

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Wearable electronic devices and technologies –
Part 406-1: Test method for measuring surface temperature of wrist-worn
wearable electronic devices while in contact with human skin**

**Technologies et dispositifs électroniques prêts-à-porter –
Partie 406-1: Méthode d'essai pour le mesurage de la température de surface
des dispositifs électroniques prêts-à-porter placés au poignet au contact de la
peau humaine**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Wearable electronic devices and technologies –
Part 406-1: Test method for measuring surface temperature of wrist-worn
wearable electronic devices while in contact with human skin**

**Technologies et dispositifs électroniques prêts-à-porter –
Partie 406-1: Méthode d'essai pour le mesurage de la température de surface
des dispositifs électroniques prêts-à-porter placés au poignet au contact de la
peau humaine**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.020

ISBN 978-2-8322-5556-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Test conditions and test setup	7
4.1 Environmental conditions	7
4.2 Human skin-imitating fixture.....	7
4.2.1 General	7
4.2.2 Structure of the human skin-imitating fixture	7
4.2.3 Monitoring skin-imitating temperature and heater control	7
4.3 Stabilization time	7
4.4 Test setup.....	8
4.4.1 General	8
4.4.2 Placement of device under test (DUT)	8
4.4.3 Thermocouple placement.....	9
4.4.4 Device operating conditions.....	9
5 Test method	9
6 Test report.....	10
Annex A (informative) Low-temperature burn caused by wearable electronic devices.....	11
A.1 General.....	11
A.2 Low-temperature burn threshold	11
Annex B (informative) Human skin-imitating fixture	12
B.1 General structure	12
B.2 Heater for imitating skin temperature	12
Annex C (informative) Device operation scenario for the temperature test	14
C.1 Normal operating condition scenario	14
C.2 Abnormal operating condition scenario	14
Bibliography.....	15
Figure 1 – Test setup for evaluating the contact-surface temperature of a wearable electronic device	8
Figure B.1 – Structure of human skin-imitating fixture	12
Figure B.2 – Minimum size of cover, heater, and the position of thermocouple to monitor skin-imitating temperature	13
Figure C.1 – Working period and duty cycle under device operating conditions	14

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WEARABLE ELECTRONIC DEVICES AND TECHNOLOGIES –

Part 406-1: Test method for measuring surface temperature of wrist-worn wearable electronic devices while in contact with human skin

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 63203-406-1 has been prepared by technical committee 124: Wearable electronic devices and technologies. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
124/161/FDIS	124/168/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 63203 series, published under the general title *Wearable electronic devices and technologies*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-406-1:2021

WEARABLE ELECTRONIC DEVICES AND TECHNOLOGIES –

Part 406-1: Test method for measuring surface temperature of wrist-worn wearable electronic devices while in contact with human skin

1 Scope

This part of IEC 63203 defines the terms, definitions, symbols, configurations, and test methods to be used to specify the standard measurement conditions and methods for determining the contact-surface temperature of wrist-worn wearable electronic devices intended to be worn directly on a human wrist and that can be worn continuously during use. The conditions of the test do not consider perfusion and results are therefore considered conservatively. The temperature increase is induced by the thermal energy of wearable electronic devices during operation. This document gives the general procedure for the test method applicable to various wrist-worn wearable electronic devices for use by ordinary persons which in the context of this document is a healthy human adult.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 62368-1:2018, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements*

3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the following terms and definitions apply:

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- ISO Online browsing platform: Available at <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: Available at <http://www.electropedia.org/>

3.1

ambient temperature

average temperature of air or another medium in the vicinity of a wearable electronic device

Note 1 to entry: During the measurement of the ambient temperature the measuring instrument/probe should be shielded from draughts and radiant heating.

[SOURCE: IEC 60050-816:2004, 826-10-03, modified – In the definition, "the equipment" has been replaced with "a wearable electronic device".]

3.2

human skin-imitating fixture

test fixture with thermal conductivity similar to that of human skin including internal heater to imitate the temperature of human skin and its thermal conduction properties, as well as providing a surface on which the device is placed during the measurement

Note 1 to entry: The human skin-imitating fixture consists of a support equipped with a heater and cover material.

3.3

skin-imitating temperature

temperature on the surface of a human skin-imitating fixture that is controlled by heater to emulate the skin temperature of the human body

3.4

skin-contact surface

surface of the wearable electronic device that is physically in contact with the skin of the human body

3.5

contact-surface temperature

temperature of the skin-contact surface of the wearable electronic device

Note 1 to entry: Only that part of the device which may have an elevated temperature and is in contact with the skin shall be considered. It may not be necessary to measure the temperature of passive fixing devices, for example non-metallic wrist bands, outside the thermal footprint of the electronic device.

3.6

normal operating condition

mode of operation that represents as closely as possible the range of normal use that can reasonably be expected

[SOURCE: IEC 62368-1:2018, 3.3.7.4, modified – Notes to entry have been omitted.]

3.7

abnormal operating condition

temporary operating condition that is not a normal operating condition and is not a single fault condition of the equipment itself

[SOURCE: IEC 62368-1:2018, 3.3.7.1, modified – Notes to entry have been omitted.]

3.8

single fault condition

condition of equipment with a fault under normal operating condition of a single safeguard (but not a reinforced safeguard) or of a single component or a device

[SOURCE: IEC 62368-1:2018, 3.3.7.9, modified – Note to entry has been omitted.]

3.9

burn threshold

surface temperature defining the boundary between no burn and a superficial partial thickness burn caused by contact of the skin with a hot surface for a specified contact period

[SOURCE: IEC GUIDE 117:2010, 3.3]

4 Test conditions and test setup

4.1 Environmental conditions

The measurements shall be carried out under the following normal environmental conditions.

- Ambient temperature: $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$,
- Relative humidity: 25 % RH to 85 % RH,
- Atmospheric pressure: 86 kPa to 106 kPa.

4.2 Human skin-imitating fixture

4.2.1 General

A human skin-imitating fixture shall be used when measuring the contact surface temperature of a wearable electronic device. This fixture shall imitate the thermal conduction property of the human skin and the temperature of the surface of the human skin.

4.2.2 Structure of the human skin-imitating fixture

The human skin-imitating fixture shall be equipped with a heater, and the skin temperature shall be imitated by the operation of the heater. The heater shall be covered with a material which imitates the thickness and thermal conductivity of human skin. The wearable electronic device shall be attached to the cover by the method specified by the manufacturer. All of the skin-contact surfaces shall be in contact with the heated area of the fixture. Other detailed descriptions about the structure can be defined as described in Annex B.

4.2.3 Monitoring skin-imitating temperature and heater control

A surface-mount-type thermocouple (TC 1) with adhesive tape made from a low-thermal-conductivity material ($\lambda < 0,5\text{ W/m K}$) shall be attached to the surface of the cover of the fixture, a small distance away from the device under test (DUT). The thermocouple wire shall be no more than 0,26 mm in diameter and the measurement accuracy shall be within $\pm 1,0\text{ °C}$. The position of the thermocouple is shown in Figure 1 and Figure B.2. By monitoring the temperature with TC 1, the heater shall be controlled to maintain a skin-imitating temperature of $32,5\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ in normal environmental conditions. This is to ensure that the test is conducted under the appropriate operating conditions. A proportional-integral-derivative (PID) controller can be used to control the heater.

NOTE The temperature of human skin can vary with the ambient temperature, the part of the human body and the condition of the skin. The temperature of human skin is normally in the range of 30 °C to 35 °C .

Considerations should be given to the thermal mass and the heat flux of the device under test with respect to the applicability of the human skin-imitating fixture. It should be noted that the human skin-imitating fixture is considered as a conservative method in assessing thermal burn injuries as it does not consider perfusion/sweating or blood circulation of the body.

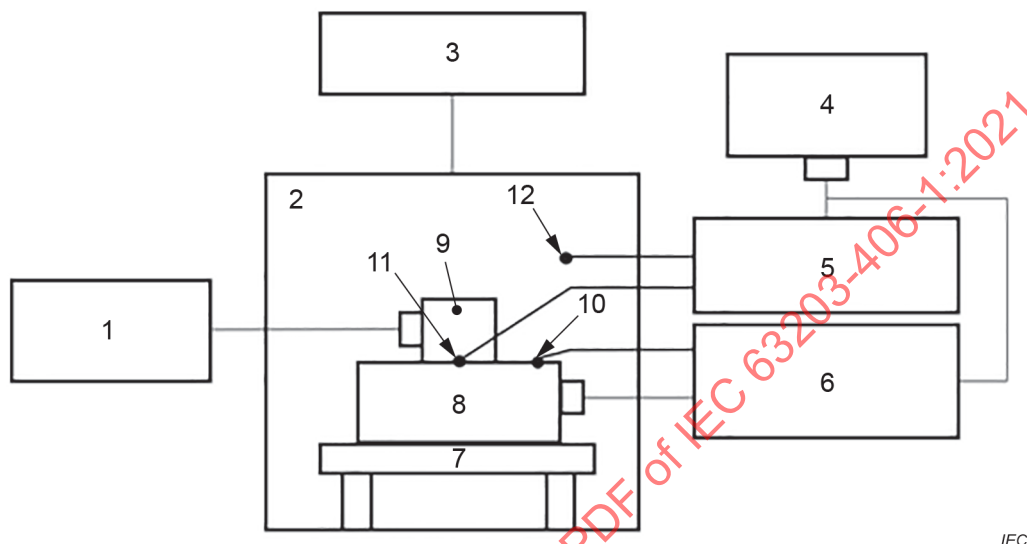
4.3 Stabilization time

The measurements shall be carried out after a sufficient stabilization time has elapsed. The first state stabilization time (step in Clause 5, list item c)) is defined as the time taken for the test chamber temperature to stabilize at the required ambient temperature $\pm 1,0\text{ °C}$. The second state stabilization time (step in Clause 5, list item e)) is defined as the time taken for the fixture surface to stabilize at the required contact-surface temperature $\pm 1,0\text{ °C}$.

4.4 Test setup

4.4.1 General

Figure 1 shows the test setup for measuring the electrical characteristics of a device being tested. To measure the contact surface temperature of a wearable electronic device and the ambient temperature, the device shall be mounted on a human skin-imitating fixture and thermocouples for temperature measurements shall be set at appropriate positions.



IEC

Key

- 1 controller/driver
- 2 temperature controlled environment chamber
- 3 temperature/humidity controller
- 4 computer for recording
- 5 thermometer
- 6 heater controller
- 7 support table
- 8 human skin-imitating fixture
- 9 device under test
- 10 thermocouple 1 (TC 1)
- 11 thermocouple 2 (TC 2)
- 12 thermocouple 3 (TC 3)

Figure 1 – Test setup for evaluating the contact-surface temperature of a wearable electronic device

4.4.2 Placement of device under test (DUT)

The device being tested shall be positioned on the human skin-imitating fixture in the geometric centre of the chamber by adjusting the position of the human skin-imitating fixture. The human skin-imitating fixture may be placed on a support table to adjust the position of the device under test. Any support table shall be made from a low thermal conductivity material ($\lambda < 0,5 \text{ W/mK}$). The positioning of the device on the human skin-imitating fixture shall follow, where provided, the method specified by the manufacturer to attach the device on the human body. The device shall be attached to ensure firm contact with no significant separation from the human skin-imitating fixture. There shall be no structures above the device being tested which may disturb the convection air flow. There shall be no significant external air movement sources affecting the device being tested, such as fan-forced air movement or ambient air movement.

4.4.3 Thermocouple placement

Thermocouple TC 2 for measuring the contact-surface temperature shall be positioned at the hottest point of the skin-contact surface. The hottest point is defined as the region with the highest temperature on the skin-contact surface of the wearable electronic device. This point has the shortest thermal path from the heat source inside the wearable electronic device to the contact-surface and can be determined by obtaining a thermographic mapping image of the skin-contact surface using infrared imaging by operating the wearable electronic device before placement on the human skin-imitating fixture. Thermocouple TC 3 for measuring the ambient temperature shall be positioned inside the test chamber such that disturbance of the convection air flow is avoided.

4.4.4 Device operating conditions

The normal operating conditions, abnormal operating conditions, and single fault conditions shall be set according to methods defined in IEC 62368-1:2018, Annex B when measuring the contact-surface temperature during device operation. The device operating mode may be set according to its functions. Further guidance is given in Annex C. An external power source to operate the DUT may be used instead of an internal power source such as a battery inside the device if the heat from the internal power source is negligible.

NOTE IEC 62368-1 defines only the test temperature and thermal criteria for skin burn without providing detailed test conditions. In this document, test conditions considering human skin and detailed measurement setup for the precise temperature measurement are defined to prevent low-temperature skin burn during long periods of contact with wearable electronic devices. See Annex A.

5 Test method

The procedure for testing a wearable electronic device is performed as follows.

- a) The human skin-imitating fixture is placed inside the test chamber.
- b) Thermocouples are placed:
 - inside the test chamber for ambient temperature measurement (TC 3);
 - on the surface of the human skin-imitating fixture as indicated in Figure B.2 and connected to the heater controller for skin-imitating temperature control (TC 1); and
 - on the DUT for contact-surface temperature measurement (TC 2).
- c) The test chamber ambient temperature and humidity shall reach stabilization before continuing (first state stabilization time). The chamber temperature should be set at 25,0 °C +0 °C, –5 °C according to IEC GUIDE 117:2010, 3.7.
- d) The heater of the human skin-imitating fixture is set such that the skin-imitating temperature is maintained within the designated temperature range.
- e) The human skin-imitating fixture shall reach stabilization before continuing (second state stabilization time).
- f) The DUT with the attached thermocouple is placed on the human skin-imitating fixture.
- g) The operating conditions of the DUT are set. The device may be using an internal or external power source.
- h) The contact-surface temperature measurements start by operating the DUT.
- i) The measurements end when the contact-surface temperature reaches its maximum stable value within 1,0 °C in 20 min.
- j) Repeat steps from list items g) to i) according to each operating condition.

6 Test report

Alongside the measured maximum contact surface temperature, the report shall include the following information:

- a) identification (number and date) of this document;
- b) identification and details of the test lab;
- c) identification and details of the sample and manufacturer;
- d) environmental conditions during the test execution;
- e) test scenario;
- f) device position conditions;
- g) any deviations from the conditions or procedures described in this document;
- h) date of test;
- i) other remarks and observations.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-406-1:2021

Annex A (informative)

Low-temperature burn caused by wearable electronic devices

A.1 General

When a wearable electronic device is being worn directly on the human body for a prolonged period, proteins in the human skin can get damaged, even when the skin remains in contact with a wearable electronic device at a raised temperature that is lower than the value at which a human being would experience pain. Low-temperature burn caused by a wearable electronic device can occur during continuous operation and during direct long-term contact with the human skin. To determine whether a wearable electronic device meets the conditions under which low-temperature burn is prevented, the contact surface temperature of a wearable electronic device during operation can be measured.

This document specifies conditions under which contact-surface temperature is measured to ensure that the contact-surface temperature of the device is below a temperature which can cause burns to human skin, taking into consideration the device use conditions and the effect of human skin temperature.

This document does not specify temperature limits. Temperature limits are specified in other documents, such as IEC 62368-1. Temperature limits from IEC 62368-1 are based on an ambient temperature of 25 °C.

A.2 Low-temperature burn threshold

For devices with substantial thermal mass and an infinite heat flux, the low-temperature burn threshold is specified as being at 43 °C according to IEC Guide 117 if the contact time exceeds 8 h. The skin-contact temperature of a wearable electronic device should be maintained below the limits specified in end product standards, for example, TS1 (43 °C to 48 °C) in IEC 62368-1:2018, 9.3 to prevent low-temperature skin burn in normal operation conditions. If a wearable electronic device is worn for less than 8 h, the burn threshold temperature may be determined by the criteria of ASTM C1055, Figure 1, or further guidance is available in IEC 62368-1.

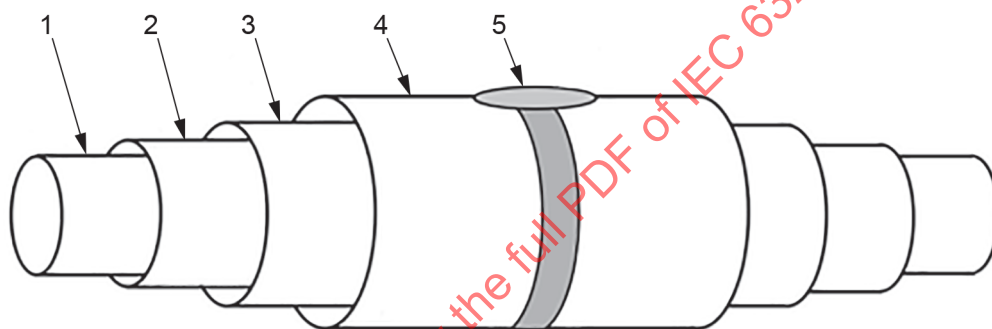
Annex B (informative)

Human skin-imitating fixture

B.1 General structure

The human skin-imitating fixture consists of a support with a heater, a heat spreader and a cover. Figure B.1 shows the general structure of the human skin-imitating fixture. The support consists of, for instance, flame-retardant and heat-resistant polymers with a film-type heater on a surface controlled by an external controller. The support should be a low thermal conductivity material ($\lambda < 0,5 \text{ W/mK}$). The support and entire fixture generally will have a rounded shape, simulating the shape of a human wrist as shown in Figure B.1. A model or replica of the human wrist on which the wearable electronic device is intended to be worn may also be used as a support if its thermal conductivity is less than $0,5 \text{ W/mK}$.

NOTE The thermal conductivity of the human body is mainly less than $0,5 \text{ W/mK}$ except for bones, for which it is $0,63 \text{ W/mK}$.



IEC

Key

- 1 support
- 2 heater
- 3 heat spreader
- 4 cover
- 5 device under test

NOTE Figure B.1 intends to show the general structure of the fixture.

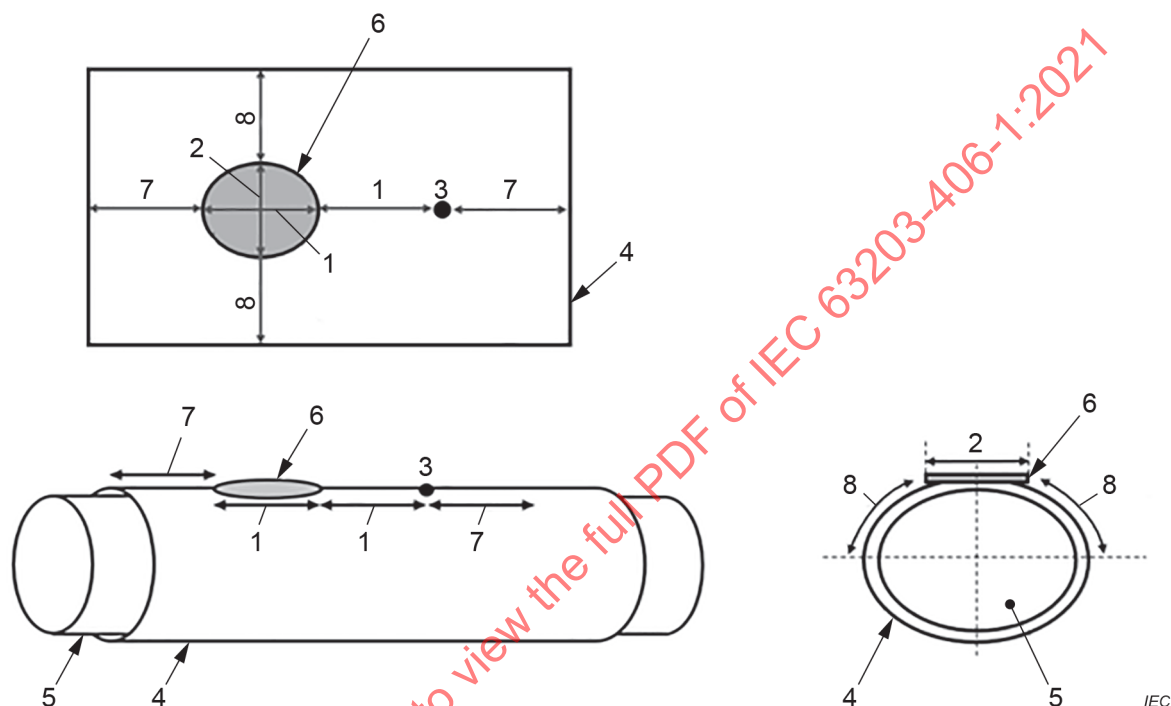
Figure B.1 – Structure of human skin-imitating fixture

B.2 Heater for imitating skin temperature

A film-type heater consists of, for instance, a resistive heating element such as metal foil inside polyimide film. The cover material should be a material with low thermal conductivity ($\lambda < 0,5 \text{ W/mK}$), and having elasticity sufficient to have a firm surface contact against the DUT with thermocouple (TC 2) placed between them, consisting of, for instance, silicone rubber (polysiloxane). The thickness of the cover imitating the human skin should be $2,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. A heat spreader with good thermal conductivity, such as a copper plate or graphite sheet, should be placed between the film type heater and the cover, to achieve an even temperature distribution over the complete contact area.

NOTE The human skin is composed of the epidermis, dermis, and hypodermis. The thickness of the skin varies with the parts of the body and normally ranges from 0,5 mm around the eyelids to 2,0 mm on the back except for the palms and soles where the thickness is over 4,0 mm.

The dimensions of the heating area and the cover should be at least 12 times larger than the size of the skin-contact surface as defined in Figure B.2. The skin-contact surface does not include the accessory to secure the wearable electronic device on the human body. The cover, heater and heat spreader may be rounded to conform to the shape of the support. Thermocouple TC 1 should be positioned to avoid thermal interference from the DUT. It should be placed at a distance of L_x , the size of the skin-contact surface, measured from the edges of the skin-contact surface in x direction.



Key

- 1 length of the skin contact surface in X-direction (L_x)
- 2 length of the skin contact surface in Y-direction (L_y)
- 3 thermocouple (TC 1)
- 4 heater, heat spreader, cover
- 5 support
- 6 skin-contact surface of wearable electronic device
- 7 minimum L_x
- 8 minimum L_y

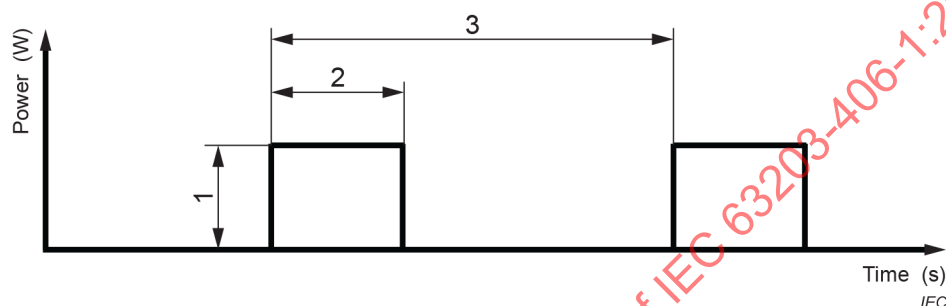
Figure B.2 – Minimum size of cover, heater, and the position of thermocouple to monitor skin-imitating temperature

Annex C (informative)

Device operation scenario for the temperature test

C.1 Normal operating condition scenario

The normal operating condition scenario is the condition of the test system simulating use on the body by a person. A battery or an external power supply may power the device to simulate the normal operating condition scenario. The power and duty cycle may be set according to the normal operating condition scenario as shown in Figure C.1.



Key

- 1 power (W)
- 2 working period (s)
- 3 duty cycle (s)

Figure C.1 – Working period and duty cycle under device operating conditions

C.2 Abnormal operating condition scenario

An abnormal operating condition may arise as a result of improper use of the wearable electronic device. Abnormal operating conditions may be tested by adjusting power level, working period and duty cycle to simulate the worse conditions considered by the manufacturer.

Bibliography

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ASTM C1055, *Standard Guide for Heated System Surface Conditions That Produce Contact Burn Injuries*

HAN, AQ., Thermal management and safety regulation of smart watches, *Proceedings of 15th IEEE ITherm Conference*, 2016, p. 939-944

LEE, Y., HWANG, K., Skin thickness of Korean adults, *Surgical and Radiologic Anatomy*, 24(3), 2002, p. 183-189 (2002)

HOLMES KR., Thermal properties [viewed 2018-10-19], Available at <http://users.ece.utexas.edu/~valvano/research/Thermal.pdf>.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-406-1:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	17
1 Domaine d'application	19
2 Références normatives	19
3 Termes et définitions	19
4 Conditions d'essai et configuration d'essai	21
4.1 Conditions d'environnement	21
4.2 Dispositif imitant la peau humaine	21
4.2.1 Généralités	21
4.2.2 Structure du dispositif imitant la peau humaine	21
4.2.3 Surveillance de la température imitant la peau et contrôle de l'appareil de chauffage	21
4.3 Temps de stabilisation	21
4.4 Configuration d'essai	22
4.4.1 Généralités	22
4.4.2 Placement du dispositif en essai (DUT)	22
4.4.3 Placement des thermocouples	23
4.4.4 Conditions de fonctionnement du dispositif	23
5 Méthode d'essai	23
6 Rapport d'essai	24
Annexe A (informative) Brûlures à basse température dues à des dispositifs électroniques prêts-à-porter	25
A.1 Généralités	25
A.2 Seuil de brûlure à basse température	25
Annexe B (informative) Dispositif imitant la peau humaine	26
B.1 Structure générale	26
B.2 Appareil de chauffage pour la température imitant la peau	26
Annexe C (informative) Scénario de fonctionnement du dispositif pour l'essai de température	28
C.1 Scénario en condition normale de fonctionnement	28
C.2 Scénario en conditions anormales de fonctionnement	28
Bibliographie	29
Figure 1 – Configuration d'essai pour évaluer la température à la surface de contact d'un dispositif électronique prêt-à-porter	22
Figure B.1 – Structure du dispositif imitant la peau humaine	26
Figure B.2 – Taille minimale du couvercle, appareil de chauffage et position du thermocouple pour surveiller la température imitant la peau	27
Figure C.1 – Durée de fonctionnement et cycle de service en conditions de fonctionnement du dispositif	28

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIES ET DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES PRÊTS-À-PORTER –

Partie 406-1: Méthode d'essai pour le mesurage de la température de surface des dispositifs électroniques prêts-à-porter placés au poignet au contact de la peau humaine

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 63203-406-1 a été établie par le comité d'études 124 de l'IEC: Technologies et dispositifs électroniques prêts-à-porter. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
124/161/FDIS	124/168/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63203, publiées sous le titre général *Technologies et dispositifs électroniques prêts-à-porter*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-406-1:2021

TECHNOLOGIES ET DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES PRÊTS-À-PORTER –

Partie 406-1: Méthode d'essai pour le mesurage de la température de surface des dispositifs électroniques prêts-à-porter placés au poignet au contact de la peau humaine

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63203 définit les termes, les définitions, les symboles, les configurations et les méthodes d'essai à utiliser pour spécifier les conditions de mesure normalisées et les méthodes de détermination de la température à la surface de contact des dispositifs électroniques prêts-à-porter placés au poignet, destinés à être portés directement sur le poignet humain et qui peuvent être portés de manière continue pendant leur utilisation. Les conditions de l'essai ne prennent pas en considération la diffusion et les résultats sont par conséquent considérés avec prudence. L'augmentation de la température est induite par l'énergie thermique des dispositifs électroniques prêts-à-porter pendant leur fonctionnement. Le présent document donne la procédure générale pour la méthode d'essai applicable à divers dispositifs électroniques prêts-à-porter placés au poignet et destinés à être utilisés par des personnes ordinaires qui, dans le contexte de ce document, sont des adultes humains en bonne santé.

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).

IEC 62368-1:2018, *Équipements des technologies de l'audio/vidéo, de l'information et de la communication – Partie 1: Exigences de sécurité*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions 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 <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1

température ambiante

température moyenne de l'air ou du milieu au voisinage d'un dispositif électronique prêt-à-porter

Note 1 à l'article: Pendant la mesure de la température ambiante il est recommandé que l'instrument/la sonde de mesure soit protégée des courants d'air et de la chaleur rayonnée.

[SOURCE: IEC 60050-816:2004, 826-10-03, modifié – Dans la définition, "matériel" a été remplacé par "dispositif électronique prêt-à-porter".]

3.2

dispositif imitant la peau humaine

dispositif d'essai qui présente une conductivité thermique similaire à celle de la peau humaine, y compris un appareil de chauffage interne, de façon à imiter la température de la peau humaine et ses propriétés de conduction thermique, ainsi que la surface sur laquelle le dispositif est placé pendant le mesurage

Note 1 à l'article: Le dispositif imitant la peau humaine est constitué d'un support équipé d'un appareil de chauffage et d'un matériau de couverture.

3.3

température imitant la peau

température à la surface du dispositif imitant la peau humaine contrôlée par un appareil de chauffage pour imiter la température de la peau du corps humain

3.4

surface de contact avec la peau

surface du dispositif électronique prêt-à-porter qui est physiquement en contact avec la peau du corps humain

3.5

température à la surface de contact

température à la surface de contact avec la peau du dispositif électronique prêt-à-porter

Note 1 à l'article: Seule la partie du dispositif qui peut avoir une température élevée et qui est en contact avec la peau doit être prise en considération. Il peut être inutile de mesurer la température des dispositifs de montage passifs, par exemple les bracelets non métalliques, en dehors de l'empreinte thermique du dispositif électronique.

3.6

condition normale de fonctionnement

mode de fonctionnement qui reflète le mieux le domaine d'utilisation normale qu'il est raisonnable d'attendre

[SOURCE: IEC 62368-1:2018, 3.3.7.4, modifié – Les notes à l'article ont été omises.]

3.7

conditions anormales de fonctionnement

conditions de fonctionnement temporaires qui ne sont ni les conditions normales de fonctionnement ni les conditions de premier défaut de l'équipement proprement dit

[SOURCE: IEC 62368-1:2018, 3.3.7.1, modifié – Les notes à l'article ont été omises.]

3.8

condition de premier défaut

défaut dans les conditions normales de fonctionnement d'une protection unique (mais non d'une protection renforcée) ou d'un composant unique ou d'un dispositif

[SOURCE: IEC 62368-1:2018, 3.3.7.9, modifié – La note à l'article a été omise.]

3.9

seuil de brûlure

température de surface définissant la limite entre une absence de brûlure et une brûlure superficielle d'épaisseur partielle provoquée par le contact de la peau avec une surface chaude pendant une période de contact déterminée

[SOURCE: GUIDE IEC 117:2010, 3.3]

4 Conditions d'essai et configuration d'essai

4.1 Conditions d'environnement

Les mesurages doivent être effectués dans les conditions d'environnement normales suivantes.

- Température ambiante: $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$,
- Humidité relative: 25 % HR à 85 % HR,
- Pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa.

4.2 Dispositif imitant la peau humaine

4.2.1 Généralités

Un dispositif imitant la peau humaine doit être utilisé pour mesurer la température à la surface de contact d'un dispositif électronique prêt-à-porter. Ce dispositif doit imiter la propriété de conduction thermique de la peau humaine et la température de la surface de la peau humaine.

4.2.2 Structure du dispositif imitant la peau humaine

Le dispositif imitant la peau humaine doit être équipé d'un appareil de chauffage, et la température de la peau doit être imitée par le fonctionnement de l'appareil de chauffage. L'appareil de chauffage doit être recouvert d'un matériau qui imite l'épaisseur et la conductivité thermique de la peau humaine. Le dispositif électronique prêt-à-porter doit être fixé au couvercle selon la méthode spécifiée par le fabricant. Toutes les surfaces en contact avec la peau doivent être en contact avec la zone chauffée du dispositif. D'autres descriptions détaillées de la structure peuvent être définies, comme cela est décrit à l'Annexe B.

4.2.3 Surveillance de la température imitant la peau et contrôle de l'appareil de chauffage

Un thermocouple de type montage en surface (TC 1) avec un ruban adhésif constitué d'un matériau à faible conductivité thermique ($\lambda < 0,5\text{ W/m K}$) doit être fixé à la surface du couvercle du dispositif, à une petite distance du dispositif en essai (DUT - *device under test*). Le fil du thermocouple ne doit pas avoir un diamètre supérieur à 0,26 mm et l'exactitude de mesure doit être supérieure à $\pm 1,0\text{ °C}$. La position du thermocouple est indiquée à la Figure 1 et à la Figure B.2. En contrôlant la température avec le TC 1, l'appareil de chauffage doit être contrôlé de façon à maintenir une température imitant la peau de $32,5\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ dans des conditions d'environnement normales. Cela permet d'assurer que l'essai est effectué dans des conditions de fonctionnement appropriées. Un régulateur PID (proportionnel-intégral-dérivé) peut être utilisé pour contrôler l'appareil de chauffage.

NOTE La température de la peau humaine peut varier en fonction de la température ambiante, de la partie du corps humain et de l'état de la peau. La température de la peau humaine est généralement comprise entre 30 °C et 35 °C.

Il convient de prendre en considération la masse thermique et le flux thermique du dispositif en essai en ce qui concerne l'applicabilité du dispositif imitant la peau humaine. Il convient de noter que le dispositif imitant la peau humaine est considéré comme une méthode prudente pour évaluer les brûlures thermiques, car elle ne prend pas en considération la diffusion/sudation ou la circulation sanguine du corps.

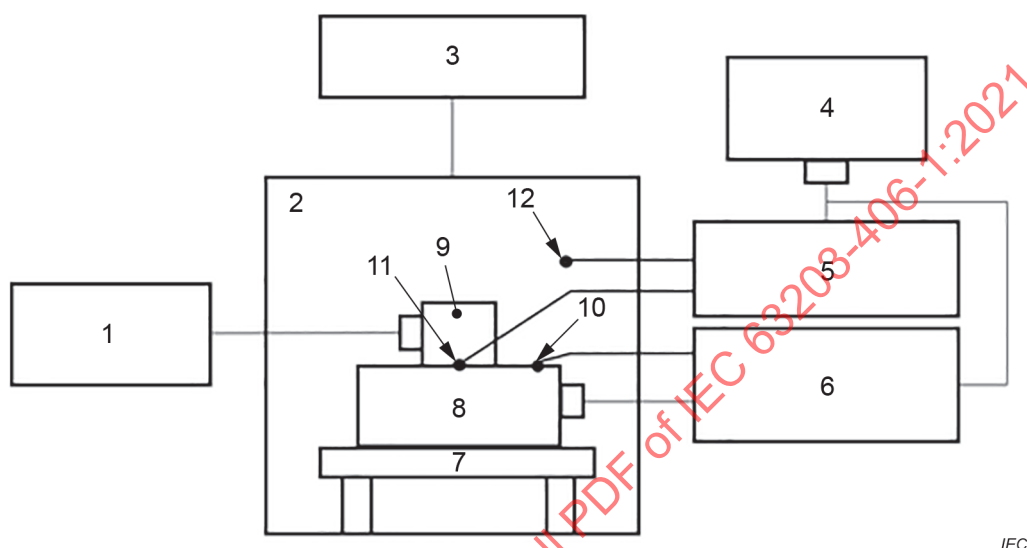
4.3 Temps de stabilisation

Les mesurages doivent être effectués après un temps de stabilisation suffisant. Le temps de stabilisation du premier état (étape c, Article 5) est défini comme le temps nécessaire pour que la température de la chambre d'essai se stabilise à la température ambiante exigée $\pm 1,0\text{ °C}$. Le temps de stabilisation du deuxième état (étape e, Article 5) est défini comme le temps nécessaire à la stabilisation de la surface du dispositif à la température à la surface de contact exigée $\pm 1,0\text{ °C}$.

4.4 Configuration d'essai

4.4.1 Généralités

La Figure 1 représente la configuration d'essai pour le mesurage des caractéristiques électriques d'un dispositif en essai. Pour mesurer la température à la surface de contact d'un dispositif électronique prêt-à-porter et la température ambiante, le dispositif doit être installé sur un dispositif imitant la peau humaine et les thermocouples pour les mesurages de température doivent être réglés sur des positions appropriées.



Légende

- 1 régulateur/pilote
- 2 chambre d'environnement à température contrôlée
- 3 régulateur de température/humidité
- 4 ordinateur pour l'enregistrement
- 5 thermomètre
- 6 régulateur de l'appareil de chauffage
- 7 table support
- 8 dispositif imitant la peau humaine
- 9 dispositif en essai
- 10 thermocouple 1 (TC 1)
- 11 thermocouple 2 (TC 2)
- 12 thermocouple 3 (TC 3)

Figure 1 – Configuration d'essai pour évaluer la température à la surface de contact d'un dispositif électronique prêt-à-porter

4.4.2 Placement du dispositif en essai (DUT)

Le dispositif en essai doit être placé sur le dispositif imitant la peau humaine, au centre géométrique de la chambre en réglant la position du dispositif imitant la peau humaine. Le dispositif imitant la peau humaine peut être placé sur une table support pour régler la position du dispositif en essai. Toute table support doit être constituée d'un matériau à faible conductivité thermique ($\lambda < 0,5 \text{ W/mK}$). Le positionnement du dispositif sur le dispositif imitant la peau humaine doit suivre, lorsqu'elle est fournie, la méthode de fixation sur le corps humain spécifiée par le fabricant. Le dispositif doit être fixé de manière à assurer un contact ferme sans séparation significative du dispositif imitant la peau humaine. Il ne doit y avoir aucune structure au-dessus du dispositif en essai qui puisse perturber le flux d'air de convection. Il ne doit y

avoir aucune source de mouvement d'air externe significative qui affecte le dispositif en essai, comme un mouvement d'air forcé par un ventilateur ou un mouvement d'air ambiant.

4.4.3 Placement des thermocouples

Le thermocouple TC 2 destiné à mesurer la température à la surface de contact doit être placé au point le plus chaud de la surface de contact avec la peau. Le point le plus chaud est défini comme la région où la température est la plus élevée sur la surface de contact avec la peau du dispositif électronique prêt-à-porter. Ce point a le chemin thermique le plus court depuis la source de chaleur à l'intérieur du dispositif électronique prêt-à-porter jusqu'à la surface de contact et peut être déterminé en obtenant une image cartographique thermographique de la surface de contact avec la peau par imagerie infrarouge en faisant fonctionner le dispositif électronique prêt-à-porter avant de le placer sur le dispositif imitant la peau humaine. Le thermocouple TC 3 destiné à mesurer la température ambiante doit être placé à l'intérieur de la chambre d'essai de manière à éviter toute perturbation du flux d'air de convection.

4.4.4 Conditions de fonctionnement du dispositif

Les conditions normales de fonctionnement, les conditions anormales de fonctionnement et les conditions de premier défaut doivent être définies selon les méthodes spécifiées dans l'IEC 62368-1:2018, Annexe B lors du mesurage de la température à la surface de contact pendant le fonctionnement du dispositif. Le mode de fonctionnement du dispositif peut être réglé selon ses fonctions. L'Annexe C donne des recommandations supplémentaires. Une source d'alimentation externe pour faire fonctionner le dispositif en essai peut être utilisée à la place d'une source d'alimentation interne, comme une batterie à l'intérieur de l'appareil, si la chaleur provenant de la source d'alimentation interne est négligeable.

NOTE L'IEC 62368-1 ne définit que la température d'essai et les critères thermiques pour les brûlures de la peau, sans condition d'essai détaillée. Dans le présent document, les conditions d'essai relatives à la peau humaine ainsi que le dispositif de mesure détaillé pour le mesurage précis de la température sont définis pour éviter les brûlures de la peau à basse température lors d'un contact prolongé avec des dispositifs électroniques prêts-à-porter. Voir l'Annexe A.

5 Méthode d'essai

La procédure d'essai d'un dispositif électronique prêt-à-porter est la suivante.

- a) Le dispositif imitant la peau humaine est placé à l'intérieur de la chambre d'essai.
- b) Des thermocouples sont placés:
 - à l'intérieur de la chambre d'essai pour le mesurage de la température ambiante (TC 3);
 - sur la surface du dispositif imitant la peau humaine comme indiqué à la Figure B.2 et connectés au régulateur de l'appareil de chauffage pour le contrôle de la température imitant la peau (TC 1); et
 - sur le DUT pour le mesurage de la température à la surface de contact (TC 2).
- c) La température et l'humidité ambiantes de la chambre d'essai doivent se stabiliser avant la suite de la procédure (temps de stabilisation du premier état). Il convient de régler la température de la chambre sur $25,0\text{ °C} \pm 0\text{ °C}$, -5 °C selon le Guide IEC 117:2010, 3.7.
- d) L'appareil de chauffage du dispositif imitant la peau humaine est réglé de telle sorte que la température imitant la peau est maintenue dans la plage de températures désignée.
- e) Le dispositif imitant la peau humaine doit atteindre la stabilisation avant la suite de la procédure (temps de stabilisation du deuxième état).
- f) Le DUT avec le thermocouple attaché est placé sur le dispositif imitant la peau humaine.
- g) Les conditions de fonctionnement du DUT sont réglées. Le dispositif peut utiliser une source d'alimentation interne ou externe.
- h) Les mesurages de la température à la surface de contact commencent par le fonctionnement du DUT.

- i) Les mesurages se terminent lorsque la température à la surface de contact atteint sa valeur maximale stable dans les 1,0 °C en 20 min.
- j) Répéter les étapes g) à i) en fonction de chaque condition de fonctionnement.

6 Rapport d'essai

Outre la température maximale mesurée à la surface de contact, le rapport doit contenir les informations suivantes:

- a) l'identification (numéro et date) du présent document;
- b) l'identification et les coordonnées du laboratoire d'essai;
- c) l'identification et les détails de l'échantillon et du fabricant;
- d) les conditions d'environnement pendant l'exécution de l'essai;
- e) le scénario d'essai;
- f) les conditions de position du dispositif;
- g) tout écart par rapport aux conditions ou procédures décrites dans le présent document;
- h) la date de l'essai;
- i) d'autres remarques et observations.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-406-1:2021

Annexe A (informative)

Brûlures à basse température dues à des dispositifs électroniques prêts-à-porter

A.1 Généralités

Lorsqu'un dispositif électronique prêt-à-porter est placé directement sur le corps humain pendant une période prolongée, les protéines de la peau humaine peuvent être endommagées, même lorsque la température augmentée du dispositif électronique prêt-à-porter avec lequel la peau est en contact est inférieure à la valeur à laquelle un humain ressent de la douleur. Les brûlures à basse température dues à un dispositif électronique prêt-à-porter peuvent se produire en fonctionnement continu et lors d'un contact direct à long terme avec la peau humaine. Pour déterminer si un dispositif électronique prêt-à-porter satisfait aux conditions permettant d'éviter les brûlures à basse température, la température à la surface de contact d'un dispositif électronique prêt-à-porter en fonctionnement peut être mesurée.

Ce document spécifie les conditions dans lesquelles la température à la surface de contact est mesurée pour assurer que la température à la surface de contact du dispositif est inférieure à la température qui peut provoquer une brûlure de la peau humaine, en prenant en considération les conditions d'utilisation du dispositif et l'effet de la température de la peau humaine.

Ce document ne précise pas les limites de température. Ces dernières sont spécifiées dans d'autres documents, par exemple, l'IEC 62368-1. Les limites de température de l'IEC 62368-1 sont fondées sur une température ambiante de 25 °C.

A.2 Seuil de brûlure à basse température

Pour les dispositifs qui présentent une masse thermique importante et un flux de chaleur infini, le seuil de brûlure à basse température est spécifié à 43 °C selon le Guide IEC 117 si la durée de contact dépasse 8 h. Il convient de maintenir la température de contact avec la peau d'un dispositif électronique prêt-à-porter en dessous des limites spécifiées dans les normes de produits finaux, par exemple TS1 (43 °C à 48 °C) dans l'IEC 62368-1:2018, 9.3, pour prévenir les brûlures cutanées à basse température dans des conditions normales de fonctionnement. Si un dispositif électronique prêt-à-porter est porté pendant moins de 8 h, la température du seuil de brûlure peut être déterminée par les critères de l'ASTM C1055, Figure 1. Des recommandations supplémentaires sont également disponibles dans l'IEC 62368-1.