

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 © 2010 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique Internationale en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62660-2

Edition 1.0 2010-12

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

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 29.220.20, 43.120

ISBN 978-2-88912-302-5

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions.....	7
4 Test conditions.....	8
4.1 General.....	8
4.2 Measuring instruments.....	9
4.2.1 Range of measuring devices	9
4.2.2 Voltage measurement.....	9
4.2.3 Current measurement.....	9
4.2.4 Temperature measurements.....	9
4.2.5 Other measurements	10
4.3 Tolerance.....	10
4.4 Test temperature.....	10
5 Electrical measurement.....	10
5.1 General charge conditions	10
5.2 Capacity.....	10
5.3 SOC adjustment.....	11
6 Reliability and abuse tests.....	11
6.1 Mechanical test.....	11
6.1.1 Vibration	11
6.1.2 Mechanical shock.....	12
6.1.3 Crush.....	13
6.2 Thermal test	14
6.2.1 High temperature endurance	14
6.2.2 Temperature cycling	15
6.3 Electrical test.....	18
6.3.1 External short circuit.....	18
6.3.2 Overcharge	19
6.3.3 Forced discharge	19
7 Description of test results.....	20
Annex A (informative) Selective test conditions.....	21
Bibliography.....	22
Figure 1 – Example of temperature measurement of cell.....	9
Figure 2 – PSD of acceleration vs. frequency	12
Figure 3 – Example of crush test.....	14
Figure 4 – BEV current profile for temperature cycling.....	16
Figure 5 – SOC level over all test cycles – BEV application	17
Figure 6 – HEV current profile for temperature cycling.....	18
Table 1 – Discharge conditions	11
Table 2 – Values for PSD and frequency.....	12

Table 3 – Mechanical shock test – parameters	13
Table 4 – Temperatures and time duration for temperature cycling	15
Table 5 – Temperatures and time duration for temperature cycling	16
Table 6 – Test steps and BEV current profile.....	17
Table 7 – Test steps and HEV current profile.....	18
Table A.1 – Capacity test conditions.....	21

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.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
21/727/FDIS	21/731/RVD

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

This publication 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 amendment and the base publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication 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 publication using a colour printer.

INTRODUCTION

The commercialisation 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 rapidly diffusing hybrid electric vehicles and emerging 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 standard is to specify 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 the other IEC standards. For automobile application, it is important to note the usage specificity; i.e. the designing 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 standard 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. For the requirements for cells differ depending on the system designs of battery pack or vehicle, and should be evaluated by the users, this standard does not provide any pass-fail criteria for the tests, but specifies a standard classification of descriptions for test results.

This standard is associated with ISO 12405-1-and ISO 12405-2¹.

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

¹ Under consideration.

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 used for propulsion of electric vehicles including battery electric vehicles (BEV) and hybrid electric vehicles (HEV).

The objective of this standard is to specify 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 standard provides standard classification of description of test results to be used for the design of battery systems or battery packs.

NOTE 1 The reliability and abuse tests for the electrically connected lithium-ion cells may be performed with reference to this standard.

NOTE 2 The test specification for lithium-ion battery packs and systems is defined in ISO 12405-1 and ISO 12405-2 (under consideration).

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60050-482, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 482: Primary and secondary cells and batteries*

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

IEC 61434, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Guide to the designation of current in alkaline secondary cell and battery standards*

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*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-482 and the following apply.

3.1
battery electric vehicle
BEV

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

3.2
hybrid electric vehicle
HEV

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

3.3
rated capacity

quantity of electricity $C_3\text{Ah}$ (ampere-hours) for BEV and $C_1\text{Ah}$ for HEV declared by the manufacturer

3.4
reference test current

I_t
current in amperes which is expressed as

$$I_t \text{ (A)} = C_n \text{ (Ah)} / 1 \text{ (h)}$$

where

C_n is the rated capacity of the cell ;

n is the time base (hours).

3.5
room temperature

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

3.6
secondary lithium ion cell

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

NOTE 1 The secondary cell is a basic manufactured unit providing a source of electrical energy by direct conversion of chemical energy. The cell consists of electrodes, separators, electrolyte, container and terminals, and is designed to be charged electrically.

NOTE 2 In this standard, cell or secondary cells means the secondary lithium ion cell to be used for the propulsion of electric road vehicles.

3.7
state of charge
SOC

available capacity in a battery 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.

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 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 manufacturer shall be followed.

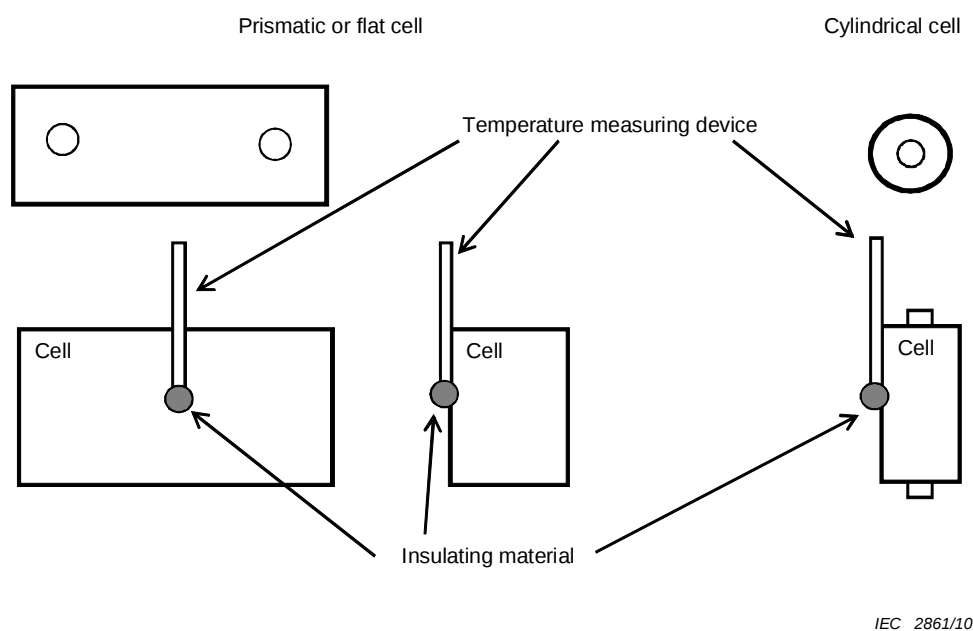


Figure 1 – Example of temperature measurement of cell

4.2.5 Other measurements

Other values including capacity and power 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 these 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 Test temperature

If not otherwise defined, before each test the cell shall be stabilized at the test temperature for a minimum of 12 h. This period can 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.

Unless otherwise stated in this standard, cells shall be tested at room temperature using the method declared by the manufacturer.

5 Electrical measurement

5.1 General charge conditions

Unless otherwise stated in this standard, 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 a end-of-discharge voltage specified by the manufacturer. Then, the cell shall be charged according to the charging method declared by the manufacturer at room temperature.

5.2 Capacity

Capacity of cell shall be measured in accordance with the following steps.

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

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

Step 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 manufacturer. The discharge current and temperatures indicated in Table 1 shall be used.

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

The method of designation of test current I_t is defined in IEC 61434.

Table 1 – Discharge conditions

Temperature °C	Discharge current A	
	BEV application	HEV application
0	$1/3 I_t$	$1 I_t$
25		
45		

Step 3 – Measure the discharge endurance duration until the specified end-of-discharge voltage is reached, and calculate the capacity of cell expressed in Ah up to three significant figures.

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 standard.

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

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

Step 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

For all the tests specified in this clause, the test installation shall be reported including fixing and wiring of the cell.

6.1 Mechanical test

6.1.1 Vibration

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

6.1.1.1 Test

The test shall be performed as follows.

- Adjust the SOC of 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 r.m.s. acceleration value shall be $27,8 \text{ m/s}^2$. The power spectrum density (PSD) vs. frequency is shown in Figure 2 and Table 2. The maximum frequency shall be 2 000 Hz.

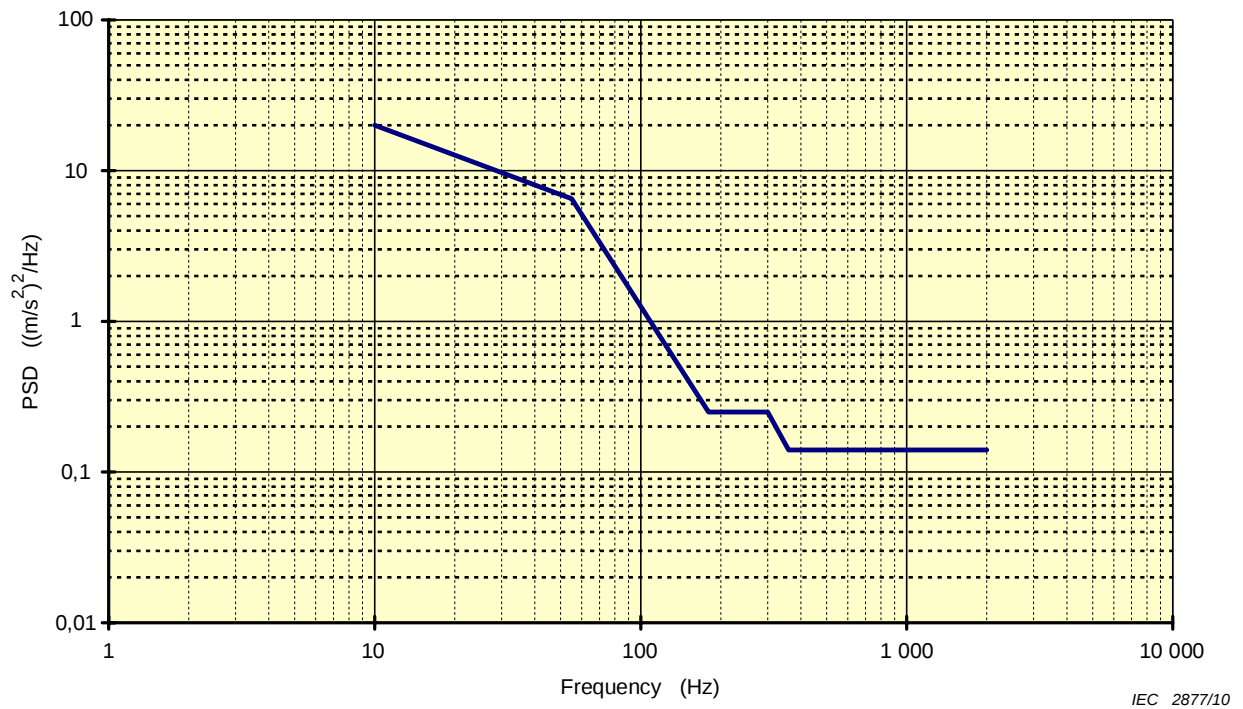


Figure 2 – PSD of acceleration vs. frequency

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

6.1.1.2 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;
- conditions of cell at the end of test in accordance with the description specified in Clause 7.

6.1.2 Mechanical shock

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

6.1.2.1 Test

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of cell to 100 % for BEV application and to 80 % for HEV application in accordance with 5.3.
- b) 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

NOTE If more severe test parameters are requested by any regulation, such test conditions may be applied.

6.1.2.2 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;
- conditions of cell at the end of test in accordance with the description specified in 7.

6.1.3 Crush

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

6.1.3.1 Test

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of cell to 100 % for BEV application and 80 % for HEV application in accordance with 5.3.
- b) The cell shall be placed on an insulated flat surface and be crushed with a crushing tool of 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 direction nearly perpendicular to a layered face of positive and negative electrodes inside cell. The crushing tool shall be selected so that the cell is deformed nearly in proportion to the increase of crushing force.
- c) 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 initial cell dimension occurs, or the force of 1 000 times the weight of cell 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.

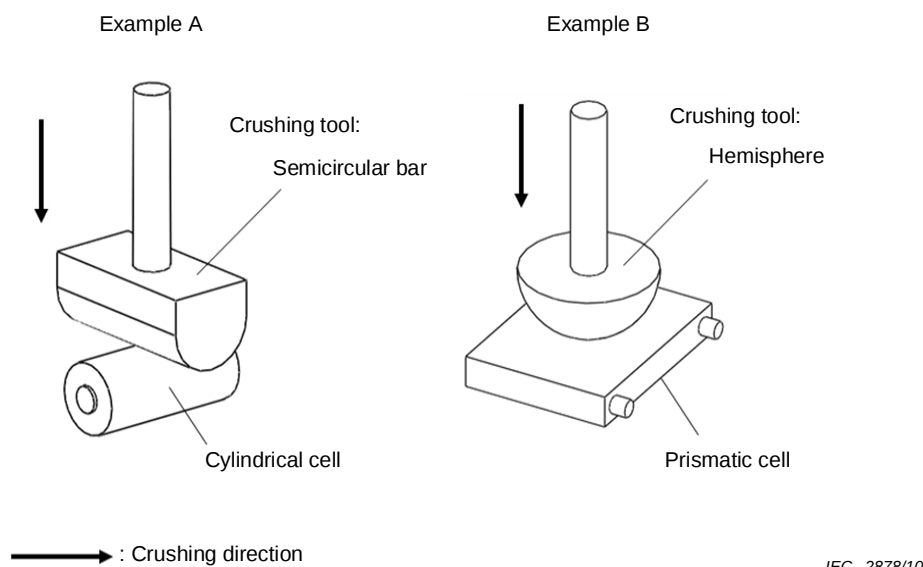


Figure 3 – Example of crush test

6.1.3.2 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;
- conditions of cell at the end of test in accordance with the description specified in Clause 7

6.2 Thermal test

6.2.1 High temperature endurance

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

6.2.1.1 Test

The test shall be performed as follows.

- Adjust the SOC of cell to 100 % for BEV application, and to 80 % for HEV application in accordance with 5.3.
- 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 $130\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. The cell shall remain at this temperature for 30 min before the test is discontinued.

NOTE If necessary, to prevent deformation, the cell may be maintained during the test in a manner that does not violate the test purpose.

6.2.1.2 Test results

The following shall be measured and recorded as test results:

- conditions of cell at the end of 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.

6.2.2 Temperature cycling

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

6.2.2.1 Test

Either of the test procedures specified in 6.2.2.1.1 or 6.2.2.1.2 shall be performed according to the agreement between the customer and the manufacturer.

6.2.2.1.1 Test without electrical operation

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of 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 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $T_{\min}$ specified by the manufacturer and the maximum operating temperature shall be $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $T_{\max}$ specified by the manufacturer. Perform 30 test cycles as specified.

Table 4 – Temperatures and time duration for temperature cycling

Cumulative time min	Temperature $^{\circ}\text{C}$
0	25
60	$T_{\min}$
150	$T_{\min}$
210	25
300	$T_{\max}$
410	$T_{\max}$
480	25

6.2.2.1.2 Test with electrical operation

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of cell to 80 % for BEV application, and to 60 % for HEV application in accordance with 5.3.
- b) Perform the temperature cycling in accordance with ISO 16750-4 as shown in Table 5. The minimum operating temperature shall be $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the maximum operating temperature shall be $65\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- c) Perform the following current profiles during each temperature cycle:
 - BEV current profile in accordance with Figure 4 and Table 6;
 - HEV current profile in accordance with Figure 6 and Table 7.
- d) Perform 30 test cycles as specified.

Table 5 – Temperatures and time duration for temperature cycling

Cumulative time min	Temperature °C
0	25
60	–20
150	–20
210	25
300	65
410	65
480	25

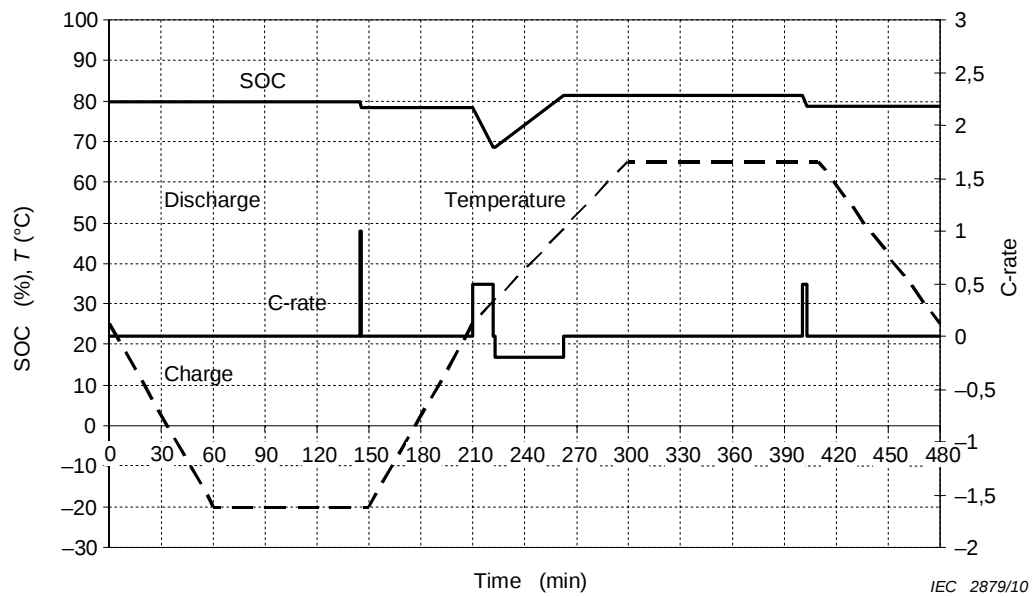


Figure 4 – BEV current profile for temperature cycling

Table 6 – Test steps and BEV current profile

BEV current profile				Background information		
Step	Step time min	Cumulative time min	C-rate	Delta SOC %	SOC %	Example
	0	0	0		80	
1	145	145	0	0	80	
2	1	146	1	-1,67	78,33	1 min driving
3	64	210	0			
4	12	222	0,5	-10	68,33	12 min driving
5	1	223	0			
6	39	262	-0,2	13	81,33	charging
7	138	400	0			
8	3	403	0,5	-2,5	78,83	3 min driving
9	77	480	0		78,83	

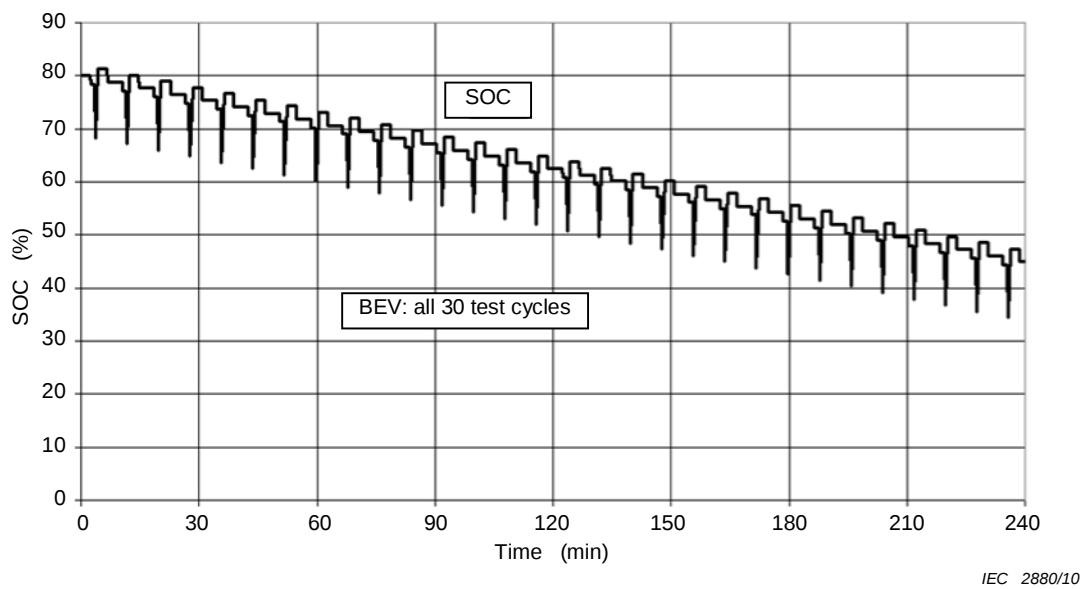


Figure 5 – SOC level over all test cycles – BEV application

Figure 5 shows the SOC level over the cumulative test time for a BEV application.

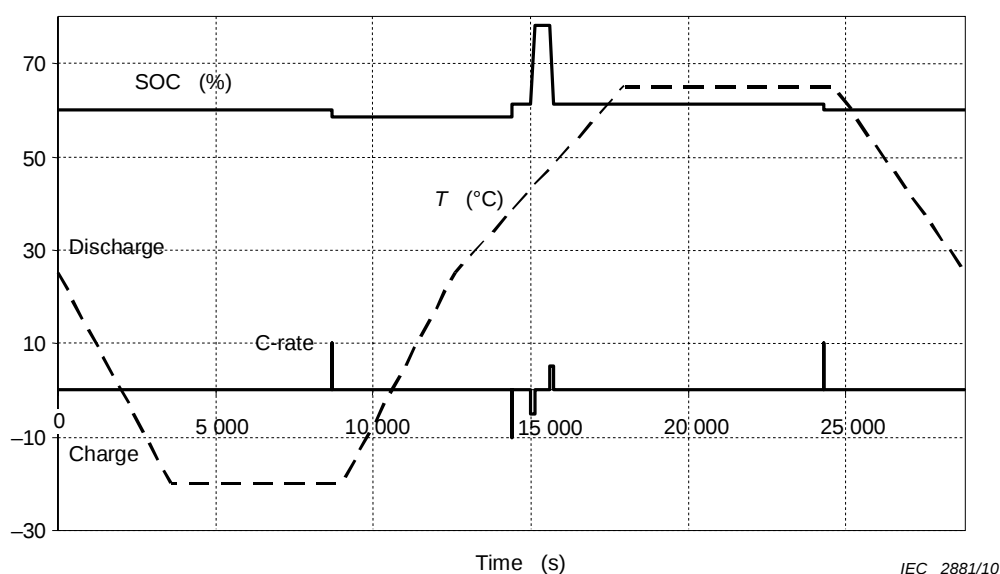


Figure 6 – HEV current profile for temperature cycling

Table 7 – Test steps and HEV current profile

HEV current profile				Background information		
Step	Step time s	Cumulative time s	C-rate	Delta SOC %	SOC %	Example
	0	0	0		60	
1	8 700	8 700	0		60	
2	5	8 705	10	–1,39	58,61	5 s cold start
3	5 695	14 400	0			
4	10	14 410	–10	2,78	61,39	10 s recuperation
5	590	15 000	0			
6	120	15 120	–5	16,7	78,09	2 min charging
7	480	15 600	0			
8	120	15 720	5	–16,7	61,39	2 min driving
9	8 580	24 300	0			
10	5	24 305	10	–1,39	60	5 s hot start
11	4 495	28 800	0		60	

6.2.2.2 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;
- conditions of cell at the end of test in accordance with the description specified in Clause 7;
- cell voltage, current and temperature shall be continuously recorded during each cycle.

6.3 Electrical test

NOTE If necessary, to prevent deformation, the cell may be maintained during the test in a manner that does not violate the test purpose.

6.3.1 External short circuit

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

6.3.1.1 Test

The test shall be performed as follows.

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

6.3.1.2 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
- conditions of cell at the end of test in accordance with the description specified in Clause 7.

6.3.2 Overcharge

This test is performed to characterize cell responses to overcharge.

6.3.2.1 Test

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of cell to 100 % in accordance with 5.3.
- b) Continue charging the cell beyond the 100 % SOC with charging current $1 I_t$ for BEV application and $5 I_t$ for HEV application at room temperature using a power supply sufficient to provide the constant charging current. The overcharge test shall be discontinued when the voltage of cell reaches twice the maximum voltage specified by the manufacturer, or the quantity of electricity applied to the cell reaches 200 % SOC equivalent.

6.3.2.2 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;
- conditions of cell at the end of test in accordance with the description specified in Clause 7.

6.3.3 Forced discharge

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

6.3.3.1 Test

Discharge a fully discharged cell at $1 I_t$ A for 90 min.

6.3.3.2 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;
- conditions of cell at the end of test in accordance with the description specified in Clause 7.

7 Description of test results

The results of tests specified in this standard shall be recorded with the descriptions in Table 8. Each test result may include multiple descriptions. The test results may be described with relevant materials such as photos.

Table 8 – 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.
Leakage	Escape of liquid electrolyte from a part except vent, such as casing, sealing part and/or terminals.
Smoking	Release of fume from vent.
Rupture	Mechanical failure of a cell container case induced by an internal or external cause, resulting in exposure or spillage but not ejection of materials. Including smoking at the rupture
Fire	Emission of flames from a cell.
Explosion	Failure that occurs when a cell container opens violently and major components are forcibly expelled.

Annex A

(informative)

Selective test conditions

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

Table A.1 – Capacity test conditions

		–20 °C	0 °C	25 °C	45 °C
BEV application	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 application	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

If the data deviation is larger than that of 1 I_t and 1/3 I_t , it shall be indicated.

Bibliography

IEC 62660-1, *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 1: Performance testing*²

ISO 12405-1, *Road vehicles – Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion battery packs and systems – Part 1: High power application*³

ISO 12405-2, *Road vehicles – Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion battery packs and systems – Part 2: High energy application that defines tests and related requirements for battery systems*⁴

² To be published.

³ Under consideration.

⁴ Under consideration.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	26
INTRODUCTION	28
1 Domaine d'application.....	29
2 Références normatives.....	29
3 Termes et définitions	30
4 Conditions d'essai	31
4.1 Généralités.....	31
4.2 Instruments de mesure	31
4.2.1 Gamme des dispositifs de mesure.....	31
4.2.2 Mesure de la tension	31
4.2.3 Mesure du courant	31
4.2.4 Mesure de la température	31
4.2.5 Autres mesures.....	32
4.3 Tolérances	32
4.4 Température d'essai.....	32
5 Mesures électriques.....	33
5.1 Conditions de charge générales.....	33
5.2 Capacité	33
5.3 Ajustement de l'état de charge (SOC)	33
6 Essais de fiabilité et de traitement abusif	34
6.1 Essais mécaniques	34
6.1.1 Vibrations.....	34
6.1.2 Chocs mécaniques.....	35
6.1.3 Écrasement	36
6.2 Essais thermiques.....	37
6.2.1 Endurance à haute température.....	37
6.2.2 Cycles de température.....	38
6.3 Essai électrique	41
6.3.1 Court-circuit externe.....	42
6.3.2 Surcharge	42
6.3.3 Décharge forcée	42
7 Descriptions des résultats des essais	43
Annexe A (informative) Conition d'essai à sélectionner.....	44
Bibliographie.....	45
Figure 1 – Exemple de mesure de température d'un élément	32
Figure 2 – DSP de l'accélération en fonction de la fréquence	35
Figure 3 – Exemples d'essai d'écrasement.....	37
Figure 4 – Profil de courant BEV pour les cycles de température.....	39
Figure 5 – Niveau de SOC sur l'ensemble des cycles de l'essai – application BEV	40
Figure 6 – Profil de courant HEV pour les cycles de température.....	41

Tableau 1 – Conditions de décharge	33
Tableau 2 – Valeurs de la DSP et de la fréquence	35
Tableau 3 – Essai de chocs mécaniques – paramètres.....	36
Tableau 4 – Températures et durée du cycle de température	38
Tableau 5 – Températures et durée du cycle de température	39
Tableau 6 – Etapes d'essai et profil de courant BEV	40
Tableau 7 – Etapes d'essai et profil de courant HEV	41
Tableau 8 – Description des résultats des essais.....	43
Table A.1 – Conditions d'essai de capacité	44

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 Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
21/727/FDIS	21/731/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série des CEI 62660, publiées sous le titre général *Eléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules routiers électriques*, est disponible sur le site Internet de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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 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. On estime que les batteries lithium-ion sont les batteries accumulateurs les plus prometteuses 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 performance de base et obtenir des données essentielles pour la conception des systèmes des véhicules et des blocs de batteries.

La présente norme a pour but de spécifier les essais de performance 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 les autres normes CEI. Dans le cas d'une application automobile, il est important de considérer la spécificité d'usage, c'est-à-dire la diversité de conception des blocs et des systèmes de batterie d'accumulateurs 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 de la présente norme est de fournir une méthodologie fondamentale d'essais 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. En effet, les exigences des éléments d'accumulateur et des batteries diffèrent selon la conception des systèmes de blocs de batteries ou des véhicules, et il convient que les utilisateurs les évaluent; la présente norme ne fournit aucun critère d'acceptation ou de refus pour les essais, mais spécifie une classification normalisée des descriptions de résultats d'essai.

La présente norme est associée à l'ISO 12405-1 et à l'ISO 12405-2¹.

La CEI 62660-1 spécifie les essais de performance des éléments lithium-ion pour application aux véhicules électriques.

¹ A l'étude.

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 la CEI 62660 spécifie les procédures d'essai destinées à observer la fiabilité et le comportement sous traitement abusif des 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).

L'objectif de la présente norme est de spécifier 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 d'accumulateur lithium-ion utilisés dans diverses conceptions de systèmes de batteries et de blocs de batteries.

La présente norme donne une classification normalisée de la description des résultats d'essai à utiliser pour la conception des systèmes de batteries et des blocs de batteries.

NOTE 1 Les essais de fiabilité et de traitement abusif des éléments lithium-ion connectés électriquement peuvent être effectués en faisant référence à la présente norme.

NOTE 2 La spécification d'essai pour les blocs et systèmes de batterie est définie dans l'ISO 12405-1 et l'ISO 12405-2 (à l'étude).

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60050-482, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 482: Piles et accumulateurs électriques*

CEI 60068-2-64, *Essais d'environnement – Partie 2-64: Essais – Essai Fh: Vibrations aléatoires à large bande et guide*

CEI 61434, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Guide pour l'expression des courants dans les normes d'accumulateurs alcalins*

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*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-482 et les suivants s'appliquent.

3.1

véhicule électrique à batterie

BEV, en anglais *battery electric vehicle*

véhicule électrique comportant seulement une batterie de traction comme source d'énergie pour la propulsion du véhicule

3.2

véhicule électrique hybride

HEV, en anglais *hybrid electric vehicle*

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

3.3

capacité assignée

quantité d'électricité C_3 Ah (ampère-heures) pour un BEV et C_1 Ah pour un HEV, déclarée par le fabricant

3.4

courant d'essai de référence

I_t

courant en ampères, exprimé comme

$$I_t = C_n \text{ (Ah)} / 1 \text{ (h)}$$

où

C_n est la capacité assignée de l'élément;

n est le temps de base (heures)

3.5

température ambiante

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

3.6

élément accumulateur lithium-ion

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

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

NOTE 2 Dans la présente norme, le terme "élément" signifie "élément d'accumulateur lithium-ion" destiné à être utilisé pour la propulsion des véhicules routiers électriques.

3.7

état de charge

SOC, en anglais *state of charge*

capacité disponible d'une batterie, exprimée en pourcentage de la capacité assignée

4 Conditions d'essai

4.1 Généralités

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

4.2 Instruments de mesure

4.2.1 Gamme des dispositifs de mesure

Les appareils utilisés doivent permettre de mesurer les valeurs de tension et de courant. L'échelle 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 indiquées en 4.2.1. Il convient que la température soit mesurée à l'endroit qui reflétera le mieux la température de l'élément. La température peut être mesurée à d'autres endroits appropriés si nécessaire.

La Figure 1 montre des exemples de mesure de la température. Les instructions de mesure de la température spécifiées par le fabricant doivent être respectées.

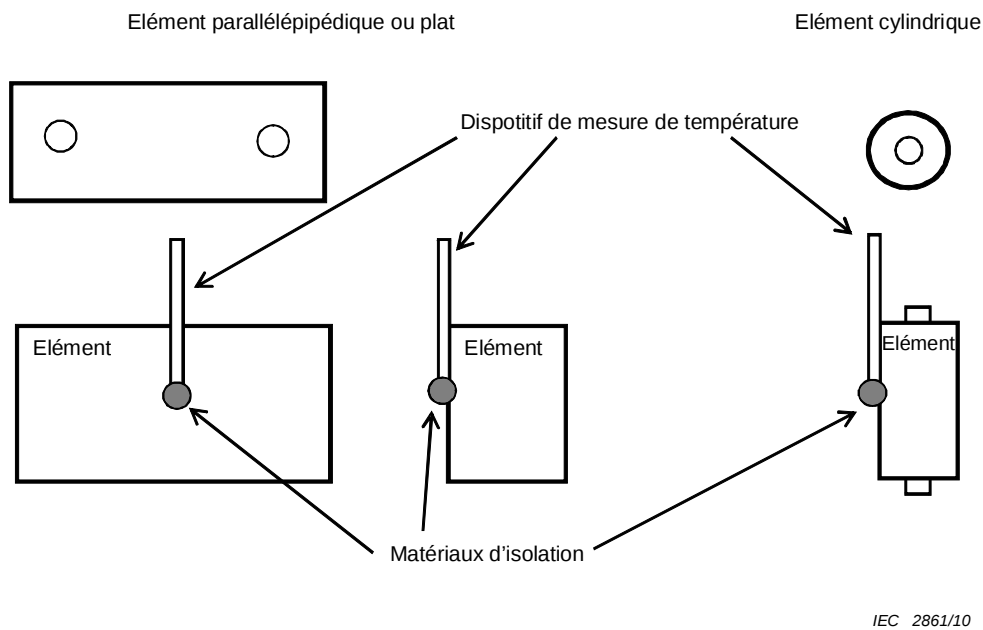


Figure 1 – Exemple de mesure de température d'un élément

4.2.5 Autres mesures

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

4.3 Tolérances

La précision globale des valeurs contrôlées (ou mesurées), relatives aux valeurs spécifiées ou réelles, doit être 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) $\pm 0,1$ % pour les dimensions.

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

4.4 Température d'essai

Si cela n'est pas défini par ailleurs, avant chaque essai, l'élément doit être stabilisé à la température d'essai pendant 12 h au minimum. Cette période peut être réduite si la stabilisation thermique est atteinte. La stabilisation thermique est considérée comme étant atteinte si, sur un intervalle de temps de 1 h, la variation de température de l'élément est inférieure à 1 K.

Sauf indication contraire dans la présente norme, les éléments doivent être soumis aux essais à la température ambiante, en utilisant la méthode indiquée par le fabricant.

5 Mesures électriques

5.1 Conditions de charge générales

Sauf indication contraire dans la présente norme, avant l'essai des 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 par le Tableau 1, jusqu'à une tension finale spécifiée par le fabricant. Puis l'élément doit être chargé conformément à la méthode de charge préconisée par le fabricant, à la température ambiante.

5.2 Capacité

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

Etape 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.

Etape 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. Les courants de décharge et les températures indiqués dans le Tableau 1 doivent être utilisés.

NOTE En plus du Tableau 1, des conditions d'essai spécifiques peuvent être précisées sur la base d'un accord entre le fabricant et le client. Des conditions d'essai sélectives sont montrées au Tableau A.1 de l'Annexe A.

La méthode d'expression du courant d'essai I_t est définie par la CEI 61434.

Tableau 1 – Conditions de décharge

Température °C	Courant de décharge A	
	Application BEV	Application HEV
0	$1/3 I_t$	$1 I_t$
25		
45		

Etape 3 – Mesurer la durée de décharge jusqu'à atteindre la tension finale spécifiée, et calculer la capacité de l'élément, exprimée en Ah, avec trois chiffres significatifs.

5.3 Ajustement de l'état de charge (SOC)

Les éléments soumis à l'essai doivent être chargés comme cela est indiqué ci-dessous. L'ajustement de l'état de charge (SOC) est la procédure à suivre pour préparer les éléments aux divers états de charge (SOC) destinés aux essais de la présente norme.

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

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

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

6 Essais de fiabilité et de traitement abusif

Pour tous les essais spécifiés dans cet article, l'installation de l'essai doit être notifiée, y compris la fixation et le câblage de l'élément.

6.1 Essais mécaniques

6.1.1 Vibrations

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

6.1.1.1 Essai

L'essai doit être effectué comme suit.

- a) Ajuster le SOC de l'élément à 100 % pour une application BEV, et à 80 % pour une application HEV, conformément à 5.3.
- b) Effectuer l'essai en se référant aux vibrations aléatoires de la CEI 60068-2-64. Utiliser une durée d'essai de 8 h pour chaque plan de l'élément soumis à l'essai.
- c) La valeur efficace de l'accélération doit être de 27,8 m/s². La densité spectrale de puissance (DSP), en fonction de la fréquence, est indiquée par la Figure 2 et par le Tableau 2. La fréquence maximale doit être de 2 000 Hz.

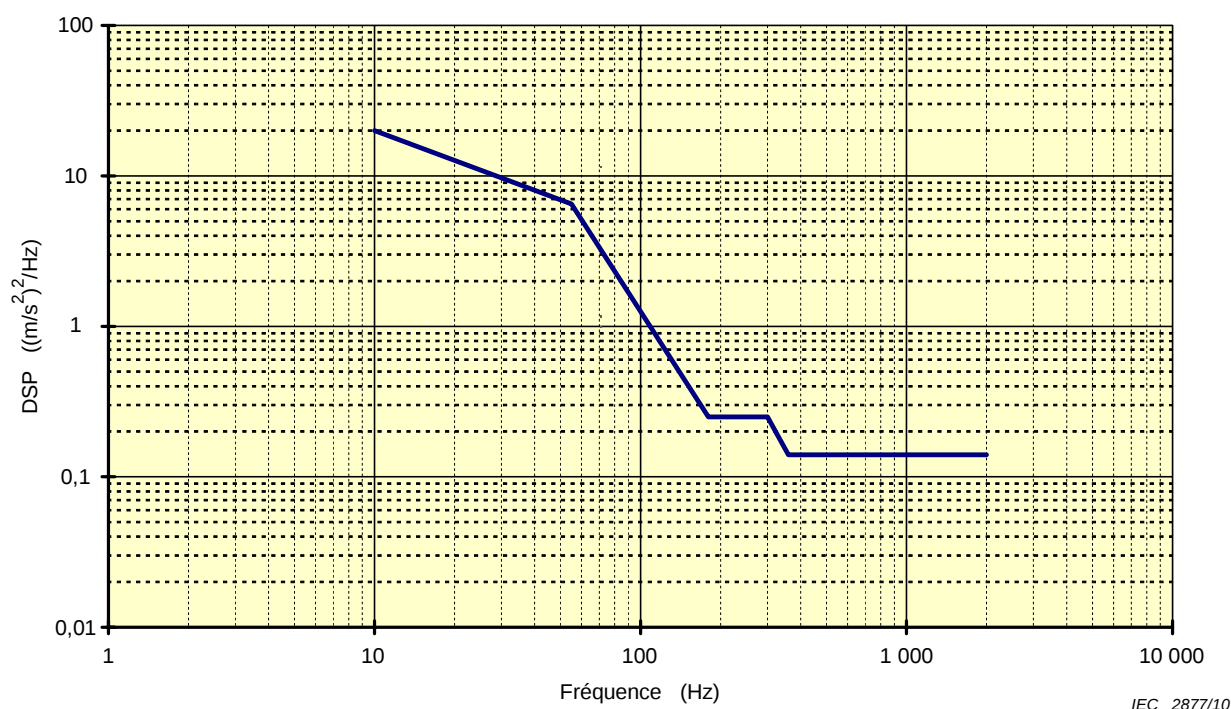


Figure 2 – DSP de l'accélération en fonction de la fréquence

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

6.1.1.2 Résultats d'essai

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

- la tension et la capacité des éléments au début et à la fin de l'essai;
- l'état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description spécifiée à l'Article 7.

6.1.2 Chocs mécaniques

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

6.1.2.1 Essai

L'essai doit être effectué comme suit.

- a) Ajuster le SOC de l'élément à 100 % pour une application BEV, et à 80 % pour une application HEV, conformément à 5.3.
- b) Effectuer l'essai conformément à ISO 16750-3, comme indiqué par le Tableau 3. L'accélération due au choc durant 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 chacune des trois directions spatiales en couvrant les deux sens pour chaque direction.

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

NOTE Si des paramètres d'essai plus sévères sont demandés par une réglementation particulière, de telles conditions d'essai peuvent être appliquées.

6.1.2.2 Résultats d'essai

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

- la tension et la capacité des éléments au début et à la fin de l'essai;
- l'état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description spécifiée à l'Article 7.

6.1.3 Écrasement

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

6.1.3.1 Essai

L'essai doit être effectué comme suit.

- a) Ajuster le SOC de l'élément à 100 % pour une application BEV, et à 80 % pour une application HEV, conformément à 5.3.
- b) L'élément doit être placé sur une surface plane isolée et doit être écrasé 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 écraser un élément cylindrique, et la sphère pour un élément parallélépipédique (voir Figure 3). La force d'écrasement doit être appliquée dans une direction sensiblement perpendiculaire à 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.
- c) 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 est obtenue, ou que la force appliquée est de 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.

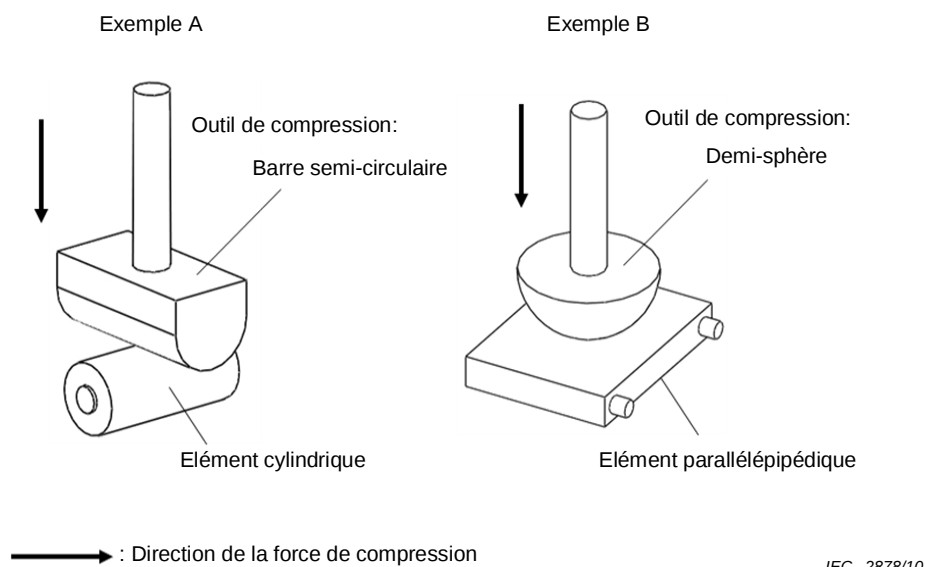


Figure 3 – Exemples d'essai d'écrasement

6.1.3.2 Résultats d'essai

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

- forme de l'outil de compression;
- vitesse d'écrasement;
- tension de l'élément pendant l'essai;
- température de l'élément pendant l'essai;
- état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description spécifiée à l'Article 7.

6.2 Essais thermiques

6.2.1 Endurance à haute température

Cet essai est réalisé pour caractériser les réponses des éléments à un environnement à haute température.

6.2.1.1 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, stabilisé à la température ambiante, doit être placé dans une enceinte à circulation d'air par convection ou par gravité. La température de l'enceinte doit être augmentée à un taux de 5 K/min jusqu'à une température de $130\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. L'élément doit rester à cette température pendant 30 min avant d'arrêter l'essai.

NOTE Si nécessaire, pour éviter une déformation, l'élément peut être maintenu pendant l'essai d'une manière qui ne compromet pas l'objectif de l'essai.

6.2.1.2 Résultats d'essai

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

- l'état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description spécifiée à l'Article 7.

Il est recommandé de mesurer la température et la tension de l'élément, et la température de l'enceinte pendant l'essai.

6.2.2 Cycles de température

Cet essai est réalisé pour caractériser la stabilité thermique de l'élément en l'exposant, alternativement, à un environnement de basses températures et de hautes températures, pour provoquer la dilatation et la contraction des composants de l'élément.

6.2.2.1 Essai

Les procédures d'essai spécifiées en 6.2.2.1.1 ou en 6.2.2.1.2 doivent être effectuées conformément à l'accord passé entre le client et le fabricant.

6.2.2.1.1 Essai sans fonctionnement électrique

L'essai doit être effectué comme suit.

- a) Ajuster le SOC de l'élément à 100 % pour une application BEV, et à 80 % pour une application HEV, conformément à 5.3.
- b) Effectuer le cycle de température conformément à l'ISO 16750-4, comme indiqué par le Tableau 4. La température minimale de fonctionnement doit être -40 °C ou $T_{\min}$ spécifiée par le fabricant et la température maximale de fonctionnement doit être de 85 °C ou de $T_{\max}$ spécifié par le fabricant. Effectuer 30 cycles d'essai comme spécifié.

Tableau 4 – Températures et durée du cycle de température

Temps cumulé min	Température °C
0	25
60	$T_{\min}$
150	$T_{\min}$
210	25
300	$T_{\max}$
410	$T_{\max}$
480	25

6.2.2.1.2 Essai avec fonctionnement électrique

L'essai doit être effectué comme suit.

- a) Ajuster le SOC de l'élément à 80 % pour une application BEV, et à 60 % pour une application HEV, conformément à 5.3.
- b) Effectuer le cycle de température conformément à l'ISO 16750-4, comme indiqué par le Tableau 5. La température minimale de fonctionnement doit être de -20 °C et la température maximale de fonctionnement doit être de 65 °C .
- c) Générer les profils de courant suivants pendant chaque cycle de température:
 - profil de courant BEV conformément à la Figure 4 et au Tableau 6;
 - profil de courant HEV conformément à la Figure 6 et au Tableau 7.
- d) Effectuer 30 cycles d'essai comme spécifié.

Tableau 5 – Températures et durée du cycle de température

Temps cumulé min	Température °C
0	25
60	–20
150	–20
210	25
300	65
410	65
480	25

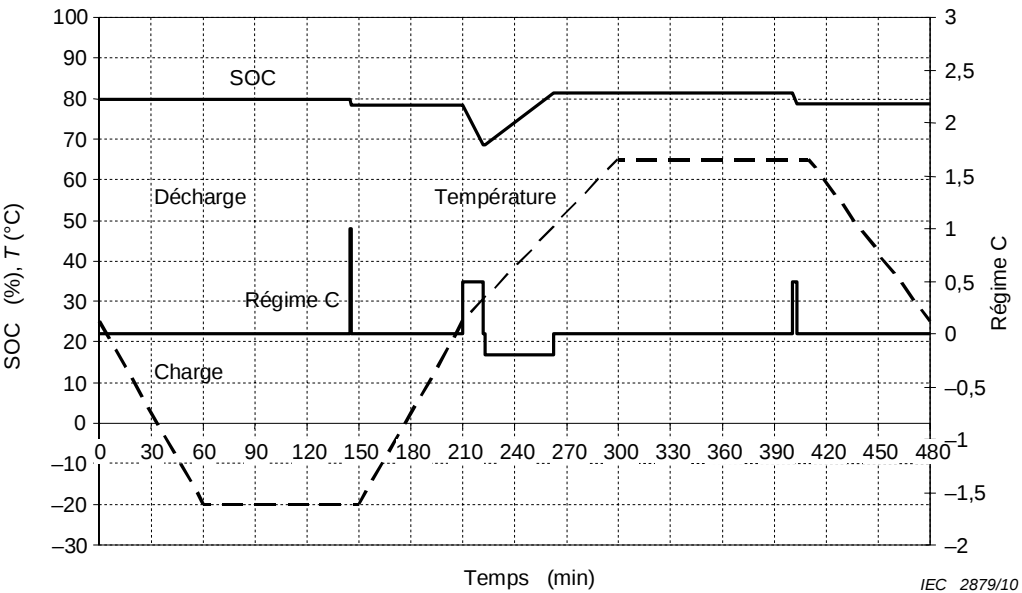


Figure 4 – Profil de courant BEV pour les cycles de température

Tableau 6 – Etapes d'essai et profil de courant BEV

Profil de courant BEV				Informations sur le contexte		
Étape	Durée de l'étape min	Temps cumulé min	Régime C	Écart SOC %	SOC %	Exemple
	0	0	0		80	
1	145	145	0	0	80	
2	1	146	1	–1,67	78,33	Conduite de 1 min
3	64	210	0			
4	12	222	0,5	–10	68,33	Conduite de 12 min
5	1	223	0			
6	39	262	–0,2	13	81,33	En charge
7	138	400	0			
8	3	403	0,5	–2,5	78,83	Conduite de 3 min
9	77	480	0		78,83	

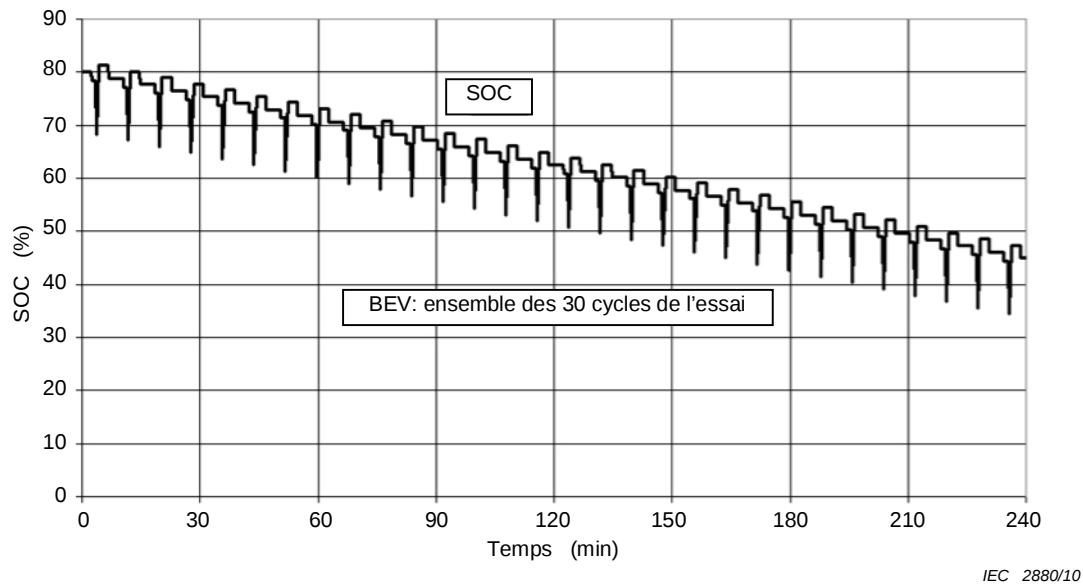


Figure 5 – Niveau de SOC sur l'ensemble des cycles de l'essai – application BEV

La Figure 5 montre le niveau de SOC au cours du temps cumulé de l'essai, pour une application BEV.

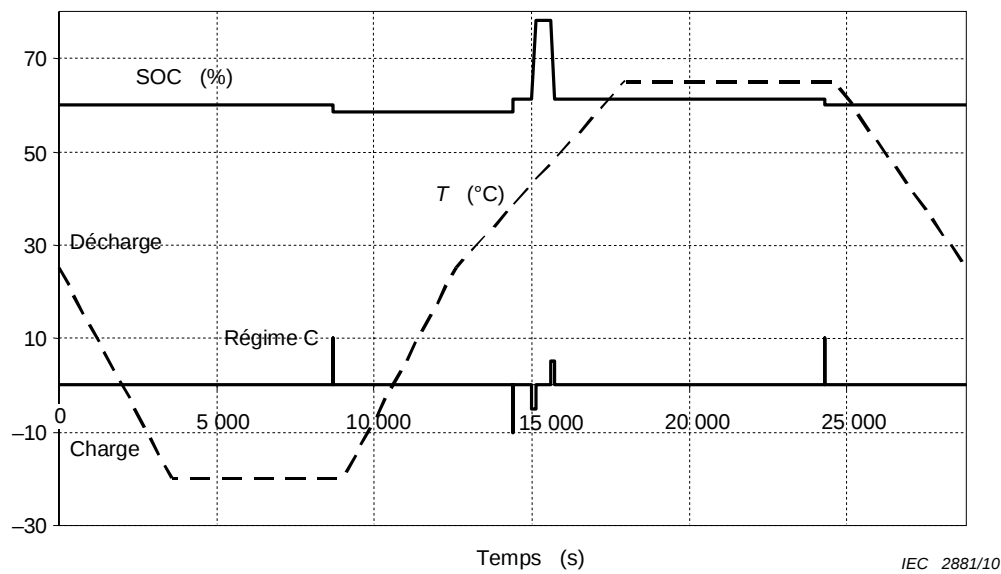


Figure 6 – Profil de courant HEV pour les cycles de température

Tableau 7 – Etapes d'essai et profil de courant HEV

Profil de courant HEV				Informations sur le contexte		
Étape	Durée de l'étape s	Temps cumulé s	Régime C	Écart SOC %	SOC %	Exemple
	0	0	0		60	
1	8 700	8 700	0		60	
2	5	8 705	10	-1,39	58,61	Démarrage à froid de 5 s
3	5 695	14 400	0			
4	10	14 410	-10	2,78	61,39	Récupération de 10 s
5	590	15 000	0			
6	120	15 120	-5	16,7	78,09	En charge pendant 2 min
7	480	15 600	0			
8	120	15 720	5	-16,7	61,39	Conduite de 2 min
9	8 580	24 300	0			
10	5	24 305	10	-1,39	60	Démarrage à chaud de 5 s
11	4 495	28 800	0		60	

6.2.2.2 Résultats d'essai

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

- la tension et la capacité de l'élément au début et à la fin de l'essai;
- l'état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description spécifiée à l'Article 7;
- tension, courant et température de l'élément doivent être continuellement enregistrés durant chaque cycle.

6.3 Essai électrique

NOTE Pour éviter une déformation, l'élément peut si nécessaire être maintenu d'une façon qui ne remette pas en cause l'objectif de l'essai.

6.3.1 Court-circuit externe

Cet essai est réalisé pour caractériser les réponses des éléments à un court-circuit externe.

6.3.1.1 Essai

L'essai doit être effectué comme suit.

- a) Ajuster le SOC de l'élément à 100 %, conformément à 5.3.
- b) L'élément ajusté comme ci-dessus en a) doit être stocké à la température ambiante, et ensuite court-circuité en reliant les bornes positives et négatives à une résistance externe, pendant 10 min. La résistance externe totale doit être inférieure ou égale à 5 mΩ selon l'accord entre le fabricant et le client.

6.3.1.2 Résultats d'essai

Les points suivants doivent être mesurés et consignés en tant que résultats d'essai; l'enregistrement de la tension et du courant doit être effectué avec un taux d'échantillonnage ≤ 10 ms:

- tension de l'élément pendant l'essai;
- courant de l'élément pendant l'essai. Si la précision s'écarte des exigences de 4.3, elle doit être consignée;
- température de l'élément pendant l'essai;
- valeur de la résistance externe totale;
- état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description spécifiée à l'Article 7.

6.3.2 Surcharge

Cet essai est réalisé pour caractériser les réponses des éléments à une surcharge.

6.3.2.1 Essai

L'essai doit être effectué comme suit.

- a) Ajuster le SOC de l'élément à 100 %, conformément à 5.3.
- b) Continuer de charger l'élément au-delà du SOC de 100 % avec un courant de charge de $1 I_t$ pour l'application BEV et de $5 I_t$ pour l'application HEV, à la température ambiante, en utilisant une alimentation suffisante pour fournir le courant de charge constant. L'essai de surcharge doit être interrompu lorsque la tension de l'élément atteint deux fois la tension maximale spécifiée par le fabricant, ou lorsque la quantité d'électricité appliquée à l'élément atteint l'équivalent d'un SOC de 200 %.

6.3.2.2 Résultats d'essai

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

- tension de l'élément pendant l'essai;
- courant de l'élément pendant l'essai;
- température de l'élément pendant l'essai;
- état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description spécifiée à l'Article 7.

6.3.3 Décharge forcée

Cet essai est réalisé pour caractériser les réponses des éléments à une surdécharge.

6.3.3.1 Essai

Décharger un élément complètement déchargé à 1 I_t A pendant 90 min.

6.3.3.2 Résultats d'essai

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

- tension de l'élément pendant l'essai;
- courant de l'élément pendant l'essai;
- température de l'élément pendant l'essai;
- état de l'élément à la fin de l'essai, conformément à la description spécifiée à l'Article 7.

7 Descriptions des résultats des essais

Les résultats des essais spécifiés par la présente norme doivent être consignés, avec les descriptions du Tableau 8. Chaque résultat d'essai peut inclure plusieurs descriptions. Les résultats des essais peuvent être décrits avec des documents appropriés, tels que des photos.

Tableau 8 – Description des résultats des essais

Description	Effet
Pas d'effet	Pas d'effet. Aucun changement d'aspect.
Déformation	Modification d'aspect ou déformation, y compris un gonflement.
Dégazage	Échappement d'électrolyte liquide par un événement ou dégazage avec dégagement de vapeur.
Fuite	Échappement d'électrolyte liquide par une partie de l'élément, sauf par un événement, telle que le boîtier, un joint et/ou les bornes.
Fumée	Dégagement de fumée par l'événement.
Rupture	Défaillance mécanique du boîtier conteneur de l'élément induite par une cause interne ou externe, ayant pour résultat la mise à nu ou l'épanchement, mais pas l'éjection des matériaux. Incluant la fumée à la rupture.
Feu	Émission de flammes par un élément.
Explosion	Défaillance se produisant lorsque le conteneur de l'élément s'ouvre violemment et que les principaux composants sont expulsés avec force.

Annexe A (informative)

Condition d'essai à sélectionner

Cette annexe fournit des conditions supplémentaires et sélectives pour l'essai de capacité spécifié en 5.2. Les conditions d'essai "r" sont spécifiées dans cette norme. En complément, les conditions d'essai "a" du Tableau A.1 peuvent être sélectionnées sur la base d'un accord entre le fabricant et le client.

Table A.1 – Conditions d'essai de capacité

		–20 °C	0 °C	25 °C	45 °C
Application 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
Application 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

Si la déviation des données est en dehors de la plage 1 I_t et 1/3 I_t , cela doit être indiqué.

Bibliographie

CEI 62660-1, *Eléments d'accumulateurs Lithium-Ion pour la propulsion des véhicules routiers électriques – Partie 1: Essais de performance*²

ISO 12405-1, *Véhicules routiers à propulsion électrique – Spécifications d'essai pour des blocs et systèmes de batterie de traction aux lithium-ion – Partie 1: Applications haute puissance*³

ISO 12405-2, *Véhicules routiers à propulsion électrique – Spécifications d'essai pour des blocs et systèmes de batterie de traction aux lithium-ion – Applications haute énergie, et définissant les essais et les exigences relatives aux systèmes de batterie*⁴

² A publier.

³ A l'étude.

⁴ A l'étude.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch