

# NORME INTERNATIONALE

# ISO 16976-5

Première édition  
2023-03

---

---

## Appareils 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 16976-5:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d3277997-f00d-49a1-afa9-81b99c70985c/iso-16976-5-2023>



Numéro de référence  
ISO 16976-5:2023(F)

© ISO 2023

# iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 16976-5:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d3277997-f00d-49a1-afa9-81b99c70985c/iso-16976-5-2023>



## DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2023

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b>	<b>iv</b>
<b>Introduction</b>	<b>v</b>
<b>1 Domaine d'application</b>	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b>	<b>1</b>
<b>3 Termes, définitions et abréviations</b>	<b>1</b>
3.1 Termes et définitions	1
3.2 Abréviations et symboles	2
<b>4 Effets thermiques locaux</b>	<b>2</b>
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 respiré inhalé sur les voies respiratoires et les tissus pulmonaires	8
4.5.1 Fonctionnement général du masque	8
4.5.2 Effets provoqués par un gaz respiré chaud	8
4.5.3 Effets provoqués par un gaz respiré froid	9
<b>5 Effets sur l'équilibre thermique du corps entier</b>	<b>10</b>
5.1 Échanges thermiques respiratoires	10
5.2 Échanges thermiques au niveau de la surface de la peau	11
5.3 Métabolisme énergétique accru	12
5.4 Conditions thermoneutres	12
5.5 Contrainte thermique due à la chaleur	12
5.6 Contrainte thermique due au froid	14
<b>Bibliographie</b>	<b>16</b>

ISO 16976-5:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d3277997-f00d-49a1-afa9-81b99c70985c/iso-16976-5-2023>

## 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](http://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](http://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 [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 94, *Sécurité individuelle — Équipement de protection individuelle*, sous-comité SC 15, *Appareils de protection respiratoire*.

Cette première édition de l'ISO 16976-5 annule et remplace la deuxième édition (ISO/TS 16976-5:2020), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- les exigences sont mieux définies.

Une liste de toutes les parties de la série ISO/TS 16976 se trouve sur le site Web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Il convient que la conception, le choix et l'utilisation des appareils de protection respiratoire tiennent compte des 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.

Le présent document fait partie d'une série de documents fournissant des données physiologiques et anthropométriques élémentaires concernant l'être humain. Il contient des informations concernant les effets thermiques associés au port d'appareils de protection respiratoire.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 16976-5:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d3277997-f00d-49a1-afa9-81b99c70985c/iso-16976-5-2023>



# Appareils de protection respiratoire — Facteurs humains —

## Partie 5: Effets thermiques

### 1 Domaine d'application

Le présent document fait partie d'une série de Normes internationales fournissant des informations sur les facteurs liés à l'anthropométrie, à la physiologie humaine, à l'ergonomie et aux performances en vue de l'élaboration de normes relatives à la conception, aux essais et à l'utilisation d'appareils de protection respiratoire. Il contient des informations relatives aux effets thermiques des appareils de protection respiratoire sur le corps humain, portant notamment sur:

- les températures de surface associées à une sensation d'inconfort et à des effets nocifs sur les tissus humains;
- les effets thermiques des températures du gaz respiré sur les voies respiratoires et les tissus pulmonaires;
- les effets de la température et de l'humidité du gaz respiré sur les échanges thermiques respiratoires;
- 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 des femmes adultes, en bonne santé, âgés de 20 ans à 60 ans.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 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 — Vocabulaire et symboles graphiques*

### 3 Termes, définitions 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.

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 <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

### 3.1.1

#### **clo**

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

Note 1 à l'article: 1 clo est égal à 0,155 K m<sup>2</sup>/W.

### 3.1.2

#### **isolation thermique requise**

##### **IREQ**

isolation thermique d'un vêtement, requise pour maintenir l'équilibre thermique du corps aux niveaux d'une astreinte physiologique définis

[SOURCE: ISO 11079:2007, 3.1.1, modifié]

Note 1 à l'article: Déterminé conformément à l'ISO 11079.

### 3.1.3

#### **astreinte thermique prévisible**

##### **PHS**

détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique (en termes de perte hydrique et de température rectale) subie par une personne moyenne dans des environnements thermiques chauds

Note 1 à l'article: Déterminé conformément à l'ISO 7933.

## 3.2 Abréviations et symboles

ISO 16976-5:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d3277997-f00d-49a1-afa9->

APR Appareil de protection respiratoire

ARI Appareil respiratoire isolant autonome

EPI Équipements de protection individuelle

IREQ Isolation thermique requise

PHS Astreinte thermique prévisible (predicted heat strain)

PMV Vote moyen prévisible (predicted mean vote)

PPD Pourcentage prévisible d'insatisfaits (predicted percentage dissatisfied)

T<sub>a</sub> Température ambiante (température de l'air autour du corps ou de l'air inhalé)

T<sub>c</sub> Température de contact (température de l'interface entre la peau et la surface en contact)

T<sub>s</sub> Température de surface (température de la surface en contact avec la peau)

## 4 Effets thermiques locaux

### 4.1 Généralités

Les effets de la chaleur et du froid décrits dans le présent document varieront en fonction de la sensibilité individuelle.

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

## 4.2 Effets d'un contact cutané avec l'APR

Un transfert de chaleur par conduction s'effectue par le biais des mains lors de la manipulation de l'équipement et par le biais du visage, de la tête et du 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:

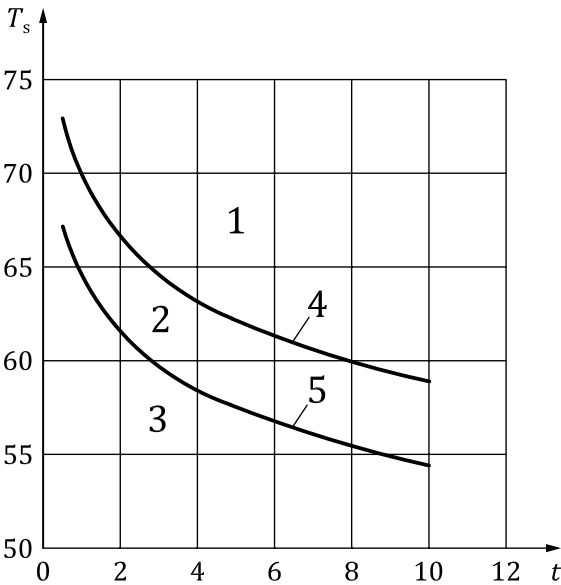
- l'ISO 13732-1, pour les surfaces chaudes; et
- l'ISO 13732-3, pour les surfaces froides.

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 aluminium 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. Pour d'autres matériaux comme le plastique, le verre et la céramique, une température beaucoup plus élevée est nécessaire pour provoquer des lésions de la peau nue.

Pour ces matériaux, la zone 3 «surface sûre» de la [Figure 1](#) s'étend alors jusqu'à la ligne 4, c'est-à-dire la limite supérieure.



Légende

- $t$  temps, en s
- $T_s$  température de surface, en °C
- zone 1 indique un risque élevé de brûlure de la peau
- zone 2 indique un risque possible de brûlure de la peau
- zone 3 indique des températures de surface sûres
- 4 limite supérieure
- 5 limite inférieure

Figure 1 — Température de surface d'un aluminium poli qui peut provoquer des brûlures de la peau

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'appliquent à des surfaces de contact inférieures à 10 % de la surface corporelle, il convient donc qu'elles soient 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 °C	8 h et plus
Métal non revêtu	51	48	43
Métal revêtu	51		
Céramique, verre et pierre	56		
Matières plastiques	60		
Bois	60		

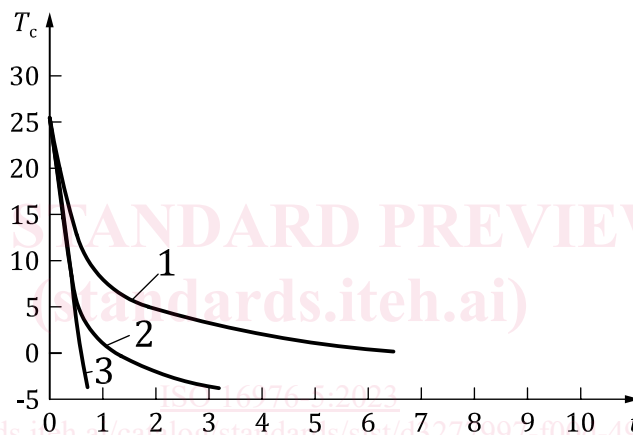
4.4 Surfaces froides

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. Les [Figures 2](#) et [3](#) représentent les courbes de refroidissement obtenues lorsque le bout du doigt touche des surfaces d'acier et d'aluminium à des températures de  $-20\text{ °C}$ ,  $-30\text{ °C}$  et  $-40\text{ °C}$ . La température de contact,  $T_c$ , qui est probablement très proche de la température de surface de la peau, chute au-dessous de  $0\text{ °C}$  en quelques secondes lors du contact avec les surfaces métalliques (voir [Figures 2](#) et [3](#)). Le risque de voir apparaître une gelure locale est hautement probable.

Des études<sup>[6]</sup> ont montré que:

- le refroidissement jusqu'à une température de la peau de  $0\text{ °C}$  est associé à un risque imminent de gel des tissus (gelure);
- le refroidissement jusqu'à une température de la peau de  $+7\text{ °C}$  est associé à l'apparition graduelle d'un engourdissement;
- le refroidissement jusqu'à une température de la peau de  $+15\text{ °C}$  est associé à l'apparition d'une douleur.



#### Légende

- $t$  temps, en s
- $T_c$  température de contact, en  $^{\circ}\text{C}$
- 1  $-20\text{ °C}$
- 2  $-30\text{ °C}$
- 3  $-40\text{ °C}$

**Figure 2 — Variation de la  $T_c$  d'un doigt en contact avec des surfaces métalliques à des températures de  $-20\text{ °C}$ ,  $-30\text{ °C}$  et  $-40\text{ °C}$**