

---

---

**Ergonomie des ambiances thermiques —  
Détermination de l'isolement thermique et  
de la résistance à l'évaporation d'une  
tenue vestimentaire**

*Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal  
insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 9920:2007](#)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-  
deee5c807a02/iso-9920-2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-deee5c807a02/iso-9920-2007)



**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 9920:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-deee5c807a02/iso-9920-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-deee5c807a02/iso-9920-2007>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2007

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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2008

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Termes et définitions</b> .....	1
3 <b>Application de logigrammes décrivant la manière d'utiliser la présente Norme internationale</b> .....	6
4 <b>Estimation de l'isolement thermique d'une tenue vestimentaire à partir de tableaux de valeurs mesurées sur un mannequin thermique debout</b> .....	7
4.1 <b>Généralités</b> .....	7
4.2 <b>Valeurs d'isolement thermique des tenues complètes</b> .....	8
4.3 <b>Valeurs d'isolement thermique des tenues complètes basées sur les pièces vestimentaires</b> .....	8
4.4 <b>Correction de l'isolement thermique de tenues vestimentaires complètes pour de faibles différences de composition</b> .....	9
4.5 <b>Calcul de l'isolement thermique des tenues vestimentaires</b> .....	9
4.6 <b>Calcul de l'isolement thermique des pièces vestimentaires</b> .....	10
5 <b>Estimation du facteur de surface du vêtement</b> .....	10
6 <b>Estimation de l'isolement thermique de la couche d'air (ou limite) superficielle</b> .....	11
7 <b>Estimation de la résistance à l'évaporation</b> .....	12
7.1 <b>Généralités</b> .....	12
7.2 <b>Estimation de la résistance au transfert de vapeur d'une tenue vestimentaire à partir de tableaux de valeurs mesurées sur un mannequin thermique debout</b> .....	12
7.3 <b>Estimation de la résistance au transfert de vapeur d'une tenue vestimentaire sur la base de sa relation avec la résistance au transfert de chaleur sèche</b> .....	12
8 <b>Influence du mouvement du corps et de l'air sur l'isolement thermique et sur la résistance au transfert de vapeur d'une tenue vestimentaire</b> .....	13
8.1 <b>Généralités</b> .....	13
8.2 <b>Correction de l'isolement thermique du vêtement</b> .....	14
8.3 <b>Correction de la résistance au transfert de vapeur d'un vêtement</b> .....	19
8.4 <b>Activités autres que la marche</b> .....	21
8.5 <b>Vitesse relative de l'air</b> .....	21
9 <b>Autres facteurs d'influence de l'isolement thermique du vêtement</b> .....	23
9.1 <b>Généralités</b> .....	23
9.2 <b>Posture</b> .....	23
9.3 <b>Effet du siège</b> .....	23
9.4 <b>Effet de la pression</b> .....	23
9.5 <b>Vêtement mouillé</b> .....	23
9.6 <b>Lavage</b> .....	23
<b>Annexe A (normative) Valeurs de l'isolement thermique des tenues vestimentaires</b> .....	24
<b>Annexe B (normative) Valeurs de l'isolement thermique des pièces vestimentaires</b> .....	51
<b>Annexe C (normative) Valeurs de l'indice de perméabilité à la vapeur des tenues vestimentaires</b> .....	79
<b>Annexe D (informative) Mesurage de l'isolement thermique et de la résistance au transfert de vapeur des vêtements sur un mannequin thermique</b> .....	95
<b>Annexe E (informative) Mesurage de l'isolement thermique et de la résistance au transfert de vapeur d'une tenue vestimentaire sur des sujets humains</b> .....	102

<b>Annexe F</b> (informative) <b>Différentes expressions de l'isolement thermique d'un vêtement</b> .....	<b>104</b>
<b>Annexe G</b> (informative) <b>Détermination des échanges de chaleur pour des vêtements réfléchissants</b> .....	<b>106</b>
<b>Annexe H</b> (informative) <b>Lignes directrices pour déterminer la surface du corps recouverte</b> .....	<b>108</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>110</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 9920:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-deee5c807a02/iso-9920-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-deee5c807a02/iso-9920-2007>

## 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 9920 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 4, *Ergonomie de l'environnement physique*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 9920:1995), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications apportées concernent les sections relatives à la résistance à l'évaporation des vêtements et aux effets des mouvements de l'air et du corps sur l'isolement thermique et la résistance à l'évaporation des vêtements.

La présente version française de l'ISO 9920 correspond à la version anglaise publiée le 2007-06-01 et corrigée le 2008-11-01.

## Introduction

La présente Norme internationale fait partie d'une série de Normes internationales consacrées à l'étude des ambiances thermiques. Elle constitue un document de référence pour l'évaluation des caractéristiques thermiques d'une tenue vestimentaire (isolement thermique et résistance à l'évaporation). Il est nécessaire de connaître ces valeurs lors de l'évaluation de la contrainte thermique ou du niveau de confort apportés par l'environnement physique selon les méthodes normalisées. Les caractéristiques thermiques déterminées au moyen de la présente Norme internationale sont des valeurs correspondant à des conditions d'équilibre. Les phénomènes tels que l'effet tampon, l'adsorption d'eau, etc. n'y sont pas traités.

La présente Norme internationale est centrée sur l'estimation des caractéristiques thermiques. La résistance aux transferts de chaleur et de vapeur peut également faire l'objet d'une mesure directe, exposée dans les annexes.

La présente Norme internationale ne traite pas de l'isolement thermique local sur différentes parties du corps, ni de l'inconfort dû à une répartition non uniforme du vêtement sur le corps.

Le bilan thermique de l'homme dans des ambiances neutre, froide ou chaude est influencé par les vêtements qu'il porte. Pour évaluer la contrainte thermique exercée sur l'homme dans une ambiance froide [indice de l'isolement requis des vêtements – IREQ (voir l'ISO/TR 11079)], neutre [indices PMV-PPD (voir l'ISO 7730)] et chaude [indice d'astreinte thermique prévisible – PHS (voir l'ISO 7933)], il est nécessaire de connaître les caractéristiques thermiques de la tenue vestimentaire, à savoir l'isolement thermique et la résistance à l'évaporation.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-deee5c807a02/iso-9920-2007>

# Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des méthodes pour la détermination des caractéristiques thermiques (résistance aux pertes de chaleur sèche et aux pertes de chaleur par évaporation) d'une tenue vestimentaire, dans des conditions d'équilibre, à partir des valeurs de pièces vestimentaires, de tenues et de textiles connus. L'influence des mouvements du corps et de la pénétration de l'air sur l'isolement thermique et sur la résistance à l'évaporation est examinée.

La présente Norme internationale:

- ne traite pas des autres effets des pièces vestimentaires, tels que l'adsorption d'eau, l'effet tampon, le confort au toucher;
- ne tient pas compte de l'influence de la pluie et de la neige sur les caractéristiques thermiques;
- n'est pas applicable aux tenues de protection spéciales (tenues refroidies par eau, tenues ventilées, vêtements chauffants);
- ne traite pas d'isollements thermiques distincts sur différentes parties du corps, ni de l'inconfort dû à l'asymétrie d'une tenue vestimentaire.

## 2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 2.1

#### isolement thermique

*I*

résistance au transfert de chaleur sèche entre deux surfaces, exprimée en mètres carrés kelvin par watt ( $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ )

NOTE 1 Pour les besoins de la présente Norme internationale, elle est définie comme la *résistance thermique uniforme équivalente*, ou isolement thermique, sur le corps humain. Il s'agit de la *résistance thermique* d'un vêtement (isolement thermique) qui, recouvrant de manière uniforme toute la surface du corps (y compris les mains, le visage, etc.), entraînerait les mêmes pertes de chaleur que la tenue réelle, éventuellement non uniforme. Cette résistance est égale au quotient du gradient de température entre les surfaces (force motrice) par la perte de chaleur sèche par unité de surface cutanée (l'écoulement):

$$I = \frac{\text{gradient de température}}{\text{perte de chaleur par unité de surface corporelle}} \quad (1)$$

Pour le corps humain, cette résistance peut être divisée en couches spécifiques, comme illustré à la Figure 1 (voir également Annexe F).

NOTE 2 Du fait de la définition particulière de l'isolement thermique dans la présente Norme internationale, ce dernier est généralement exprimé en «clo», l'unité de l'isolement thermique d'un vêtement. Bien que cette unité puisse être convertie en unités SI semblables à celles de l'isolement thermique, par exemple d'échantillons textiles (symbole:  $R_{ct}$ ; 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>·K·W<sup>-1</sup>), la signification est différente.

**2.1.1**  
**isolement thermique total**

$I_T$   
isolement thermique existant entre la surface corporelle et l'ambiance (comprenant l'ensemble des vêtements, les couches d'air emprisonnées et la couche limite d'air), dans des conditions de référence statiques

Voir Figure 1.

NOTE Sur la base de l'Équation (1), il est exprimé comme suit:

$$I_T = \frac{\bar{t}_{sk} - \bar{t}_o}{H} \tag{2}$$

où

$\bar{t}_{sk}$  est la température surfacique cutanée moyenne, en degrés Celsius;

$t_o$  est la température opérative, en degrés Celsius (dans la plupart des cas, égale à la température de l'air  $t_a$ );

$H$  est la perte de chaleur sèche par mètre carré de surface cutanée, en watts par mètre carré.

**2.1.2**  
**isolement thermique de base**  
isolement thermique intrinsèque

$I_{cl}$   
isolement thermique existant entre la surface corporelle et la surface extérieure du vêtement (y compris les couches d'air emprisonnées), dans des conditions de référence statiques

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 9920:2007  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-deee5c807a02/iso-9920-2007>

Voir Figure 1.

NOTE Sur la base de l'Équation (1), il est exprimé comme suit:

$$I_{cl} = \frac{\bar{t}_{sk} - \bar{t}_{cl}}{H} \tag{3}$$

où  $\bar{t}_{cl}$  est la température moyenne de la surface extérieure du vêtement, en degrés Celsius.

**2.1.3**  
**isolement thermique dû à l'air**

$I_a$   
isolement thermique de la couche limite d'air à la périphérie de la surface extérieure du vêtement ou, lorsque le corps est nu, de la peau

Voir Figure 1.

NOTE 1 Sur la base de l'Équation (1), il est exprimé comme suit:

$$I_a = \frac{\bar{t}_{cl} - t_o}{H} \tag{4}$$

NOTE 2 La perte de chaleur sèche comprend la perte de chaleur par rayonnement et la perte de chaleur par convection (voir l'Annexe G). Dans le cadre de la présente Norme internationale, ces modes de transfert de chaleur à travers les couches vestimentaires ne sont pas distingués. Ils peuvent cependant l'être au niveau de la couche d'air. La représentation alternative de  $I_a$  est alors:

$$I_a = \frac{1}{h_c + h_r} \tag{5}$$

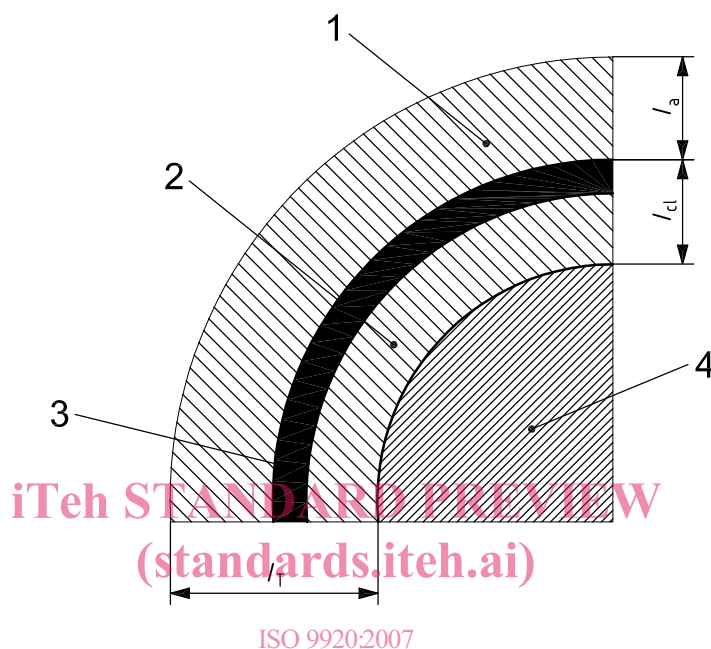


où

$h_c$  est le coefficient de transfert de chaleur par convection, en watts par mètre carré par kelvin ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ );

$h_r$  est le coefficient de transfert de chaleur par rayonnement, en watts par mètre carré par kelvin ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ );

NOTE 3 Ces valeurs sont définies pour des conditions normalisées (corps statique, vent calme, c'est-à-dire avec une vitesse d'air  $< 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Tout mouvement de l'air ou du corps affecte la résistance thermique (il la réduit généralement). On parlera, dans ce cas, de *résistance thermique résultante* ou *dynamique*.



#### Légende

- 1 couche d'air de surface
- 2 couche d'air emprisonnée
- 3 vêtement
- 4 corps

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-deee5c807a02/iso-9920-2007>

**Figure 1 — Représentation schématique de l'isolement thermique total, de l'isolement thermique de base et de l'isolement thermique dû à l'air**

#### 2.1.4

##### facteur de surface du vêtement

$f_{cl}$

rapport de la surface extérieure du corps vêtu à la surface du corps nu

NOTE 1 La surface extérieure du corps vêtu,  $A_{cl}$ , est supérieure à la surface du corps nu,  $A_{Du}$ . Leur rapport est par conséquent plus grand que 1.

$$f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{Du}} \quad (6)$$

NOTE 2 L'isolement de base et l'isolement dû à l'air ne viennent pas s'ajouter simplement pour donner l'isolement total. Cela est dû à la différence de surface (aire) entre la surface extérieure du vêtement et celle de la peau, la première étant plus grande que la seconde. Cette plus grande surface entraîne une réduction de l'effet isolant pour le corps de l'isolement thermique de l'air (plus le vêtement est épais, plus la surface extérieure du vêtement est grande):

$$I_T = I_{cl} + \frac{I_a}{f_{cl}} \quad (7)$$

**2.1.5**

**isolement thermique total résultant**

isolement thermique total dynamique

$I_{T,r}$   
isolement thermique existant entre la surface corporelle et l'ambiance (comprenant l'ensemble des vêtements, les couches d'air emprisonnées et la couche limite d'air), pour des conditions d'ambiance et d'activité données

NOTE C'est la valeur d'isolement thermique total en situations réelles (contrairement aux conditions de référence) comprenant les effets des mouvements et du vent. Les valeurs de  $I_T$  énumérées dans la présente Norme internationale et dans la plupart de la documentation technique correspondante sont obtenues sur un mannequin thermique statique dans des conditions de vent faible. Ces valeurs doivent être corrigées pour les effets du vent et des mouvements.

**2.1.6**

**isolement thermique de base résultant**

isolement thermique de base dynamique

$I_{cl,r}$   
isolement thermique existant entre la surface corporelle et la surface extérieure du vêtement (comprenant les couches d'air emprisonnées), pour des conditions d'ambiance et d'activité données

NOTE Il s'agit de la valeur d'isolement de base (intrinsèque) ( $I_{cl}$ ) en situations réelles (contrairement aux conditions de référence) comprenant les effets des mouvements et du vent.

**2.1.7**

**isolement thermique effectif**

$I_{clu}$   
augmentation de l'isolement thermique mesurée sur un mannequin thermique portant une pièce vestimentaire comparée à la valeur d'isolement thermique sur mannequin nu

NOTE Le terme *isolement thermique effectif* ( $I_{clu}$ ) est utilisé pour l'isolement thermique des pièces vestimentaires individuelles. L'isolement thermique effectif des pièces vestimentaires individuelles composant la tenue (voir Tableau B.2) est déterminé sur un mannequin thermique portant uniquement la pièce vestimentaire considérée, de la manière suivante:

PRE-STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-deee5c807a02/iso-9920-2007>

$$I_{clu} = I_T - I_a = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{H} - I_a \tag{8}$$

où

$I_T$  est l'isolement thermique total de la pièce vestimentaire, en mètres carrés kelvin par watt ( $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ) ou en clo;

$t_o$  est la température opérative, en degrés Celsius (pour la plupart des conditions de mesure dans des chambres climatiques, elle est égale à la température de l'air  $t_a$ ).

**2.2**

**résistance à l'évaporation**

résistance évaporatoire

$R_e$   
résistance au transfert de vapeur d'eau entre deux surfaces, exprimée en mètres carrés kilopascals par watt

NOTE 1 Pour les besoins de la présente Norme internationale, elle est définie comme la résistance *uniforme équivalente* au transfert de vapeur. Il s'agit de la résistance évaporatoire d'un vêtement qui, recouvrant de manière uniforme toute la surface du corps (y compris les mains, le visage, etc.), entraînerait les mêmes pertes de chaleur par évaporation que la tenue réelle, éventuellement non uniforme. Cette résistance est égale au quotient du gradient de pression de vapeur entre les surfaces (force motrice) par la perte de chaleur par évaporation par unité de surface cutanée

$$R_e = \frac{\text{gradient de pression de vapeur}}{\text{perte de chaleur par évaporation par unité de surface corporelle}} \tag{9}$$

NOTE 2 De la même manière que la résistance à la chaleur sèche, elle est divisée en couches spécifiques:

**2.2.1****résistance totale à l'évaporation** $R_{e,T}$ 

résistance au transfert de vapeur existant entre la surface corporelle et l'ambiance (comprenant l'ensemble des vêtements, les couches d'air emprisonnées et la couche limite d'air), dans des conditions de référence statiques

**2.2.2****résistance de base à l'évaporation  
résistance intrinsèque à l'évaporation** $R_{e,cl}$ 

résistance au transfert de vapeur entre la surface corporelle et la surface extérieure du vêtement (y compris les couches d'air emprisonnées), dans des conditions de référence statiques

**2.2.3****résistance à l'évaporation due à l'air** $R_{e,a}$ 

résistance au transfert de vapeur due à la couche limite d'air à la périphérie de la surface extérieure du vêtement ou, lorsque le corps est nu, de la peau

NOTE Par analogie à la résistance thermique:

$$R_{e,T} = R_{e,cl} + \frac{R_{e,a}}{f_{cl}} \quad (10)$$

**2.2.4****résistance totale à l'évaporation résultante**

résistance totale à l'évaporation dynamique

 $R_{e,T,r}$ 

résistance au transfert de vapeur existant entre la surface corporelle et l'ambiance (comprenant l'ensemble des vêtements, les couches d'air emprisonnées et la couche limite d'air), pour des conditions d'ambiance et d'activité données

NOTE 1 Il s'agit de la valeur de la résistance totale à l'évaporation en situations réelles ( $R_{e,T}$ ) (contrairement aux conditions de référence) comprenant les effets des mouvements et du vent.

NOTE 2 Les valeurs de  $R_{e,T}$  sont définies pour des conditions normalisées (corps statique, vent calme, c'est-à-dire avec une vitesse d'air  $< 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Tout mouvement de l'air ou du corps affecte la résistance à l'évaporation (il la réduit généralement). On parlera, dans ce cas, de résistance totale à l'évaporation *résultante* ou *dynamique*.

**2.2.5****résistance de base à l'évaporation résultante**

résistance de base à l'évaporation dynamique

 $R_{e,cl,r}$ 

résistance au transfert de vapeur existant entre la surface corporelle et la surface extérieure du vêtement (y compris les couches d'air emprisonnées) pour des conditions d'ambiance et d'activité données

NOTE 1 Il s'agit de la valeur de la résistance de base à l'évaporation ( $R_{e,cl}$ ) en situations réelles (contrairement aux conditions de référence) comprenant les effets des mouvements et du vent.

NOTE 2 Les valeurs de  $R_{e,cl}$  sont définies pour des conditions normalisées (corps statique, vent calme, c'est-à-dire avec une vitesse d'air  $< 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Tout mouvement de l'air ou du corps affecte la résistance à l'évaporation (il la réduit généralement). On parlera, dans ce cas, de résistance de base à l'évaporation *résultante* ou *dynamique*.

### 3 Application de logigrammes décrivant la manière d'utiliser la présente Norme internationale

Dans la mesure du possible, il convient de mesurer les valeurs d'isolement et de résistance à l'évaporation en utilisant des équipements tels que des mannequins thermiques (mouillés ou transpirants) ou en effectuant des expérimentations avec des sujets humains. Les méthodes d'essai pour la mesure des résistances thermique et à l'évaporation des vêtements sont décrites dans les Annexes D et E. Cependant, en raison du coût et des équipements spécialisés à utiliser, cette méthode réelle de mesure n'est pas à la portée de la plupart des utilisateurs de la présente Norme internationale. Dans ce cas, l'isolement thermique et la résistance au transfert de vapeur doivent être mesurés en utilisant les méthodes décrites dans les articles qui suivent et les Annexes A, B et C.

Afin d'illustrer la démarche progressive, deux organigrammes sont respectivement fournis à la Figure 2, pour la détermination de la résistance thermique et à la Figure 3 pour la détermination de la résistance au transfert de vapeur. Les diverses options correspondantes sont décrites.

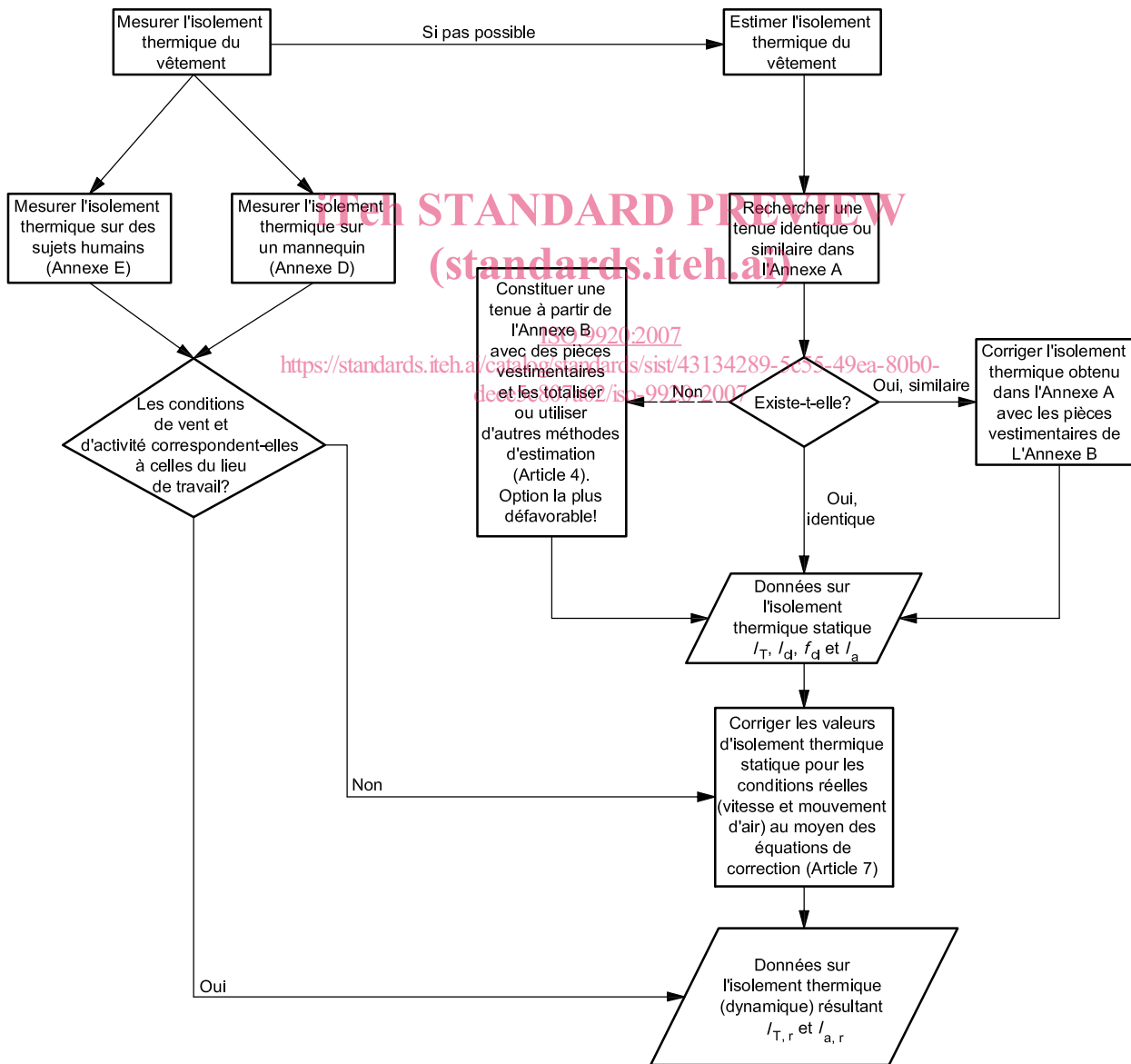


Figure 2 — Logigramme pour la détermination de l'isolement thermique du vêtement

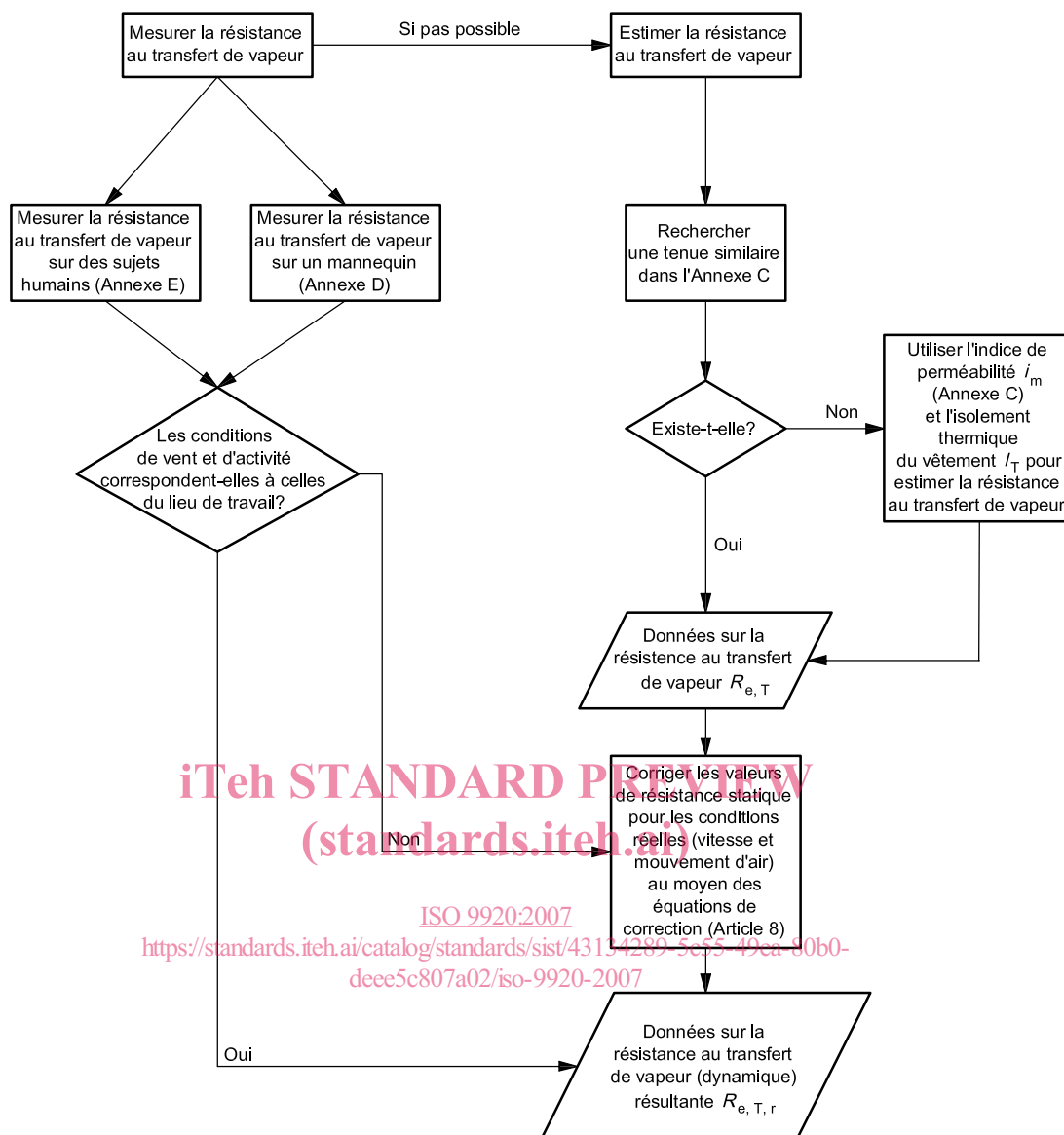


Figure 3 — Logigramme pour la détermination de la résistance du vêtement au transfert de vapeur

## 4 Estimation de l'isolement thermique d'une tenue vestimentaire à partir de tableaux de valeurs mesurées sur un mannequin thermique debout

### 4.1 Généralités

Le présent article fournit des tableaux de données concernant l'isolement de tenues vestimentaires complètes, ainsi que des tableaux de valeurs d'isolement thermique pour des pièces vestimentaires pouvant être ajoutées afin de reconstituer des tenues complètes. Il est recommandé d'utiliser les tableaux relatifs aux tenues complètes pour identifier la tenue réelle, cette méthode fournissant une valeur de l'isolement thermique du vêtement plus précise que l'addition de pièces vestimentaires. Une interpolation entre les valeurs d'isolement thermique de deux tenues est possible, et lorsqu'une tenue se révèle proche de la tenue réelle, de légères corrections peuvent également être apportées en ajoutant ou en retirant les isolements thermiques de pièces vestimentaires afin d'obtenir une meilleure estimation de l'isolement de la tenue réelle. En dernier lieu, des corrections pour la vitesse de l'air et des mouvements doivent être appliquées.

## 4.2 Valeurs d'isolement thermique des tenues complètes

L'Annexe A donne les valeurs de  $I_T$  et  $I_{cl}$  pour un ensemble de tenues vestimentaires. Toutes ces valeurs ont été mesurées sur un mannequin thermique statique, en position debout, avec de faibles mouvements d'air ( $< 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Le Tableau A.1 donne une brève description des tenues vestimentaires. Les Tableaux A.2 à A.10 contiennent une liste plus détaillée pouvant servir à identifier une tenue vestimentaire comparable à la tenue vestimentaire réelle. Ces tableaux donnent également les différentes valeurs de  $f_{cl}$ . La masse totale de la tenue, lorsqu'elle est indiquée, est basée sur des pièces vestimentaires convenant à un sujet standard (taille européenne 52 pour homme), chaussures non comprises. Les pièces vestimentaires constituant la plupart des tenues sont identifiées par un numéro, qui renvoie à l'Annexe B dans laquelle figure une description plus détaillée de ces différentes pièces, y compris des dessins.

L'Annexe A peut également être utilisée pour choisir un vêtement pour un poste de travail donné, lorsque l'isolement thermique requis est connu.

## 4.3 Valeurs d'isolement thermique des tenues complètes basées sur les pièces vestimentaires

Au lieu d'utiliser les tenues décrites dans l'Annexe A, l'isolement thermique d'une tenue,  $I_{cl}$  (en clo), peut également être estimé en agrégeant les isolements thermiques des pièces vestimentaires, à l'aide de l'équation empirique suivante [31], [36]:

$$I_{cl} = 0,161 + 0,835 \sum I_{clu} \quad (11)$$

exprimé en clo.

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

Ou bien, avec une précision sensiblement réduite [32], [37]:

$$I_{cl} = \sum I_{clu} \quad (12)$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0->

exprimé en mètres carrés kelvin par watt ou en clo, et où  $I_{clu}$  est l'isolement thermique effectif des pièces vestimentaires composant la tenue, en mètres carrés kelvin par watt ou en clo.

Ces valeurs sont données dans l'Annexe B.

La forme des différentes pièces vestimentaires décrites dans l'Annexe B est précisée par un numéro de type, qui renvoie aux dessins numérotés montrant un sujet vêtu de pièces vestimentaires variées (Figures B.1 à B.14).

Dans certains cas, les tissus employés sont également indiqués. Le type de tissu n'a toutefois qu'une influence restreinte sur l'isolement thermique. En revanche, l'isolement dépend beaucoup de l'épaisseur du tissu (indiquée dans l'Annexe B) et de la surface du corps recouverte (indiquée sur les dessins).

Il convient de noter que les sommes présentées dans les Équations (11) et (12) sont basées sur des données relatives à des distributions plutôt uniformes de l'isolement thermique sur la surface du corps. Il convient de ne pas utiliser ces équations pour des situations extrêmes (par exemple trois couches sur la partie inférieure du corps et une couche mince unique sur la partie supérieure du corps). La précision de la sommation est acceptable lorsque sont utilisées des données réellement mesurées sur les pièces vestimentaires considérées. L'utilisation des tableaux pour déterminer les isolements thermiques des pièces vestimentaires individuelles tend à limiter la précision de la sommation. Il est par conséquent préférable d'utiliser les valeurs relatives aux tenues vestimentaires complètes (Annexe A).

Le domaine d'application pour lequel ces relations ont fait l'objet d'une vérification expérimentale [Équations (11) et (12)] est compris entre 0,2 clo et 1,6 clo.

#### 4.4 Correction de l'isolement thermique de tenues vestimentaires complètes pour de faibles différences de composition

La précision de la sommation de pièces vestimentaires (4.3) est bien inférieure à la précision obtenue par identification de la tenue réelle à une tenue décrite dans l'Annexe A (4.2). Ainsi, lorsqu'une concordance parfaite de la tenue réelle avec les tenues décrites dans l'Annexe A n'est pas possible, mais que des tenues similaires existent, il est préférable d'utiliser la valeur d'isolement thermique de la tenue similaire et de la corriger pour la différence de composition des tenues. Par exemple, si la tenue réelle comprend un type de tricot différent, l'isolement thermique de la tenue décrite dans l'Annexe A peut être corrigé pour la différence d'isolement thermique entre le tricot réel et le tricot prédéfini. À cet effet, les isolements thermiques effectifs des deux pièces vestimentaires sont comparés et la différence constatée est utilisée pour l'ajustement de la valeur relative à la tenue.

$$I_{cl,a} = I_{cl,A} + 0,835 \times \Delta I_{clu} \quad (13)$$

le résultat étant exprimé en clo ou en  $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ , et où  $I_{cl,a}$  est l'isolement thermique de base de la tenue réelle,  $I_{cl,A}$  est l'isolement thermique de base de la tenue de l'Annexe A et  $\Delta I_{clu}$  représente la correction de la différence constatée sur certaines pièces vestimentaires (négative pour le retrait d'une pièce vestimentaire, ou pour le remplacement par une pièce vestimentaire moins isolante).

Cette valeur peut correspondre à la différence entre deux pièces vestimentaires du même type (substitution d'un tricot par un autre), à l'isolement thermique effectif d'une pièce vestimentaire supplémentaire ou à une valeur négative dans le cas où la tenue réelle comprend une pièce vestimentaire de moins. Les valeurs  $I_{clu}$  sont données dans l'Annexe B.

Il convient que les corrections restent minimales, une interpolation entre deux tenues appropriées étant préférable. Il convient que l'ajout et le retrait de pièces vestimentaires tiennent compte de la répartition effective de l'isolement thermique sur le corps. Pour un sujet vêtu d'une tenue d'hiver, l'ajout d'une couche mince sur une partie déjà couverte aura un impact minimal, en comparaison avec l'impact significatif de l'ajout de cette même couche sur une partie du corps non couverte.

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/43134289-5c55-49ea-80b0-1a5c807a02/iso-9920-2007)

#### 4.5 Calcul de l'isolement thermique des tenues vestimentaires

En alternative à la sélection d'une tenue parmi celles décrites dans les tableaux, il est également possible de déterminer l'isolement thermique d'une tenue vestimentaire en utilisant la relation empirique suivante [32], [37]:

$$I_{cl} = 0,919 + 0,255 \times m - 0,00874 \times A_{COV,0} - 0,00510 \times A_{COV,1} \quad (14)$$

où

$I_{cl}$  est l'isolement thermique intrinsèque du vêtement, en clo;

$m$  est la masse du vêtement (sans les chaussures), en kilogrammes;

$A_{COV,0}$  est la surface du corps non recouverte par un vêtement, en pourcentage de la surface totale du corps;

$A_{COV,1}$  est la surface du corps recouverte d'une seule couche vestimentaire, en pourcentage de la surface totale du corps.

Concrètement, l'Équation (14) associe un certain isolement thermique multicouche au vêtement en fonction de sa masse, valeur à laquelle sont soustraits l'isolement thermique relatif aux surfaces recouvertes d'une seule couche et celui relatif aux surfaces nues. Le domaine d'application pour lequel cette relation a fait l'objet d'une vérification expérimentale est compris entre 0,2 clo et 1,8 clo.

L'Annexe H fournit des recommandations concernant la méthode de calcul de la valeur  $A_{COV}$ .