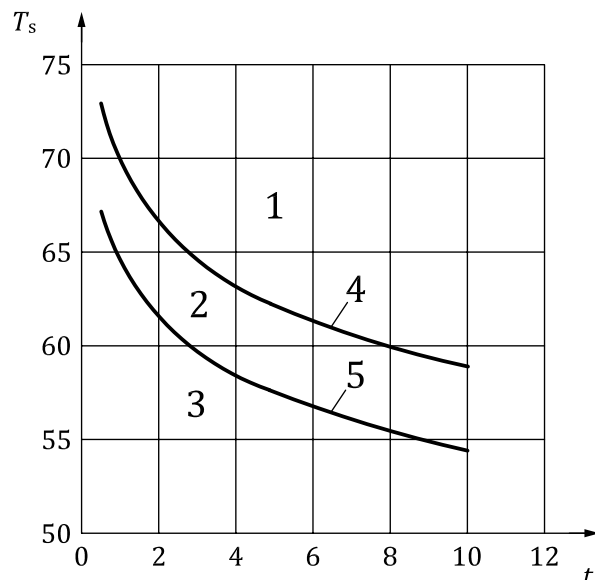
Les valeurs d'exposition et les critères utilisés dans les figures ci-dessous sont basés sur des contacts avec la surface de la peau des mains ou du corps. La peau du visage étant vraisemblablement plus sensible, notamment à l'inconfort, il convient d'utiliser des valeurs plus conservatives.

4.3 Surfaces chaudes

L'ISO 13732-1 fournit des informations complètes sur le risque de contact de la peau nue avec différents types de matériaux à différentes températures. La Figure 1 représente les températures de surface d'un métal poli qui peuvent provoquer des brûlures de la peau. Cette condition semble être le cas le plus grave, mais d'autres métaux, tels que l'acier et le cuivre, peuvent être aussi dangereux à des températures équivalentes ou légèrement plus élevées. D'autres matériaux comme le plastique, le verre et la céramique exigent une température considérablement plus élevée pour provoquer des lésions de la peau nue.

Pour une durée de contact prolongée (10 min et plus), le seuil de brûlure ne dépend pas du type de matériau.

Pour ces matériaux, la zone 3 «surface sûre» de la Figure 1 se déplace jusqu'à la ligne 4, c'est-à-dire la limite supérieure.



Légende

t durée de contact, en s

T_s température de surface, en °C

1 zone 1 indique un risque élevé de brûlure de la peau

2 zone 2 indique un risque possible de brûlure de la peau

3 zone 3 indique des températures de surface sûres

4 limite supérieure

5 limite inférieure

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 16976-5:2013

Figure 1 — Température de surface de surfaces métalliques polies non revêtues ayant des propriétés de conductivité thermique similaires pouvant provoquer des brûlures de la peau en moins de 10 s

Un APR est susceptible d'être utilisé pendant une courte durée, indiquée en minutes, ou pendant une durée prolongée, indiquée en heures. Le [Tableau 1](#) indique les seuils de brûlure pour des durées de contact supérieures ou égales à 1 min pour différents matériaux (modifié par rapport à l'ISO 13732-1). Les valeurs s'appliquant à des surfaces de contact inférieures à 10 % de la surface corporelle, elles sont donc applicables à la plupart des APR.

Tableau 1 — Seuil de brûlure pour des durées de contact supérieures ou égales à 1 min

Matériau	1 min	10 min	8 h et plus
	°C	°C	°C
Métal non revêtu	51	48	43
Métal revêtu	51	48	43
Céramique, verre et pierre	56	48	43
Plastiques	60	48	43
Bois	60	48	43

4.4 Surfaces froides

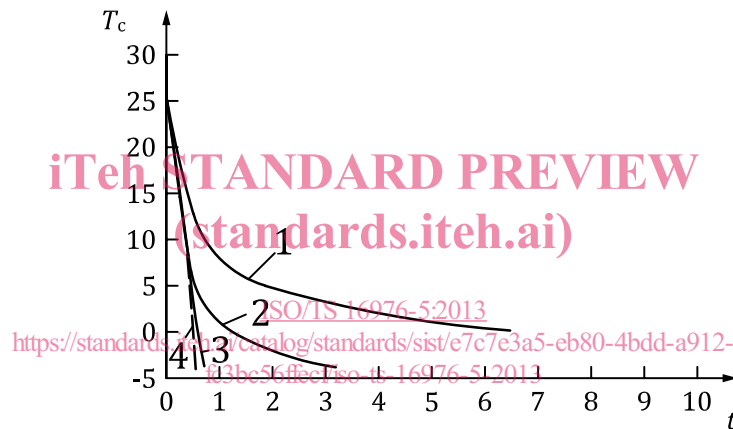
L'ISO 13732-3 fournit des informations détaillées sur l'évaluation des effets de refroidissement sur la peau en contact avec différents types de surfaces froides. Des informations sont données pour cinq

types de matériaux: aluminium, acier, pierre, plastique et bois. Pour chacun de ces matériaux, trois critères de refroidissement sont appliqués.

Comme avec une surface chaude, le contact d'une petite surface de peau avec des éléments métalliques froids peut entraîner un refroidissement rapide de la peau et finalement une gelure locale. La Figure 2 représente les courbes de refroidissement lorsque le bout du doigt touche des surfaces d'acier et d'aluminium à une température de -20 °C , -30 °C , -40 °C et -50 °C . La température de contact, T_c , qui est probablement très proche de la température de surface de la peau, chute au-dessous de 0 °C en quelques secondes lors du contact avec les surfaces métalliques^[3]. Le risque de voir apparaître une gelure locale est hautement probable.

Des études^[3] ont montré que

- le refroidissement jusqu'à une température de la peau de 0 °C est associé à un risque imminent de gel des tissus (gelure),
- le refroidissement jusqu'à une température de la peau de -7 °C est associé à l'apparition graduelle d'un engourdissement, et
- le refroidissement jusqu'à une température de la peau de -15 °C est associé à l'apparition d'une douleur.



a) Acier