

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles –
Part 2: Reliability and abuse testing**

**Éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules routiers
électriques –
Partie 2: Essais de fiabilité et de traitement abusif**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles –
Part 2: Reliability and abuse testing**

**Éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules routiers
électriques –
Partie 2: Essais de fiabilité et de traitement abusif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.220.20; 43.120

ISBN 978-2-8322-6289-4

**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.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Test conditions	8
4.1 General.....	8
4.2 Measuring instruments.....	8
4.2.1 Range of measuring devices.....	8
4.2.2 Voltage measurement.....	8
4.2.3 Current measurement	8
4.2.4 Temperature measurements	8
4.2.5 Other measurements	9
4.3 Tolerance	9
4.4 Thermal stabilization.....	9
5 Electrical measurement	9
5.1 General charge conditions	9
5.2 Capacity	10
5.3 SOC adjustment.....	10
6 Reliability and abuse tests.....	10
6.1 General.....	10
6.2 Mechanical test.....	11
6.2.1 Vibration.....	11
6.2.2 Mechanical shock	12
6.2.3 Crush	13
6.3 Thermal test.....	14
6.3.1 High temperature endurance.....	14
6.3.2 Temperature cycling	14
6.4 Electrical test	15
6.4.1 External short circuit.....	15
6.4.2 Overcharge.....	16
6.4.3 Forced discharge.....	16
7 Description of test results	16
Annex A (informative) Selective test conditions.....	18
Bibliography.....	19
Figure 1 – Example of temperature measurement of cell.....	9
Figure 2 – PSD of acceleration plotted against frequency	11
Figure 3 – Examples of crush test.....	13
Table 1 – Discharge conditions	10
Table 2 – Values for PSD and frequency.....	12
Table 3 – Mechanical shock test – parameters.....	12
Table 4 – Temperatures and time duration for temperature cycling	15
Table 5 – Test result description	17
Table A.1 – Capacity test conditions	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SECONDARY LITHIUM-ION CELLS FOR
THE PROPULSION OF ELECTRIC ROAD VEHICLES –****Part 2: Reliability and abuse testing****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.

International Standard IEC 62660-2 has been prepared by IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) The procedure of forced discharge test has been clarified (6.4.3.2).
- b) "Cell block" has been added to the scope (Clause 1).
- c) Option of temperature cycling test with electrical operation has been deleted (6.3.2).
- d) The test conditions for overcharge test have been revised (6.4.2.2).

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

FDIS	Report on voting
21/976/FDIS	21/986/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts in the IEC 62660 series, published under the general title *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles*, 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 "<http://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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

The commercialization of electric road vehicles including battery, hybrid and plug-in hybrid electric vehicles has been accelerated in the global market, responding to the global concerns on CO₂ reduction and energy security. This, in turn, has led to rapidly increasing demand for high-power and high-energy-density traction batteries. Lithium-ion batteries are estimated to be one of the most promising secondary batteries for the propulsion of electric vehicles. In the light of the rapid spread of hybrid electric vehicles and the emergence of battery and plug-in hybrid electric vehicles, a standard method for testing reliability and abuse requirements of lithium-ion batteries is indispensable for securing a basic level of safety and obtaining essential data for the design of vehicle systems and battery packs.

This document specifies reliability and abuse testing for automobile traction lithium-ion cells that basically differ from the other cells including those for portable and stationary applications specified by other IEC standards. For automobile application, it is important to note the usage specificity; i.e. the design diversity of automobile battery packs and systems, and specific requirements for cells and batteries corresponding to each of such designs. Based on these facts, the purpose of this document is to provide a basic test methodology with general versatility, which serves a function in common primary testing of lithium-ion cells to be used in a variety of battery systems. This document does not provide any pass-fail criteria for the tests, but specifies a standard classification of descriptions for test results.

This document is associated with ISO 12405-4 [1]¹.

IEC 62660-1 [2] specifies the performance testing of lithium-ion cells for electric vehicle application.

IEC 62660-3 [3] specifies the safety requirements of lithium-ion cells for electric vehicle application.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

SECONDARY LITHIUM-ION CELLS FOR THE PROPULSION OF ELECTRIC ROAD VEHICLES –

Part 2: Reliability and abuse testing

1 Scope

This part of IEC 62660 specifies test procedures to observe the reliability and abuse behaviour of secondary lithium-ion cells and cell blocks used for propulsion of electric vehicles including battery electric vehicles (BEV) and hybrid electric vehicles (HEV).

NOTE 1 Secondary lithium-ion cells used for propulsion of plug-in hybrid electric vehicles (PHEV) can be tested by the procedure either for BEV application or HEV application, according to the battery system design, based on the agreement between the cell manufacturer and the customer.

This document specifies the standard test procedures and conditions for basic characteristics of lithium-ion cells for use in propulsion of battery and hybrid electric vehicles. The tests are indispensable for obtaining essential data on reliability and abuse behaviour of lithium-ion cells for use in various designs of battery systems and battery packs.

This document provides standard classification of description of test results to be used for the design of battery systems or battery packs.

NOTE 2 Cell blocks can be used as an alternative to cells according to the agreement between the cell manufacturer and the customer.

NOTE 3 The safety requirements of lithium-ion cells for electric vehicle application are defined in IEC 62660-3 [3].

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 60068-2-64, *Environmental testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, broadband random and guidance*

ISO 16750-3, *Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 3: Mechanical loads*

ISO 16750-4, *Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 4: Climatic loads*

ISO/TR 8713, *Electrically propelled road vehicles – Vocabulary*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO/TR 8713 and the following apply.

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

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

3.1

battery electric vehicle

BEV

electric vehicle with only a traction battery as power source for vehicle propulsion

3.2

cell block

group of cells connected together in parallel configuration with or without protective devices, e.g. fuse or positive temperature coefficient resistor (PTC), not yet fitted with its final housing, terminal arrangement and electronic control device

3.3

hybrid electric vehicle

HEV

vehicle with both a rechargeable energy storage system and a fuelled power source for propulsion

3.4

rated capacity

C_n

capacity value of a cell in ampere hours (Ah) determined under specified conditions and declared by the cell manufacturer

Note 1 to entry: n in C_n is the time base in hours (h). In this document, $n = 3$ for BEV application and $n = 1$ for HEV application unless otherwise specified.

3.5

I_t

reference test current in amperes (A) which is expressed as

$$I_t = C_n / 1$$

Note 1 to entry: 1 has a dimension of time in hours (h).

Note 2 to entry: See IEC 61434:1996 [4], Clause 2.

3.6

room temperature

temperature of $25^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$

3.7

secondary lithium-ion cell

cell

secondary single cell whose electric energy is derived from the insertion and extraction reactions of lithium ions between the anode and the cathode

Note 1 to entry: The secondary lithium-ion cell is a basic manufactured unit providing a source of electric energy by direct conversion of chemical energy. The cell consists of electrodes, separators, electrolyte, container and terminals, and is designed to be charged electrically.

3.8

state of charge

SOC

capacity in a cell expressed as a percentage of rated capacity

4 Test conditions

4.1 General

The details of the instrumentation used shall be provided in any report of results.

NOTE Test and measurement can be conducted under fixing conditions recommended by the cell manufacturer.

4.2 Measuring instruments

4.2.1 Range of measuring devices

The instruments used shall enable the values of voltage and current to be measured. The range of these instruments and measuring methods shall be chosen so as to ensure the accuracy specified for each test.

For analogue instruments, this implies that the readings shall be taken in the last third of the graduated scale.

Any other measuring instruments may be used provided they give an equivalent accuracy.

4.2.2 Voltage measurement

The resistance of the voltmeters used shall be at least 1 M Ω /V.

4.2.3 Current measurement

The entire assembly of ammeter, shunt and leads shall be of an accuracy class of 0,5 or better.

4.2.4 Temperature measurements

The cell temperature shall be measured by use of a surface temperature measuring device capable of an equivalent scale definition and accuracy of calibration as specified in 4.2.1. The temperature should be measured at a location which most closely reflects the cell or cell block temperature. The temperature may be measured at additional appropriate locations, if necessary.

The examples for temperature measurement are shown in Figure 1. The instructions for temperature measurement specified by the cell manufacturer shall be followed.

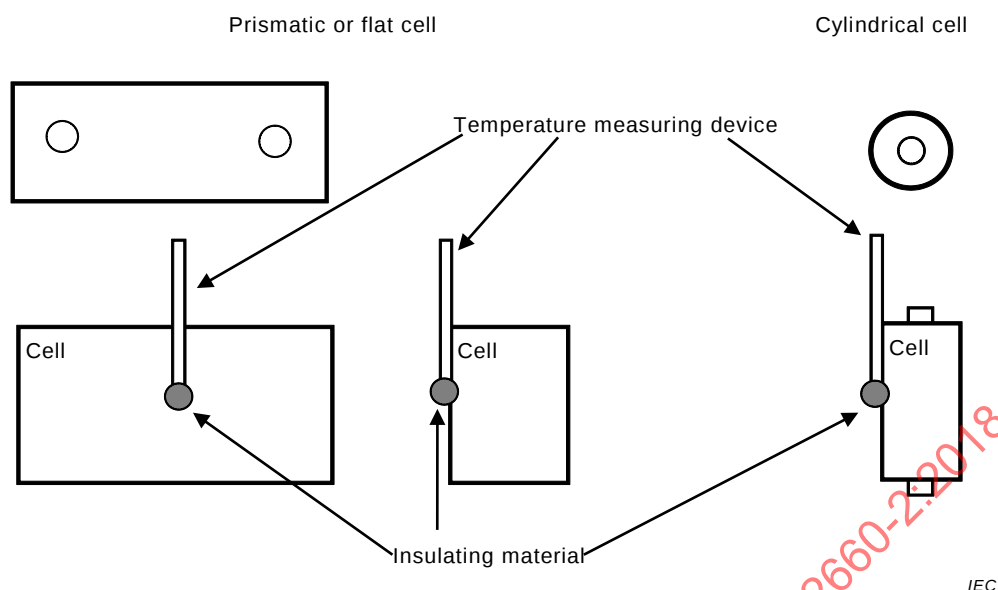


Figure 1 – Example of temperature measurement of cell

4.2.5 Other measurements

Other values may be measured by use of a measuring device, provided that it complies with 4.3.

4.3 Tolerance

The overall accuracy of controlled or measured values, relative to the specified or actual values, shall be within the following tolerances:

- a) $\pm 0,1$ % for voltage;
- b) ± 1 % for current;
- c) ± 2 K for temperature;
- d) $\pm 0,1$ % for time;
- e) $\pm 0,1$ % for mass;
- f) $\pm 0,1$ % for dimensions.

These tolerances comprise the combined accuracy of the measuring instruments, the measurement technique used, and all other sources of error in the test procedure.

4.4 Thermal stabilization

For the stabilization of cell temperature, the cell shall be soaked to a specified ambient temperature for a minimum of 12 h. This period may be reduced if thermal stabilization is reached. Thermal stabilization is considered to be reached if after one interval of 1 h, the change of cell temperature is lower than 1 K.

5 Electrical measurement

5.1 General charge conditions

Unless otherwise stated in this document, prior to electrical measurement test, the cell shall be charged as follows.

Prior to charging, the cell shall be discharged at room temperature at a constant current described in Table 1 down to an end-of-discharge voltage specified by the cell manufacturer. Then, the cell shall be charged according to the charging method declared by the cell manufacturer at room temperature.

5.2 Capacity

The capacity of a cell shall be measured in accordance with the following phases.

Phase 1 – The cell shall be charged in accordance with 5.1.

After recharge, the cell temperature shall be stabilized in accordance with 4.4.

Phase 2 – The cell shall be discharged at specified temperature at a constant current I_t (A) to the end-of-discharge voltage that is provided by the cell manufacturer. The discharge current and temperatures indicated in Table 1 shall be used.

In addition to Table 1, specific test conditions may be selected based on the agreement between the cell manufacturer and the customer. Selective test conditions are provided in Annex A.

Table 1 – Discharge conditions

Cell temperature °C	Discharge current A	
	BEV application	HEV application
0	$\frac{1}{3} I_t$	$1 I_t$
25		
45		

Phase 3 – Measure the discharge duration until the specified end-of-discharge voltage is reached. Calculate the capacity of cell expressed in Ah up to three significant figures, by multiplying the discharge current (A) with the discharge duration (h).

5.3 SOC adjustment

The test cells shall be charged as specified below. The SOC adjustment is the procedure to be followed for preparing cells to the various SOC's for the tests in this document.

Phase 1 – The cell shall be charged in accordance with 5.1.

Phase 2 – The cell shall be left at rest at room temperature in accordance with 4.4.

Phase 3 – The cell shall be discharged at a constant current according to Table 1 for $(100 - n)/100 \times 3$ h for BEV application and $(100 - n)/100 \times 1$ h for HEV application, where n is SOC (%) to be adjusted for each test.

6 Reliability and abuse tests

6.1 General

For all the tests specified in Clause 6, the test installation shall be reported including fixing and wiring of the cell. If necessary, to prevent deformation, the cell may be maintained during the test in a manner that does not violate the test purpose.

Before each test, the cell shall be stabilized at room temperature according to 4.4, unless otherwise specified.

The value of SOC may be changed according to the agreement between the customer and the cell manufacturer.

6.2 Mechanical test

6.2.1 Vibration

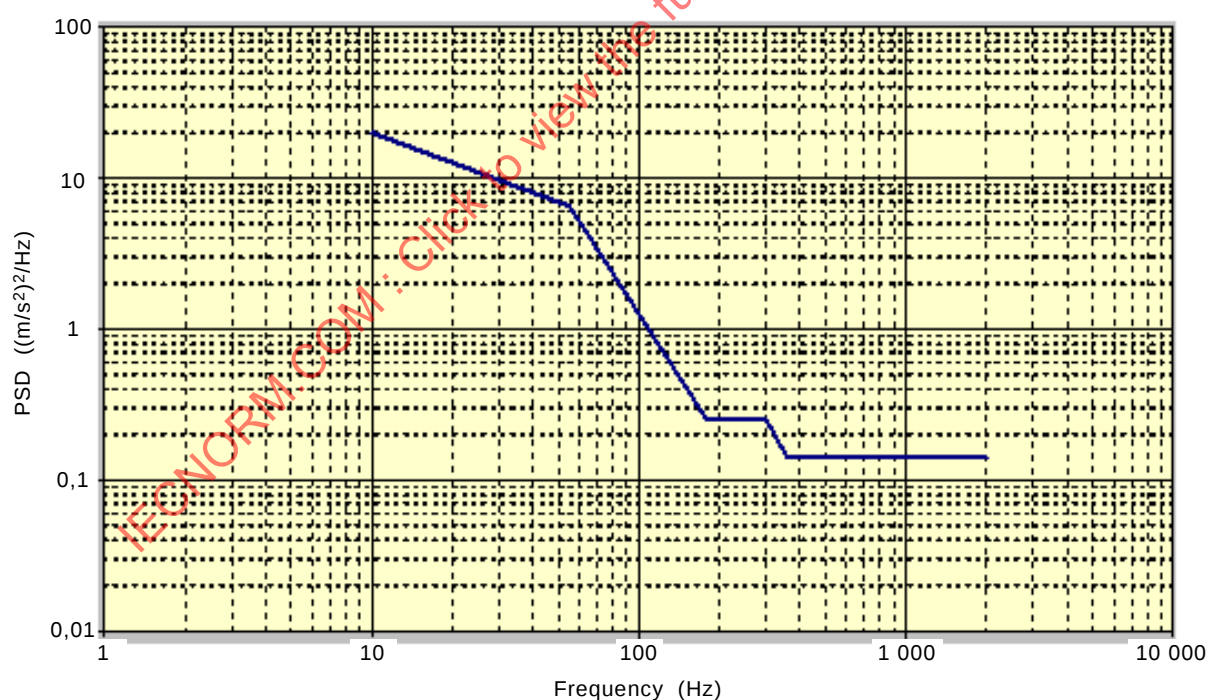
6.2.1.1 Purpose

This test is performed to characterize cell responses to vibration assumed in the use of a vehicle.

6.2.1.2 Test

The test shall be performed as follows.

- Adjust the SOC of the cell to 100 % for BEV application, and to 80 % for HEV application in accordance with 5.3.
- Perform the test referring to IEC 60068-2-64 random vibration. Use test duration of 8 h for each plane of the test cell.
- The RMS acceleration value shall be $27,8 \text{ m/s}^2$. The power spectrum density (PSD) plotted against frequency is shown in Figure 2 and Table 2. The maximum frequency shall be 2 000 Hz.



IEC

Figure 2 – PSD of acceleration plotted against frequency

Table 2 – Values for PSD and frequency

Frequency Hz	PSD (m/s ²) ² /Hz
10	20
55	6,5
180	0,25
300	0,25
360	0,14
1 000	0,14
2 000	0,14

6.2.1.3 Test results

The following shall be measured and recorded as test results:

- cell voltage and capacity before and after the test;
- condition of the cell at the end of the test in accordance with the description specified in Clause 7.

6.2.2 Mechanical shock

6.2.2.1 Purpose

This test is performed to characterize cell responses to mechanical shocks assumed in the use of a vehicle.

6.2.2.2 Test

The test shall be performed as follows.

- Adjust the SOC of the cell to 100 % for BEV application and to 80 % for HEV application in accordance with 5.3.
- Perform the test in accordance with ISO 16750-3 as shown in Table 3. Acceleration from the shock in the test shall be applied in the same direction as the acceleration of the shock that occurs in the vehicle. If the direction of the effect is not known, the cell shall be tested in all six spatial directions.

Table 3 – Mechanical shock test – parameters

Pulse shape	half-sinusoidal
Acceleration	500 m/s ²
Duration	6 ms
Number of shocks	10 per test direction

6.2.2.3 Test results

The following shall be measured and recorded as test results:

- cell voltage and capacity before and after the test;
- condition of the cell at the end of the test in accordance with the description specified in Clause 7.

6.2.3 Crush

6.2.3.1 Purpose

This test is performed to characterize cell responses to external load forces that can cause deformation.

6.2.3.2 Test

The test shall be performed as follows.

- Adjust the SOC of the cell to 100 % for BEV application and 80 % for HEV application in accordance with 5.3.
- The cell shall be placed on an insulated flat surface and be crushed with a crushing tool consisting of a round or semicircular bar, or sphere or hemisphere with a 150 mm diameter. It is recommended to use the round bar to crush a cylindrical cell, and the sphere for a prismatic cell (see Figure 3). The force for the crushing shall be applied in a direction nearly perpendicular to a larger side of a layered face of positive and negative electrodes inside the cell. The crushing tool shall be selected so that the cell is deformed nearly in proportion to the increase of crushing force.
- The force shall be released when an abrupt voltage drop of one-third of the original cell voltage occurs, or a deformation of 15 % or more of the initial cell dimension occurs, or the force of 1 000 times the weight of the cell is applied. The cells remain on test for 24 h or until the case temperature declines by 20 % of the maximum temperature rise, whichever is the sooner.

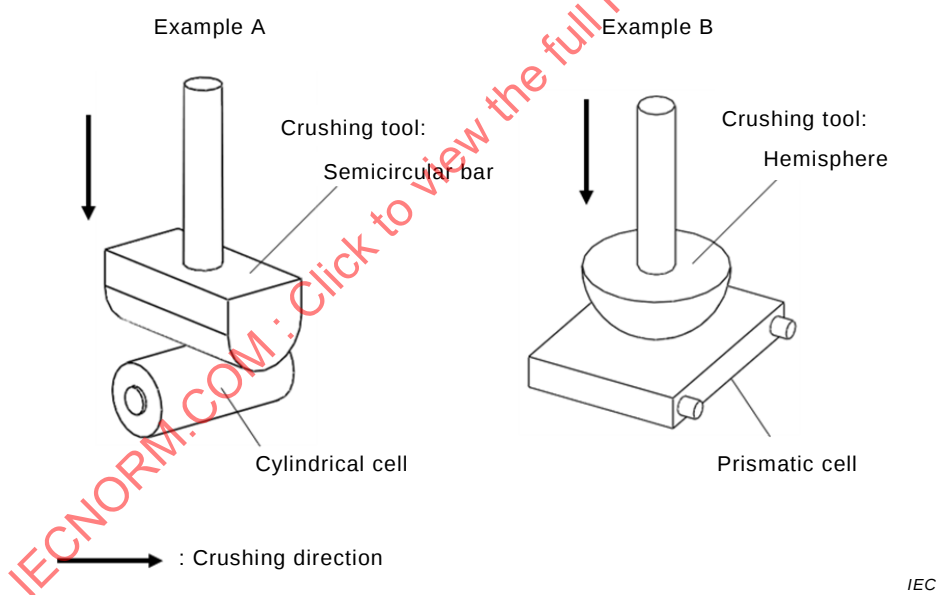


Figure 3 – Examples of crush test

6.2.3.3 Test results

The following shall be measured and recorded as test results:

- form of crushing tool;
- crushing speed;
- cell voltage during the test;
- cell temperature during the test;
- condition of the cell at the end of the test in accordance with the description specified in Clause 7.

6.3 Thermal test

6.3.1 High temperature endurance

6.3.1.1 Purpose

This test is performed to characterize cell responses to high-temperature environment.

6.3.1.2 Test

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of the cell to 100 % for BEV application, and to 80 % for HEV application in accordance with 5.3.
- b) The cell, stabilized at room temperature, shall be placed in a gravity or circulating air-convection oven. The oven temperature shall be raised at a rate of 5 K/min to a temperature of 130 °C. The cell shall remain at this temperature for 30 min before the test is discontinued. If necessary, to prevent deformation, the cell may be maintained during the test in a manner that does not violate the test purpose. The manner to prevent deformation should be representative of cells inside battery systems and battery packs.

6.3.1.3 Test results

The following shall be recorded as test results:

- condition of the cell at the end of the test in accordance with the description specified in Clause 7.

It is recommended to measure the cell temperature and voltage, and oven temperature during the test.

6.3.2 Temperature cycling

6.3.2.1 Purpose

This test is performed to characterize thermal durability of a cell by exposing at low and high temperature environment alternately to cause expansion and contraction of cell components.

6.3.2.2 Test

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of the cell to 100 % for BEV application, and to 80 % for HEV application in accordance with 5.3.
- b) Perform the temperature cycling in accordance with ISO 16750-4 as shown in Table 4. The minimum operating temperature shall be -40 °C or $T_{\min}$ specified by the cell manufacturer and the maximum operating temperature shall be 85 °C or $T_{\max}$ specified by the cell manufacturer. Perform 30 test cycles as specified.

Table 4 – Temperatures and time duration for temperature cycling

Cumulative time min	Temperature °C
0	20
60	$T_{\min}$
150	$T_{\min}$
210	20
300	$T_{\max}$
410	$T_{\max}$
480	20

6.3.2.3 Test results

The following shall be measured and recorded as test results:

- cell voltage and capacity at the beginning and at the end of the test;
- condition of the cell at the end of the test in accordance with the description specified in Clause 7;
- cell voltage and temperature shall be continuously recorded during each cycle.

6.4 Electrical test**6.4.1 External short circuit****6.4.1.1 Purpose**

This test is performed to characterize cell responses to external short circuit.

6.4.1.2 Test

The test shall be performed as follows.

- Adjust the SOC of the cell to 100 % in accordance with 5.3.
- The cell adjusted as in a) shall be stored at room temperature, and then be short-circuited by connecting the positive and negative terminals with an external resistance for 10 min. The total external resistance shall be equal to or less than 5 mΩ as agreed between the customer and the cell manufacturer.

6.4.1.3 Test results

The following shall be measured and recorded as test results; the sample rate for voltage and current recording shall be ≤ 10 ms:

- cell voltage during the test;
- cell current during the test. If the accuracy deviates from the requirements of 4.3, it shall be reported;
- cell temperature during the test;
- total external resistance value;
- condition of the cell at the end of the test in accordance with the description specified in Clause 7.

6.4.2 Overcharge

6.4.2.1 Purpose

This test is performed to characterize cell responses to overcharge.

6.4.2.2 Test

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of the cell to 100 % in accordance with 5.3.
- b) Continue charging the cell beyond the 100 % SOC with a charging current agreed by the customer and the cell manufacturer at room temperature using a power supply sufficient to provide the constant charging current. The overcharge test shall be discontinued when the applied voltage reaches a value agreed between the customer and the supplier, or until charging is disabled by the cell protective device, if any, or until the cell fails.

6.4.2.3 Test results

The following shall be measured and recorded as test results:

- cell voltage during the test;
- cell current during the test;
- cell temperature during the test;
- condition of the cell at the end of the test in accordance with the description specified in Clause 7.

6.4.3 Forced discharge

6.4.3.1 Purpose

This test is performed to characterize cell responses to over discharge.

6.4.3.2 Test

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of the cell to 0 % in accordance with 5.3.
- b) Continue discharging the cell beyond the 0 % SOC at $1I_t$ (A) for 90 min at room temperature.

6.4.3.3 Test results

The following shall be measured and recorded as test results:

- cell voltage during the test;
- cell current during the test;
- cell temperature during the test;
- condition of the cell at the end of the test in accordance with the description specified in Clause 7.

7 Description of test results

The results of tests specified in this document shall be recorded with the descriptions in Table 5. Each test result may include multiple descriptions. The test results may be described with relevant materials such as photos.

Table 5 – Test result description

Description	Effect
No effect	No effect. No change in appearance.
Deformation	Change or deformation in appearance including swelling.
Venting	Escape of liquid electrolyte from vent or venting with mist release. NOTE For the pouch cell, the intended venting mechanism can be a controlled opening of the cell casing.
Leakage	Visible escape of liquid electrolyte from a part except vent, such as casing, sealing part and/or terminals.
Smoking	Release of fumes, including possible soot particles, from vent.
Rupture	Mechanical failure of the container case of the cell induced by an internal or external cause, resulting in exposure or spillage but not ejection of materials.
Fire	Emission of flames from a cell or cell block for more than 1 s. NOTE Sparks and arcing are not considered as flames.
Explosion	Failure that occurs when a cell container opens violently and major components are forcibly expelled.

Annex A (informative)

Selective test conditions

Annex A provides additional and selective conditions for the capacity test specified in 5.2. The test conditions "r" in Table A.1 are specified in this document. In addition, the test conditions "a" may be selected based on the agreement between the cell manufacturer and the customer.

Table A.1 – Capacity test conditions

Application	Discharge current	Cell temperature			
		–20 °C	0 °C	25 °C	45 °C
BEV	$0,2 I_t$	a	a	a	a
	$1/3 I_t$	a	r	r	r
	$1 I_t$	a	a	a	a
	$5 I_t$	a	a	a	a
HEV	$0,2 I_t$	a	a	a	a
	$1/3 I_t$	a	a	a	a
	$1 I_t$	a	r	r	r
	$10 I_t$	a	a	a	a
	I_{dmax}	a	a	a	a

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62660-2:2018

Bibliography

- [1] ISO 12405-4, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems – Part 4: Performance testing*
- [2] IEC 62660-1, *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 1: Performance testing*
- [3] IEC 62660-3, *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 3: Safety requirements*
- [4] IEC 61434:1996, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Guide to the designation of current in alkaline secondary cell and battery standards*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62660-2:2018

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Termes et définitions	24
4 Conditions d'essai	26
4.1 Généralités	26
4.2 Instruments de mesure	26
4.2.1 Amplitude des dispositifs de mesure	26
4.2.2 Mesure de la tension	26
4.2.3 Mesure du courant.....	26
4.2.4 Mesure de la température	26
4.2.5 Autres mesures	27
4.3 Tolérance	27
4.4 Stabilisation thermique.....	27
5 Mesures électriques	27
5.1 Conditions générales de charge.....	27
5.2 Capacité	28
5.3 Ajustement de l'état de charge (SOC)	28
6 Essais de fiabilité et de traitement abusif.....	28
6.1 Généralités	28
6.2 Essais mécaniques	29
6.2.1 Vibrations	29
6.2.2 Chocs mécaniques	30
6.2.3 Compression	31
6.3 Essais thermiques.....	32
6.3.1 Endurance à haute température.....	32
6.3.2 Cycles de température.....	32
6.4 Essai électrique	33
6.4.1 Court-circuit externe	33
6.4.2 Surcharge.....	34
6.4.3 Décharge forcée	34
7 Description des résultats des essais.....	34
Annexe A (informative) Conditions d'essai sélectives.....	36
Bibliographie.....	37
Figure 1 – Exemple de mesure de la température d'un élément	27
Figure 2 – DSP de l'accélération en fonction de la fréquence.....	29
Figure 3 – Exemples d'essai de compression.....	31
Tableau 1 – Conditions de décharge.....	28
Tableau 2 – Valeurs de la DSP et de la fréquence	30
Tableau 3 – Essai de chocs mécaniques – paramètres	30
Tableau 4 – Températures et durée du cycle de température.....	33
Tableau 5 – Description des résultats des essais.....	35
Tableau A.1 – Conditions d'essai de capacité	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ÉLÉMENTS D'ACCUMULATEURS LITHIUM-ION POUR
LA PROPULSION DES VÉHICULES ROUTIERS ÉLECTRIQUES –****Partie 2: Essais de fiabilité et de traitement abusif****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 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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62660-2 a été établie par le comité d'études 21 de l'IEC: Accumulateurs.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) La procédure d'essai de décharge forcée a été clarifiée (6.4.3.2).
- b) Le concept de "bloc d'éléments" a été ajouté au domaine d'application (Article 1).

- c) L'option d'essai de cycles de température avec fonctionnement électrique a été supprimée (6.3.2).
- d) Les conditions d'essai relatives à l'essai de surcharge ont été révisées (6.4.2.2).

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

FDIS	Rapport de vote
21/976/FDIS	21/986/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62660, publiées sous le titre général *Éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules routiers électriques*, peut être consultée 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 "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La commercialisation des véhicules routiers électriques, comprenant les véhicules électriques à batterie, les véhicules électriques hybrides et les véhicules électriques hybrides rechargeables, a été accélérée sur le marché international, répondant ainsi aux préoccupations mondiales concernant la réduction du CO₂ et la sécurité en matière d'énergie. Par voie de conséquence, cela a conduit à une demande rapidement croissante de batteries de traction de forte puissance et de grande densité énergétique. Il est estimé que les batteries lithium-ion sont les accumulateurs les plus prometteurs pour la propulsion des véhicules électriques. Du fait de la diffusion rapide des véhicules électriques hybrides et de l'émergence des véhicules électriques à batterie et hybrides rechargeables, une méthode normalisée d'essai relative aux exigences de performance des batteries lithium-ion est indispensable pour fixer un niveau de sécurité de base et obtenir des données essentielles pour la conception des systèmes des véhicules et des packs de batteries.

Le présent document spécifie les essais de fiabilité et de traitement abusif des éléments lithium-ion destinés à la traction automobile qui diffèrent fondamentalement des autres éléments y compris ceux destinés aux applications portatives et fixes spécifiées par d'autres normes IEC. Dans le cas d'une application automobile, il est important de tenir compte de la spécificité d'usage, c'est-à-dire la diversité de conception des packs et des systèmes de batteries pour automobile, ainsi que la diversité des exigences spécifiques relatives aux éléments et aux batteries correspondant à chacune de ces conceptions. Basé sur ces faits, le but du présent document est de fournir une méthodologie fondamentale d'essai ayant une polyvalence générale, remplissant une fonction d'essais préliminaires communs pour les éléments lithium-ion destinés à être utilisés dans divers systèmes de batterie. Le présent document ne fournit aucun critère d'acceptation ou de refus pour les essais, mais spécifie une classification normalisée des descriptions de résultats d'essai.

Le présent document est associé à l'ISO 12405-4 [1]¹.

L'IEC 62660-1 [2] spécifie les essais de performance des éléments lithium-ion pour application aux véhicules électriques.

L'IEC 62660-3 [3] spécifie les exigences de sécurité des éléments lithium-ion pour application aux véhicules électriques.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

ÉLÉMENTS D'ACCUMULATEURS LITHIUM-ION POUR LA PROPULSION DES VÉHICULES ROUTIERS ÉLECTRIQUES –

Partie 2: Essais de fiabilité et de traitement abusif

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62660 spécifie les procédures d'essai destinées à observer la fiabilité et le comportement sous traitement abusif des éléments et des blocs d'éléments d'accumulateurs lithium-ion utilisés pour la propulsion des véhicules électriques, y compris les véhicules électriques à batterie (BEV) et les véhicules électriques hybrides (HEV).

NOTE 1 Les éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules électriques hybrides rechargeables (PHEV) peuvent être soumis à l'essai avec la procédure pour application BEV ou pour application HEV, selon la conception des systèmes de batteries, sur la base de l'accord entre le fabricant de l'élément et le client.

Le présent document spécifie les procédures et les conditions d'essai normalisées pour des caractéristiques fondamentales des éléments lithium-ion utilisés pour la propulsion des véhicules électriques à batterie d'accumulateurs et hybrides. Les essais sont indispensables pour obtenir des données importantes sur la fiabilité et sur le comportement sous traitement abusif des éléments lithium-ion utilisés dans différentes conceptions de systèmes de batteries et de packs de batteries.

Le présent document donne une classification normalisée de la description des résultats d'essai à utiliser pour la conception des systèmes de batteries et des packs de batteries.

NOTE 2 Des blocs d'éléments peuvent être utilisés à la place d'éléments conformément à l'accord entre le fabricant de l'élément et le client.

NOTE 3 Les exigences de sécurité des éléments lithium-ion pour application aux véhicules électriques sont définies dans l'IEC 62660-3 [3].

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60068-2-64, *Essais d'environnement – Partie 2-64: Essais – Essai Fh: Vibrations aléatoires à large bande et guide*

ISO 16750-3, *Véhicules routiers – Spécifications d'environnement et essais des équipements électrique et électronique – Partie 3: Contraintes mécaniques*

ISO 16750-4, *Véhicules routiers – Spécifications d'environnement et essais des équipements électrique et électronique – Partie 4: Contraintes climatiques*

ISO/TR 8713, *Véhicules routiers électriques – Vocabulaire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO/TR 8713, ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

3.1

véhicule électrique à batterie

BEV

véhicule électrique comportant seulement une batterie d'accumulateurs de traction comme source d'énergie pour sa propulsion

Note 1 à l'article: L'abréviation "BEV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "battery electric vehicle".

3.2

bloc d'éléments

groupe d'éléments connectés ensemble en parallèle avec ou sans dispositif de protection (fusible ou résistance du coefficient de température positif (CTP), par exemple), non encore équipé de son habillage final, ni de ses bornes et de dispositif de contrôle électronique

3.3

véhicule électrique hybride

HEV

véhicule comportant à la fois un système de stockage d'énergie électrique rechargeable et une source d'énergie à carburant pour sa propulsion

Note 1 à l'article: L'abréviation "HEV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "hybrid electric vehicle".

3.4

capacité assignée

C_n

valeur de la capacité d'un élément en ampères-heures (Ah) déterminée dans des conditions spécifiées et déclarée par le fabricant de l'élément

Note 1 à l'article: n dans C_n est le temps de base en heures (h). Dans le présent document, $n = 3$ pour l'application BEV et $n = 1$ pour l'application HEV, sauf spécification contraire.

3.5

I_t

courant d'essai de référence en ampères (A), exprimé comme

$$I_t = C_n / 1$$

Note 1 à l'article: 1 a une dimension temporelle exprimée en heures (h).

Note 2 à l'article: Voir l'IEC 61434:1996 [4], Article 2.

3.6

température ambiante

température de $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$

3.7

accumulateur lithium-ion

élément d'accumulateur

accumulateur unitaire dont l'énergie électrique provient des réactions d'insertion et d'extraction d'ions lithium entre l'anode et la cathode

Note 1 à l'article: L'accumulateur lithium-ion est un dispositif unitaire manufacturé élémentaire fournissant une source d'énergie électrique par conversion directe de l'énergie chimique. Il est constitué d'électrodes, de séparateurs, d'électrolyte, du conteneur et des bornes; il est conçu pour être chargé électriquement.

3.8

état de charge

SOC

capacité d'un élément, exprimée en pourcentage de la capacité assignée

Note 1 à l'article: L'abréviation "SOC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "state of charge".

4 Conditions d'essai

4.1 Généralités

Les caractéristiques des instruments de mesure utilisés doivent être données dans tous les rapports de résultats.

NOTE L'essai et les mesures peuvent être effectués dans des conditions de fixation recommandées par le fabricant de l'élément.

4.2 Instruments de mesure

4.2.1 Amplitude des dispositifs de mesure

Les appareils utilisés doivent permettre de mesurer les valeurs de tension et de courant. L'amplitude et les méthodes de mesure de ces instruments doivent être choisies de façon à garantir la précision spécifiée pour chaque essai.

Pour des instruments analogiques, cela implique que les lectures doivent être effectuées sur le dernier tiers de l'échelle graduée.

Tout autre instrument de mesure peut être utilisé dans la mesure où il donne une précision équivalente.

4.2.2 Mesure de la tension

La résistance des voltmètres utilisés doit être d'au moins 1 M Ω /V.

4.2.3 Mesure du courant

L'ensemble complet ampèremètre, shunt et fils doit être d'une classe de précision supérieure ou égale à 0,5.

4.2.4 Mesure de la température

La température de l'élément doit être mesurée à l'aide d'un dispositif de mesure de la température de surface permettant une définition d'échelle et une précision d'étalonnage équivalentes à celles spécifiées en 4.2.1. Il convient de mesurer la température à l'endroit qui reflète le mieux la température de l'élément ou du bloc d'éléments. La température peut être mesurée à d'autres endroits appropriés, si nécessaire.

La Figure 1 donne des exemples de mesure de la température. Les instructions de mesure de la température spécifiées par le fabricant de l'élément doivent être respectées.

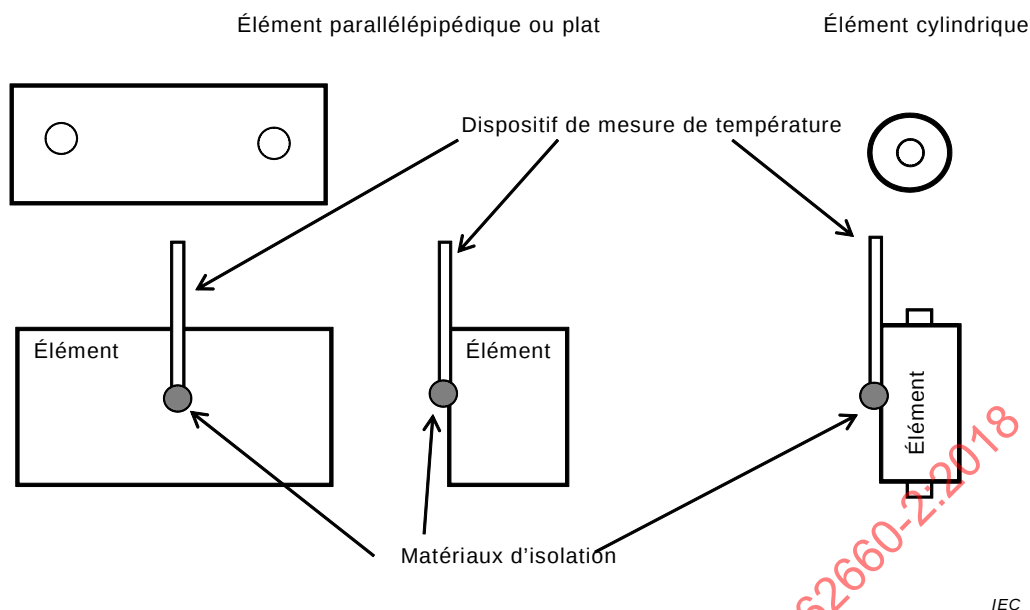


Figure 1 – Exemple de mesure de la température d'un élément

4.2.5 Autres mesures

D'autres valeurs peuvent être mesurées au moyen d'un appareil de mesure, à condition qu'il satisfasse à 4.3.

4.3 Tolérance

La précision globale des valeurs contrôlées ou mesurées, relatives aux valeurs spécifiées ou réelles, doit être comprise dans les tolérances suivantes:

- a) $\pm 0,1$ % pour la tension;
- b) ± 1 % pour le courant;
- c) ± 2 K pour la température;
- d) $\pm 0,1$ % pour le temps;
- e) $\pm 0,1$ % pour la masse;
- f) ± 1 % pour les dimensions.

Ces tolérances comprennent la précision combinée des instruments de mesure, de la technique de mesure utilisée, et de toutes les autres sources d'erreur de la procédure d'essai.

4.4 Stabilisation thermique

Pour stabiliser la température de l'élément, celui-ci doit être trempé à une température ambiante spécifiée pendant au moins 12 h. Cette durée peut être réduite si la stabilisation thermique est atteinte. La stabilisation thermique est considérée comme étant atteinte si, dans un intervalle de temps de 1 h, la variation de température de l'élément est inférieure à 1 K.

5 Mesures électriques

5.1 Conditions générales de charge

Sauf indication contraire dans le présent document, avant l'essai de mesures électriques, l'élément doit être chargé comme indiqué ci-après.

Avant la charge, l'élément doit être déchargé à la température ambiante, à un courant constant donné dans le Tableau 1, jusqu'à une tension finale spécifiée par le fabricant de l'élément. Puis l'élément doit être chargé conformément à la méthode de charge préconisée par le fabricant de l'élément, à la température ambiante.

5.2 Capacité

La capacité de l'élément doit être mesurée conformément aux étapes suivantes.

Étape 1 – L'élément doit être chargé conformément à 5.1.

Après la recharge, la température de l'élément doit être stabilisée conformément à 4.4.

Étape 2 – L'élément doit être déchargé à la température spécifiée, à un courant constant I_t (A), jusqu'à la tension finale donnée par le fabricant de l'élément. Les courants de décharge et les températures indiqués dans le Tableau 1 doivent être utilisés.

En complément des conditions du Tableau 1, des conditions d'essai spécifiques peuvent être sélectionnées sur la base d'un accord entre le fabricant de l'élément et le client. Des conditions d'essai sélectives sont fournies dans l'Annexe A.

Tableau 1 – Conditions de décharge

Température de l'élément °C	Courant de décharge A	
	Application BEV	Application HEV
0	$\frac{1}{3} I_t$	$1 I_t$
25		
45		

Étape 3 – Mesurer la durée de décharge jusqu'à atteindre la tension finale spécifiée. Calculer la capacité de l'élément, exprimée en Ah, avec trois chiffres significatifs, en multipliant le courant de décharge (A) par la durée de décharge (h).

5.3 Ajustement de l'état de charge (SOC)

Les éléments d'essai doivent être chargés comme indiqué ci-dessous. L'ajustement de l'état de charge (SOC) est la procédure à suivre pour préparer les éléments aux différents états de charge (SOC) destinés aux essais du présent document.

Étape 1 – L'élément doit être chargé conformément à 5.1.

Étape 2 – L'élément doit être laissé au repos, à la température ambiante, conformément à 4.4.

Étape 3 – L'élément doit être déchargé à un courant constant conformément au Tableau 1, c'est-à-dire au $(100 - n)/100 \times 3$ h pour une application BEV et $(100 - n)/100 \times 1$ h pour une application HEV, où n est le SOC (%) à ajuster à chaque essai.

6 Essais de fiabilité et de traitement abusif

6.1 Généralités

Pour tous les essais spécifiés dans l'Article 6, l'installation de l'essai doit être consignée, y compris la fixation et le câblage de l'élément. Pour éviter une déformation, l'élément peut, s'il

y a lieu, être maintenu pendant l'essai d'une manière qui ne compromette pas l'objet de l'essai.

Avant chaque essai, l'élément doit être stabilisé à la température ambiante, conformément à 4.4, sauf spécification contraire.

La valeur de SOC peut être modifiée sur la base d'un accord entre le fabricant de l'élément et le client.

6.2 Essais mécaniques

6.2.1 Vibrations

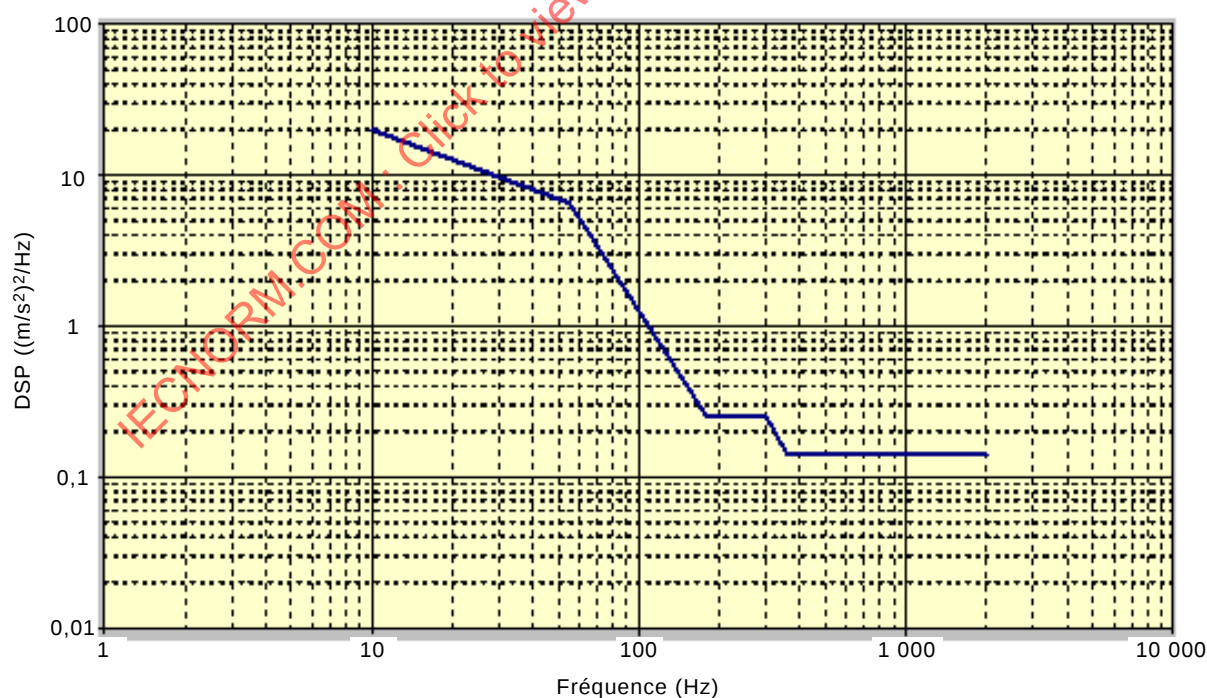
6.2.1.1 Objet

Cet essai est réalisé pour caractériser les réponses des éléments aux vibrations réputées être présentes lors de l'utilisation d'un véhicule.

6.2.1.2 Essai

L'essai doit être effectué comme suit.

- Ajuster le SOC de l'élément à 100 % pour une application BEV, et à 80 % pour une application HEV, conformément à 5.3.
- Effectuer l'essai en se référant aux vibrations aléatoires de l'IEC 60068-2-64. Utiliser une durée d'essai de 8 h pour chaque plan de l'élément soumis à l'essai.
- La valeur efficace de l'accélération doit être de $27,8 \text{ m/s}^2$. La densité spectrale de puissance (DSP), déterminée en fonction de la fréquence, est représentée à la Figure 2 et présentée dans le Tableau 2. La fréquence maximale doit être de 2 000 Hz.



IEC

Figure 2 – DSP de l'accélération en fonction de la fréquence

Tableau 2 – Valeurs de la DSP et de la fréquence

Fréquence Hz	DSP (m/s ²) ² /Hz
10	20
55	6,5
180	0,25
300	0,25
360	0,14
1 000	0,14
2 000	0,14

6.2.1.3 Résultats d'essai

Les points suivants doivent être mesurés et consignés en tant que résultats d'essai:

- la tension et la capacité des éléments avant et après l'essai;
- l'état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description donnée à l'Article 7.

6.2.2 Chocs mécaniques

6.2.2.1 Objet

Cet essai est réalisé pour caractériser les réponses des éléments aux chocs réputés être présents lors de l'utilisation d'un véhicule.

6.2.2.2 Essai

L'essai doit être effectué comme suit.

- Ajuster le SOC de l'élément à 100 % pour une application BEV, et à 80 % pour une application HEV, conformément à 5.3.
- Effectuer l'essai conformément à l'ISO 16750-3, comme indiqué dans le Tableau 3. L'accélération due au choc pendant l'essai doit être appliquée dans la même direction que l'accélération d'un choc susceptible de se produire dans le véhicule. Si la direction de l'effet de ce choc n'est pas connue, l'élément doit être soumis aux essais dans les six directions spatiales.

Tableau 3 – Essai de chocs mécaniques – paramètres

Forme d'impulsion	semi-sinusoïdale
Accélération	500 m/s ²
Durée	6 ms
Nombre de chocs	10 par direction d'essai

6.2.2.3 Résultats d'essai

Les points suivants doivent être mesurés et consignés en tant que résultats d'essai:

- la tension et la capacité des éléments avant et après l'essai;
- l'état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description donnée à l'Article 7.

6.2.3 Compression

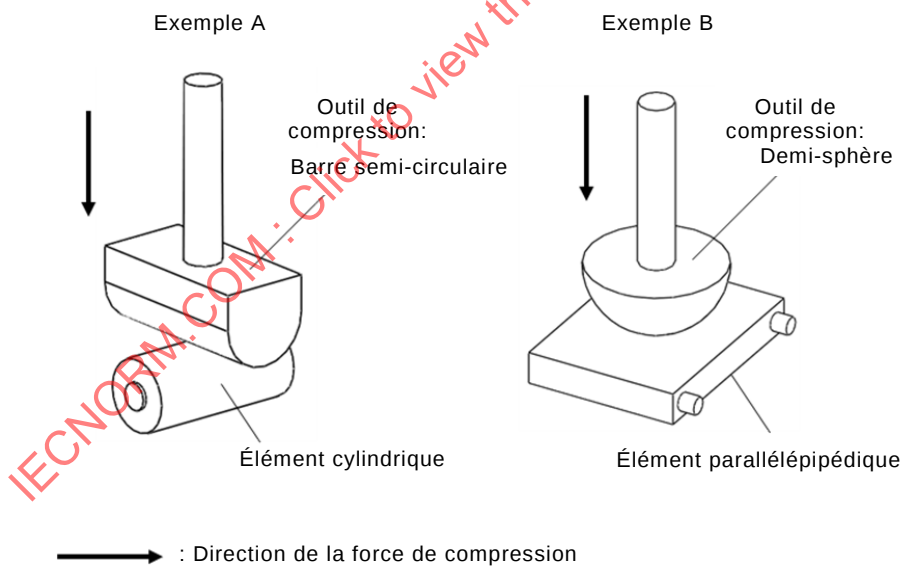
6.2.3.1 Objet

Cet essai est réalisé pour caractériser les réponses des éléments à des contraintes externes qui peuvent provoquer des déformations.

6.2.3.2 Essai

L'essai doit être effectué comme suit.

- Ajuster le SOC de l'élément à 100 % pour une application BEV, et à 80 % pour une application HEV, conformément à 5.3.
- L'élément doit être placé sur une surface plane isolée et doit être comprimé avec un outil de compression constitué d'une barre ronde ou semi-circulaire, ou d'une sphère ou d'une demi-sphère d'un diamètre de 150 mm. Il est recommandé d'utiliser la barre ronde pour comprimer un élément cylindrique, et la sphère pour un élément parallélépipédique (voir Figure 3). La force de compression doit être appliquée dans une direction sensiblement perpendiculaire à un côté plus grand d'une face active des électrodes positives et négatives à l'intérieur de l'élément. L'outil de compression doit être choisi de sorte que l'élément soit déformé sensiblement proportionnellement à l'augmentation de la force de compression.
- La force doit cesser lorsqu'une chute de tension brusque d'un tiers de la tension d'origine de l'élément se produit, ou qu'une déformation de 15 % ou plus par rapport à la dimension initiale de l'élément se produit, ou que la force appliquée est égale à 1 000 fois le poids de l'élément. Les éléments restent en essai pendant 24 h ou jusqu'à ce que la température du conteneur diminue de 20 % par rapport à l'élévation de température maximale, l'événement se produisant le plus tôt étant pris en considération.



IEC

Figure 3 – Exemples d'essai de compression

6.2.3.3 Résultats d'essai

Les points suivants doivent être mesurés et consignés en tant que résultats d'essai:

- forme de l'outil de compression;
- vitesse de compression;
- tension de l'élément pendant l'essai;
- température de l'élément pendant l'essai;