



Norme
internationale

ISO 13506-2

**Habillement de protection contre la
chaleur et les flammes —**

Partie 2:
**Prédiction de blessure par brûlure
de la peau — Exigences de calculs et
cas d'essai**

Protective clothing against heat and flame —

*Part 2: Skin burn injury prediction — Calculation requirements
and test cases*

Deuxième édition
2024-06

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 13506-2:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bac85360-56c5-4f60-8bf9-3d5ff907dc51/iso-13506-2-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bac85360-56c5-4f60-8bf9-3d5ff907dc51/iso-13506-2-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2024

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
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 Généralités	3
5 Appareillage, préparation des éprouvettes et mode opératoire d'essai	4
6 Calcul des blessures par brûlure de la peau	4
6.1 Modèle de peau	4
6.1.1 Généralités	4
6.1.2 Valeurs du flux de chaleur des capteurs du mannequin en fonction du temps	4
6.1.3 Détermination du champ de température interne prévisible de la peau et du tissu sous-cutané (adipeux)	4
6.1.4 Conditions initiales et limites	7
6.1.5 Détermination de la valeur Ω pour la prédiction de blessure par brûlure de la peau	7
6.1.6 Temps de réaction à la douleur	8
7 Cas d'essai et étalonnage in situ pour le calcul des blessures par brûlure de la peau	9
7.1 Cas d'essai et validation in situ	9
7.2 Cas d'essai de prédiction de la température de la couche de peau	9
7.2.1 Généralités	9
7.2.2 Premier cas	9
7.2.3 Deuxième cas	9
7.2.4 Exigence de précision	9
7.3 Cas d'essai pour le calcul des blessures par brûlure de la peau	10
7.4 Validation in situ de la prédiction des brûlures	11
8 Rapport d'essai	12
8.1 Généralités	12
8.2 Modèle de peau	12
8.3 Résultats calculés	12
8.3.1 Généralités	12
8.3.2 Surface prévisible (%) du mannequin blessé sur la base de la surface totale du mannequin contenant des capteurs de flux thermique	12
8.3.3 Surface prévisible (%) du mannequin blessé, fondée uniquement sur la surface du mannequin couverte par l'éprouvette d'essai	13
8.3.4 Autres informations	13
Annexe A (normative) Modèle de peau dont la conductivité thermique dépend de la température, $k(x,T)$	14
Annexe B (informative) Analyse des données de l'essai interlaboratoires	16
Bibliographie	18

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).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

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.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 94, *Sécurité individuelle — Équipement de protection individuelle*, sous-comité SC 13, *Vêtements de protection*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 162 *Vêtements de protection, y compris la protection de la main et du bras et y compris les gilets de sauvetage*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette deuxième édition de l'ISO 13506-2 annule et remplace la première (ISO 13506-2:2017) qui a fait l'objet d'une révision technique.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 13506 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.

Introduction

La fonction de l'habillement de protection résistant à la chaleur et à la flamme est de protéger l'utilisateur contre des dangers susceptibles de provoquer des blessures par brûlure de la peau. Les vêtements peuvent être constitués d'un ou de plusieurs matériaux, qui peuvent être assemblés en un seul vêtement ou en un ensemble de vêtements de protection destinés à revêtir un mannequin soumis à un système d'exposition au feu.

Le présent document est un document complémentaire de l'ISO 13506-1. Les données recueillies par des essais conformes à l'ISO 13506-1 sont utilisées comme données d'entrée pour ce calcul.

Dans la méthode d'essai de l'ISO 13506-1, un mannequin (homme ou femme) de taille adulte en position stationnaire et debout est revêtu d'un seul vêtement ou d'un ensemble de vêtements de protection et exposé à une simulation de feu en laboratoire, avec un flux de chaleur, une durée et une distribution de flammes maîtrisés. Le flux de chaleur incident moyen sur l'extérieur du vêtement est de 84 kW/m². Des capteurs d'énergie thermique sont fixés à la surface du mannequin. La réponse des capteurs sert à calculer la variation du flux de chaleur en fonction du temps et de la position sur le mannequin, et à déterminer l'énergie totale absorbée au cours de la période de collecte des données. La période de collecte des données est choisie de manière à assurer que le transfert de l'énergie n'est plus croissant. Les informations obtenues par le calcul de la prédiction de blessure par brûlure de la peau (voir [Annexe B](#)) peuvent être utilisées pour aider à l'évaluation de la performance du vêtement ou de l'ensemble de vêtements de protection dans les conditions d'essai. Elles peuvent également être utilisées comme outil fondé sur un modèle permettant d'estimer l'étendue et la nature des lésions cutanées potentielles résultant de l'exposition du vêtement d'essai.

L'ajustement du vêtement ou de l'ensemble de vêtements de protection sur le mannequin est important. C'est ainsi que des modifications de la conception du vêtement ou de l'ensemble de vêtements de protection et la façon dont l'opérateur habille le mannequin peuvent influencer les résultats de l'essai et sur la prédiction de blessure par brûlure de la peau. L'expérience laisse penser que la réalisation des essais sur un vêtement plus grand d'une taille par rapport à la norme peut réduire jusqu'à 5 % le pourcentage de brûlures corporelles prévisibles.

L'ISO 13506-1 utilise les informations relatives aux blessures cutanées obtenues dans le calcul du facteur de performance du mannequin thermique.

La méthode décrite dans le présent document est une partie facultative des normes ISO 11999-3 et EN 469, concernant les sapeurs-pompiers, et de la norme ISO 11612 sur l'habillement de protection dans l'industrie contre la chaleur et les flammes.

Le standard NFPA 2112^[5] de la National Fire Protection Association spécifie le standard ASTM F1930-18^[6], qui est une méthode d'essai similaire à celle décrite dans l'ISO 13506-1 et qui contient des calculs de prédiction des blessures par brûlure de la peau similaires à celles décrites dans le présent document.

Habillement de protection contre la chaleur et les flammes —

Partie 2:

Prédiction de blessure par brûlure de la peau — Exigences de calculs et cas d'essai

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des détails techniques permettant de calculer la prédiction de blessure par brûlure de la peau humaine lorsque sa surface est soumise à un flux de chaleur variable, par exemple en raison de l'énergie transmise à travers et par un vêtement ou un ensemble de vêtements de protection exposés aux flammes. Une série de cas d'essai est présentée, permettant de vérifier la méthode de calcul de la prédiction des blessures par brûlure. Il contient également des exigences pour l'étalonnage in situ du capteur d'énergie thermique — système de prédiction des lésions cutanées pour la gamme de flux de chaleur qui se produisent sous les vêtements.

Les méthodes de calcul des blessures par brûlure de la peau telles qu'elles sont présentées dans la présente méthode d'essai ne comprennent pas de termes permettant de traiter les rayonnements de courte longueur d'onde susceptibles de pénétrer la peau. Ces derniers comprennent les arcs électriques, certains types d'exposition au feu avec des combustibles liquides ou solides, et les sources nucléaires.

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 11610, *Habillement de protection — Vocabulaire*

ISO 13506-1, *Habillement de protection contre la chaleur et les flammes — Partie 1: Méthode d'essai pour vêtements complets — Mesurage de l'énergie transférée à l'aide d'un mannequin instrumenté*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 13506-1 et l'ISO 11610 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 brûlure

lésions se produisant à différentes profondeurs dans les tissus humains en raison de températures élevées résultant du transfert de chaleur vers la surface

Note 1 à l'article: La brûlure des tissus humains se produit lorsqu'ils sont soumis à la chaleur et maintenus à une température élevée (>44 °C) pendant une durée critique. Dans le présent document, il est supposé que la peau comporte trois couches: l'épiderme, qui est la couche externe résistante, le derme, qui est la couche située sous l'épiderme, et le tissu sous-cutané (adipeux), qui est la couche de tissu gras située plus profondément que le derme. Dans le présent document, il est supposé que les épaisseurs des couches sont identiques partout sur le corps humain. Les variations d'épaisseur qui surviennent avec l'âge, la localisation et le sexe ne sont pas prises en compte. La gravité des lésions, appelées brûlures prévisibles au premier, deuxième ou troisième degré, dépend de la grandeur de la température élevée au-dessus de 44 °C et du temps pendant lequel elle reste égale ou supérieure à 44 °C.

3.1.1 blessure par brûlure au premier degré brûlure au premier degré

brûlure n'affectant que la partie superficielle de l'épiderme

Note 1 à l'article: La peau devient rouge, mais ne présente pas de cloques ou de brûlures. Les brûlures au premier degré sont réversibles. Dans le présent document, le temps nécessaire pour qu'une blessure prévisible par brûlure de la peau au premier degré se produise est indiqué lorsque la valeur de $\Omega = 0,53$ [voir [Formule \(3\)](#)] à une profondeur de peau de 75 μm , c'est-à-dire à l'interface épiderme/derme.

3.1.1.1 surface de la blessure par brûlure au premier degré surface de la brûlure au premier degré

somme des zones représentées par les capteurs de flux thermique pour lesquelles seule une *brûlure au premier degré* ([3.1.1](#)) calculée est prévisible

3.1.2 blessure par brûlure au deuxième degré brûlure au deuxième degré brûlure partiellement profonde

brûlure entraînant la brûlure de l'épiderme et d'une partie plus ou moins importante du derme, mais l'épaisseur totale du derme n'est généralement pas détruite et la couche sous-cutanée n'est pas lésée

Note 1 à l'article: Les brûlures au deuxième degré sont plus graves que les brûlures au premier degré, provoquant une nécrose complète (mort des cellules vivantes) de la couche épidermique, généralement accompagnée d'une cloque, mais elles sont réversibles, surtout si la surface affectée est petite. Dans le présent document, le temps nécessaire pour qu'une blessure prévisible par brûlure de la peau au deuxième degré se produise est indiqué lorsque la valeur de $\Omega = 1,0$ [voir [Formule \(3\)](#)] à une profondeur de peau de 75 μm , c'est-à-dire à l'interface épiderme/derme.

3.1.2.1 surface de la blessure par brûlure au deuxième degré surface de la brûlure au deuxième degré

somme des zones représentées par les capteurs de flux thermique pour lesquelles une brûlure au deuxième degré calculée est la blessure prévisible la plus grave

3.1.3 blessure par brûlure au troisième degré brûlure au troisième degré brûlure profonde

brûlure qui traverse le derme et atteint ou dépasse le tissu sous-cutané

Note 1 à l'article: Les brûlures au troisième degré ne sont pas réversibles. Dans le présent document, le temps nécessaire pour qu'une brûlure prévisible au troisième degré se produise est indiqué lorsque la valeur de $\Omega = 1,0$ [voir [Formule \(3\)](#)] à une profondeur de peau de 1 200 μm , c'est-à-dire à l'interface derme/sous-cutané.

3.1.3.1

surface de la blessure par brûlure au troisième degré

surface de la brûlure au troisième degré

somme des zones représentées par les capteurs de flux thermique pour lesquelles une *brûlure au troisième degré* (3.1.3) calculée est prévisible

3.1.4

surface totale des blessures par brûlure

surface totale des brûlures

somme des zones représentées par les capteurs de flux thermique pour lesquelles au moins une brûlure au deuxième degré est prévisible

3.2

valeur oméga

Ω

paramètre des blessures par brûlure, la valeur de l'intégrale des lésions [voir [Formule \(3\)](#)], qui indique les brûlures (3.1) prévisibles à des profondeurs de peau et des températures spécifiques

3.3

temps de réaction à la douleur

temps nécessaire aux récepteurs de la douleur pour atteindre 43,2 °C

Note 1 à l'article: Dans le présent document, les récepteurs de la douleur sont situés à 195 µm sous la surface de la peau.

4 Généralités

Le calcul des blessures prévisibles par brûlure de la peau est le résultat souhaitable pour la comparaison des performances relatives de l'habillement de protection à l'aide de méthodes d'essai qui mesurent la chaleur à la surface du mannequin pour une exposition à une énergie thermique définie. Le présent document décrit la méthode de calcul qui doit être utilisée à cette fin lors de la réalisation des essais décrits dans l'ISO 13506-1. L'ISO 13506-1 spécifie la méthode de mesure du transfert d'énergie, qui peut servir de base à l'évaluation de la performance relative de protection thermique de l'éprouvette d'essai. La performance est fonction à la fois des matériaux de construction et de calcul et de l'ajustement des vêtements sur le mannequin d'essai. Le flux de chaleur d'exposition moyen est de 84 kW/m² pour des durées de 3 s à 20 s.

Les brûlures prévisibles déterminées par la présente méthode d'essai reposent sur un modèle mathématique simplifié qui ne se traduit pas directement par des blessures réelles par brûlure de la peau humaine, quelles que soient les conditions d'essai d'exposition. Le modèle est fondé sur des mesures effectuées sur des avant-bras palmaires humains (Stoll et Greene^[8]).

L'éprouvette d'essai est placée sur un mannequin de taille adulte (voir l'ISO 13506-1:2024, 5.1) dans des conditions atmosphériques ambiantes et exposée à une simulation en laboratoire d'un feu dont le flux de chaleur, la durée et la distribution de flammes sont maîtrisés. Le mode opératoire d'essai, l'acquisition des données, les calculs des résultats et la préparation du rapport d'essai sont réalisés à l'aide d'un matériel et de programmes informatiques.

L'énergie thermique transférée au travers de l'éprouvette d'essai et de l'éprouvette d'essai à la surface du mannequin pendant et après l'exposition est mesurée par des capteurs de flux thermique positionnés à la surface du mannequin. La chaleur varie en fonction du temps. La méthode spécifiée dans le présent document utilise les mesures de flux de chaleur de l'ISO 13506-1 afin de calculer le temps prévisible jusqu'à la douleur pour chaque capteur d'énergie thermique, les surfaces de la blessure par brûlure de premier, deuxième et troisième degré, et la zone totale de blessure par brûlure résultant de l'exposition. L'identification de l'éprouvette d'essai, les conditions d'essai, les observations et les remarques concernant l'objectif de l'essai et la réaction de l'éprouvette à l'exposition sont consignées et incluses dans le rapport d'essai. L'énergie totale transférée et/ou la surface prévisible de la blessure par brûlure de la peau, ainsi que la façon dont l'éprouvette réagit à l'exposition à la flamme, sont des indicateurs de la performance de l'éprouvette pour cette méthode d'essai. La méthode de prédiction de blessure par brûlure de la peau peut être utilisée avec d'autres méthodes d'essai qui produisent des expositions similaires.

[L'Article 6](#) donne les détails du calcul requis des lésions cutanées prévisibles, tandis que [l'Article 7](#) énumère une série de cas d'essai à partir desquels la méthode de calcul doit être soumise à des essais afin d'en démontrer la conformité avec la précision spécifiée.

5 Appareillage, préparation des éprouvettes et mode opératoire d'essai

Les détails de l'appareillage, la préparation et l'habillage de l'éprouvette d'essai et le mode opératoire d'essai sont donnés dans l'ISO 13506-1:2024, Articles 5 à 8. Outre les procédures d'étalonnage indiquées dans l'ISO 13506-1:2024, Annexe C, les laboratoires doivent procéder à la validation décrite à [l'Article 7](#) ci-dessous.

6 Calcul des blessures par brûlure de la peau

6.1 Modèle de peau

6.1.1 Généralités

Le présent document contient les spécifications de deux modèles de peau:

- les valeurs des propriétés de la peau pour le modèle de peau dont la conductivité thermique dépend de la température (modèle de peau A) doivent être spécifiées dans le [Tableau 1](#), le [Tableau 2](#) et l'[Annexe A](#);
- les valeurs des propriétés de la peau pour le modèle de peau dont la conductivité thermique est indépendante de la température (modèle de peau B) doivent être spécifiées dans le [Tableau 1](#) et le [Tableau 3](#).

NOTE 1 Les valeurs des propriétés de la peau énumérées du [Tableau 1](#) au [Tableau 3](#) et à l'[Annexe A](#) ainsi que les cas d'essai de calcul spécifiés dans [l'Article 7](#) ont été établis par un groupe de travail au sein de l'ASTM (American Society for Testing and Materials) chargé de l'ASTM F1930^[6], une méthode d'essai développée conjointement avec la série ISO 13506. Le groupe de travail a procédé à une rétro-ingénierie des expériences de Stoll et Greene^[7] de manière à faire correspondre à 10 % près la condition $\Omega = 1,0$ [\[Formule \(3\)\]](#) pour tous les cas d'essai de cloques partielles de Stoll. Les valeurs des épaisseurs des trois couches (*in vivo*) dans les avant-bras d'hommes adultes ont été trouvées dans la littérature, de même que le gradient de température initial à travers les couches dans l'avant-bras (1 °C). À partir de ces informations, des formules données en [6.1.3](#) et [6.1.5](#) et des valeurs de P et de ΔE fixées par Weaver et Stoll^[8] indiquées ci-dessous, des techniques d'essais-erreurs et d'optimisation ont été utilisées afin de trouver les valeurs de conductivité thermique, de chaleur spécifique et de densité des différentes couches de manière à pouvoir prédire, avec un seul ensemble de valeurs, toutes les mesures expérimentales de blessure de la peau de Stoll et Greene^[7] et les extensions calculées par Weaver et Stoll^[8] avec $\Omega = 1 \pm 0,1$. Les valeurs ainsi déterminées sont représentatives du tissu vivant (*in vivo*). Le flux sanguin et son effet potentiel sur les résultats/prédictions sont donc implicites dans la solution utilisant les formules et les paramètres indiqués ci-dessous.

NOTE 2 L'ASTM F1930 contient des informations historiques détaillées relatives au développement de la prédiction des blessures de la peau dues à l'influx de chaleur provenant de fluides chauds et de sources radiantes pures.

6.1.2 Valeurs du flux de chaleur des capteurs du mannequin en fonction du temps

Les valeurs du flux de chaleur absorbé, $\dot{q}_i(t)$, en kW/m², pour chaque capteur du mannequin, i , à chaque pas de temps, t , comme indiqué dans l'ISO 13506-1, doivent être prises comme données d'entrée pour le calcul de la prédiction de blessure par brûlure de la peau.

6.1.3 Détermination du champ de température interne prévisible de la peau et du tissu sous-cutané (adipeux)

6.1.3.1 Généralités

L'exposition thermique doit être représentée comme un problème transitoire unidimensionnel de diffusion de la chaleur dans lequel la température à l'intérieur des couches de l'épiderme et du derme de la peau et du