

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Wearable electronic devices and technologies –
Part 204-2: Electronic textile – Test method to characterize electrical resistance
change in knee and elbow bending test of e-textiles**

**Technologies et dispositifs électroniques prêts-à-porter –
Partie 204-2: Textile électronique – Méthode d'essai pour caractériser la
variation de la résistance électrique lors de l'essai de flexion du genou et du
coude des textiles électroniques**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2025 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 Secretariat
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. 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 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 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 Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. 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 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Wearable electronic devices and technologies –
Part 204-2: Electronic textile – Test method to characterize electrical resistance
change in knee and elbow bending test of e-textiles**

**Technologies et dispositifs électroniques prêts-à-porter –
Partie 204-2: Textile électronique – Méthode d'essai pour caractériser la
variation de la résistance électrique lors de l'essai de flexion du genou et du
coude des textiles électroniques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 59.080.80, 59.080.01

ISBN 978-2-8327-0158-4

**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.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Environmental conditions	7
5 Test specimen preparation.....	7
5.1 General.....	7
5.2 Size of test specimen	7
6 Testing method and test apparatus	7
6.1 General.....	7
6.2 Test apparatus	8
6.2.1 General	8
6.2.2 Preparation of e-textile specimens made with conductive fibre and fabric	9
6.2.3 Preparation of e-textile specimens with strip-type devices	10
6.3 Test procedure.....	10
6.4 Measurement	11
6.5 Determination of the electrical properties	11
6.5.1 General	11
6.5.2 Linear resistance of e-textile with conductive yarn	11
6.5.3 Average, standard deviation, and effective variation of resistance	12
7 Test report	13
Annex A (informative) Example of test results.....	14
A.1 Knitted e-textile specimen	14
A.2 Measurement example	14
A.3 Measurement example	15
A.4 Measurement example	16
A.5 Measurement	17
A.6 Conductive e-textile	18
Annex B (informative) Strain along the bending	19
Annex C (informative) Example of bending machine	20
Annex D (normative) Specimen holder	21
Annex E (informative) Preparation of e-textile test specimen.....	23
Annex F (informative) Specimen holder separated from a dynamic bending machine.....	25
Bibliography	26
Figure 1 – Schematic diagram of specimen holder and specimen fixation	8
Figure 2 – Apparatus for bending test.....	8
Figure 3 – Example of bending test using apparatus	9
Figure 4 – Embedded e-textile in the specimen.....	9
Figure 5 – Strip-type device attached to specimen	10
Figure 6 – Example of a graph of resistance variation from a bending test	12
Figure A.1 – Part of knitted e-textile and schematic of bent specimen holder loaded with the sleeve-type e-textile.....	14
Figure A.2 – Real-time measurement of resistance of knitted e-textile at 10 cpm.....	15

Figure A.3 – Real-time measurement of resistance of knitted e-textile at 30 cpm	16
Figure A.4 – Real-time measurement of resistance of knitted e-textile at 30 cpm	16
Figure A.5 – Real-time measured change value of resistance of knitted e-textile sensor at 50 cpm	17
Figure A.6 – Real-time measured change value of resistance of electrical interconnection using conductive e-textile embedded in fabric	18
Figure B.1 – Bending strain between grips	19
Figure D.1 – Blueprint of specimen holder at top	21
Figure D.2 – Blueprint of specimen holder at front	21
Figure D.3 – Blueprint of specimen holder at side	22
Figure D.4 – Three-dimensional picture of the specimen holder	22
Figure E.1 – E-textile test specimen before sewing	23
Figure E.2 – E-textile test specimen after sewing	23
Figure E.3 – Specimen holder covered with silicone	24
Figure E.4 – E-textile loaded on a specimen holder covered with silicone	24
Table 1 – List of the size of the specimen	7
Table 2 – Combination of parameters for measurement	10
Table 3 – Categories of number of bending cycles	11
Table D.1 – Length of blueprint of specimen holder at top	21
Table D.2 – Length of blueprint of specimen holder at front	22
Table D.3 – Length of blueprint of specimen holder at side	22
Table E.1 – Length of e-textile test specimen	23

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WEARABLE ELECTRONIC DEVICES AND TECHNOLOGIES –

Part 204-2: Electronic textile – Test method to characterize electrical resistance change in knee and elbow bending test of e-textiles

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 63203-204-2 has been prepared by IEC 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
124/299/FDIS	124/306/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/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, or
- revised.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-204-2:2025

WEARABLE ELECTRONIC DEVICES AND TECHNOLOGIES –

Part 204-2: Electronic textile – Test method to characterize electrical resistance change in knee and elbow bending test of e-textiles

1 Scope

This part of IEC 63203 specifies a test method for e-textiles for measuring the change of electrical resistance during bending of the knee and elbow joints. It uses a dynamic method. This document is applicable to e-textiles.

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.

ISO 139, *Textiles – Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 5084, *Textiles – Determination of thickness of textiles and textile products*

EN 16812:2016, *Textiles and textile products. Electrically conductive textiles. Determination of the linear electrical resistance of conductive tracks*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

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

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

3.1

electrode

contact between the measurement wire and the specimen

[SOURCE: EN 16812:2016, 3.5]

3.2

bending rate

number of bending cycles per minute, with one cycle comprising one bending/unbending

Note 1 to entry: The bending rate is expressed in cpm (cycles per minute).

3.3

R_L

linear electrical resistance

electrical resistance per unit length of a track

Note 1 to entry: Linear electrical resistance is expressed in Ω/m (ohms per metre).

[SOURCE: EN 16812:2016, 3.3, modified – Note 1 to entry has been added.]

4 Environmental conditions

Standard atmospheric conditions for measurement shall apply, as specified in ISO 139.

5 Test specimen preparation

5.1 General

The specimen for mechanical tests shall be e-textile made of conductive yarn or fabric in a cylindrical shape. A measurement of the specimen shall be prepared by placing a cylindrical type of e-textile on a specimen holder. A strip-type e-textile shall be attached to a fabric with a cylindrical shape.

5.2 Size of test specimen

For the mechanical bending test of joint movement of e-textile, a specimen with a cylindrical shape shall be used. The specimen size of a cylindrical shape shall be selected from Table 1. The specimen shall be attached to the cylindrical shape with two grips, which are illustrated in Figure 3. The effective specimen length shall be the length of the specimen between the inner edges of the two grips (the grips are excluded from the effective specimen length). The two types of specimen circumference were set based on the average circumference of elbows and knees. The diameter of the specimen holder is 80 mm for type A (elbow) and 110 mm for type B (knee).

Table 1 – List of the size of the specimen

Type	Effective specimen length mm	Diameter mm
A (elbow)	200 ± 2	86 ± 4
B (knee)	200 ± 2	118 ± 5

The thickness of the e-textile shall be measured in accordance with ISO 5084.

6 Testing method and test apparatus

6.1 General

A prepared e-textile specimen shall be placed on the cylindrical specimen holder as shown in Figure 1, wrapping around the holder. To measure e-textile on skin-like conditions, the specimen holder shall be covered with silicone. The thickness of the silicone layer is 3 mm for type A and 4 mm for type B. The diameter of the specimens to be measured shall be prepared in order to fit the specimen holder. Examples of specimen preparation are described in Annex D and Annex E.

Both ends of the specimen shall be secured with a cylindrical circumferential grip for tight fixation. The specimen shall be fixed so that the location of the specimen cannot move during the measurement. When the middle portion of the cylindrical specimen holder moves as the joint bends, the specimen surrounding the specimen holder shall be bent together with the joint. The electrical property of the e-textile shall be evaluated by electrodes of electrical connection.

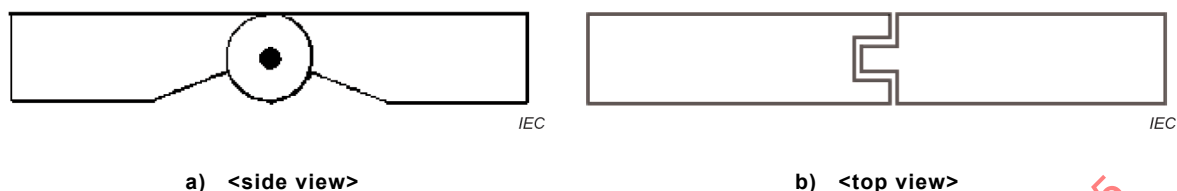
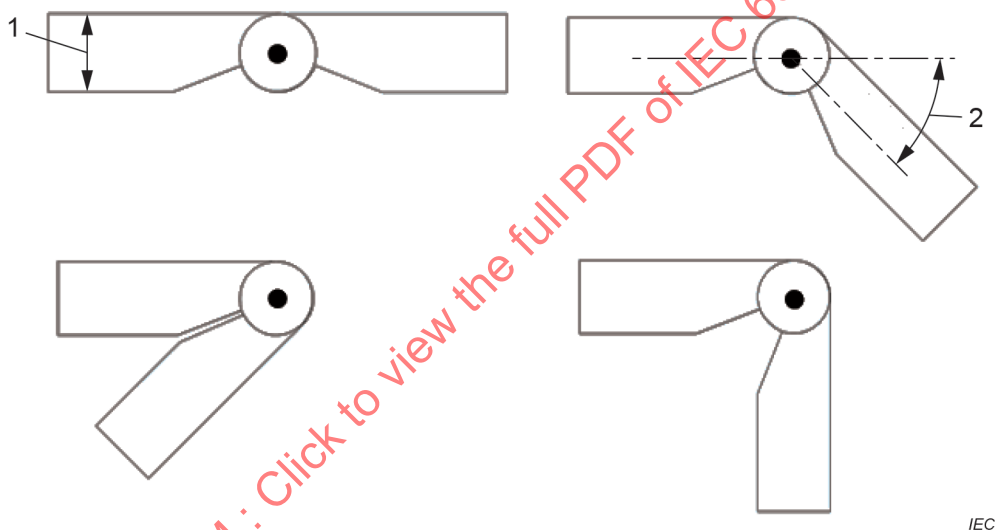


Figure 1 – Schematic diagram of specimen holder and specimen fixation

6.2 Test apparatus

6.2.1 General



Key

- 1 diameter = elbow (86 ± 5) mm, knee (118 ± 5) mm
- 2 bending angle 45° , 90° , 135°

Figure 2 – Apparatus for bending test

A bending tester is used to apply a repeated bending motion on specimens. The bending angle, as defined in Figure 2, shall be adjustable to the target value and shall be variable from 0° to 135° . Details of specimen holder are described in Annex D. Figure D.1 shows a top view of the specimen holder and Table D.1 defines the dimensions of it. Figure D.2 shows a front view of the specimen holder and Table D.2 defines the dimensions of it. Figure D.3 shows a side view of the specimen holder and Table D.3 defines the dimensions of it. A three-dimensional view of the specimen holder is shown in Figure D.4.

The grips shall be shaped like a circumference of the specimen holder to hold the cylindrical specimen perfectly as shown in Figure 3. The specimen holder and grips shall be clean and smooth to avoid mechanical damage on specimens. The specimen holder shall be made from insulating materials such as resin-based materials, polycarbonate, mono-cast polyamide, or paper.

The middle portion of the specimen holder shall repeat the reciprocating bending motion while both ends of the specimen are stationary/fixed. An example of the bending machine with the specimen holder attached is shown in Annex C and an example of the bending machine with the specimen holder detached is shown in Annex F.

The direction of the specimen can be both directions (course/wale direction for knit specimens, warp/weft direction for woven specimens), but it should be specified in the result.

Bending deformation accompanied with stretching shall be applied to the specimen as explained in Annex B.

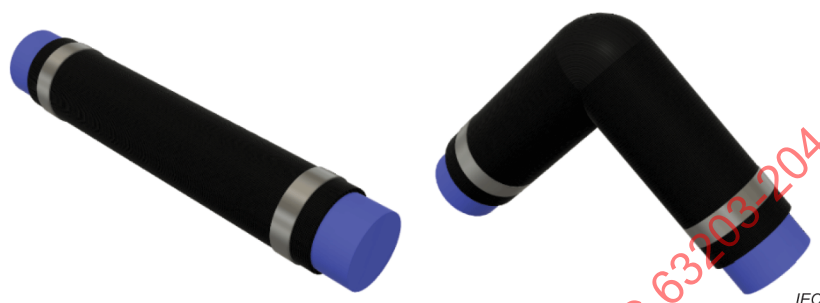


Figure 3 – Example of bending test using apparatus

6.2.2 Preparation of e-textile specimens made with conductive fibre and fabric

If a cylindrical fabric specimen is made by knitting, weaving or any other textile, and the conductive fibre or fabric is embedded in the middle, the specimen shall be produced as follows.

The conductive fabric undergoing bending shall be centrally positioned on the outer side of the specimen over the joint in the longitudinal direction, as shown in Figure 4. In the case of tubular knitting that partially uses conductive yarn, as shown in Figure A.1, the conductive yarn shall be centrally positioned on the outer side of the specimen above the joint, where maximum bending is achieved. EN 16812:2016 shall be followed to make electrical contact.

When the bending motion is repeated, the specimen shall remain at the centre of the longitudinal direction of the specimen so that electrical measurements can be performed reproducibly when comparing multiple specimens.

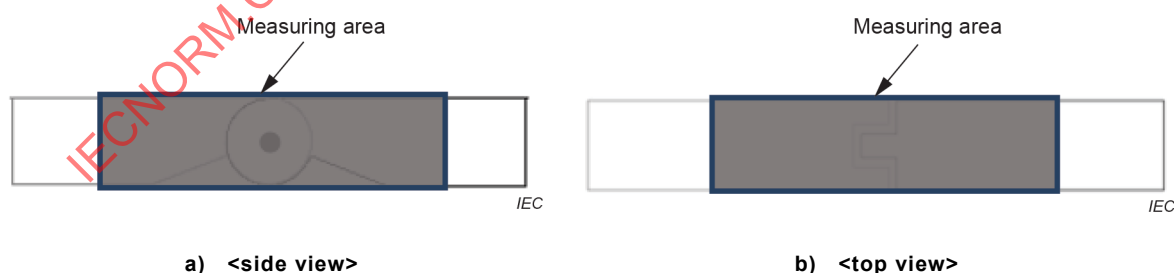


Figure 4 – Embedded e-textile in the specimen

6.2.3 Preparation of e-textile specimens with strip-type devices

When a strip-type device is attached to a cylindrical fabric, a specimen shall be prepared as follows.

The strip-type device undergoing bending shall be located in the centre of the longitudinal direction of the cylindrical specimen and be positioned on the outer side of the specimen in the longitudinal direction, as shown in Figure 5.

When a strip-type device is attached to a cylindrical fabric, an adhesive for textiles or sewing shall be used as the attaching method. When attaching using sewing, the entire border of the strip-type device shall be stitched. When using adhesive, the entire surface of the strip-type device shall be attached on fabric with adhesive.

Electrical contacts shall be made by following EN 16812:2016.

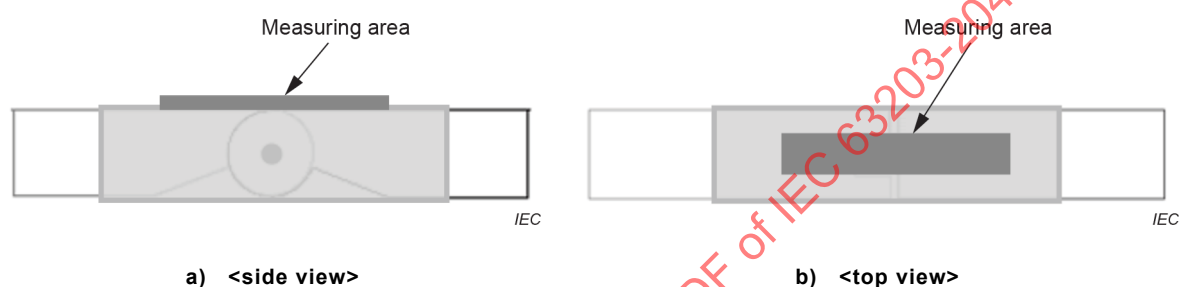


Figure 5 – Strip-type device attached to specimen

6.3 Test procedure

The test procedure is as follows.

- The specimen shall be put on a cylindrical specimen holder in the same way as a garment, and the ends shall be gripped firmly. The specimen shall be spread evenly and tightly on the specimen holder, and not concentrated on one side.
- Set the bending angle to be repeated, and check whether the specimen is bent according to the bending of the specimen holder by manual operation.
- Fix the angle as a proper bending angle and measure the initial electrical resistance of the specimen before the bending test. Start the repeated bending motions.
- Real-time electrical resistance is measured while the bending operation is repeated, and resistance after the set cycle is completed is also measured.
- At least three specimens shall be measured to acquire the result for a test result.

For mechanical tests of e-textile, the bending angle and the bending rate of one bending/unbending (measured in cpm) shall be selected from a combination of parameters in Table 2.

Table 2 – Combination of parameters for measurement

Type	Specimen holder diameter mm	Bending angle °(degree)	Bending rate cpm
A	86 ± 5	45, 90, 135	10, 30, 50
B	118 ± 5	45, 90, 135	10, 30, 50

For the number of bending cycles, three categories are specified in Table 3. Category I is when the number of bending cycles is 100 or less, category II is when the number of bending cycles is more than 100 and less than 1 000, and category III is when the number of bending cycles is 1 000 or more.

Table 3 – Categories of number of bending cycles

Category	Number of bending cycles
I	≤ 100
II	$100 < x < 1\,000$
III	$\geq 1\,000$

6.4 Measurement

The electrical resistance change of an e-textile shall be measured before, after and during the cyclic bending test. The electrical resistance of e-textile shall be measured in-situ, during mechanical deformations.

To measure the variation of resistance, either a two-wire or a four-wire measurement can be used. For a specimen that has too little variation to be detected by a two-wire method with the electrical resistance measurement device being used in the test, the four-wire method shall be used to eliminate contact-wire and lead-wire resistance.

To measure the variation of resistance of conductive fabric of e-textile, a grip with electrical contacts in accordance with IEC 62899-202-4 can be used. A metallic grip can also be used, and its surface shall be coated with conductive materials such as gold, silver and copper in order to reduce the contact resistance.

The electrical resistance of conductive yarns of e-textile can be measured in-situ during mechanical deformations. For the exact electrical resistance measurement, both electrodes of the specimen shall be held as tightly as possible using grips. For e-textile specimens with conductive yarn, which is not strong enough to be gripped tightly by the electrodes, a metal tape or conducting paste with a lower resistance than the conductive yarn may be coated on each end of the electrodes of the e-textile in accordance with EN 16812:2016.

6.5 Determination of the electrical properties

6.5.1 General

In order to measure resistance change due to mechanical deformation of e-textile, electrical resistance shall be collected in real time while the bending motion cycles are in progress.

6.5.2 Linear resistance of e-textile with conductive yarn

Linear resistance (R_L) shall be measured to test e-textiles made of conductive yarn. The initial value ($R_{L,0}$) and the relative ratio of resistance change ($\Delta R_L / R_{L,0}$) of electrical resistance shall be reported, as shown in Formula (1):

$$\frac{\Delta R_L}{R_{L,0}} = \frac{R_L - R_{L,0}}{R_{L,0}} \quad (1)$$

where

ΔR_L is the change in the electrical linear resistance;

R_L is the linear resistance under mechanical test;

$R_{L,0}$ is the initial linear resistance before mechanical test.

6.5.3 Average, standard deviation, and effective variation of resistance

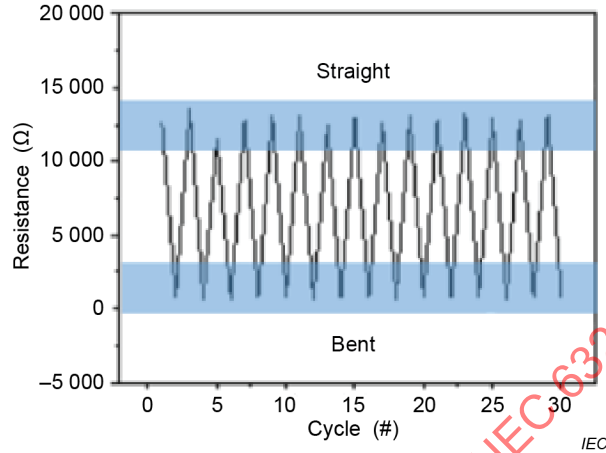


Figure 6 – Example of a graph of resistance variation from a bending test

The measurement condition shall be decided by choosing the speed among 10 cpm, 30 cpm and 50 cpm, the bending angle among 45°, 90° and 135°, and the number of bending cycles among category I, II and III, which are described in Table 2 and Table 3. Figure 6 demonstrates the exemplary measurement result of the change in resistance along the test.

In order to verify whether the resistance change remains stable during the cycles of bending test, the average and standard deviation of R_{bent} and R_{straight} shall be presented. In addition, effective variation of R_{bent} and effective variation of R_{straight} considering the influence of the standard deviation according to the bent/straight resistance ratio shall be indicated.

- $\overline{R_{\text{bent}}}$: average of resistance in bent state.
- σ_{bent} : standard deviation of resistance in bent state.
- $\overline{R_{\text{straight}}}$: average of resistance in straight state.
- σ_{straight} : standard deviation of resistance in straight state.

$\overline{R_{\text{bent}}}$ and $\overline{R_{\text{straight}}}$ values should be calculated using Formula (2):

$$\overline{R_{\text{bent}}} = \frac{R_{\text{bent},1} + R_{\text{bent},2} + \dots + R_{\text{bent},n}}{n}, \quad \overline{R_{\text{straight}}} = \frac{R_{\text{straight},1} + R_{\text{straight},2} + \dots + R_{\text{straight},n}}{n} \quad (2)$$

It shall be shown in the following equations that the resistance has a stable and repeatable value in the bent and straight states along the bending cycles.

- Resistance in bent state: $R_{\text{bent}} = \overline{R_{\text{bent}}} \pm \sigma_{\text{bent}} \text{ } [\Omega]$
- Resistance in straight state: $R_{\text{straight}} = \overline{R_{\text{straight}}} \pm \sigma_{\text{straight}} \text{ } [\Omega]$

It can be evaluated that the smaller the values of σ_{bent} and σ_{straight} , the more stable the device is. However, the absolute value of bent/straight resistance is varied depending on the type of e-textile, and the influence on σ_{bent} and σ_{straight} is different depending on the difference of bent/straight resistance. Effective variation of R_{bent} and R_{straight} can be presented to introduce a fair criterion for e-textiles with different bent/straight resistance ratio.

- ρ_{bent} : effective variation of R_{bent}
- ρ_{straight} : effective variation of R_{straight}

$$\rho_{\text{bent}} = \frac{\sigma_{\text{bent}}}{|R_{\text{bent}} - R_{\text{straight}}|} \times 100(\%) \quad (3)$$

$$\rho_{\text{straight}} = \frac{\sigma_{\text{straight}}}{|R_{\text{bent}} - R_{\text{straight}}|} \times 100(\%) \quad (4)$$

Examples of test results are shown in Annex A.

7 Test report

The report shall include the following items:

- the date of this document;
- specimen identification (including specimen size, initial value of electrical resistance, specimen material);
- bending angle;
- number of bending cycles, category;
- bending rate;
- final value of electrical resistance;
- real-time measurement of change of resistance according to bending cycles;
- average, standard deviation, and effective variation of resistance;
- thickness of the e-textile;
- any deviation from this document;
- date of test;
- other remarks and observations (i.e. optional images of the e-textile after the test).

Annex A (informative)

Example of test results

A.1 Knitted e-textile specimen

A textile-type strain sensor shall be made of the fabric with conductive fibre yarns by knitting method. The structure and specimen identifications are as follows:

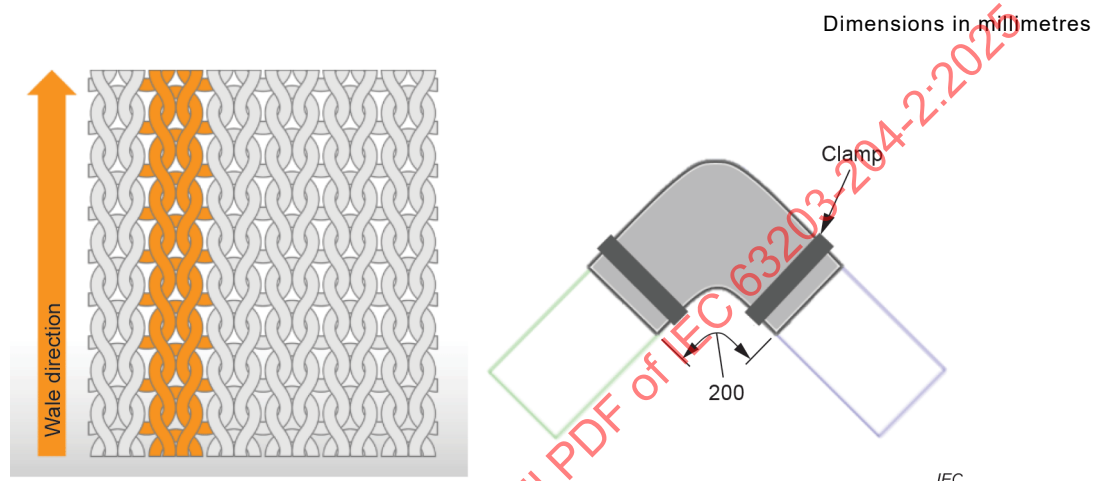


Figure A.1 – Part of knitted e-textile and schematic of bent specimen holder loaded with the sleeve-type e-textile

A.2 Measurement example

- a) Specimen identification
 - Effective specimen length: 200 mm
 - Specimen circumference: 270 mm
 - Initial value of electrical resistance: 592,90 Ω
 - Specimen material: knitted fabric with polyester yarn
- b) Bending angle: 90°
- c) Number of cycles: 100 cycles, category I
- d) Bending rate: 10 cpm
- e) Final value of the electrical resistance: 692,82 Ω ;
- f) Real-time measurement of change of resistance according to bending cycles: see Figure A.2.

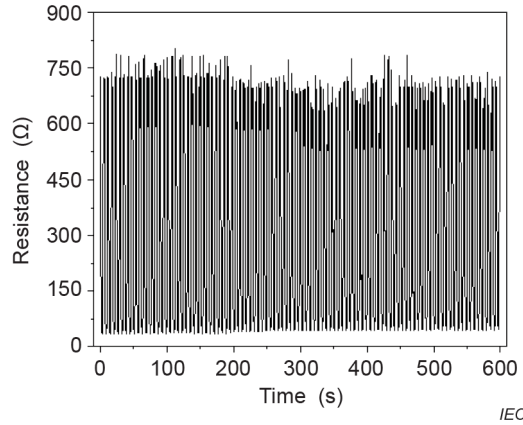


Figure A.2 – Real-time measurement of resistance of knitted e-textile at 10 cpm

g) Average, standard deviation, and effective variation of resistance are as follows:

$$\overline{R_{\text{bent}}} = \frac{R_{\text{bent},1} + R_{\text{bent},2} + \dots + R_{\text{bent},n}}{n} = 39,80 \quad [\Omega]$$

$$\overline{R_{\text{straight}}} = \frac{R_{\text{straight},1} + R_{\text{straight},2} + \dots + R_{\text{straight},n}}{n} = 732,62 \quad [\Omega]$$

- Resistance in bent state: $R_{\text{bent}} = \overline{R_{\text{bent}}} \pm \sigma_{\text{bent}} = 39,80 \pm 3,92 \quad [\Omega]$
- Resistance in straight state: $R_{\text{straight}} = \overline{R_{\text{straight}}} \pm \sigma_{\text{straight}} = 732,62 \pm 33,06 \quad [\Omega]$
- Effective variation of R_{on}

$$R_{\text{on}} = \frac{\sigma_{\text{bent}}}{|\overline{R_{\text{bent}}} - \overline{R_{\text{straight}}}|} \times 100 = \frac{148,91}{|2286,51 - 7552,04|} \times 100 = 0,57 (\%)$$

- Effective variation of R_{off}

$$R_{\text{off}} : \rho_{\text{straight}} = \frac{\sigma_{\text{straight}}}{|\overline{R_{\text{bent}}} - \overline{R_{\text{straight}}}|} \times 100 = \frac{305,86}{|2286,51 - 7552,04|} \times 100 = 4,77 (\%)$$

h) Thickness of specimen: 0,62 mm

A.3 Measurement example

a) Specimen identification

- Effective specimen length: 200 mm
- Specimen circumference: 270 mm
- Initial value of electrical resistance: 592,90 Ω
- Specimen material: knitted fabric

b) Bending angle: 90°

c) Number of cycles: 100 cycles, category I

d) Bending rate: 30 cpm

e) Final value of the electrical resistance: 688,04 Ω

f) Real-time measurement of change of resistance according to bending cycles: see Figure A.3.

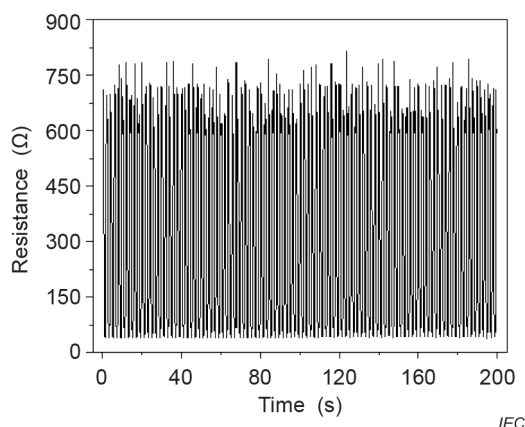


Figure A.3 – Real-time measurement of resistance of knitted e-textile at 30 cpm

g) Average, standard deviation, and effective variation of resistance are as follows:

- Average: $\overline{R}_{\text{bent}} = 40,36 \text{ } [\Omega]$ / $\overline{R}_{\text{stretched}} = 728,40 \text{ } [\Omega]$
- Standard deviation: $\sigma_{\text{bent}} = 1,27 \text{ } [\Omega]$ / $\sigma_{\text{straight}} = 37,79 \text{ } [\Omega]$
- Effective variation of resistance: $\rho_{\text{bent}} = 0,18 \text{ } (\%)$ / $\rho_{\text{straight}} = 5,49 \text{ } (\%)$

h) Thickness of specimen: 0,62 mm

A.4 Measurement example

a) Specimen identification

- Specimen length: 200 mm
- Initial value of electrical resistance: 725,60 Ω
- Specimen material: knitted fabric

b) Bending angle: 45°

c) Number of cycles: 100 cycles, category I

d) Bending rate: 30 cpm

e) Final value of the electrical resistance: 624,90 Ω

f) Real-time measurement of change of resistance according to bending cycles: see Figure A.4:

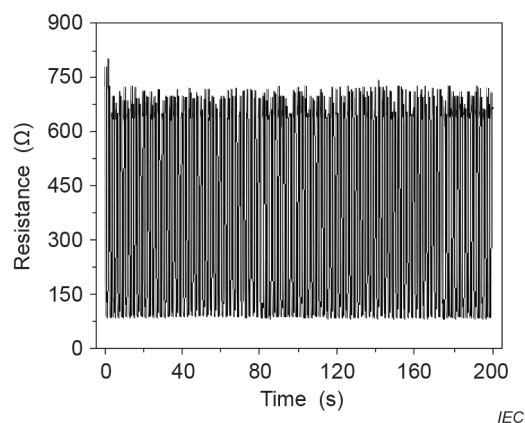


Figure A.4 – Real-time measurement of resistance of knitted e-textile at 30 cpm

g) Average, standard deviation, and effective variation of resistance are as follows:

- Average: $\overline{R_{\text{bent}}} = 86,00 [\Omega]$ / $\overline{R_{\text{stretched}}} = 710,90 [\Omega]$
- Standard deviation: $\sigma_{\text{bent}} = 2,36 [\Omega]$ / $\sigma_{\text{straight}} = 18,04 [\Omega]$
- Effective variation of resistance: $\rho_{\text{bent}} = 0,38 (\%)$ / $\rho_{\text{straight}} = 2,89 (\%)$

h) Thickness of specimen: 0,62 mm

A.5 Measurement

a) Specimen identification

- Specimen length: 200 mm
- Initial value of electrical resistance: 675,58 Ω
- Specimen material: knitted fabric

b) Bending angle: 90°

c) Number of cycle: 1 000 cycles, category III

d) Bending rate: 50 cpm

e) Final value of the electrical resistance: 689,89 Ω

f) Real-time measurement of change of resistance according to bending cycles: see Figure A.5.

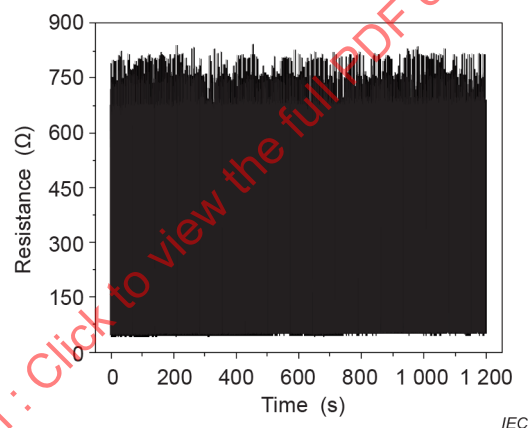


Figure A.5 – Real-time measured change value of resistance of knitted e-textile sensor at 50 cpm

g) Average, standard deviation, and effective variation of resistance are as follows:

- Average: $\overline{R_{\text{bent}}} = 49,18 [\Omega]$ / $\overline{R_{\text{stretched}}} = 739,06 [\Omega]$
- Standard deviation: $\sigma_{\text{bent}} = 2,08 [\Omega]$ / $\sigma_{\text{straight}} = 43,31 [\Omega]$
- Effective variation of resistance: $\rho_{\text{bent}} = 0,30 (\%)$ / $\rho_{\text{straight}} = 6,42 (\%)$

h) Thickness of specimen: 0,62 mm

A.6 Conductive e-textile

a) Specimen identification

- Effective specimen length: 200 mm
- Specimen circumference: 270 mm
- Initial value of electrical resistance: 5,35 Ω
- Specimen material: woven fabric

b) Bending angle: 90°

c) Number of cycles: 1 000 cycles, Category III

d) Bending rate: 10 cpm

e) Final value of the electrical resistance: 1,4 Ω

f) Real-time measurement of change of resistance according to bending cycles: see Figure A.6.

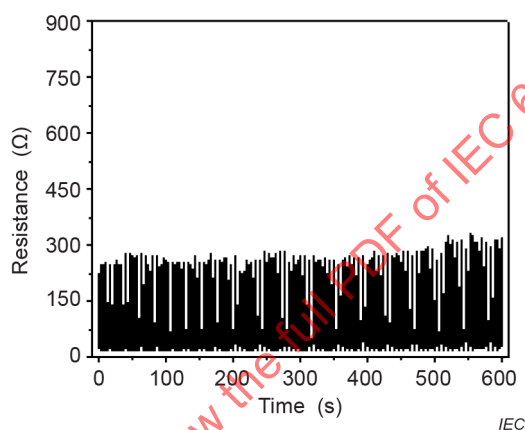


Figure A.6 – Real-time measured change value of resistance of electrical interconnection using conductive e-textile embedded in fabric

g) Average, standard deviation, and effective variation of resistance are as follows:

- Average: $\overline{R_{\text{bent}}} = 3,98 [\Omega]$ / $\overline{R_{\text{stretched}}} = 5,38 [\Omega]$
- Standard deviation: $\sigma_{\text{bent}} = 0,06 [\Omega]$ / $\sigma_{\text{straight}} = 0,12 [\Omega]$
- Effective variation of resistance: $\rho_{\text{bent}} = 4,29 (\%)$ / $\rho_{\text{straight}} = 8,52 (\%)$

h) Thickness of specimen: 0,62 mm

Annex B (informative)

Strain along the bending

Figure B.1 shows that the specimen is stretched along the bending of the joint by the length of Δl .

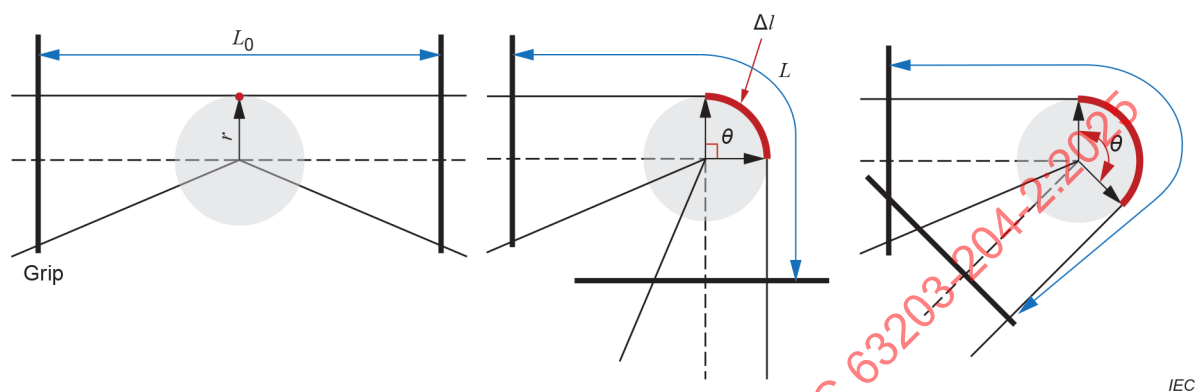


Figure B.1 – Bending strain between grips

$$\varepsilon = \frac{\text{elongated length}}{\text{length of sample}} = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{r\theta}{L_0}$$

where

r is the bending radius

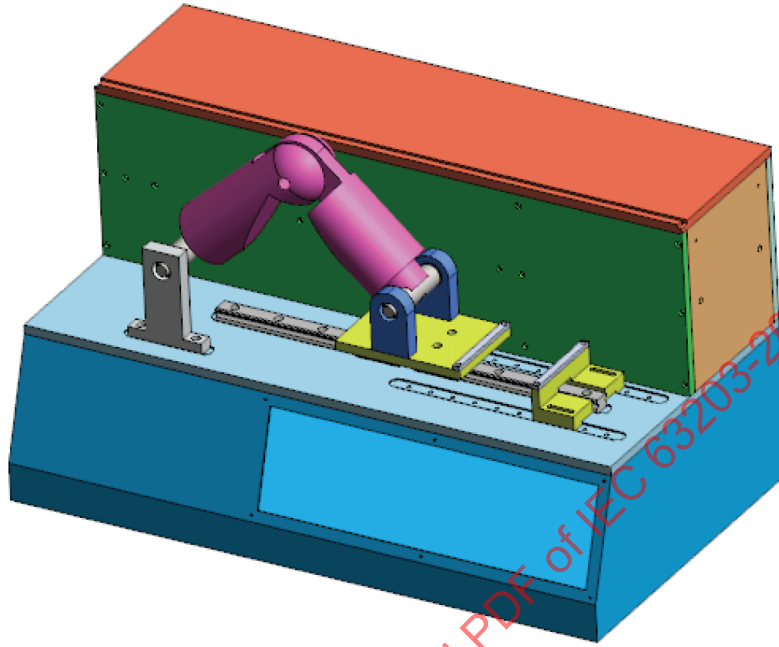
L_0 is the length of specimen (distance between grips)

$\Delta l = r\theta$ is the elongated length at bending of θ

$L = L_0 + \Delta l$

Annex C (informative)

Example of bending machine



IEC

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-204-2:2025

Annex D
(normative)

Specimen holder

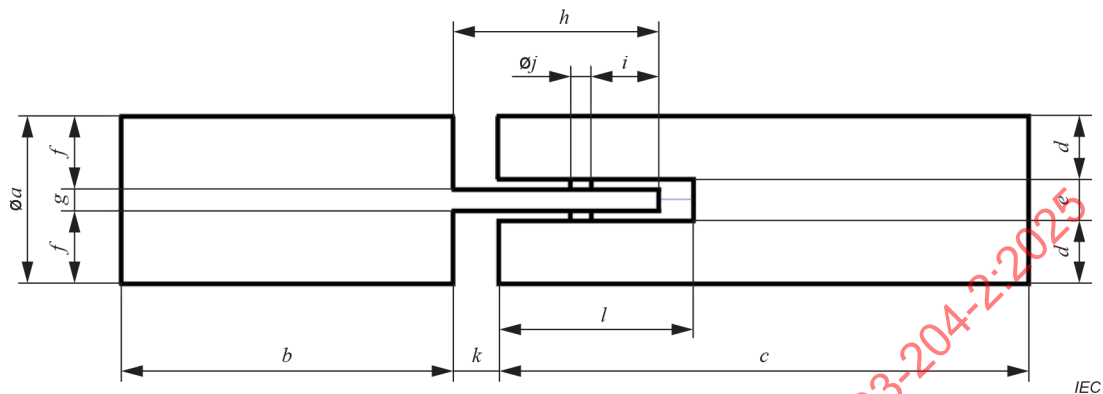


Figure D.1 – Blueprint of specimen holder at top

Table D.1 – Length of blueprint of specimen holder at top

	Type A mm	Type B mm
$\varnothing a$	80 ± 2	110 ± 2
b	160 ± 2	145 ± 2
c	255 ± 2	270 ± 2
d	30 ± 2	45 ± 2
e	20 ± 2	20 ± 2
f	35 ± 2	50 ± 2
g	10 ± 2	10 ± 2
h	95 ± 2	125 ± 2
i	35 ± 2	50 ± 2
j	10 ± 2	10 ± 2
k	15 ± 2	15 ± 2
l	95 ± 2	125 ± 2

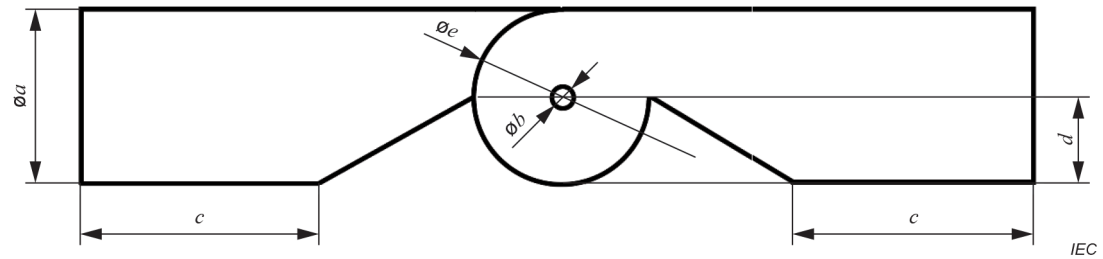


Figure D.2 – Blueprint of specimen holder at front

Table D.2 – Length of blueprint of specimen holder at front

	Type A mm	Type B mm
$\varnothing a$	80 ± 2	110 ± 2
$\varnothing b$	10 ± 2	10 ± 2
c	110 ± 2	95 ± 2
d	40 ± 2	55 ± 2
$\varnothing e$	80 ± 2	110 ± 2

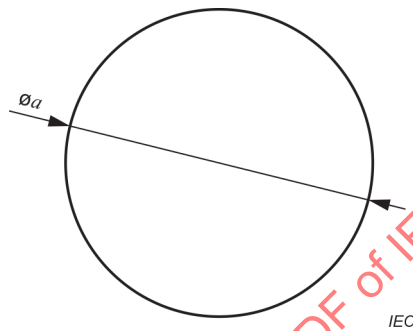


Figure D.3 – Blueprint of specimen holder at side

Table D.3 – Length of blueprint of specimen holder at side

	Type A mm	Type B mm
$\varnothing a$	80 ± 2	110 ± 2

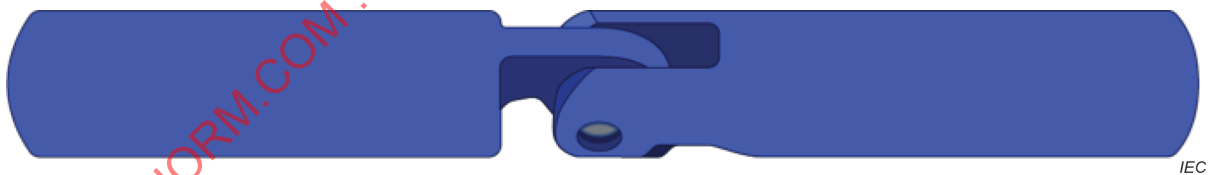


Figure D.4 – Three-dimensional picture of the specimen holder

Annex E (informative)

Preparation of e-textile test specimen

Figure E.1 shows the flat e-textile to be prepared as a cylindrical specimen by sewing, as shown in Figure E.2, with the dimension described in Table E.1. A silicone layer covers the specimen holder as shown in Figure E.3 and the specimen is placed on top of the silicone layer as shown in Figure E.4.



Figure E.1 – E-textile test specimen before sewing

Table E.1 – Length of e-textile test specimen

	Type A mm	Type B mm
<i>a</i>	270±2	370±2
<i>b</i>	230±2	230±2
<i>c</i>	10±2	10±2

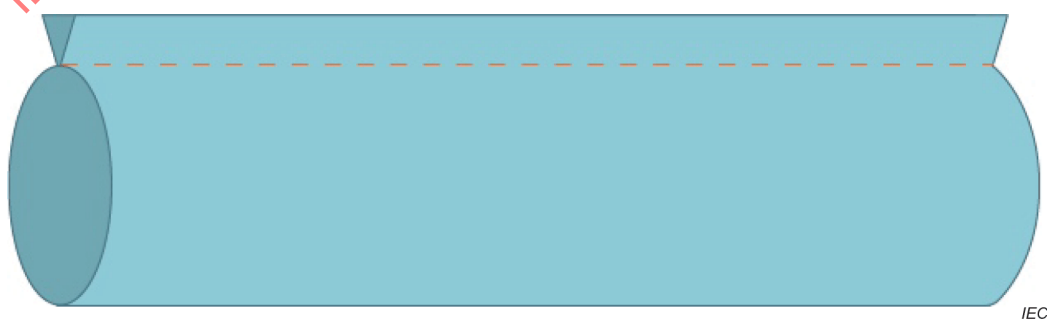


Figure E.2 – E-textile test specimen after sewing



Figure E.3 – Specimen holder covered with silicone

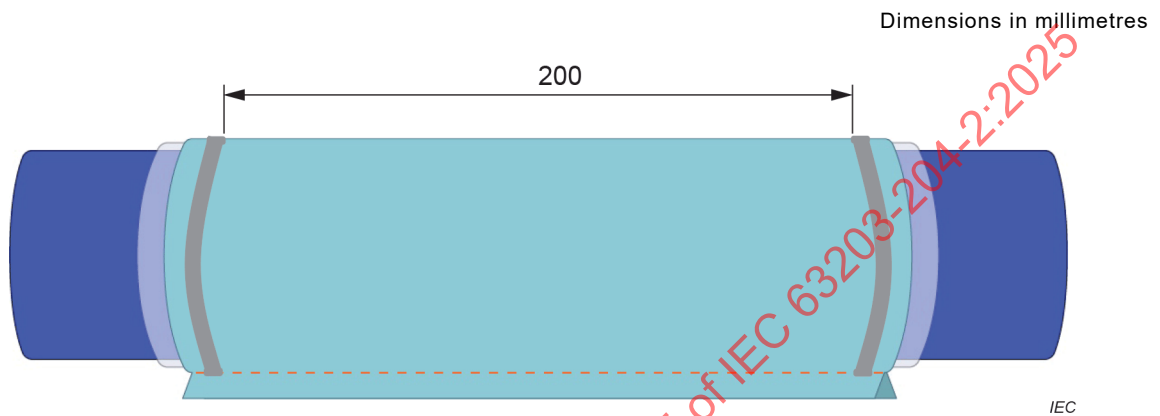
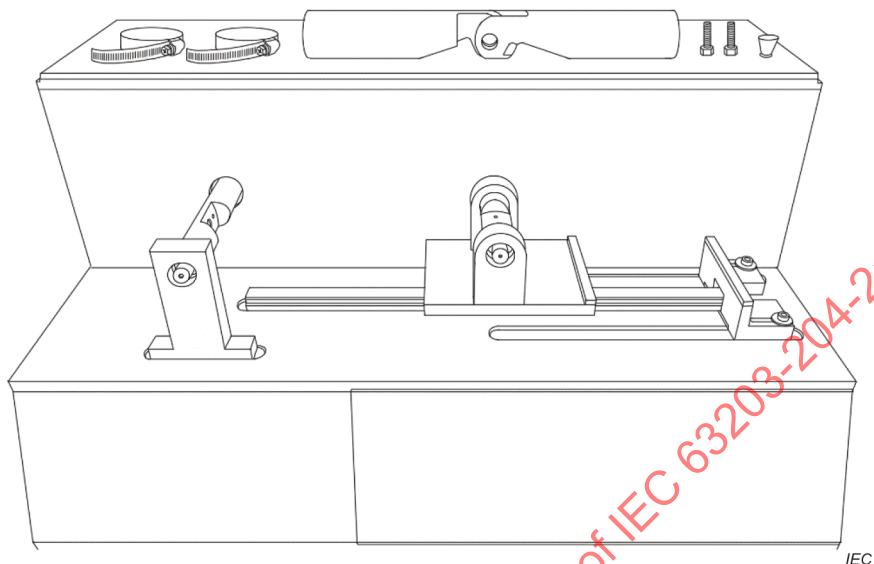


Figure E.4 – E-textile loaded on a specimen holder covered with silicone

Annex F (informative)

Specimen holder separated from a dynamic bending machine



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-204-2:2025

Bibliography

IEC 62899-202 (all parts), *Printed electronics – Part 202: Materials – Conductive ink*

IEC 62899-202-4, *Printed electronics – Part 202-4: Materials – Conductive ink – Measurement methods for properties of stretchable printed layers (conductive and insulating)*

IEC 63203-101-1, *Wearable electronic devices and technologies – Part 101-1: Terminology*

Size Korea, Korean Human Dimension Survey [viewed 2024-08-14]. Available at
<https://sizekorea.kr/>

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-204-2:2025

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-204-2:2025

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	30
1 Domaine d'application	32
2 Références normatives	32
3 Termes et définitions	32
4 Conditions d'environnement	33
5 Préparation de l'éprouvette d'essai	33
5.1 Généralités	33
5.2 Dimensions de l'éprouvette d'essai	33
6 Méthode et appareillage d'essai	33
6.1 Généralités	33
6.2 Appareillage d'essai	34
6.2.1 Généralités	34
6.2.2 Préparation des éprouvettes d'e-textile constituées de fibres et d'étoffes conductrices	35
6.2.3 Préparation des éprouvettes e-textile avec des dispositifs de type bande	36
6.3 Procédure d'essai	36
6.4 Mesurage	37
6.5 Détermination des propriétés électriques	37
6.5.1 Généralités	37
6.5.2 Résistance linéaire de l'e-textile avec fil conducteur	37
6.5.3 Moyenne, écart type et variation effective de la résistance	38
7 Rapport d'essai	39
Annexe A (informative) Exemple de résultats d'essais	40
A.1 Éprouvette de textile électronique tricoté	40
A.2 Exemple de mesure	40
A.3 Exemple de mesure	41
A.4 Exemple de mesure	42
A.5 Mesurage	43
A.6 Textile électronique conducteur	44
Annexe B (informative) Déformation le long de la flexion	45
Annexe C (informative) Exemple de machine à cintrer	46
Annexe D (normative) Porte-éprouvette	47
Annexe E (informative) Préparation de l'éprouvette d'essai des textiles électroniques	49
Annexe F (informative) Porte-éprouvette séparé d'une machine à cintrer dynamique	51
Bibliographie	52
Figure 1 – Schéma du porte-éprouvette et de la fixation de l'éprouvette	34
Figure 2 – Appareil d'essai de flexion	34
Figure 3 – Exemple d'essai de flexion à l'aide d'un appareil	35
Figure 4 – E-textile intégré dans l'éprouvette	35
Figure 5 – Dispositif de type bande fixé sur l'éprouvette	36
Figure 6 – Exemple de graphique de la variation de la résistance lors d'un essai de flexion	38

Figure A.1 – Partie de l'e-textile tricoté et schéma du porte-échantillon fléchi chargé de l'e-textile de type manchon	40
Figure A.2 – Mesurage en temps réel de la résistance d'un e-textile tricoté à 10 cpm	41
Figure A.3 – Mesurage en temps réel de la résistance d'un e-textile tricoté à 30 cpm	42
Figure A.4 – Mesurage en temps réel de la résistance d'un e-textile tricoté à 30 cpm	42
Figure A.5 – Mesurage en temps réel de la variation de la résistance du capteur d'un e-textile tricoté à 50 cpm	43
Figure A.6 – Mesurage en temps réel de la variation de la résistance d'une interconnexion électrique à l'aide d'un e-textile conducteur intégré dans une étoffe	44
Figure B.1 – Déformation en flexion entre les colliers	45
Figure D.1 – Schéma du porte-échantillon vu de dessus	47
Figure D.2 – Schéma du porte-échantillon vu de face	47
Figure D.3 – Schéma du porte-échantillon vu de côté	48
Figure D.4 – Image tridimensionnelle du porte-échantillon	48
Figure E.1 – Échantillon d'essai des e-textiles avant couture	49
Figure E.2 – Échantillon d'essai des e-textiles après couture	49
Figure E.3 – Porte-échantillon recouvert de silicone	50
Figure E.4 – E-textile chargé sur un porte-échantillon recouvert de silicone	50
Tableau 1 – Liste des dimensions de l'échantillon	33
Tableau 2 – Combinaison de paramètres de mesure	36
Tableau 3 – Catégories du nombre de cycles de flexion	37
Tableau D.1 – Dimensions du porte-échantillon vu de dessus	47
Tableau D.2 – Dimensions du porte-échantillon vu de face	48
Tableau D.3 – Dimension du porte-échantillon vu de côté	48
Tableau E.1 – Longueur de l'échantillon d'essai des e-textiles	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIES ET DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES PRÊTS-À-PORTER –

Partie 204-2: Textile électronique – Méthode d'essai pour caractériser la variation de la résistance électrique lors de l'essai de flexion du genou et du coude des textiles électroniques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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 du 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'IEC 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'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC 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 <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de brevet et averti de leur existence.

L'IEC 63203-204-2 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
124/299/FDIS	124/306/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/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. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63203-204-2:2025

TECHNOLOGIES ET DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES PRÊTS-À-PORTER –

Partie 204-2: Textile électronique – Méthode d'essai pour caractériser la variation de la résistance électrique lors de l'essai de flexion du genou et du coude des textiles électroniques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63203 spécifie une méthode d'essai pour les textiles électroniques (e-textiles) permettant de mesurer la variation de la résistance électrique lors de la flexion de l'articulation du genou et du coude. Elle met en œuvre une méthode dynamique. Le présent document s'applique aux e-textiles.

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 139, *Textiles – Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 5084, *Textiles – Détermination de l'épaisseur des textiles et produits textiles*

EN 16812:2016, *Textiles et produits textiles – Textiles électriquement conducteurs – Détermination de la résistance électrique linéaire des pistes conductrices*

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:

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

3.1

électrode

contact entre le fil conducteur de mesure et l'échantillon

[SOURCE: EN 16812:2016, 3.5.]

3.2

vitesse de flexion

nombre de cycles de flexion par minute, chaque cycle comprenant une flexion et une extension

Note 1 à l'article: La vitesse de flexion est exprimée en cycles par minute (cpm).

3.3

R_L

résistance électrique linéaire

résistance électrique par unité de longueur d'une piste

Note 1 à l'article: La résistance électrique est exprimée en ohms par mètre (Ω/m).

[SOURCE: EN 16812:2016, 3.3 modifié – Ajout de la Note 1 à l'article.]

4 Conditions d'environnement

Les conditions atmosphériques normales pour le mesurage doivent être appliquées, comme cela est spécifié dans l'ISO 139.

5 Préparation de l'éprouvette d'essai

5.1 Généralités

L'éprouvette pour les essais mécaniques doit être du e-textile fabriqué à partir d'un fil conducteur ou d'une étoffe conductrice de forme cylindrique. L'éprouvette doit être mesurée en plaçant sur un porte-éprouvette un e-textile de forme cylindrique. Un e-textile de type bande doit être fixé à une étoffe de forme cylindrique.

5.2 Dimensions de l'éprouvette d'essai

Pour l'essai de mouvement de flexion mécanique de l'articulation de l'e-textile, une éprouvette de forme cylindrique doit être utilisée. Les dimensions de l'éprouvette de forme cylindrique doivent être choisies dans le Tableau 1. L'éprouvette doit être fixée à la forme cylindrique à l'aide de deux colliers, comme cela est représenté à la Figure 3. La longueur effective de l'éprouvette doit correspondre à la longueur de l'éprouvette comprise entre les bords intérieurs des deux colliers (les colliers sont exclus de la longueur effective de l'éprouvette). La circonférence de chacun des deux types d'éprouvettes a été définie sur la base de la circonférence moyenne d'un coude et d'un genou. Le diamètre du porte-éprouvette est de 80 mm pour le type A (coude) et de 110 mm pour le type B (genou).

Tableau 1 – Liste des dimensions de l'éprouvette

Type	Longueur effective de l'éprouvette mm	Diamètre mm
A (coude)	200 ± 2	86 ± 4
B (genou)	200 ± 2	118 ± 5

L'épaisseur de l'e-textile doit être mesurée conformément à l'ISO 5084.

6 Méthode et appareillage d'essai

6.1 Généralités

Une éprouvette d'e-textile préparée doit être placée sur le porte-éprouvette cylindrique comme cela est indiqué sur la Figure 1, en l'enveloppant tout autour. Pour mesurer l'e-textile dans des conditions similaires à celles de la peau, le porte-éprouvette doit être recouvert de silicone. L'épaisseur de la couche de silicone est de 3 mm pour le type A et de 4 mm pour le type B. Le diamètre des éprouvettes à mesurer doit être choisi de manière à s'adapter au porte-éprouvette. Un exemple de préparation de l'éprouvette figure à l'Annexe D et à l'Annexe E.

Les deux extrémités de l'éprouvette doivent être fixées à l'aide d'un collier pour assurer une fixation solide. L'éprouvette doit être fixée correctement de sorte qu'elle ne puisse être déplacée de son emplacement lors du mesurage. Lorsque la partie centrale du porte-éprouvette cylindrique se déplace au cours de la flexion de l'articulation, l'éprouvette entourant le porte-éprouvette doit être pliée en même temps. La propriété électrique de l'e-textile doit être évaluée au moyen d'électrodes de connexion électrique.

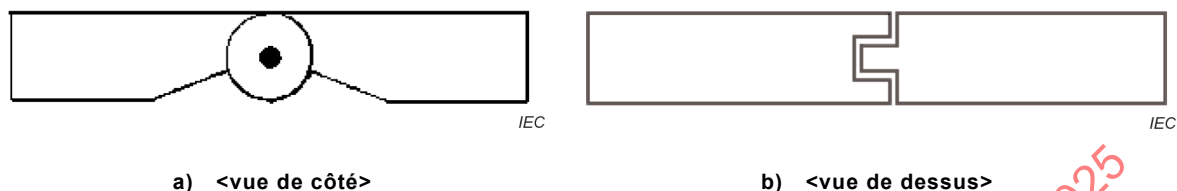
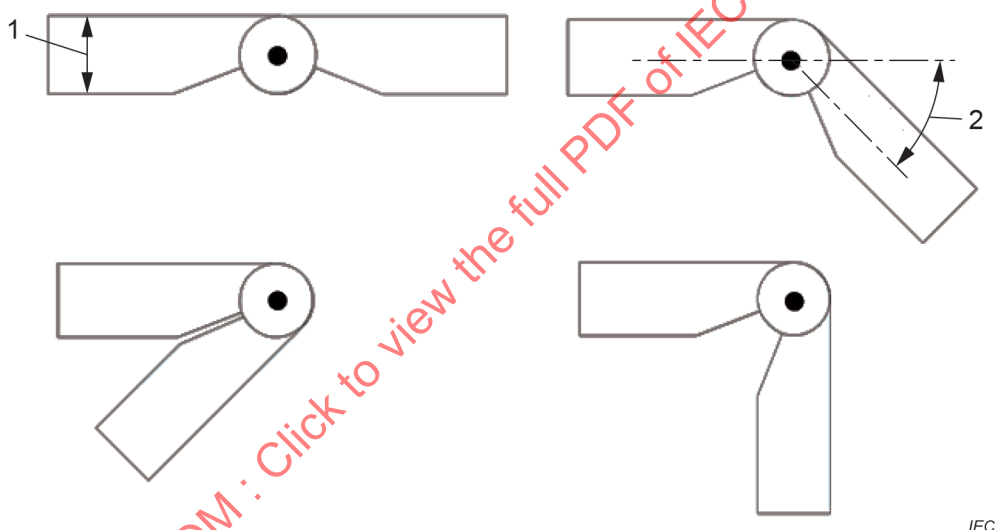


Figure 1 – Schéma du porte-éprouvette et de la fixation de l'éprouvette

6.2 Appareillage d'essai

6.2.1 Généralités



Légende

- 1 diamètre = coude (86 ± 5) mm, genou (118 ± 5) mm
- 2 angles de flexion de 45° , 90° , 135°

Figure 2 – Appareil d'essai de flexion

Un appareil d'essai de flexion sert à appliquer un mouvement de flexion répété sur les éprouvettes. L'angle de flexion, tel qu'il est défini à la Figure 2, doit être réglable sur la valeur cible et doit pouvoir varier de 0° à 135° . Des informations détaillées relatives au porte-éprouvette sont données à l'Annexe D. La Figure D.1 représente une vue de dessus du porte-éprouvette et le Tableau D.1 en définit les dimensions. La Figure D.2 représente une vue de face du porte-éprouvette et le Tableau D.2 en définit les dimensions. La Figure D.3 représente une vue de côté du porte-éprouvette et le Tableau D.3 en définit les dimensions. La Figure D.4 représente une vue dans l'espace du porte-éprouvette.

Les colliers doivent avoir la circonférence du porte-éprouvette afin de maintenir parfaitement l'éprouvette cylindrique, comme cela est représenté à la Figure 3. Le porte-éprouvette et les colliers doivent être propres et lisses afin d'éviter tout dommage mécanique sur les éprouvettes. Le porte-éprouvette doit être fabriqué en matériaux isolants tels que les matériaux à base de résine, le polycarbonate, le polyamide moulé d'une pièce ou le papier.

La partie centrale du porte-échantillon doit reproduire le mouvement de flexion alternatif tandis que les deux extrémités de l'échantillon sont stationnaires/fixes. Un exemple de machine à cintrer sur laquelle le porte-échantillon est fixé est présenté à l'Annexe C. Un exemple de machine à cintrer avec le porte-échantillon détaché est présenté à l'Annexe F.

L'échantillon peut être positionnée dans les deux directions (dans le sens des rangées ou des colonnes de mailles pour les échantillons tricotés, dans le sens de la chaîne ou de la trame pour les échantillons tissés), mais il convient de spécifier dans les résultats l'orientation retenue.

Une déformation par flexion qui entraîne un étirement doit être appliquée à l'échantillon, comme cela est expliqué à l'Annexe B.

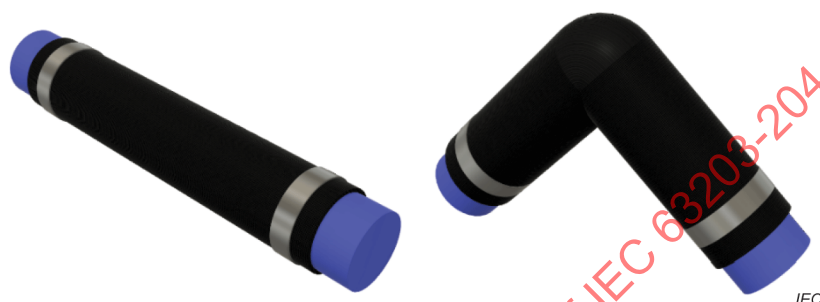


Figure 3 – Exemple d'essai de flexion à l'aide d'un appareil

6.2.2 Préparation des échantillons d'e-textile constituées de fibres et d'étoffes conductrices

Lorsqu'une échantillon d'étoffe cylindrique est fabriquée par tricotage, tissage ou tout autre textile, et que la fibre ou l'étoffe conductrice est incorporée au milieu, l'échantillon doit être préparée comme suit:

L'étoffe conductrice soumise à la flexion doit être positionnée au centre du côté extérieur de l'échantillon, au-dessus de l'articulation, dans la direction longitudinale, comme cela est indiqué à la Figure 4. Dans le cas d'un tricotage tubulaire utilisant partiellement un fil conducteur, comme cela est représenté à la Figure A.1, le fil conducteur doit être positionné au centre du côté extérieur de l'échantillon, au-dessus de l'articulation, à un endroit où la flexion est maximale. Le contact électrique doit être réalisé conformément à l'EN 16812:2016.

Lors du mouvement de flexion répété, l'échantillon doit rester centrée longitudinalement afin que les mesurages électriques puissent être réalisés à l'identique lors de la comparaison de plusieurs échantillons.

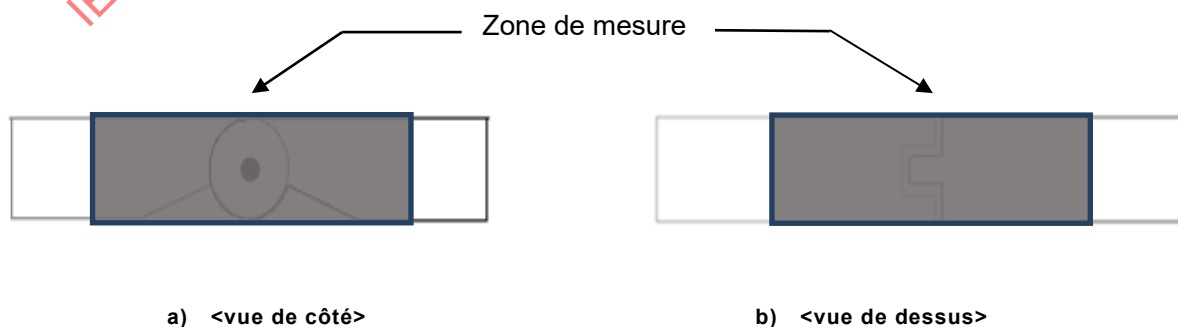


Figure 4 – E-textile intégré dans l'échantillon

6.2.3 Préparation des éprouvettes e-textile avec des dispositifs de type bande

Lorsqu'un dispositif de type bande est fixé à une étoffe cylindrique, une éprouvette doit être préparée comme suit:

Le dispositif de type bande soumis à la flexion doit être centré dans la direction longitudinale de l'éprouvette cylindrique et être positionné sur le côté extérieur de l'éprouvette dans la direction longitudinale, comme cela est représenté à la Figure 5.

Lorsqu'un dispositif de type bande est fixé à une étoffe cylindrique, un adhésif pour textiles ou la couture doit être utilisé comme moyen de fixation. En cas de fixation par couture, la totalité du bord du dispositif de type bande doit être cousue. Lorsqu'un adhésif est utilisé, toute la surface du dispositif de type bande doit être fixée sur l'étoffe à l'aide de cet adhésif.

Les contacts électriques doivent être réalisés conformément à l'EN 16812:2016.

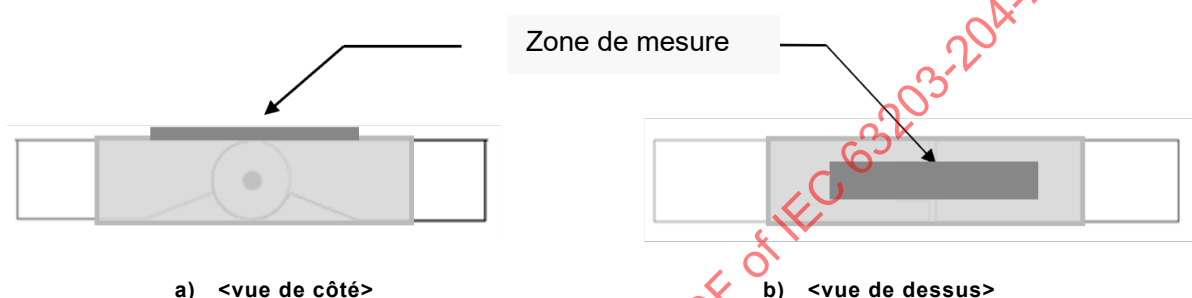


Figure 5 – Dispositif de type bande fixé sur l'éprouvette

6.3 Procédure d'essai

La procédure d'essai est la suivante.

- L'éprouvette doit être placée sur un porte-éprouvette cylindrique de la même manière qu'un vêtement, et les extrémités doivent être serrées fermement. L'éprouvette doit être répartie uniformément sur le porte-éprouvette, elle doit être fixée et ne doit pas être concentrée sur un côté.
- Définir l'angle de flexion à répéter et vérifier par une manœuvre manuelle si l'éprouvette est pliée conformément à la flexion du porte-éprouvette.
- Déterminer l'angle comme un angle de flexion approprié et mesurer la résistance électrique initiale de l'éprouvette avant l'essai de flexion. Commencer les mouvements de flexion répétés.
- Mesurer la résistance électrique en temps réel pendant que l'opération de flexion est répétée, et la résistance après la fin du cycle.
- Au moins trois éprouvettes doivent être mesurées pour obtenir le résultat d'un essai.

Pour les essais mécaniques de l'e-textile, l'angle de flexion et la vitesse de flexion d'un cycle de flexion/extension (cpm) doivent être sélectionnés à partir d'une combinaison de paramètres figurant dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Combinaison de paramètres de mesure

Type	Diamètre du porte-éprouvette mm	Angle de flexion °(degré)	Vitesse de flexion cpm
A	86 ± 5	45, 90, 135	10, 30, 50
B	118 ± 5	45, 90, 135	10, 30, 50

Trois catégories sont spécifiées dans le Tableau 3 en ce qui concerne le nombre de cycles de flexion. La catégorie I s'applique lorsque le nombre de cycles de flexion est inférieur ou égal à 100, la catégorie II s'applique lorsque le nombre de cycles de flexion est supérieur à 100 et inférieur à 1000, et la catégorie III s'applique lorsque le nombre de cycles de flexion est supérieur ou égal à 1000.

Tableau 3 – Catégories du nombre de cycles de flexion

Catégorie	Nombre de cycles de flexion
I	≤ 100
II	$100 < x < 1\,000$
III	$\geq 1\,000$

6.4 Mesurage

La variation de la résistance électrique d'un e-textile doit être mesurée avant, pendant et après l'essai de flexion cyclique. La résistance électrique de l'e-textile doit être mesurée sur place, lors des déformations mécaniques.

Pour déterminer la variation de la résistance, un mesurage à deux ou à quatre fils peut être réalisé. Lorsqu'il s'agit d'une éprouvette dont la variation est trop faible pour être détectée par la méthode bifilaire avec le dispositif de mesure de la résistance électrique utilisé pour l'essai, la méthode tétrafilaire doit être utilisée de façon à éliminer la résistance des fils de contact et des fils conducteurs.

Pour mesurer la variation de la résistance de l'étoffe conductrice de l'e-textile, un collier avec des contacts électriques conforme à l'IEC 62899-202-4 peut être utilisé. Un collier métallique peut également être utilisé et sa surface doit être recouverte de matériaux conducteurs tels que l'or, l'argent et le cuivre afin de réduire la résistance de contact.

La résistance électrique des fils conducteurs de l'e-textile peut être mesurée sur place, lors des déformations mécaniques. Pour mesurer avec exactitude la résistance électrique, les deux électrodes de l'éprouvette doivent être maintenues aussi fermement que possible à l'aide de colliers. Pour les éprouvettes d'e-textile avec un fil conducteur qui n'est pas assez solide pour être saisi fermement par les électrodes, un ruban métallique ou une pâte conductrice ayant une résistance inférieure à celle du fil conducteur peut être déposé(e) à chaque extrémité des électrodes de l'e-textile conformément à l'EN 16812:2016.

6.5 Détermination des propriétés électriques

6.5.1 Généralités

Pour le mesurage de la variation de résistance due à la déformation mécanique de l'e-textile, la résistance électrique doit être déterminée en temps réel pendant les cycles de mouvements de flexion.

6.5.2 Résistance linéaire de l'e-textile avec fil conducteur

La résistance linéaire (R_L) doit être mesurée pour soumettre à l'essai les e-textiles constitués de fils conducteurs. La valeur initiale ($R_{L,0}$) et le rapport relatif de variation de la résistance ($\Delta R_L / R_{L,0}$) de la résistance électrique doivent être consignés, comme l'indique la Formule (1):

$$\frac{\Delta R_L}{R_{L,0}} = \frac{R_L - R_{L,0}}{R_{L,0}} \quad (1)$$

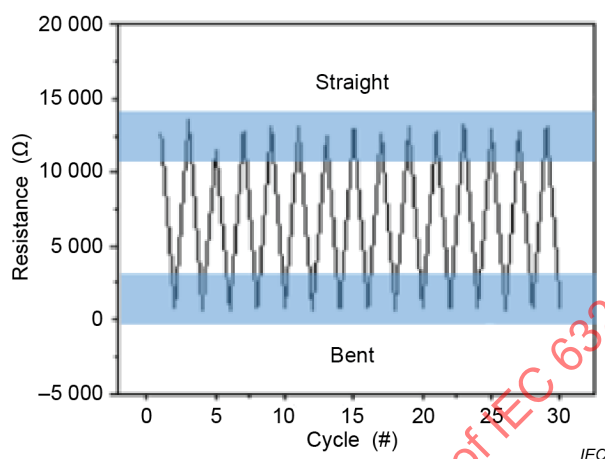
où

ΔR_L est la variation de la résistance électrique linéaire;

R_L est la résistance linéaire sous essai mécanique;

$R_{L,0}$ est la résistance linéaire initiale avant l'essai mécanique.

6.5.3 Moyenne, écart type et variation effective de la résistance



Anglais	Français
resistance	résistance
straight	en extension
bent	fléchi
cycle (#)	nombres de cycles

Figure 6 – Exemple de graphique de la variation de la résistance lors d'un essai de flexion

Les conditions de mesure doivent être déterminées en choisissant la vitesse entre 10 cpm, 30 cpm et 50 cpm, l'angle de flexion entre 45°, 90° et 135° et le nombre de cycles de flexion dans les catégories I, II et III, comme cela est indiqué dans le Tableau 2 et le Tableau 3. La Figure 6 présente un exemple de résultat de mesure de la variation de la résistance tout au long de l'essai.

Afin de vérifier si la variation de résistance demeure stable pendant les cycles d'essai de flexion, la moyenne et l'écart-type de R_{bent} et R_{straight} doivent être déterminés. En outre, la variation effective de R_{bent} et la variation effective de R_{straight} en prenant en considération l'influence de l'écart type en fonction du rapport de résistance flexion/extension, doivent être indiquées.

- $\overline{R_{\text{bent}}}$: moyenne de la résistance en flexion.
- σ_{bent} : écart-type de la résistance en flexion.
- $\overline{R_{\text{straight}}}$: moyenne de la résistance en extension.
- σ_{straight} : écart-type de la résistance en extension.

Il convient de calculer les valeurs $\overline{R_{\text{bent}}}$ et $\overline{R_{\text{straight}}}$ à l'aide de la Formule (2):

$$\overline{R_{\text{bent}}} = \frac{R_{\text{bent},1} + R_{\text{bent},2} + \dots + R_{\text{bent},n}}{n}, \quad \overline{R_{\text{straight}}} = \frac{R_{\text{straight},1} + R_{\text{straight},2} + \dots + R_{\text{straight},n}}{n} \quad (2)$$

Les équations suivantes doivent indiquer que la résistance a une valeur stable et reproductible en flexion et en extension durant les cycles de flexion.

- Résistance en flexion: $R_{\text{bent}} = \overline{R_{\text{bent}}} \pm \sigma_{\text{bent}} \text{ } [\Omega]$
- Résistance en extension: $R_{\text{straight}} = \overline{R_{\text{straight}}} \pm \sigma_{\text{straight}} \text{ } [\Omega]$

Il est possible de déterminer que plus la valeur de σ_{bent} et la valeur de σ_{straight} sont faibles, plus le dispositif est stable. Cependant, la valeur absolue de la résistance à la flexion/extension varie en fonction du type d'e-textile, et l'influence sur σ_{bent} et σ_{straight} est différente en fonction de la résistance (flexion ou extension). La variation effective de R_{bent} et R_{straight} peut être déterminée pour introduire un critère équitable pour les e-textiles présentant différents rapports de résistance à la flexion/extension.

- ρ_{bent} : variation effective de R_{bent}
- ρ_{straight} : variation effective de R_{straight}

$$\rho_{\text{bent}} = \frac{\sigma_{\text{bent}}}{|\overline{R_{\text{bent}}} - \overline{R_{\text{straight}}}|} \times 100(\%) \quad (3)$$

$$\rho_{\text{straight}} = \frac{\sigma_{\text{straight}}}{|\overline{R_{\text{bent}}} - \overline{R_{\text{straight}}}|} \times 100(\%) \quad (4)$$

Des exemples de résultats d'essais sont présentés à l'Annexe A.

7 Rapport d'essai

Le rapport doit comporter les éléments suivants:

- la date du présent document;
- l'identification de l'éprouvette (y compris les dimensions de l'éprouvette, la valeur initiale de la résistance électrique, le matériau de l'éprouvette);
- l'angle de flexion;
- le nombre de cycles de flexion, la catégorie;
- la vitesse de flexion;
- la valeur finale de la résistance électrique;
- le mesurage en temps réel de la variation de la résistance en fonction des cycles de flexion;
- la moyenne, l'écart type et la variation effective de la résistance;
- l'épaisseur de l'e-textile;
- tout écart par rapport au présent document;
- la date d'essai;
- éventuellement, d'autres remarques et observations (par exemple, des images de l'e-textile après l'essai).

Annexe A (informative)

Exemple de résultats d'essais

A.1 Éprouvette de textile électronique tricoté

Un capteur de déformation en textile doit être fabriqué à partir d'une étoffe comportant des fils de fibres conductrices par la méthode du tricotage. La structure et les éléments d'identification de l'éprouvette sont les suivants:

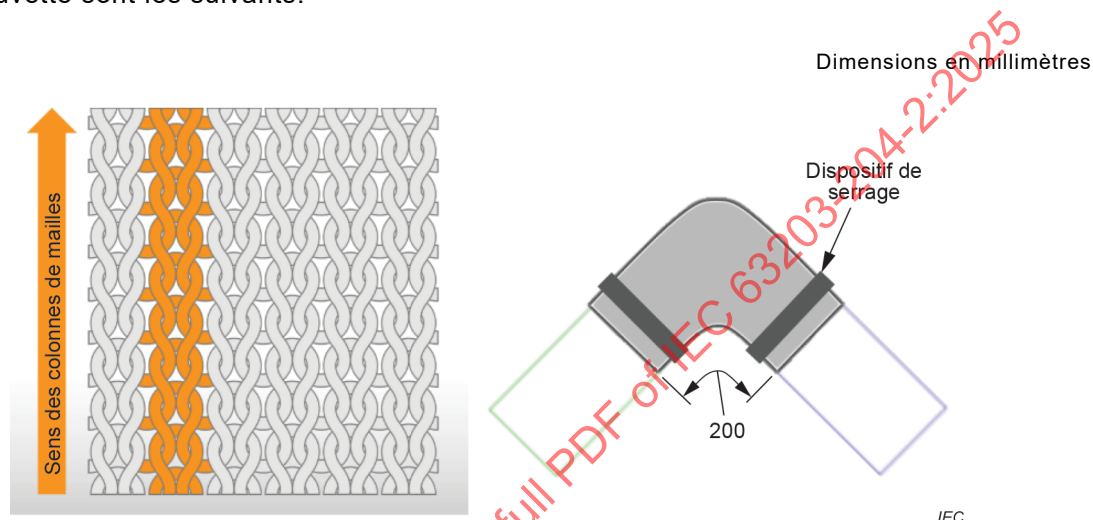


Figure A.1 – Partie de l'e-textile tricoté et schéma du porte-éprouvette fléchi chargé de l'e-textile de type manchon

A.2 Exemple de mesure

- a) Identification de l'éprouvette
 - Longueur effective de l'éprouvette: 200 mm
 - Circonférence de l'éprouvette: 270 mm
 - Valeur initiale de la résistance électrique: 592,90 Ω
 - Matériau de l'éprouvette: étoffe tricotée avec du fil de polyester
- b) Angle de flexion: 90°
- c) Nombre de cycles: 100 cycles, catégorie I
- d) Vitesse de flexion: 10 cpm
- e) Valeur finale de la résistance électrique: 692,82 Ω
- f) Mesurage en temps réel de la variation de la résistance selon le nombre de cycles de flexion: voir Figure A.2.

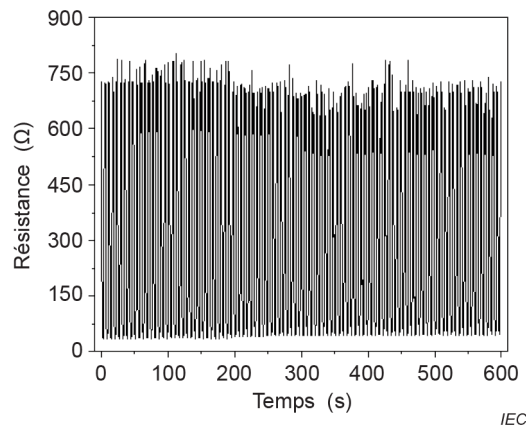


Figure A.2 – Mesurage en temps réel de la résistance d'un e-textile tricoté à 10 cpm

g) La moyenne, l'écart type et la variation effective de la résistance sont calculés comme suit:

$$\overline{R_{\text{bent}}} = \frac{R_{\text{bent},1} + R_{\text{bent},2} + \dots + R_{\text{bent},n}}{n} = 39,80 \quad [\Omega]$$

$$\overline{R_{\text{straight}}} = \frac{R_{\text{straight},1} + R_{\text{straight},2} + \dots + R_{\text{straight},n}}{n} = 732,62 \quad [\Omega]$$

- Résistance en flexion: $R_{\text{bent}} = \overline{R_{\text{bent}}} \pm \sigma_{\text{bent}} = 39,80 \pm 3,92 \quad [\Omega]$
- Résistance en extension: $R_{\text{straight}} = \overline{R_{\text{straight}}} \pm \sigma_{\text{straight}} = 732,62 \pm 33,06 \quad [\Omega]$
- Variation effective de R_{on}

$$R_{\text{on}} = \frac{\sigma_{\text{bent}}}{|\overline{R_{\text{bent}}} - \overline{R_{\text{straight}}}|} \times 100 = \frac{148,91}{|2286,51 - 7552,04|} \times 100 = 0,57(\%)$$

- Variation effective de R_{off}
- $$R_{\text{off}} : \rho_{\text{straight}} = \frac{\sigma_{\text{straight}}}{|\overline{R_{\text{bent}}} - \overline{R_{\text{straight}}}|} \times 100 = \frac{305,86}{|2286,51 - 7552,04|} \times 100 = 4,77(\%)$$

h) Épaisseur de l'éprouvette: 0,62 mm

A.3 Exemple de mesure

a) Identification de l'éprouvette

- Longueur effective de l'éprouvette: 200 mm
- Circonférence de l'éprouvette: 270 mm
- Valeur initiale de la résistance électrique: 592,90 Ω
- Matériau de l'éprouvette: étoffe tricotée

b) Angle de flexion: 90°

c) Nombre de cycles: 100 cycles, catégorie I

d) Vitesse de flexion: 30 cpm

e) Valeur finale de la résistance électrique: 688,04 Ω

f) Mesurage en temps réel de la variation de la résistance selon le nombre de cycles de flexion: voir Figure A.3.

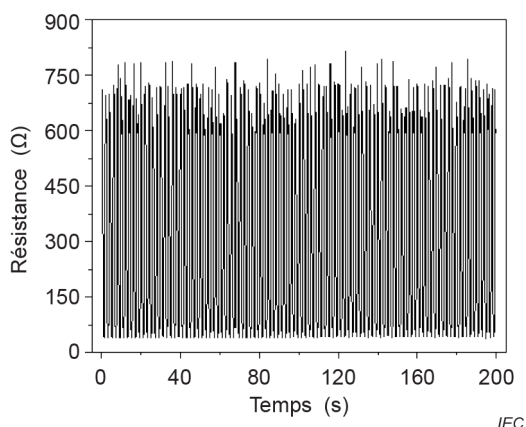


Figure A.3 – Mesurage en temps réel de la résistance d'un e-textile tricoté à 30 cpm

g) La moyenne, l'écart type et la variation effective de la résistance sont calculés comme suit:

- Moyenne: $\overline{R}_{\text{bent}} = 40,36 [\Omega]$ / $\overline{R}_{\text{stretched}} = 728,40 [\Omega]$
- Écart-type: $\sigma_{\text{bent}} = 1,27 [\Omega]$ / $\sigma_{\text{straight}} = 37,79 [\Omega]$
- Variation effective de la résistance: $\rho_{\text{bent}} = 0,18 (\%)$ / $\rho_{\text{straight}} = 5,49 (\%)$

h) Épaisseur de l'éprouvette: 0,62 mm

A.4 Exemple de mesure

a) Identification de l'éprouvette

- Longueur de l'éprouvette: 200 mm
- Valeur initiale de la résistance électrique: 725,60 Ω
- Matériau de l'éprouvette: étoffe tricotée

b) Angle de flexion: 45°

c) Nombre de cycles: 100 cycles, catégorie I

d) Vitesse de flexion: 30 cpm

e) Valeur finale de la résistance électrique: 624,90 Ω

f) Mesurage en temps réel de la variation de la résistance selon le nombre de cycles de flexion: voir Figure A.4:

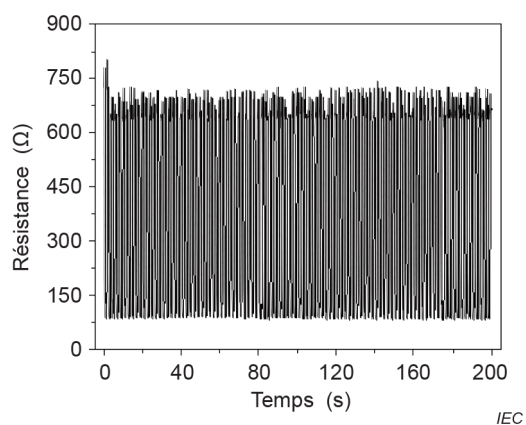


Figure A.4 – Mesurage en temps réel de la résistance d'un e-textile tricoté à 30 cpm