

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles –
Part 3: Safety requirements**

**Éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules routiers
électriques –
Partie 3: Exigences de sécurité**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.220.20; 43.120

ISBN 978-2-8322-3576-8

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	8
4 Test conditions	9
4.1 General.....	9
4.2 Measuring instruments	9
4.2.1 Range of measuring devices	9
4.2.2 Voltage measurement	10
4.2.3 Current measurement.....	10
4.2.4 Temperature measurements.....	10
4.2.5 Other measurements.....	10
4.3 Tolerance.....	10
4.4 Test temperature.....	11
5 Electrical measurement	11
5.1 General charge conditions.....	11
5.2 Capacity	11
5.3 SOC adjustment.....	11
6 Safety tests	12
6.1 General.....	12
6.2 Mechanical tests	12
6.2.1 Vibration	12
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 tests	14
6.4.1 External short circuit	14
6.4.2 Overcharge.....	15
6.4.3 Forced discharge	15
6.4.4 Internal short circuit test.....	15
Annex A (informative) Operating region of cells for safe use	18
A.1 General.....	18
A.2 Charging conditions for safe use.....	18
A.2.1 General	18
A.2.2 Consideration on charging voltage.....	18
A.2.3 Consideration on temperature	19
A.3 Example of operating region	19
Annex B (informative) Explanation for the internal short-circuit test	22
B.1 General concept.....	22
B.2 Internal short circuit caused by particle contamination.....	22
Bibliography	24
Figure 1 – Example of temperature measurement of cell.....	10

Figure 2 – Example of crush test 13

Figure A.1 – An example of operating region for charging of typical lithium-ion cells.....20

Figure A.2 – An example of operating region for discharging of typical lithium-ion cells21

Table B.1 – Examples of the internal short circuit of cell23

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SECONDARY LITHIUM-ION CELLS FOR THE PROPULSION
OF ELECTRIC ROAD VEHICLES –**
Part 3: Safety requirements**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 62660-3 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
21/890/FDIS	21/897/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 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 publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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 document using a colour printer.

INTRODUCTION

The electric road vehicles (EV) including hybrid and plug-in hybrid electric vehicles are beginning to diffuse in the global market with backing from global concerns on CO₂ reduction and energy, recent advances in technology and cost reduction. This has led to a rapidly increasing demand for high-power and high-energy density traction batteries represented by lithium-ion batteries.

For securing a basic level of quality of lithium-ion batteries for automotive applications, relevant international standards, i.e. IEC 62660-1, IEC 62660-2, ISO 12405-1 and ISO 12405-2, have been published. These standards specify the performance, reliability and abuse testing of lithium-ion battery cells, packs and systems for EV applications. Further, in the light of increasing concerns on the safety of lithium-ion batteries and demand for a referenceable international standard, safety requirements for lithium-ion battery packs and systems are defined in ISO 12405-3. Regulations, such as UN ECE R100, are also being revised that include acceptance criteria for rechargeable energy storage systems of EVs.

It is essential to specify the safety criteria at cell level in this standard, in order to secure the basic safety level of cells which differ in performance and design, and are applied to a variety of types of packs and systems. For automobile applications, it is important to note 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 standard is to provide a basic level of safety test methodology and criteria with general versatility, which serves a function in common primary testing of lithium-ion cells to be used in a variety of battery systems. Specific requirements for the safety of cells differ depending on the system designs of battery packs or vehicles, and should be evaluated by the users. Final pass-fail criteria of cells are to be based on the agreement between the cell manufacturers and the customers.

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

Part 3: Safety requirements

1 Scope

This part of IEC 62660 specifies test procedures and the acceptance criteria for safety performance of secondary lithium-ion cells and cell blocks used for the propulsion of electric vehicles (EV) including battery electric vehicles (BEV) and hybrid electric vehicles (HEV).

NOTE 1 Cell blocks can be used as an alternative to cells according to the agreement between the manufacturer and the customer.

NOTE 2 Concerning the cell for plug-in hybrid electric vehicle (PHEV), the manufacturer can select either the test condition of the BEV application or the HEV application.

This International Standard intends to determine the basic safety performance of cells used in a battery pack and system under intended use, and reasonably foreseeable misuse or incident, during the normal operation of the EV. The safety requirements of the cell in this standard are based on the premise that the cells are properly used in a battery pack and system within the limits for voltage, current and temperature as specified by the cell manufacturer (cell operating region).

The evaluation of the safety of cells during transport and storage is not covered by this standard.

NOTE 3 The safety performance requirements for lithium-ion battery packs and systems are defined in ISO 12405-3. The specifications and safety requirements for lithium-ion battery packs and systems of electrically propelled mopeds and motorcycles are defined in ISO 18243 (under development). IEC 62619 (under development) covers the safety requirements for the lithium ion cells and batteries for industrial applications including forklift trucks, golf carts, and automated guided vehicles.

NOTE 4 Information on the cell operating region is provided in Annex A.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. 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 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*

IEC 62619:—¹, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications*

IEC 62660-2:2010, *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 2: Reliability and abuse testing*

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/CDV 62619:2015

3 Terms and definitions

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

3.1

battery electric vehicle

BEV

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

3.2

cell block

a 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

explosion

failure that occurs when a cell container, if any, opens violently and major components are forcibly expelled

3.4

fire

emission of flames from a cell or cell block

3.5

hybrid electric vehicle

HEV

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

3.6

internal short circuit

unintentional electrical connection between the negative and positive electrodes inside a cell

3.7

leakage

visible escape of liquid electrolyte from a part except vent, such as casing, sealing part and/or terminals

3.8

nominal voltage

suitable approximate value of the voltage used to designate or identify a cell

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-31, modified – Deletion of "a battery or an electrochemical system" at the end of the definition.]

3.9

rated capacity

quantity of electricity C_3 Ah (ampere-hours) for BEV and C_1 Ah for HEV declared by the manufacturer

3.10

reference test current

I_t

current in amperes which is expressed as

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

where

C_n is the rated capacity of the cell;

n in C_n is the time base (h).

3.11

room temperature

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

3.12

rupture

mechanical failure of a container case of cell induced by an internal or external cause, resulting in exposure or spillage but not ejection of materials

3.13

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 to entry: 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, a container and terminals, and is designed to be charged electrically.

Note 2 to entry: In this standard, "cell" means the "secondary lithium-ion cell" to be used for the propulsion of electric road vehicles.

3.14

state of charge

SOC

available capacity in a battery expressed as a percentage of rated capacity

3.15

venting

release of excessive internal pressure from a cell in a manner intended by design to preclude rupture or explosion

4 Test conditions

4.1 General

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

The cell can be tested under restraint to avoid swelling if acceptable according to the purpose of test. The restraint should refer to the battery design.

4.2 Measuring instruments

4.2.1 Range of measuring devices

The instruments used shall enable the voltage and current values 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.

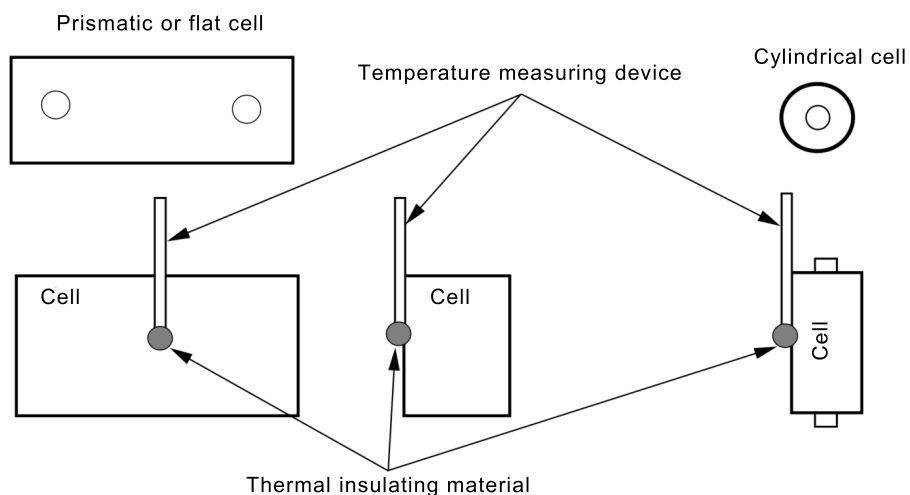
4.2.3 Current measurement

The entire assembly of the ammeter, the shunt and the 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 manufacturer shall be followed.



IEC

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 has to be stabilized at the test temperature for a minimum of 12 h. This period can be reduced if thermal equilibrium is reached. Thermal equilibrium 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.

5 Electrical measurement

5.1 General charge conditions

Unless otherwise stated in this standard, prior to the 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 of $1/3 I_t$ (A) for BEV application and $1 I_t$ (A) for HEV application down to an 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

Before the SOC adjustment in 5.3, the capacity of the test cell shall be confirmed to be the rated value 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 the room temperature at a constant current of $1/3 I_t$ (A) for BEV application and $1 I_t$ (A) for HEV application to the end-of-discharge voltage that is provided by the manufacturer.

The method of designation of test current I_t is defined in IEC 61434. See also 3.9.

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 of $1/3 I_t$ (A) for BEV application and $1 I_t$ (A) for HEV application for $(100 - n)/100 \times 3$ h for BEV application and $(100 - n)/100 \times 1$ h for HEV application, where n is the SOC (%) to be adjusted for each test.

6 Safety tests

6.1 General

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

The tests shall be performed on cells that are not more than six months old. The number of cells under each test can be determined according to the agreement between the manufacturer and the customer. A cell block may be used for testing in place of a single cell according to the agreement between the manufacturer and the customer.

The number and type of test sample (cell or cell block) shall be provided in a test report.

Each test shall end with the one-hour observation period, unless otherwise specified in this standard.

Warning: THE TESTS USE PROCEDURES WHICH MAY RESULT IN HARM IF ADEQUATE PRECAUTIONS ARE NOT TAKEN. TESTS SHOULD ONLY BE PERFORMED BY QUALIFIED AND EXPERIENCED TECHNICIANS USING ADEQUATE PROTECTION. TO PREVENT BURNS, CAUTION SHOULD BE TAKEN FOR THOSE CELLS WHOSE CASINGS MAY EXCEED 75 °C AS A RESULT OF TESTING.

6.2 Mechanical tests

6.2.1 Vibration

6.2.1.1 Purpose

This test is performed to simulate vibration to a cell that may occur during the normal operation of the vehicle, and to verify the safety performance of the cell under such conditions.

6.2.1.2 Test

The test shall be performed in accordance with 6.1.1.1 of IEC 62660-2:2010.

6.2.1.3 Acceptance criteria

During the test, the cell shall exhibit no evidence of leakage, venting, rupture, fire or explosion.

6.2.2 Mechanical shock

6.2.2.1 Purpose

This test is performed to simulate mechanical shocks to a cell that may occur during the normal operation of the vehicle, and to verify the safety performance of the cell under such conditions.

6.2.2.2 Test

The test shall be performed in accordance with 6.1.2.1 of IEC 62660-2:2010.

6.2.2.3 Acceptance criteria

During the test, the cell shall exhibit no evidence of leakage, venting, rupture, fire or explosion.

6.2.3 Crush

6.2.3.1 Purpose

This test is performed to simulate external load forces that may cause deformation of a cell, and to verify the safety performance of the cell under such conditions.

6.2.3.2 Test

The test shall be performed as follows.

- Adjust the SOC of cell to 100 % for BEV application and 80 % for HEV application in accordance with 5.3.
- The cell shall be placed on an insulated rigid flat supporting surface, and shall be applied a force with a crushing tool made of a solid material in the shape of a round or semicircular bar, or in the shape of a 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, including a flat or pouch cell. The force for the crushing shall be applied in a direction nearly perpendicular to the layered face of the positive and negative electrodes inside cell. The force shall be applied to the approximate centre of the cell as shown in Figure 2. The crush speed shall be less than or equal to 6 mm/min.
- 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 a force of 1000 times the weight of the cell is applied, whichever comes first. The cells shall be under observation for 24 h or until the cell temperature declines by 80 % of the maximum temperature rise, whichever is sooner.

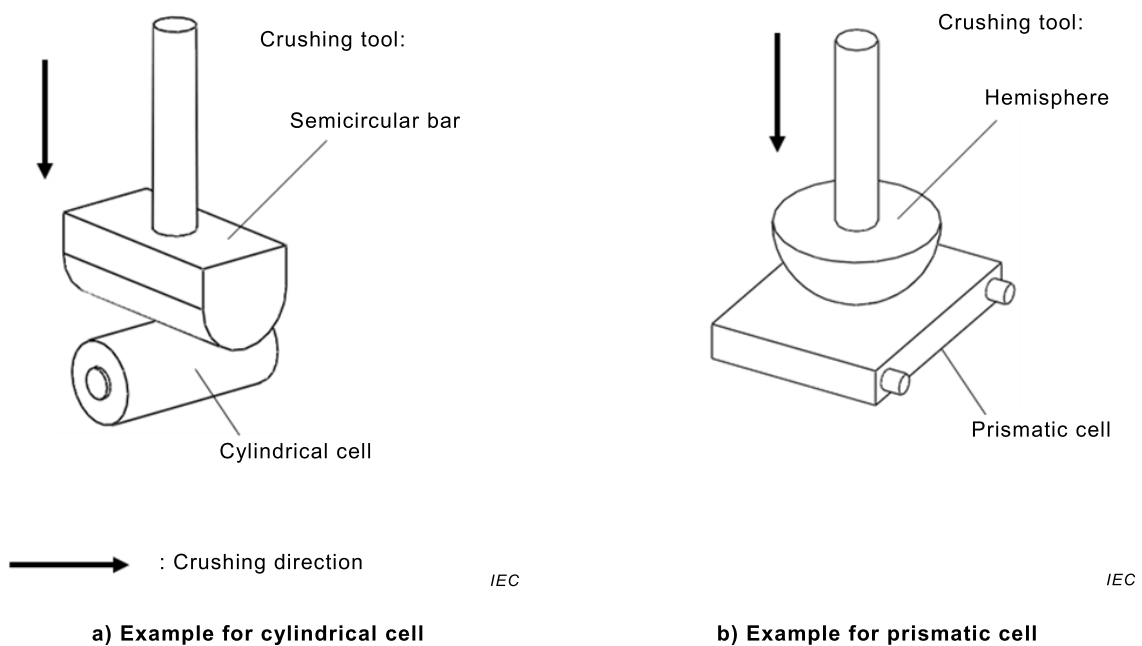


Figure 2 – Example of crush test

6.2.3.3 Acceptance criteria

During the test, the cell shall exhibit no evidence of fire or explosion.

6.3 Thermal test

6.3.1 High temperature endurance

6.3.1.1 Purpose

This test is performed to simulate a high-temperature environment that the cell may experience during the reasonably foreseeable misuse or incident of the vehicle, and to verify the safety performance of the cell under such conditions.

6.3.1.2 Test

The test shall be performed as follows.

- a) Adjust the SOC of the cell to 100 % for BEV applications, and to 80 % for HEV applications 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 $130\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. The cell shall remain at this temperature for 30 min. Then, after the heater is turned off, the cell shall be observed for 1 h in the oven.

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

6.3.1.3 Acceptance criteria

During the test, the cell shall exhibit no evidence of fire or explosion.

6.3.2 Temperature cycling

6.3.2.1 Purpose

This test is performed to simulate the anticipated exposure to low and high environmental temperature variations which can result in expansion and contraction of cell components, and to verify the safety performance of the cell under such conditions.

6.3.2.2 Test

The test shall be performed in accordance with 6.2.2.1.1 of IEC 62660-2:2010.

6.3.2.3 Acceptance criteria

During the test, the cell shall exhibit no evidence of leakage, venting, rupture, fire or explosion.

6.4 Electrical tests

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

6.4.1 External short circuit

6.4.1.1 Purpose

This test is performed to simulate an external short circuit of a cell, and to verify the safety performance of the cell under such conditions.

6.4.1.2 Test

The test shall be performed in accordance with 6.3.1.1 of IEC 62660-2:2010.

6.4.1.3 Acceptance criteria

During the test, the cell shall exhibit no evidence of fire or explosion.

6.4.2 Overcharge

6.4.2.1 Purpose

This test is performed to simulate an overcharge of a cell, and to verify the safety performance of the cell under such conditions.

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 $1 I_t$ 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 the cell reaches 120 % of the maximum voltage specified by the manufacturer, or the quantity of electricity applied to the cell reaches the equivalent of 130 % SOC, whichever comes first.

6.4.2.3 Acceptance criteria

During the test, the cell shall exhibit no evidence of fire or explosion.

6.4.3 Forced discharge

6.4.3.1 Purpose

This test is performed to simulate an over-discharge of a cell, and to verify the safety performance of the cell under such conditions.

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 with a $1 I_t$ discharging current at room temperature. The forced discharge test shall be discontinued when the absolute value of the voltage of the cell reaches 25 % or less of the nominal voltage specified by the manufacturer, or the cell is discharged for 30 min, whichever is sooner.

6.4.3.3 Acceptance criteria

During the test, the cell shall exhibit no evidence of leakage, venting, rupture, fire or explosion.

6.4.4 Internal short circuit test

6.4.4.1 Purpose

This test is performed to simulate an internal short circuit of a cell caused by the contamination of conductive particle, etc., and to verify the safety performance of the cell under such conditions.

NOTE Annex B provides the informative explanation on the internal short circuit test.

6.4.4.2 Test

6.4.4.2.1 Forced internal short circuit test

The test shall be performed on the cell in accordance with 7.3.2 b) of IEC 62619:—², except as follows.

When the nickel particle is placed between the positive active material coated area and the negative active material coated area, the internal short circuit of the single layer shall be confirmed. The prescribed test conditions, such as the pressing force and the shape of jig, may be modified, if necessary, in order to simulate the internal short circuit of the single layer. The case and electrodes of the cell shall not be crushed. The modification shall be recorded.

The nickel particle may be inserted through an incision in the cell case, without extracting the electrode core (winding, stacking or folding type) from the cell case. In such a case, the position of the nickel particle may not be the centre of the cell, as long as the test result is not influenced.

NOTE 1 The internal short circuit of a single layer can be confirmed usually by the voltage drop of a few mV.

NOTE 2 In the event that the aluminium foil of the positive electrode is exposed at the outer turn, and faces the negative active material, the nickel particle is placed at the centre of the cell between the negative active material coated area and the positive aluminium foil which is at the end of the positive active material coated area in the winding direction. The other area where the positive aluminium foil faces the negative active material, if any, can be checked by the design review, FMEA, etc. according to the agreement between the customer and the cell supplier.

6.4.4.2.2 Alternative tests

The other test methods to simulate the internal short circuit of cell caused by the contamination of conductive particles may be selected if the following criteria are satisfied and agreed between the customer and the supplier.

- a) The case deformation shall not affect the short circuit event of cell thermally or electrically. The energy shall not be dispersed by any short circuit other than the interelectrode short circuit.
- b) One layer internal short circuit between the positive electrode and the negative electrode shall be simulated (target).
- c) Approximately the same short circuited area as that of 7.3.2 b) of IEC 62619:—³ shall be simulated.
- d) The short circuited locations in the cell shall be the same as described in 6.4.4.2.1.
- e) The test shall be repeatable (see Table 1 of IEC 62619:—⁴).

The detailed test conditions and parameters of an alternative test shall be adjusted before the test according to the agreement between the customer and the cell manufacturer, so that the above criteria can be satisfied. The test result shall be evaluated by the disassembly of the cell, X-ray observation, etc.

If the test result shows an internal short circuit of more than one layer, or a larger short-circuited area, the test may be deemed as a valid alternative test, provided that the acceptance criteria in 6.4.4.3 are satisfied. The failure in an alternative test does not mean the failure in the test of 6.4.4.2.1, because the test condition of the alternative test may be more severe than the prescribed criteria.

NOTE 1 In case the internal short circuit cannot be simulated, the test is invalid and the test data are recorded.

² Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/CDV 62619:2015

³ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/CDV 62619:2015

⁴ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/CDV 62619:2015

NOTE 2 Examples of candidate alternative tests are recorded in IEC TR 62660-4 (under development).

6.4.4.2.3 Alternative to test on cell

In the particular case that the mitigation of the risk linked to the thermal runaway is obtained at a higher level than the cell level (i.e. cell block and module, battery pack and system), the internal short-circuit tests at cell level may be replaced by an alternative such as propagation test for the safety demonstration of the battery system, if agreed between the customer and the supplier. As one of the alternative methods to the internal short-circuit test, the propagation test for the cell block and module is specified in IEC 62619.

NOTE: The propagation test on the battery pack and system is under consideration for ISO 12405-3.

6.4.4.3 Acceptance criteria

During the test, the cell shall exhibit no evidence of fire or explosion.

Annex A (informative)

Operating region of cells for safe use

A.1 General

This annex explains how to determine the operating region of the cell to ensure the safe use of the cell. The operating region is specified by the charging conditions, such as the upper limit of charging voltage and cell temperature, which ensure the safety of cells.

The cell manufacturers should stipulate the information on the operating region in the specification of cells, for the safety precautions to the customers such as the manufacturers of battery packs and systems. A suitable protection device and function should also be provided in the battery control system to allow for a possible failure of the charge control.

The limits of the operating region are specified for minimum safety, and different from the charging voltage and temperature to optimize the performance of the cell such as cycle life.

A.2 Charging conditions for safe use

A.2.1 General

In order to ensure the safe use of cells, the cell manufacturers should set the upper limit of the voltage and the temperature of cell to be applied during charging. The cell should be charged within a predefined temperature range (standard temperature range) at a voltage not exceeding the upper limit. The cell manufacturer may also set a temperature range higher or lower than the standard temperature range, provided that the safety measures, such as lowered charging voltage, are taken. The operating region means a range of voltages and temperatures where the cell can be used safely. The maximum charging current and the lower limit of the discharging voltage may also be set for the operating region.

A newly developed cell can apply the same operating region as the original cell, if it has the same electrode material, thickness, design, and separator as the original cell, and less than 120 % of the capacity of the original cell. The new cell can be considered as the same product series cell.

A.2.2 Consideration on charging voltage

The charging voltage is applied for cells so as to promote the chemical reaction during charging. However, if the charging voltage is too high, excessive chemical reactions or side reactions occur, and the cell becomes thermally unstable. Consequently, it is most important that the charging voltage never exceeds the value specified by the cell manufacturer (i.e. the upper limit of charging voltage). When a cell is charged at a higher voltage than the upper limit charging voltage, excess amount of lithium-ion is deintercalated from the positive electrode active material, and its crystalline structure tends to collapse. In these conditions, when an internal short-circuit occurs, thermal runaway can more easily occur than it does for cells charged in the predefined operating region. Consequently, the cells should never be charged at a higher voltage than the upper limit charging voltage.

The upper limit charging voltage should be set by the cell manufacturer based on the verification tests, by showing the results, for example, as follows:

- test results which verify the stability of the crystalline structure of the positive material;
- test results which verify the acceptance of lithium-ion into the negative active electrode material when the cell is charged at the upper limit charging voltage;

- test results which verify that the cells charged at the upper limit charging voltage are tested by the safety test in Clause 6 at the upper limit of the standard temperature range, and the acceptance criteria of each test are met.

A.2.3 Consideration on temperature

A.2.3.1 General

Charging produces a chemical reaction and is affected by temperature. The amount of side reactions or the condition of the reaction products during charging is dependent on temperature. Charging in a low or high temperature range is considered to cause more side reactions, and is more severe from a safety viewpoint than in the standard temperature range, where the upper limit charging voltage is safely applicable. Consequently, the charging voltage and/or the charging current should be reduced from the upper limit charging voltage and/or the maximum charging current in both the low temperature range and the high temperature range.

A.2.3.2 High temperature range

When a cell is charged at a higher temperature than the standard temperature range, the safety performance of the cell tends to decrease due to lower stability of the crystalline structure. Also, in the high temperature range, the thermal runaway tends to occur through a relatively small change in temperature.

As a result, the charging of cells in the high temperature range should be controlled as follows:

- when the surface temperature of cell is within the high temperature range specified by the cell manufacturer, specific charging conditions, such as lower charging voltage and current, are applied;
- when the surface temperature of cell is higher than the upper limit of the high temperature range, the cell is never to be charged under any charging current.

A.2.3.3 Low temperature range

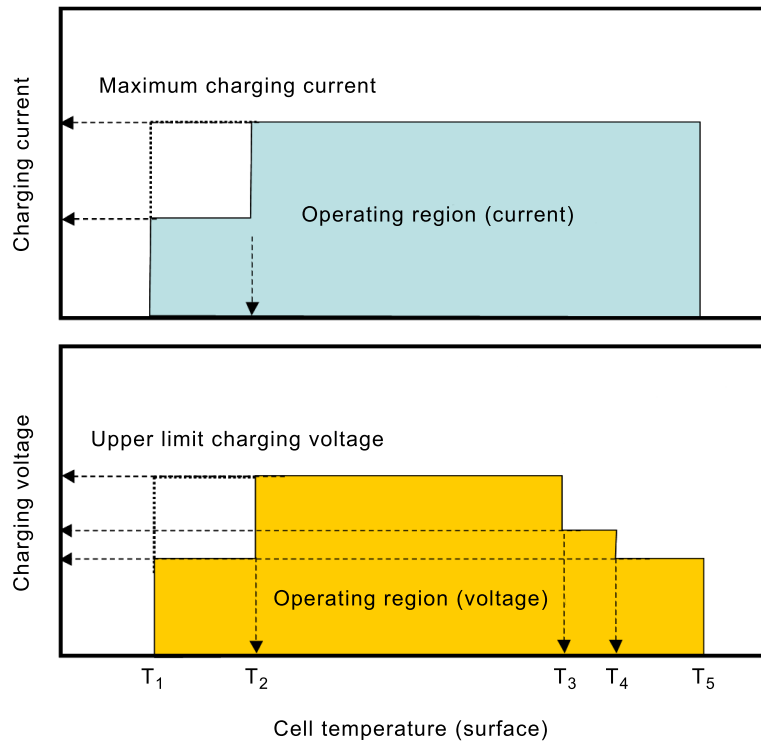
When a cell is charged in the low temperature range, the mass transfer rate decreases and the lithium-ion insertion rate into the negative material becomes low. Consequently, metallic lithium is easily deposited on the carbon surface. In this condition, the cell becomes thermally unstable and liable to become overheated and to cause the thermal runaway. Also, in the low temperature range, the acceptance of lithium-ions is highly dependent on the temperature. In a lithium battery system that consists of multi-cells in a series connection, the lithium-ion acceptability of each cell differs depending on the cell temperature, which reduces the safety of the battery system.

As a result, the charging of cells in the low temperature range should be controlled as follows:

- when the surface temperature of the cell is within the low temperature range specified by the cell manufacturer, specific charging conditions, such as lower charging voltage and current, are applied;
- when the surface temperature of cell is below the lower limit of the lower temperature range, the cell is never to be charged under any charging current.

A.3 Example of operating region

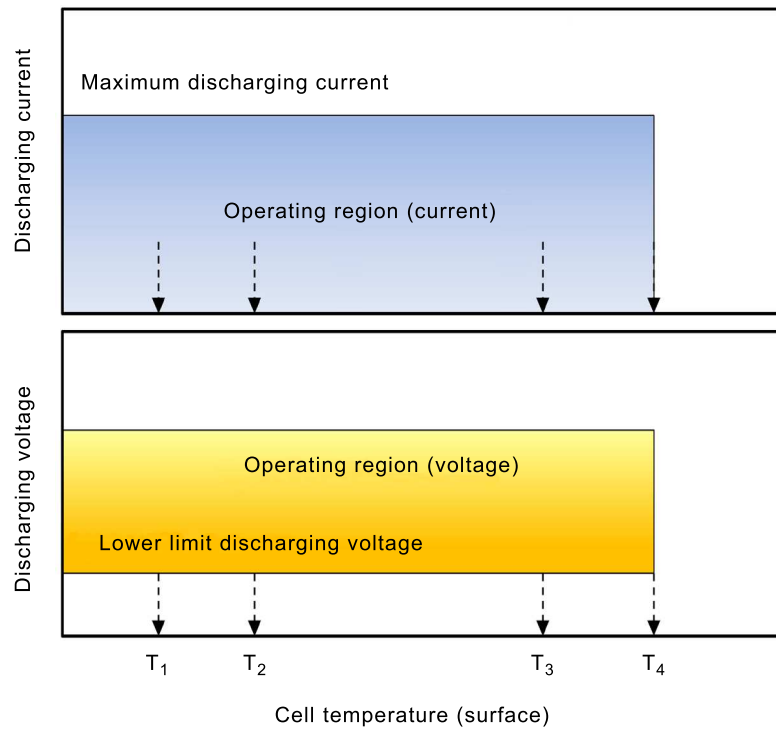
Figure A.1 illustrates a typical example of an operating region for charging. In a temperature range higher or lower than the standard temperature range, it is permissible to charge the cell provided that a lower charging voltage and/or current are used. The operating range can be specified with a step shape which is shown in Figure A.1, or with diagonal lines. Figure A.2 illustrates an example of an operating region for discharging.



$T_1 - T_2$: Low temperature range
 $T_2 - T_3$: Standard temperature range
 $T_3 - T_5$: High temperature range

IEC

Figure A.1 – An example of operating region for charging of typical lithium-ion cells



$T_1 - T_2$: Low temperature range
 $T_2 - T_3$: Standard temperature range
 $T_3 - T_4$: High temperature range

IEC

Figure A.2 – An example of operating region for discharging of typical lithium-ion cells

Annex B (informative)

Explanation for the internal short-circuit test

B.1 General concept

The internal short-circuit tests in this standard verify the cell's behaviour in some specific cases of internal short-circuiting. The internal short-circuit test according to 6.4.4.2.1 demonstrates the ability of the cell to withstand the presence of a particle in the cell without fire or explosion. It represents the demonstration of the risk mitigation linked to that particular case. The alternative internal short-circuit tests in 6.4.4.2.2 demonstrate the ability of the cell to withstand an internal short-circuit of limited extent.

None of the internal short-circuit tests, however, demonstrate that the possibility of thermal runaway in the cell is reduced to zero. Accordingly, the risk linked to the thermal runaway of one cell should be mitigated in the scale-up level leading to the overall system (cell block, module, battery pack or vehicle). It is of utmost importance to note that the comprehensive mitigation of the risk is necessarily shared between the various levels of the structure from the cell to the vehicle in order to ensure the safe use of lithium-ion technology in vehicles.

B.2 Internal short circuit caused by particle contamination

The internal short circuit of the cell is likely to have various causes from the production process through to the use in the vehicle. The different safety tests in this standard are intended to verify the basic safety of the cell against the various short-circuit phenomena (see Table B.1).

The internal short-circuit test in 6.4.4 is specially intended to simulate the contamination of a conductive particle in cells, which potentially occurs during the manufacturing process. The particle contamination is especially critical, because fire incidents of portable lithium-ion batteries on the market are in part attributed to it.

Table B.1 – Examples of the internal short circuit of cell

Mode	Cause	Countermeasure	Test
Excessive environmental condition	Abnormal temperature	Specify the operating condition	6.3.1 High temperature endurance
	Excessive vibration		6.2.1 Vibration
	Excessive shock (drop or impact)		6.2.2 Mechanical shock
	Crush of the cell		6.2.3 Crush
Dendrite	Improper charging conditions (low temperature or high current)	Specify the operating region	- ^a
	Overcharge		6.4.2 Overcharge
	Overdischarge		6.4.3 Forced discharge
	Improper positive/negative material balance		- ^a
Production process	Contamination of conductive particle	Process control	6.4.4 Internal short circuit test
	Burrs or loose metal part		- ^a
	Tear of separator		- ^a
^a The internal short-circuit test in 6.4.4 can also cover the internal short circuit resulting from these causes because of its smaller or similar short-circuit area.			

The test in 6.4.4.2.1 refers to the forced internal short-circuit (FISC) test as specified in IEC 62619. The detailed procedure of the FISC test is also defined in IEC 62133 and IEC TR 62914. The FISC test is conducted with a test cell in which a nickel particle is inserted in order to simulate the worst-case condition of the internal short-circuit. The prescribed size of nickel particle represents the largest contaminant potentially contained in a cell, and generates the maximum heat between the electrodes. The particle contamination causes the single-layer internal short-circuit between the positive electrode and the negative electrode, which can be simulated only by the FISC test at the time of publication. It is verified that the thermal, chemical and electrical conditions of the processed test cell are equivalent to the unprocessed cell, and have no influence on the test result.

NOTE 1 The thermal condition of the processed test cell is equivalent to, or more severe than, the unprocessed cell, because of the low heat conductance of the polyethylene bag to be used for the test cell. The press jig made of acrylic resin or nitrile rubber has a low heat conductance, and does not affect the heat release from the test cell and the rapid heat generation at the short-circuited area.

NOTE 2 The evaporation of electrolyte during the preparation of test cell is almost entirely prevented according to the prescribed test procedure, so that there is no influence on the test result. The processed cell has almost the same performance as unprocessed states in both capacity and resistance.

Bibliography

IEC 62133, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications*

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

IEC TR 62914, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Experimental procedure for the forced internal short-circuit test of IEC 62133:2012*

IEC TR 62660-4, *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Candidate alternative test methods for the internal short circuit test of IEC 62660-3*

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

ISO 12405-2, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems – Part 2: High-energy applications*

ISO 12405-3, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion battery packs and systems – Part 3: Safety performance requirements*

ISO 18243⁵, *Electrically propelled mopeds and motorcycles – Test specification and safety requirements for lithium-ion battery system*

UN ECE Regulation No.100 (UN ECE R100), *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train (02 series of amendment or later)*

⁵ To be published.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	28
INTRODUCTION.....	30
1 Domaine d'application.....	31
2 Références normatives	31
3 Termes et définitions	32
4 Conditions d'essai	33
4.1 Généralités	33
4.2 Instruments de mesure.....	34
4.2.1 Étendue de mesure des dispositifs de mesure	34
4.2.2 Mesurage de la tension	34
4.2.3 Mesurage du courant	34
4.2.4 Mesurages de la température	34
4.2.5 Autres mesurages	35
4.3 Tolérance.....	35
4.4 Température d'essai.....	35
5 Mesurage électrique	35
5.1 Conditions générales de charge	35
5.2 Capacité	35
5.3 Ajustement de l'état de charge	36
6 Essais de sécurité	36
6.1 Généralités	36
6.2 Essais mécaniques	36
6.2.1 Vibrations	36
6.2.2 Choc mécanique	37
6.2.3 Compression.....	37
6.3 Essais thermiques.....	38
6.3.1 Endurance à haute température	38
6.3.2 Cycles de température	39
6.4 Essais électriques	39
6.4.1 Court-circuit externe.....	39
6.4.2 Surcharge.....	39
6.4.3 Décharge forcée	40
6.4.4 Essai de court-circuit interne	40
Annexe A (informative) Plage de fonctionnement des éléments pour une utilisation en toute sécurité.....	42
A.1 Généralités	42
A.2 Conditions de charge pour une utilisation en toute sécurité	42
A.2.1 Généralités	42
A.2.2 Considérations relatives à la tension de charge	42
A.2.3 Considérations relatives à la température	43
A.3 Exemple de plage de fonctionnement	44
Annexe B (informative) Explication pour l'essai de court-circuit interne	46
B.1 Concept général.....	46
B.2 Court-circuit interne provoqué par une contamination par particules	46
Bibliographie	48

Figure 1 – Exemple de mesurage de température d'un élément	34
Figure 2 – Exemple d'essai de compression	38
Figure A.1 – Exemple de plage de fonctionnement pour la charge des éléments au lithium-ion classiques.....	44
Figure A.2 – Exemple de plage de fonctionnement pour la décharge des éléments au lithium-ion classiques.....	45
Tableau B.1 – Exemples de courts-circuits de l'élément.....	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 3: Exigences de sécurité

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A 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 62660-3 a été établie par le comité d'études 21 de l'IEC: Accumulateurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
21/890/FDIS	21/897/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/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 cette publication 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 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

Les véhicules routiers électriques (EV), y compris les véhicules électriques hybrides et hybrides rechargeables, commencent à émerger sur le marché international, répondant aux préoccupations mondiales en matière de réduction de CO₂ et d'énergie, d'avancées technologiques récentes et de réduction des coûts. Cela a rapidement donné lieu à une demande croissante de batteries de traction de forte puissance et de grande densité énergétique représentées par les batteries lithium-ion.

Pour assurer un niveau de qualité de base des batteries lithium-ion pour les applications automobiles, les normes internationales correspondantes, c'est-à-dire l'IEC 62660-1, l'IEC 62660-2, l'ISO 12405-1 et l'ISO 12405-2, ont été publiées. Ces normes spécifient les essais de performance, de fiabilité et de traitement abusif des éléments, des blocs et des systèmes de batteries lithium-ion pour application EV. De plus, à la lumière des préoccupations croissantes en matière de sécurité des batteries lithium-ion et de la demande d'une norme internationale pouvant servir de référence, les exigences de sécurité en matière de bloc et de système de batterie lithium-ion sont définies dans l'ISO 12405-3. Les règlements tels que l'UN ECE R100 sont également en cours de révision, notamment les critères d'acceptation des systèmes de stockage d'énergie rechargeable des EV.

Il est essentiel de spécifier les critères de sécurité au niveau de l'élément dans la présente norme, afin d'assurer le niveau de sécurité de base des éléments dont les performances et la conception diffèrent et qui sont appliqués à différents types de blocs et systèmes. Dans le cas d'une application automobile, il est important de considérer la diversité de conception des blocs et des systèmes de batteries d'accumulateurs pour automobile, ainsi que la diversité des exigences particulières relatives aux éléments et aux batteries correspondant à chacune de ces conceptions. De ce fait, l'objet de la présente norme est de fournir une méthodologie fondamentale et des critères d'essai du niveau de sécurité ayant une polyvalence générale, remplissant une fonction d'essais préliminaires communs pour les éléments lithium-ion destinés à être utilisés dans divers systèmes de batteries. Les exigences particulières de sécurité des éléments diffèrent selon la conception des systèmes de blocs de batteries ou des véhicules et il convient que les utilisateurs les évaluent. Les critères définitifs d'acceptation ou de refus d'un élément doivent être soumis à un accord entre les fabricants d'éléments et les clients.

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

Partie 3: Exigences de sécurité

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62660 spécifie les procédures d'essai et les critères d'acceptation en matière de performance de sécurité des éléments d'accumulateurs lithium-ion et des blocs d'éléments utilisés pour la propulsion des véhicules électriques (EV), y compris les véhicules électriques à batterie (BEV) et les véhicules électriques hybrides (HEV).

NOTE 1 Les blocs d'éléments peuvent être utilisés à la place des éléments en fonction de l'accord entre le fabricant et le client.

NOTE 2 Pour l'élément d'un véhicule électrique hybride rechargeable (PHEV), le fabricant peut choisir la condition d'essai de l'application BEV ou de l'application HEV.

La présente Norme internationale a pour objet de déterminer les performances de sécurité de base des éléments utilisés dans un bloc et système de batteries dans les conditions d'utilisation prévue et les utilisations abusives ou incidents raisonnablement prévisibles, pendant le fonctionnement normal de l'EV. Dans la présente norme, les exigences de sécurité de l'élément s'appuient sur l'hypothèse selon laquelle les éléments sont correctement utilisés dans un bloc et système de batteries dans les limites de tension, de courant et de température spécifiées par le fabricant de l'élément (plage de fonctionnement de l'élément).

L'évaluation de la sécurité des éléments pendant le transport et le stockage n'est pas couverte par la présente norme.

NOTE 3 Les exigences de performance de sécurité des blocs et systèmes de batteries lithium-ion sont définies dans l'ISO 12405-3. Les spécifications et exigences de sécurité des blocs et systèmes de batteries lithium-ion des cyclomoteurs et motocycles à propulsion électrique sont définies dans l'ISO 18243 (en cours d'élaboration). L'IEC 62619 (en cours d'élaboration) traite des exigences de sécurité des éléments et des batteries lithium-ion pour les applications industrielles, comprenant par exemple le chariot élévateur à fourche, la voiturette de golf et le véhicule à guidage automatique.

NOTE 4 Des informations relatives à la plage de fonctionnement des éléments sont données à l'Annexe A.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60050-482, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 482: Piles et accumulateurs électriques*

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

IEC 62619:—¹ *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications* (disponible en anglais seulement)

¹ En préparation. Stade au moment de la publication: IEC/CDV 62619:2015

IEC 62660-2:2010, *Éléments d'accumulateurs lithium-Ion pour la propulsion des véhicules routiers électriques – Partie 2: Essais de fiabilité et de traitement abusif*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente norme, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-482 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

véhicule électrique à batterie

BEV

véhicule électrique comportant seulement une batterie 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 à coefficient de température positif (CTP), par exemple) et pas encore équipé de son boîtier final, de ses bornes et d'un dispositif de contrôle électronique

3.3

explosion

défaillance qui se produit lorsqu'un bac d'élément, le cas échéant, s'ouvre violemment et lorsque les composants principaux sont éjectés de manière violente

3.4

feu

émission de flammes d'un élément ou d'un bloc d'éléments

3.5

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".

3.6

court-circuit interne

connexion électrique accidentelle entre les électrodes négatives et positives à l'intérieur d'un élément

3.7

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

3.8

tension nominale

valeur approchée appropriée d'une tension, utilisée pour désigner ou identifier un élément

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-31, modifiée – Suppression de "une batterie, ou un système électrochimique" à la fin de la définition.]

3.9

capacité assignée

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

3.10

courant d'essai de référence

I_t

courant en ampères, exprimé comme

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

où

C_n est la capacité assignée de l'élément;

n de C_n est le temps de base (h).

3.11

température ambiante

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

3.12

rupture

défaillance mécanique du boîtier conteneur de l'élément, induite par une cause interne ou externe, qui conduit à une exposition des matériaux ou à l'échappement de liquide, mais non à une éjection de matériaux

3.13

élément d'accumulateur lithium-ion élément

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

Note 1 à l'article: L'élément d'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 à l'article: Dans la présente norme, le terme "élément" signifie "élément d'accumulateur lithium-ion" destiné à être utilisé pour la propulsion des véhicules routiers électriques.

3.14

état de charge

SOC

capacité disponible d'une batterie, 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".

3.15

échappement de gaz

libération de pression interne excessive d'un élément d'accumulateur obtenue par conception, de manière à prévenir la rupture ou l'explosion

4 Conditions d'essai

4.1 Généralités

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

L'élément peut être soumis à l'essai sous contrainte pour éviter les gonflements, si cela est admis conformément à l'objectif de l'essai. Il convient que la contrainte corresponde à la conception de la batterie.

4.2 Instruments de mesure

4.2.1 Étendue de mesure des dispositifs de mesure

Les instruments utilisés doivent permettre de mesurer les valeurs de tension et de courant. L'étendue de mesure de ces instruments et les méthodes de mesure doivent être choisies de façon à garantir l'exactitude 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 exactitude équivalente.

4.2.2 Mesurage de la tension

La résistance des voltmètres utilisés doit être d'au moins $1 \text{ M } \Omega/\text{V}$.

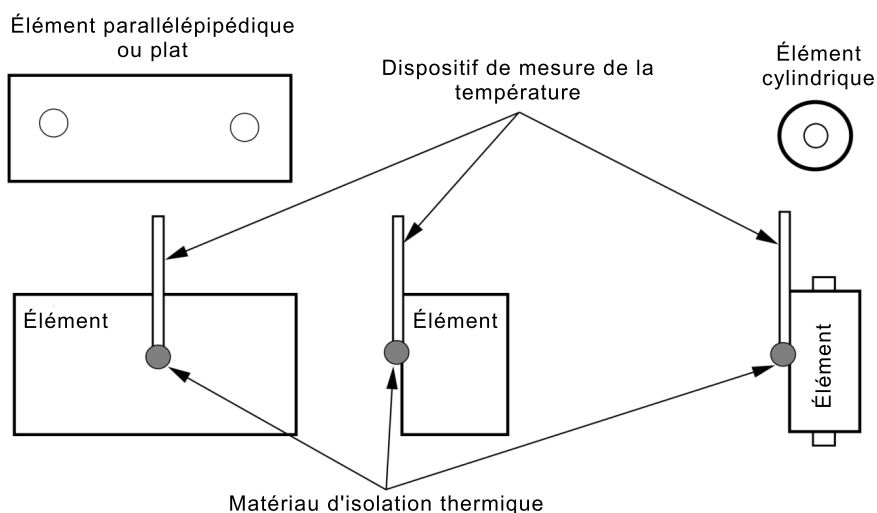
4.2.3 Mesurage du courant

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

4.2.4 Mesurages 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 exactitude d'étalonnage équivalentes à celles indiquées en 4.2.1. Il convient de mesurer la température à l'emplacement qui reflète le mieux la température de l'élément ou du bloc d'éléments. La température peut être mesurée, si nécessaire, à d'autres emplacements appropriés.

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



IEC

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

4.2.5 Autres mesurages

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

4.3 Tolérance

L'exactitude 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 la durée;
- e) $\pm 0,1$ % pour la masse;
- f) $\pm 0,1$ % pour les dimensions.

Ces tolérances comprennent l'exactitude 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

Sauf indication contraire, avant chaque essai, l'élément doit être stabilisé à la température d'essai pendant au moins 12 h. Cette période peut être réduite si l'équilibre thermique est atteint. L'équilibre thermique est considéré comme étant atteint si, après 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 à l'essai à la température ambiante.

5 Mesurage électrique

5.1 Conditions générales de charge

Sauf indication contraire dans la présente norme, avant l'essai de mesure électrique, 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 de $1/3 I_t$ (A) pour une application BEV et de $1 I_t$ (A) pour une application HEV jusqu'à une tension finale spécifiée par le fabricant. L'élément doit ensuite être chargé conformément à la méthode de charge déclarée par le fabricant et à la température ambiante.

5.2 Capacité

Avant d'ajuster le SOC (5.3), la capacité de l'élément d'essai doit être confirmée comme étant à la valeur assignée 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 ambiante à un courant constant de $1/3 I_t$ (A) pour une application BEV et de $1 I_t$ (A) pour une application HEV jusqu'à la tension finale indiquée par le fabricant.

La méthode de désignation du courant d'essai I_t est définie dans l'IEC 61434. Voir également 3.9.

Étape 3 – Mesurer la durée de décharge tant que la tension finale spécifiée n'est pas atteinte, puis calculer la capacité de l'élément en Ah jusqu'à trois chiffres significatifs.

5.3 Ajustement de l'état de charge

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 divers états de charge (SOC) destinés aux essais de la présente norme.

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 de $1/3 I_t$ (A) pour une application BEV et de $1 I_t$ (A) pour une application HEV pendant $(100 - n)/100 \times 3$ h pour une application BEV et $(100 - n)/100 \times 1$ h pour une application HEV, où n est le SOC (%) à ajuster pour chaque essai.

6 Essais de sécurité

6.1 Généralités

Pour tous les essais spécifiés dans le présent article, l'installation d'essai doit être consignée dans le rapport, y compris la méthode de fixation et de câblage de l'élément.

Les essais doivent être réalisés sur des éléments fabriqués depuis moins de six mois. Le nombre d'éléments soumis à chaque essai peut être déterminé dans le cadre d'un accord entre le fabricant et le client. Le bloc d'éléments peut être utilisé pour l'essai à la place d'un seul élément conformément à l'accord entre le fabricant et le client.

Le nombre et le type d'échantillons d'essai (élément ou bloc d'éléments) doivent être indiqués dans un rapport d'essai.

Chaque essai doit se terminer par une période d'observation d'une heure, sauf spécification contraire dans la présente norme.

Avertissement: LES PROCÉDURES D'ESSAI UTILISÉES PEUVENT CONDUIRE À DES DOMMAGES SI DES MESURES APPROPRIÉES NE SONT PAS PRISES. IL CONVIENT QUE SEULS LES TECHNICIENS QUALIFIÉS ET EXPÉRIMENTÉS EFFECTUENT LES ESSAIS EN UTILISANT DES DISPOSITIFS DE PROTECTION ADÉQUATS. POUR ÉVITER DES BRÛLURES, IL CONVIENT DE FAIRE PREUVE DE PRUDENCE ENVERS LES ÉLÉMENTS DONT LES BOÎTIERS PEUVENT DÉPASSER 75 °C PAR SUITE DES ESSAIS.

6.2 Essais mécaniques

6.2.1 Vibrations

6.2.1.1 Objectif

Cet essai est réalisé pour simuler les vibrations transmises à un élément qui peuvent se produire pendant le fonctionnement normal du véhicule et pour vérifier les performances de sécurité de l'élément dans ces conditions.

6.2.1.2 Essai

L'essai doit être réalisé selon 6.1.1.1 de l'IEC 62660-2:2010.

6.2.1.3 Critères d'acceptation

Pendant l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de fuite, d'échappement de gaz, de rupture, de feu ou d'explosion.

6.2.2 Choc mécanique

6.2.2.1 Objectif

Cet essai est réalisé pour simuler les chocs mécaniques subis par un élément qui peuvent se produire pendant le fonctionnement normal du véhicule et pour vérifier les performances de sécurité de l'élément dans ces conditions.

6.2.2.2 Essai

L'essai doit être réalisé selon 6.1.2.1 de l'IEC 62660-2:2010.

6.2.2.3 Critères d'acceptation

Pendant l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de fuite, d'échappement de gaz, de rupture, de feu ou d'explosion.

6.2.3 Compression

6.2.3.1 Objectif

Cet essai est réalisé pour simuler les contraintes extérieures qui peuvent déformer un élément et pour vérifier les performances de sécurité de l'élément dans ces conditions.

6.2.3.2 Essai

L'essai doit être réalisé 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 un support isolé plat et rigide et une force doit lui être appliquée avec un outil de compression composé d'une barre en matériau solide de forme ronde ou semi-circulaire ou d'une sphère ou demi-sphère de 150 mm de diamètre. Il est recommandé d'utiliser la barre ronde pour comprimer un élément cylindrique et la sphère pour un élément parallélépipédique, y compris un élément plat ou en étui. La force de compression doit être appliquée dans une direction sensiblement perpendiculaire à la face active des électrodes positives et négatives à l'intérieur de l'élément. La force doit être appliquée à proximité du centre de l'élément (voir la Figure 2). La vitesse de compression doit être inférieure ou égale à 6 mm/min.
- c) La force doit être relâchée lorsqu'une chute de tension brusque d'un tiers de la tension d'origine de l'élément se produit, qu'une déformation d'au moins 15 % par rapport à la dimension initiale de l'élément est obtenue ou qu'une force de 1000 fois le poids de l'élément est appliquée, selon l'événement survenant en premier. Les éléments doivent être en observation pendant 24 h ou jusqu'à ce que la température de l'élément diminue de 80 % de l'échauffement maximal, selon l'événement survenant le plus tôt.

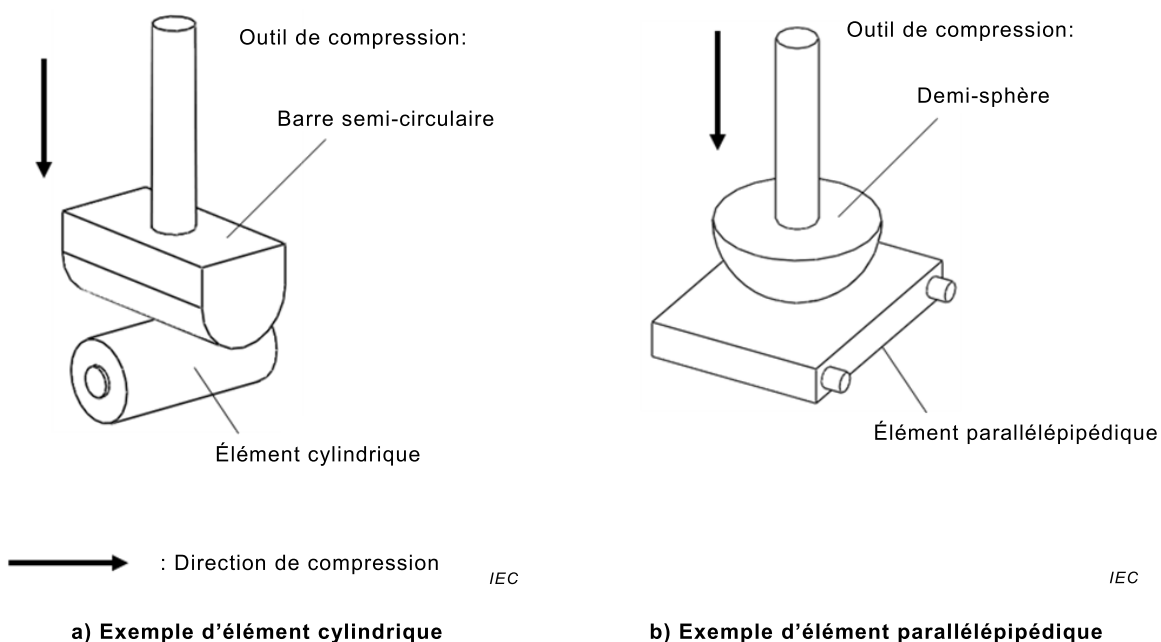


Figure 2 – Exemple d'essai de compression

6.2.3.3 Critères d'acceptation

Pendant l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de feu ou d'explosion.

6.3 Essais thermiques

6.3.1 Endurance à haute température

6.3.1.1 Objectif

Cet essai est réalisé pour simuler un environnement à température élevée auquel l'élément peut être confronté en cas d'utilisations abusives ou d'incidents raisonnablement prévisibles du véhicule et pour vérifier les performances de sécurité de l'élément dans ces conditions.

6.3.1.2 Essai

L'essai doit être réalisé comme suit.

- a) Ajuster le SOC de l'élément à 100 % pour les applications BEV et à 80 % pour les applications HEV, conformément à 5.3.
- b) L'élément, stabilisé à la température ambiante, doit être placé dans un four à convection à gravité ou à circulation d'air. La température du four 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. Puis, une fois le chauffage coupé, l'élément doit être observé pendant 1 h dans le four.

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.

6.3.1.3 Critères d'acceptation

Pendant l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de feu ou d'explosion.

6.3.2 Cycles de température

6.3.2.1 Objectif

Cet essai est réalisé pour simuler l'exposition anticipée à des variations de températures ambiantes faibles et élevées, qui peuvent se traduire par une dilatation et une contraction des composants de l'élément, et pour vérifier les performances de sécurité de l'élément dans ces conditions.

6.3.2.2 Essai

L'essai doit être réalisé selon 6.2.2.1.1 de l'IEC 62660-2:2010.

6.3.2.3 Critères d'acceptation

Pendant l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de fuite, d'échappement de gaz, de rupture, de feu ou d'explosion.

6.4 Essais électriques

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.

6.4.1 Court-circuit externe

6.4.1.1 Objectif

Cet essai est réalisé pour simuler un court-circuit externe d'un élément et pour vérifier les performances de sécurité de l'élément dans ces conditions.

6.4.1.2 Essai

L'essai doit être réalisé selon 6.3.1.1 de l'IEC 62660-2:2010.

6.4.1.3 Critères d'acceptation

Pendant l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de feu ou d'explosion.

6.4.2 Surcharge

6.4.2.1 Objectif

Cet essai est réalisé pour simuler une surcharge d'un élément et pour vérifier les performances de sécurité de l'élément dans ces conditions.

6.4.2.2 Essai

L'essai doit être réalisé 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 120 % de la tension maximale spécifiée par le fabricant ou que la quantité d'électricité appliquée à l'élément atteint l'équivalent d'un SOC de 130 %, selon l'événement survenant en premier.

6.4.2.3 Critères d'acceptation

Pendant l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de feu ou d'explosion.

6.4.3 Décharge forcée

6.4.3.1 Objectif

Cet essai est réalisé pour simuler une décharge excessive d'un élément et pour vérifier les performances de sécurité de l'élément dans ces conditions.

6.4.3.2 Essai

L'essai doit être réalisé comme suit.

- a) Ajuster le SOC de l'élément à 0 %, conformément à 5.3.
- b) Continuer de décharger l'élément au-delà du SOC de 0 % avec un courant de décharge de $1 I_t$ à température ambiante. L'essai de décharge forcée doit être interrompu lorsque la valeur absolue de la tension de l'élément atteint 25 % au maximum de la tension nominale spécifiée par le fabricant ou si l'élément est déchargé pendant 30 min, selon l'événement survenant le plus tôt.

6.4.3.3 Critères d'acceptation

Pendant l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de fuite, d'échappement de gaz, de rupture, de feu ou d'explosion.

6.4.4 Essai de court-circuit interne

6.4.4.1 Objectif

Cet essai est réalisé pour simuler un court-circuit interne d'un élément par suite d'une contamination par des particules conductrices, etc., et pour vérifier les performances de sécurité de l'élément dans ces conditions.

NOTE L'Annexe B donne une explication informative sur l'essai de court-circuit interne.

6.4.4.2 Essai

6.4.4.2.1 Essai de court-circuit interne forcé

L'essai doit être réalisé sur l'élément selon 7.3.2 b) de l'IEC 62619:—2, sauf ce qui suit.

Si la particule de nickel est placée entre la zone enduite de matière active positive et la zone enduite de matière négative, le court-circuit interne de la simple couche doit être confirmé. Les conditions d'essai spécifiées, telles que la force de pressage et la forme du gabarit, peuvent être modifiées, le cas échéant, afin de simuler le court-circuit interne de la simple couche. Le boîtier et les électrodes de l'élément ne doivent pas être écrasés. La modification doit être consignée.

La particule de nickel peut être insérée par une incision pratiquée dans le boîtier de l'élément, sans extraire le noyau de l'électrode (type d'enroulement, d'empilement ou de pliage) du boîtier. Dans ce cas, la particule de nickel peut ne pas se trouver au centre de l'élément, dès lors que le résultat d'essai n'est pas influencé.

NOTE 1 En général, le court-circuit interne de la simple couche peut être confirmé par la chute de tension de quelques mV.

NOTE 2 Si la feuille d'aluminium de l'électrode positive est exposée sur la spire extérieure et qu'elle est tournée vers la matière active négative, la particule de nickel est placée au centre de l'élément entre la zone enduite de matière active négative et la feuille d'aluminium positive qui est au bout de la zone enduite de matière active positive dans le sens de l'enroulement. L'autre zone dans laquelle la feuille d'aluminium positive est tournée vers

² En préparation. Stade au moment de la publication: IEC/CDV 62619:2015

la matière active négative peut être, le cas échéant, vérifiée dans le cadre d'une revue de conception, d'une analyse AMDE, etc. conformément à l'accord entre le client et le fournisseur de l'élément.

6.4.4.2.2 Essais alternatifs

Les autres méthodes d'essai visant à simuler le court-circuit interne d'un élément par suite de la contamination par des particules conductrices peuvent être sélectionnées si les critères suivants sont satisfaits et ont fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

- a) La déformation du boîtier ne doit pas avoir d'incidence sur l'événement de court-circuit de l'élément, tant d'un point de vue thermique qu'électrique. Aucun court-circuit autre que le court-circuit entre électrodes ne doit disperser l'énergie électrique.
- b) Le court-circuit interne d'une couche entre l'électrode positive et l'électrode négative doit être simulé (cible).
- c) La zone court-circuitée correspondant à peu près à celle de 7.3.2 b) de l'IEC 62619:—³ doit être simulée.
- d) Les emplacements court-circuités dans l'élément doivent être les mêmes que ceux décrits en 6.4.4.2.1.
- e) L'essai doit être répétable (voir le Tableau 1 de l'IEC 62619:—⁴).

Les conditions d'essai détaillées et les paramètres d'un autre essai doivent être ajustés avant l'essai, conformément à l'accord entre le client et le fabricant de l'élément, de manière à pouvoir satisfaire aux critères ci-dessus. Le résultat d'essai doit être évalué par le démontage de l'élément, une observation aux rayons X, etc.

Si le résultat d'essai révèle la présence de plusieurs courts-circuits internes de couche ou d'une zone court-circuitée plus étendue, l'essai peut être considéré comme étant un essai alternatif valide, à condition que les critères d'acceptation de 6.4.4.3 soient satisfaits. L'échec à un essai alternatif ne signifie pas l'échec à l'essai de 6.4.4.2.1, les conditions d'essai de l'essai alternatif pouvant être plus strictes que les critères spécifiés.

NOTE 1 Dans le cas où le court-circuit interne ne peut être simulé, l'essai est dit non valide et les données d'essai sont consignées.

NOTE 2 Des exemples d'essais alternatifs candidats sont présentés dans l'IEC TR 62660-4 (en cours d'élaboration).

6.4.4.2.3 Essai alternatif sur l'élément

Dans le cas particulier où l'atténuation des risques liés à l'emballement thermique est obtenue à un niveau supérieur à celui de l'élément, c'est-à-dire le bloc et le module d'éléments, le bloc de batteries et le système de batterie, les essais de court-circuit interne au niveau de l'élément peuvent être remplacés par un essai alternatif tel que l'essai de propagation pour démontrer la sécurité du système de batterie, si cela a fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. Parmi les méthodes alternatives à l'essai de court-circuit interne, l'essai de propagation pour le bloc et le module d'éléments est spécifié dans l'IEC 62619.

NOTE L'essai de propagation pour le bloc et le système de batteries est à l'étude pour l'ISO 12405-3.

6.4.4.3 Critères d'acceptation

Pendant l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de feu ou d'explosion.

³ En préparation. Stade au moment de la publication: IEC/CDV 62619:2015

⁴ En préparation. Stade au moment de la publication: IEC/CDV 62619:2015

Annexe A (informative)

Plage de fonctionnement des éléments pour une utilisation en toute sécurité

A.1 Généralités

La présente annexe explique comment déterminer la plage de fonctionnement de l'élément afin d'assurer son utilisation en toute sécurité. La plage de fonctionnement est spécifiée par les conditions de charge (la limite supérieure de la tension de charge et la température de l'élément, par exemple) qui assurent la sécurité des éléments.

Il convient que les fabricants d'éléments indiquent dans la spécification de l'élément les informations relatives à la plage de fonctionnement et concernant les précautions de sécurité adressées aux clients (les fabricants de blocs et systèmes de batteries, par exemple). Il convient également de prévoir un dispositif et une fonction de protection adaptés dans le système de commande de la batterie, en cas de défaillance du contrôle de charge.

Les limites de la plage de fonctionnement sont spécifiées pour assurer la sécurité minimale. Elles diffèrent de la tension de charge et de la température afin d'optimiser les performances de l'élément (la durée de vie, par exemple).

A.2 Conditions de charge pour une utilisation en toute sécurité

A.2.1 Généralités

Afin d'assurer l'utilisation en toute sécurité des éléments, il convient que les fabricants d'éléments définissent la limite supérieure de la tension et la température de l'élément à appliquer pendant la charge. Il convient de charger l'élément dans une plage de températures spécifiée (plage de températures normalisées) à une tension ne dépassant pas la limite supérieure. Le fabricant de l'élément peut également définir une plage de températures supérieure ou inférieure à la plage de températures normalisées, à condition de prendre des mesures de sécurité (une tension de charge plus basse, par exemple). La plage de fonctionnement indique la plage de tensions et de températures dans laquelle l'élément peut être utilisé en toute sécurité. Le courant de charge maximal et la limite inférieure de la tension de décharge peuvent également être définis pour la plage de fonctionnement.

Un nouvel élément développé peut appliquer la même plage de fonctionnement que l'élément d'origine, si le matériau, l'épaisseur, la conception et les séparateurs de l'électrode sont identiques à ceux de l'élément d'origine, et dispose de moins de 120 % de la capacité de l'élément d'origine. Le nouvel élément peut être considéré comme appartenant à la même série de produits.

A.2.2 Considérations relatives à la tension de charge

La tension de charge est appliquée aux éléments de façon à favoriser la réaction chimique pendant la charge. Toutefois, si la tension de charge est trop élevée, des réactions chimiques excessives ou des réactions secondaires se produisent et l'élément devient thermiquement instable. Par conséquent, il est primordial que la tension de charge ne dépasse jamais la valeur spécifiée par le fabricant de l'élément (c'est-à-dire la limite supérieure de la tension de charge). Lorsqu'un élément est chargé à une tension supérieure à la tension de charge limite supérieure, une quantité excessive d'ions lithium est désintercalée de la matière active de l'électrode positive et sa structure cristalline a tendance à s'affaïsser. Dans ces conditions, lorsqu'un court-circuit interne se produit, un emballement thermique peut survenir plus facilement que lorsque l'élément est chargé dans la plage de fonctionnement spécifiée. Par

conséquent, il convient de ne jamais charger l'élément à une tension supérieure à la tension de charge limite supérieure.

Il convient que la tension de charge limite supérieure soit définie par le fabricant de l'élément en fonction des essais de vérification, en présentant les résultats, par exemple, comme suit:

- résultats d'essai qui vérifient la stabilité de la structure cristalline de la matière positive;
- résultats d'essai qui vérifient l'acceptation des ions-lithium dans la matière de l'électrode active négative lorsque l'élément est chargé à la tension de charge limite supérieure;
- résultats d'essai qui vérifient que les éléments chargés à la tension de charge limite supérieure sont soumis à l'essai de sécurité de l'Article 6 à la limite supérieure de la plage de températures normalisées, et que les critères d'acceptation de chaque essai sont satisfaits.

A.2.3 Considérations relatives à la température

A.2.3.1 Généralités

La charge produit une réaction chimique qui est influencée par la température. L'importance des réactions secondaires ou l'état des produits de réaction pendant la charge dépend de la température. La charge dans une plage de températures basses ou élevées est considérée comme générant plus de réactions secondaires et est plus sévère du point de vue de la sécurité que la plage de températures normalisées dans laquelle la tension de charge limite supérieure est applicable en toute sécurité. Par conséquent, il convient de réduire la tension de charge et/ou le courant de charge par rapport à la tension de charge limite supérieure et/ou au courant de charge maximum dans les plages de températures, tant basses qu'élevées.

A.2.3.2 Plage de températures élevées

Lorsqu'un élément est chargé à une température plus élevée que la plage de températures normalisées, les performances de sécurité de l'élément tendent à diminuer en raison d'une moindre stabilité de la structure cristalline. De même, dans la plage de températures élevées, l'emballement thermique tend à se produire du fait de variations relativement faibles de la température.

En conséquence, il convient de contrôler la charge des éléments dans la plage de températures élevées de la manière suivante:

- lorsque la température de surface de l'élément est comprise dans la plage de températures élevées spécifiée par le fabricant de l'élément, des conditions de charge particulières (une tension et un courant de charge moins élevés, par exemple) sont appliquées;
- lorsque la température de surface de l'élément est supérieure à la limite supérieure de la plage de températures élevées, il convient que l'élément ne soit jamais chargé sous un courant de charge.

A.2.3.3 Plage de températures basses

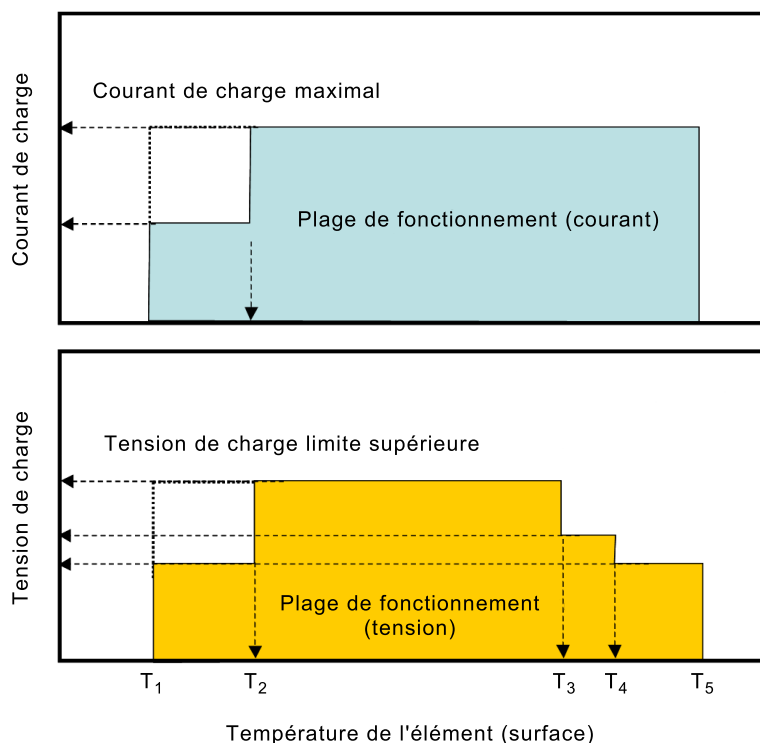
Lorsqu'un élément est chargé dans la plage de températures basses, le taux de transfert de masse diminue et le taux d'insertion lithium-ion dans la matière négative devient faible. En conséquence, du lithium métallique se dépose facilement sur la surface du carbone. Dans ces conditions, l'élément devient instable d'un point de vue thermique et susceptible de surchauffer et de provoquer un emballement thermique. De même, dans la plage de températures basses, l'acceptation des ions-lithium dépend fortement de la température. Dans un système de batterie au lithium composé de plusieurs éléments montés en série, l'acceptabilité du lithium-ion de chaque élément diffère selon la température de l'élément, ce qui réduit la sécurité du système de batterie.

En conséquence, il convient de contrôler la charge des éléments dans la plage de températures basses de la manière suivante:

- lorsque la température de surface de l'élément est comprise dans la plage de températures basses spécifiée par le fabricant de l'élément, des conditions de charge particulières (une tension et un courant de charge moins élevés, par exemple) sont appliquées;
- lorsque la température de surface de l'élément est inférieure à la limite inférieure de la plage de températures basses, il convient que l'élément ne soit jamais chargé sous un courant de charge.

A.3 Exemple de plage de fonctionnement

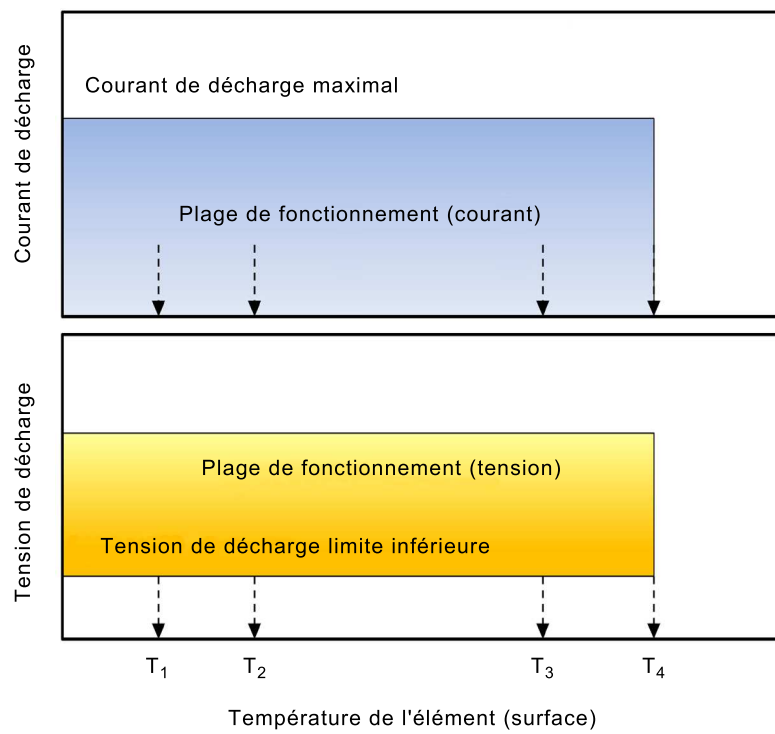
La Figure A.1 donne un exemple classique de plage de fonctionnement pour la charge. Dans la plage de températures supérieure ou inférieure à la plage de températures normalisées, il est admis de charger l'élément à condition d'utiliser une tension et/ou un courant de charge inférieur(e). La plage de fonctionnement peut être spécifiée par une forme en escalier (voir la Figure A.1) ou des lignes diagonales. La Figure A.2 donne un exemple de plage de fonctionnement pour la décharge.



T₁ – T₂ : Plage de températures basses
 T₂ – T₃ : Plage de températures normalisées
 T₃ – T₅ : Plage de températures élevées

IEC

Figure A.1 – Exemple de plage de fonctionnement pour la charge des éléments au lithium-ion classiques



$T_1 - T_2$: Plage de températures basses
 $T_2 - T_3$: Plage de températures normalisées
 $T_3 - T_4$: Plage de températures élevées

IEC

Figure A.2 – Exemple de plage de fonctionnement pour la décharge des éléments au lithium-ion classiques

Annexe B (informative)

Explication pour l'essai de court-circuit interne

B.1 Concept général

Les essais de court-circuit interne de la présente norme vérifient le comportement de l'élément dans certains cas particuliers de court-circuit interne. L'essai de court-circuit interne selon 6.4.4.2.1 démontre l'aptitude de l'élément à résister à la présence d'une particule sans feu ni explosion. Il permet de démontrer l'atténuation du risque lié à ce cas particulier. Les essais alternatifs de court-circuit interne selon 6.4.4.2.2 démontrent l'aptitude de l'élément à résister à un court-circuit interne limité.

Toutefois, aucun des essais de court-circuit interne ne démontre que la possibilité d'emballement thermique dans l'élément devient nulle. Par conséquent, il convient que le risque lié à l'emballement thermique d'un élément soit atténué dans le niveau échelonné, donnant lieu au système global (bloc d'éléments, module, bloc de batteries ou véhicule). Il est essentiel de noter qu'il faut nécessairement que l'atténuation cohérente du risque soit partagée entre les différents niveaux de la structure (de l'élément au véhicule) afin de garantir l'utilisation en toute sécurité de la technologie lithium-ion dans les véhicules.

B.2 Court-circuit interne provoqué par une contamination par particules

Un court-circuit interne de l'élément est susceptible de résulter de différentes causes, du processus de production à l'utilisation dans le véhicule. Les différents essais de sécurité de la présente norme sont destinés à vérifier la sécurité de base de l'élément face à différents phénomènes de court-circuit (voir le Tableau B.1).

L'essai de court-circuit interne de 6.4.4 vise particulièrement à simuler la contamination par une particule conductrice dans les éléments, qui se produit potentiellement lors du procédé de fabrication. La contamination par particules est particulièrement critique, car elle est en partie à l'origine des incidents de feu des batteries lithium-ion portatives disponibles dans le commerce.

Tableau B.1 – Exemples de courts-circuits de l'élément

Mode	Cause	Contre-mesure	Essai
Condition environnementale excessive	Température anormale	Spécifier la condition de fonctionnement	6.3.1 Endurance à haute température
	Vibrations excessives		6.2.1 Vibrations
	Chocs excessifs (chute ou impact)		6.2.2 Chocs mécaniques
	Compression de l'élément		6.2.3 Compression
Dendrite	Conditions de charge inappropriées (basse température ou courant élevé)	Spécifier la plage de fonctionnement	- ^a
	Surcharge		6.4.2 Surcharge
	Décharge excessive		6.4.3 Décharge forcée
	Équilibre matière positive /négative inadapté		- ^a
Processus de production	Contamination par particule conductrice	Commande de processus	6.4.4 Essai de court-circuit interne
	Bavures ou partie métallique libre		- ^a
	Déchirement du séparateur		- ^a
^a L'essai de court-circuit interne de 6.4.4 peut également couvrir le court-circuit interne résultant de ces causes en raison de sa zone de court-circuit plus petite ou similaire.			

L'essai de 6.4.4.2.1 concerne l'essai de court-circuit interne forcé (FISC) tel que spécifié dans l'IEC 62619. La procédure détaillée de l'essai FISC est également définie dans l'IEC 62133 et l'IEC TR 62914. L'essai FISC est réalisé avec un élément d'essai dans lequel une particule de nickel est insérée, afin de simuler la condition la plus défavorable du court-circuit interne. La taille spécifiée de la particule de nickel représente le contaminant le plus volumineux que contient potentiellement un élément et génère la chaleur maximale entre les électrodes. La contamination par particules provoque le court-circuit interne à une seule couche entre l'électrode positive et l'électrode négative, qui au moment de la publication ne peut être simulée que par l'essai FISC. Il est vérifié que les conditions thermiques, chimiques et électriques de l'élément d'essai traité sont équivalentes à celles de l'élément non traité et qu'elles n'ont aucune influence sur le résultat d'essai.

NOTE 1 Les conditions thermiques de l'élément d'essai traité sont équivalentes ou plus sévères que celles de l'élément non traité, en raison de la faible conductance thermique du sac en polyéthylène à utiliser pour l'élément d'essai. Le gabarit de pression en résine acrylique ou en caoutchouc nitrile présente une faible conductance thermique et n'a aucune incidence sur le dégagement de chaleur de l'élément d'essai ni sur la génération rapide de chaleur au niveau de la zone court-circuitée.

NOTE 2 L'évaporation de l'électrolyte pendant la préparation de l'élément d'essai est pratiquement empêchée en totalité selon la procédure d'essai spécifiée, de sorte qu'elle n'ait aucune incidence sur le résultat d'essai. L'élément traité présente pratiquement les mêmes performances que l'état non traité tant du point de vue de la capacité que de la résistance.

Bibliographie

IEC 62133, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Exigences de sécurité pour les accumulateurs portables étanches, et pour les batteries qui en sont constituées, destinés à l'utilisation dans des applications portables*

IEC 62660-1, *Éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules routiers électriques – Partie 1: Essais de performance*

IEC TR 62914, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Experimental procedure for the forced internal short-circuit test of IEC 62133:2012* (disponible en anglais seulement)

IEC TR 62660-4, *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Candidate alternative test methods for the internal short circuit test of IEC 62660-3*

ISO 12405-1, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems – Part 1: High-power applications* (disponible en anglais seulement)

ISO 12405-2, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems – Part 2: High-energy applications* (disponible en anglais seulement)

ISO 12405-3, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion battery packs and systems – Part 3: Safety performance requirements* (disponible en anglais seulement)

ISO 18243⁵, *Electrically propelled mopeds and motorcycles – Test specification and safety requirements for lithium-ion battery system*

Règlement UN ECE n°100 (UN ECE R100), *Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules en ce qui concerne les prescriptions particulières applicables à la chaîne de traction électrique (série 02 d'amendements ou ultérieure)*

⁵ À publier.

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