

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport

Sécurité des piles et des accumulateurs au lithium pendant le transport



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport

Sécurité des piles et des accumulateurs au lithium pendant le transport

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

ICS 29.220.10

ISBN 978-2-8322-1333-9

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	7
4 Requirements for safety.....	10
4.1 General considerations.....	10
4.2 Quality plan	11
4.3 Packaging	11
5 Type testing, sampling and re-testing	11
5.1 Type testing	11
5.2 Battery assemblies	12
5.2.1 Secondary batteries for use in battery assemblies	12
5.2.2 Small battery assemblies	12
5.2.3 Large battery assemblies.....	12
5.3 Sampling	12
5.4 Re-testing	13
6 Test methods and requirements.....	13
6.1 General.....	13
6.1.1 Safety notice	13
6.1.2 Ambient temperature	14
6.1.3 Parameter measurement tolerances	14
6.1.4 Pre-discharge and pre-cycling	14
6.2 Evaluation of test criteria.....	14
6.2.1 Shifting.....	14
6.2.2 Distortion.....	14
6.2.3 Short-circuit.....	14
6.2.4 Excessive temperature rise.....	14
6.2.5 Leakage	14
6.2.6 Venting.....	15
6.2.7 Fire.....	15
6.2.8 Rupture	15
6.2.9 Explosion.....	15
6.3 Tests and requirements – Overview.....	15
6.4 Transport tests	16
6.4.1 Test T-1: Altitude	16
6.4.2 Test T-2: Thermal cycling	16
6.4.3 Test T-3: Vibration	17
6.4.4 Test T-4: Shock	17
6.4.5 Test T-5: External short-circuit.....	18
6.4.6 Test T-6: Impact/crush.....	18
6.5 Misuse tests	20
6.5.1 Test T-7: Overcharge.....	20
6.5.2 Test T-8: Forced discharge.....	20
6.6 Packaging test.....	20
Test P-1: Drop test.....	20

6.7	Information to be given in the relevant specification	21
6.8	Evaluation and report	21
7	Information for safety.....	22
7.1	Packaging	22
7.2	Handling of battery cartons.....	22
7.3	Transport	22
7.3.1	General	22
7.3.2	Air transport	22
7.3.3	Sea transport.....	22
7.3.4	Land transport	22
7.3.5	Classification	22
7.4	Display and storage.....	22
8	Instructions for packaging and handling during transport – Quarantine	23
9	Marking	23
9.1	Marking of primary and secondary (rechargeable) cells and batteries.....	23
9.2	Marking of the packaging and shipping documents	23
	Bibliography.....	25
	Figure 1 – Example of a test set-up for the impact test.....	19
	Figure 2 – Example for the marking of packages with primary or secondary (rechargeable) lithium cells or batteries	24
	Table 1 – Number of primary test cells and batteries for type testing	12
	Table 2 – Number of secondary test cells and batteries for type testing	13
	Table 3 – Number of packages with primary or secondary test cells and batteries.....	13
	Table 4 – Mass loss limits.....	15
	Table 5 – Transport and packaging tests and requirements	16
	Table 6 – Vibration profile (sinusoidal)	17
	Table 7 – Shock parameters	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SAFETY OF PRIMARY AND SECONDARY LITHIUM CELLS AND BATTERIES DURING TRANSPORT

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 62281 has been prepared jointly by IEC technical committee 35: Primary cells and batteries and by subcommittee 21A: Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes, of IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2004, and constitutes a technical revision.

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

- a) distinction between small and large cell or battery by gross mass rather than by lithium content or Watt-hour rating ("nominal" energy);
- b) combination of the no mass loss (NM) and no leakage (NL) criteria into one criteria (NL);
- c) extension of an acceptable mass loss of 0,2 % from 5 g to 75 g mass of a cell or battery;
- d) reduction of large batteries to be tested under tests T-1 to T-5 and T-8 from 4 to 2 samples;

- e) reduction of test samples required for small battery assemblies (5.2.2);
- f) reduction of the vibration amplitude to 2 g for large batteries in T-3 vibration test method;
- g) replacement of the impact test by the crush test for prismatic, pouch, button, and coin cells as well as cylindrical cells with no more than 20 mm in diameter.

This bilingual version (2014-01) corresponds to the monolingual English version, published in 2012-12.

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

FDIS	Report on voting
35/1303/FDIS	35/1307/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

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

INTRODUCTION

Primary lithium cells and batteries were first introduced in military applications in the 1970s. At that time, little commercial interest and no industrial standards existed. Consequently, the United Nations (UN) Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods, although usually referring to industrial standards for testing and criteria, introduced a sub-section in the Manual of tests and criteria concerning safety tests relevant to transport of primary lithium cells and batteries. Meanwhile, commercial interest in primary and secondary (rechargeable) lithium cells and batteries has grown and several industrial standards exist. However, the existing IEC standards are manifold, not completely harmonized, and not necessarily relevant to transport. They are not suitable to be used as a source of reference in the UN Model Regulations. Therefore this group safety standard has been prepared to harmonize the tests and requirements relevant to transport.

This International Standard applies to primary and secondary (rechargeable) lithium cells and batteries containing lithium in any chemical form: lithium metal, lithium alloy, or lithium-ion. Lithium-metal and lithium alloy primary electrochemical systems use metallic lithium and lithium alloy, respectively, as the negative electrode. Lithium-ion secondary electrochemical systems use intercalation compounds (intercalated lithium exists in an ionic or quasi-atomic form within the lattice of the electrode material) in the positive and in the negative electrodes.

This International Standard also applies to lithium polymer cells and batteries, which are considered either as primary lithium-metal cells and batteries or as secondary lithium-ion cells and batteries, depending on the nature of the material used in the negative electrode.

The history of transporting primary and secondary lithium cells and batteries is worth noting. Since the 1970s, over ten billion primary lithium cells and batteries have been transported, and since the early 1990s, over one billion secondary (rechargeable) lithium cells and batteries utilizing a lithium-ion system have been transported. As the number of primary and secondary lithium cells and batteries to be transported is increasing, it is appropriate to also include in this standard the safety testing of packaging used for the transportation of these products.

This International Standard specifically addresses the safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport and also the safety of the packaging used.

The UN Manual of Tests and Criteria [1]¹ distinguishes between lithium metal and lithium alloy cells and batteries on the one hand, and lithium ion and lithium polymer cells and batteries on the other hand. While it defines that lithium metal and lithium alloy cells and batteries can be either primary (non-rechargeable) or rechargeable, it always considers lithium ion cells and batteries as rechargeable. However, test methods in the UN Manual of Tests and Criteria are the same for both secondary lithium metal and lithium alloy cells and batteries and lithium ion and lithium polymer cells and batteries. The concept is only needed to distinguish between small and large battery assemblies. Battery assemblies assembled from (primary or secondary) lithium metal and lithium alloy batteries are distinguished by the aggregate lithium content of all anodes (measured in grams), while battery assemblies assembled from lithium ion or lithium polymer batteries are distinguished by their “nominal” energy (measured in Watt-hours).

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography

SAFETY OF PRIMARY AND SECONDARY LITHIUM CELLS AND BATTERIES DURING TRANSPORT

1 Scope

This International Standard specifies test methods and requirements for primary and secondary (rechargeable) lithium cells and batteries to ensure their safety during transport other than for recycling or disposal. Requirements specified in this standard do not apply in those cases where special provisions given in the relevant regulations, listed in 7.3, provide exemptions.

NOTE Different standards may apply for lithium-ion traction battery systems used for electrically propelled road vehicles.

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 61960, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Secondary lithium cells and batteries for portable applications*

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*

3 Terms and definitions

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

3.1

aggregate lithium content

total lithium content of the cells comprising a battery

3.2

battery

one or more cells electrically connected and fitted in a case, with terminals, markings and protective devices etc., as necessary for use

Note 1 to entry: This definition is different from the definition used in the UN Manual of Tests and Criteria [1]. The standard was, however, carefully prepared so that the test set-up for each test is harmonized with the UN Manual.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004 [2], 482-01-04, modified – reference to "electrically connected" has been added]

3.3

battery assembly

battery comprising two or more batteries

3.4

button (cell or battery)

coin (cell or battery)

small round cell or battery where the overall height is less than the diameter, e.g. in the shape of a button or a coin

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-40, modified – the term "small round cell or battery" replaces the original "cell with a cylindrical shape"]

3.5

cell

basic functional unit, consisting of an assembly of electrodes, electrolyte, container, terminals and, usually, separators that is a source of electric energy obtained by direct conversion of chemical energy

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-01]

3.6

component cell

cell contained in a battery

3.7

cycle (of a secondary (rechargeable) cell or battery)

set of operations that is carried out on a secondary (rechargeable) cell or battery and is repeated regularly in the same sequence

Note 1 to entry: These operations may consist of a sequence of a discharge followed by a charge or a charge followed by a discharge under specified conditions. This sequence may include rest periods.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-28, modified – the words "secondary (rechargeable)" have been added]

3.8

cylindrical (cell or battery)

round cell or battery in which the overall height is equal to or greater than the diameter

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-39, modified – the words "round cell or battery" replace the original "cell with a cylindrical shape"]

3.9

depth of discharge

DOD

percentage of rated capacity discharged from a battery

3.10

first cycle

initial cycle of a secondary (rechargeable) cell or battery following completion of all manufacturing, formation and quality control processes

3.11

fully charged

state of charge of a secondary (rechargeable) cell or battery corresponding to 0 % depth of discharge

3.12

fully discharged

state of charge of a cell or battery corresponding to 100 % depth of discharge

3.13**large battery**

battery with a gross mass of more than 12 kg

3.14**large cell**

cell with a gross mass of more than 500 g

3.15**lithium cell (primary or secondary (rechargeable))**

cell containing a non-aqueous electrolyte and a negative electrode of lithium or containing lithium

Note 1 to entry: Depending on the design features chosen, a lithium cell may be primary or secondary (rechargeable).

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-06, modified – the notion of "primary or secondary (rechargeable)" has been added]

3.16**lithium content**

mass of lithium in the negative electrode of a lithium metal or lithium alloy cell or battery in the undischarged or fully charged state

3.17**lithium ion cell or battery**

rechargeable non-aqueous cell or battery in which the positive and negative electrodes are both intercalation compounds constructed with no metallic lithium in either electrode

Note 1 to entry: Intercalated lithium exists in an ionic or quasi-atomic form with the lattice of the electrode material.

Note 2 to entry: A lithium polymer cell or battery that uses lithium ion chemistries, as described herein, is considered as a lithium ion cell or battery.

3.18**nominal energy**

energy value of a cell or battery determined under specified conditions and declared by the manufacturer

Note 1 to entry: The nominal energy is calculated by multiplying the nominal voltage by rated capacity.

Note 2 to entry: The term "rated energy" could be more appropriate.

3.19**nominal voltage**

suitable approximate value of the voltage used to designate or identify a cell, a battery or an electrochemical system

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-31]

3.20**open-circuit voltage**

voltage across the terminals of a cell or battery when no external current is flowing

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-32, modified – "when no external current is flowing" replaces "when the discharge current is zero"]

3.21**primary (cell or battery)**

cell or battery that is not designed to be electrically recharged

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-02, modified – addition of "or battery"]

3.22

prismatic (cell or battery)

cell or battery having rectangular sides and bases

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-38, modified – omission of "having the shape of a parallelepiped"]

3.23

protective devices

devices such as fuses, diodes or other electric or electronic current limiters designed to interrupt the current flow, block the current flow in one direction or limit the current flow in an electrical circuit

3.24

rated capacity

capacity value of a cell or battery determined under specified conditions and declared by the manufacturer

Note 1 to entry: The following IEC standards provide guidance and methodology for determining the rated capacity: IEC 61960, IEC 62133, IEC 62660-1.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modified – inclusion of "a cell or battery", addition of Note to entry]

3.25

secondary (rechargeable) cell or battery

cell or battery which is designed to be electrically recharged

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-03, modified – addition of "rechargeable" and "or battery"]

3.26

small battery

battery with a gross mass of not more than 12 kg

3.27

small cell

cell with a gross mass of not more than 500 g

3.28

type (for cells or batteries)

particular electrochemical system and physical design of cells or batteries

3.29

undischarged

state of charge of a primary cell or battery corresponding to 0 % depth of discharge

4 Requirements for safety

4.1 General considerations

Lithium cells and batteries are categorized by their chemical composition (electrodes, electrolyte) and internal construction (bobbin, spiral). They are available in various shapes. It is necessary to consider all relevant safety aspects at the battery design stage, recognizing the fact that they may differ considerably, depending on the specific lithium system, power output and battery configuration.

The following design concepts for safety are common to all lithium cells and batteries:

- a) Abnormal temperature rise above the critical value defined by the manufacturer shall be prevented by design.
- b) Temperature increases in the cell or battery shall be controlled by the design e.g. by limiting the current flow.
- c) Lithium cells and batteries shall be designed to relieve excessive internal pressure or to preclude a violent rupture under conditions of transport.
- d) Lithium cells and batteries shall be designed so as to prevent a short-circuit under normal conditions of transport and intended use.
- e) Lithium batteries containing cells or strings of cells connected in parallel shall be equipped with effective means, as may be necessary, to prevent dangerous reverse current flow (e.g., diodes, fuses, etc.).

4.2 Quality plan

The manufacturer shall implement a documented quality plan (i.e. quality reports, inspection records, management structure) defining the procedures for the inspection of materials, components, cells and batteries during the course of manufacture, to be applied to the total process of producing a specific type of battery. Manufacturers should understand their process capabilities and should institute the necessary process controls as they relate to product safety and reliability.

4.3 Packaging

Lithium cells and batteries shall be packaged so as to prevent an external short-circuit under normal transport conditions.

NOTE Additional requirements for packaging of dangerous goods are given in UN Model Regulations:2011 [10], section 6.1. See also regulations mentioned in 7.3.

5 Type testing, sampling and re-testing

5.1 Type testing

Lithium metal and lithium ion cells or batteries which differ from a tested type by

- a) for primary cells and batteries, a change of more than 0,1 g or 20 % by mass, whichever is greater, to the electrodes or to the electrolyte, or
- b) for rechargeable cells and batteries, a change in nominal energy (in Wh) of more than 20 % or an increase in nominal voltage of more than 20 %, or
- c) a change that would lead to failure of any of the tests,

shall be considered a different type and shall be subject to the required tests.

NOTE The type of change that might be considered to differ from a tested type, such that it might lead to failure of any of the test results, may include, but is not limited to

- 1) a change in the material of the anode, the cathode, the separator or the electrolyte,
- 2) a change of protective devices, including hardware and software,
- 3) a change of safety design in cells or batteries, such as a venting valve,
- 4) a change in the number of component cells, and
- 5) a change in connecting mode of component cells.

5.2 Battery assemblies

5.2.1 Secondary batteries for use in battery assemblies

Secondary batteries not equipped with overcharge protection that are designed for use only in a battery assembly, which affords such protection, are not subject to the requirements of test T-7.

5.2.2 Small battery assemblies

When testing a battery assembly in which the aggregate lithium content of all anodes, when fully charged, is not more than 500 g, or in the case of a lithium ion battery, with a nominal energy of not more than 6 200 Wh, assembled from batteries that have passed all applicable tests, one battery assembly in a fully charged state shall be tested under tests T-3, T-4 and T-5, and, in addition, test T-7 in the case of a secondary battery assembly. For a secondary battery assembly, the assembly shall have been cycled for at least 25 cycles.

5.2.3 Large battery assemblies

A battery assembly with an aggregate lithium content of more than 500 g, or in the case of a lithium ion battery, with a nominal energy of more than 6 200 Wh, does not need to be tested if

- a) it is formed by electrically connecting batteries that have passed all applicable tests, and
- b) it is equipped with a system capable of
 - monitoring the battery assembly,
 - preventing short-circuits and over-discharge between the batteries in the assembly, and
 - preventing any overheat or overcharge of the battery assembly.

5.3 Sampling

Each different type shall be tested by taking random samples. The number of samples for testing primary cells and batteries is given in Table 1. The number of samples for testing secondary cells and batteries is given in Table 2. The number of samples for testing packages of primary and secondary cells and batteries is given in Table 3.

Table 1 – Number of primary test cells and batteries for type testing

Tests	Discharge state	Cells or single cell batteries ^a	Multi-cell batteries
Tests T-1 to T-5	Undischarged	10	4
	Fully discharged	10	4
Test T-6	Undischarged	5	5 component cells
	Fully discharged	5	5 component cells
Test T-8	Fully discharged	10	10 component cells
Total for all tests		40	8 batteries and 20 component cells

^a Single cell batteries consisting of tested component cells do not require retesting.

Table 2 – Number of secondary test cells and batteries for type testing

Tests	Cycles and discharge state	Cells	Single cell batteries ^a		Multi-cell batteries	
			Small	Large	Small	Large
Tests T-1 to T-5	At first cycle, fully charged	10	10	10	4	2
	After 25 cycles, fully charged	N/A ^b	N/A ^b	N/A ^b	N/A ^b	2
	After 50 cycles, fully charged	N/A ^b	N/A ^b	N/A ^b	4	N/A ^b
Test T-6	At first cycle, at 50 % DOD	5	5	5	5 component cells	5 component cells
Test T-7	At first cycle, fully charged	N/A ^b	4 ^c	2 ^c	4 ^c	2 ^c
	After 25 cycles, fully charged	N/A ^b	N/A ^b	2 ^c	N/A ^b	2 ^c
	After 50 cycles, fully charged	N/A ^b	4 ^c	N/A ^b	4 ^c	N/A ^b
Test T-8	At first cycle, fully discharged	10	10	10	10 component cells	10 component cells
	After 50 cycles, fully discharged	10	10	10	10 component cells	10 component cells
Total for all tests		35	43	39	16 batteries and 25 component cells	8 batteries and 25 component cells
^a Single cell batteries consisting of tested component cells shall be subject to T7 testing only. ^b N/A = not applicable. ^c Applies only to batteries equipped with overcharge protection.						

Table 3 – Number of packages with primary or secondary test cells and batteries

Number of samples for test P-1	1 package as supplied for transport
--------------------------------	-------------------------------------

5.4 Re-testing

In the event that a primary or secondary lithium cell or battery type does not meet the test requirements, steps shall be taken to correct the deficiency or deficiencies that caused the failure before such a cell or battery type is re-tested.

6 Test methods and requirements

6.1 General

6.1.1 Safety notice

WARNING – These tests call for the use of procedures which may result in injury if adequate precautions are not taken.

The execution of these tests shall only be conducted by appropriately qualified and experienced technicians using adequate protection.

6.1.2 Ambient temperature

Unless otherwise specified, the tests shall be carried out in an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

6.1.3 Parameter measurement tolerances

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

- a) $\pm 1\%$ for voltage;
- b) $\pm 1\%$ for current;
- c) $\pm 2\text{ °C}$ for temperature;
- d) $\pm 0,1\%$ for time;
- e) $\pm 1\%$ for dimension;
- f) $\pm 1\%$ for capacity.

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

6.1.4 Pre-discharge and pre-cycling

Where, prior to testing, it is required to discharge primary test cells or test batteries, they shall be discharged to their respective depth of discharge on a resistive load with which the rated capacity is obtained, or at a constant current specified by the manufacturer.

Where, prior to testing, it is required to cycle secondary (rechargeable) test cells or test batteries, they shall be cycled using the charge and discharge conditions specified by the manufacturer for optimum performance and safety.

6.2 Evaluation of test criteria

6.2.1 Shifting

Shifting is considered to have occurred during a test if one or more test cells or batteries are released from the packaging, do not retain their original orientation, or are affected in such a way that the occurrence of an external short-circuit or crushing cannot be excluded.

6.2.2 Distortion

Distortion is considered to have occurred if, during a test, a physical dimension changes by more than 10 %.

6.2.3 Short-circuit

A short-circuit is considered to have occurred during a test if the open circuit voltage of the cell or battery directly after the test is less than 90 % of its voltage immediately prior to the test. This requirement is not applicable to test cells and batteries at fully discharged states.

6.2.4 Excessive temperature rise

An excessive temperature rise is considered to have occurred during a test if the external case temperature of the test cell or battery rises above 170 °C .

6.2.5 Leakage

Leakage is considered to have occurred during a test if there is visible escape of electrolyte or other material from the test cell or battery or the loss of material (except battery casing,

handling devices or labels) from the test cell or battery such that the mass loss exceeds the limits in Table 4.

In order to quantify mass loss $\Delta m / m$, the following equation is provided:

$$\Delta m / m = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \%$$

where

m_1 is the mass before a test;

m_2 is the mass after that test.

Table 4 – Mass loss limits

Mass of cell or battery m	Mass loss limit $\Delta m / m$
$m < 1 \text{ g}$	0,5 %
$1 \text{ g} \leq m \leq 75 \text{ g}$	0,2 %
$m > 75 \text{ g}$	0,1 %

6.2.6 Venting

Venting is considered to have occurred during a test if gas has escaped from a cell or battery through a feature designed for this purpose, in order to relieve excessive internal pressure. This gas may include entrapped materials.

6.2.7 Fire

A fire is considered to have occurred if, during a test, flames are emitted from the test cell or battery.

6.2.8 Rupture

A rupture is considered to have occurred if, during a test, a cell container or battery case has mechanically failed, resulting in expulsion of gas or spillage of liquids but not ejection of solid materials.

6.2.9 Explosion

An explosion is considered to have occurred if, during a test, solid matter from any part of a cell or battery has penetrated a wire mesh screen (annealed aluminium wire with a diameter of 0,25 mm and a grid density of 6 to 7 wires per cm) placed 25 cm away from the cell or battery.

6.3 Tests and requirements – Overview

Table 5 contains an overview of the tests and requirements for transport, misuse and packaging tests.

Table 5 – Transport and packaging tests and requirements

Test number	Designation	Requirements
Transport tests	T-1	Altitude
	T-2	Thermal cycling
	T-3	Vibration
	T-4	Shock
	T-5	External short-circuit
	T-6	Impact/crush
Misuse tests	T-7	Overcharge
	T-8	Forced discharge
Packaging tests	P-1	Drop
Tests T-1 through T-5 shall be conducted in sequence on the same cell or battery.		
Key NC: No short-circuit ND: No distortion NE: No explosion NF: No fire NL: No leakage NR: No rupture NS: No shifting NT: No excessive temperature rise NV: No venting See 6.2 for a detailed description of the test criteria.		

6.4 Transport tests

6.4.1 Test T-1: Altitude

a) Purpose

This test simulates air transport under low pressure conditions.

b) Test procedure

Test cells and batteries shall be stored at a pressure of 11,6 kPa or less for at least 6 h at ambient temperature.

c) Requirements

There shall be no leakage, no venting, no short-circuit, no rupture, no explosion and no fire during this test.

6.4.2 Test T-2: Thermal cycling

a) Purpose

This test assesses seal integrity of cells and batteries and internal electrical connections. The test is conducted using temperature cycling.

b) Test procedure

Test cells and batteries shall be stored for at least 6 h at a test temperature of 72 °C, followed by storage for at least 6 h at a test temperature of -40 °C. The maximum time for transfer to each temperature shall be 30 min. Each test cell and battery shall undergo this procedure 10 times. This is then followed by storage for at least 24 h at ambient temperature.

For large cells and batteries the duration of exposure to the test temperatures shall be at least 12 h instead of 6 h.

The test shall be conducted using the test cells and batteries previously subjected to the altitude test.

c) Requirements

There shall be no leakage, no venting, no short-circuit, no rupture, no explosion and no fire during this test.

6.4.3 Test T-3: Vibration

a) Purpose

This test simulates vibration during transport.

b) Test procedure

Test cells and batteries shall be firmly secured to the platform of the vibration machine without distorting them in such a manner as to faithfully transmit the vibration. Test cells and batteries shall be subjected to sinusoidal vibration according to Table 6 which shows a different upper acceleration amplitude for large batteries than it shows for cells and small batteries. This cycle shall be repeated 12 times for a total of 3 h for each of three mutually perpendicular mounting positions. One of the directions shall be perpendicular to the terminal face.

The test shall be conducted using the test cells and batteries previously subjected to the thermal cycling test.

Table 6 – Vibration profile (sinusoidal)

Frequency range		Amplitudes	Duration of logarithmic sweep cycle (7 Hz – 200 Hz – 7 Hz)	Axis	Number of cycles
From	To				
$f_1 = 7 \text{ Hz}$	f_2	$a_1 = 1 g_n$	15 min	X	12
f_2	f_3	$s = 0,8 \text{ mm}$		Y	12
f_3	$f_4 = 200 \text{ Hz}$	a_2		Z	12
and back to $f_1 = 7 \text{ Hz}$				Total	36
NOTE Vibration amplitude is the maximum absolute value of displacement or acceleration. For example, a displacement amplitude of 0,8 mm corresponds to a peak-to-peak displacement of 1,6 mm.					
Key					
f_1, f_4 lower and upper frequency					
f_2, f_3 cross-over frequencies;					
$f_2 \approx 17,62 \text{ Hz}$					
$f_3 \approx 49,84 \text{ Hz}$ for cells and small batteries					
$f_3 \approx 24,92 \text{ Hz}$ for large batteries					
a_1, a_2 acceleration amplitude;					
$a_2 = 8 g_n$ for cells and small batteries					
$a_2 = 2 g_n$ for large batteries					
s displacement amplitude					

c) Requirements

There shall be no leakage, no venting, no short-circuit, no rupture, no explosion and no fire during this test.

6.4.4 Test T-4: Shock

a) Purpose

This test simulates rough handling during transport.

b) Test procedure

Test cells and batteries shall be secured to the testing machine by means of a rigid mount which will support all mounting surfaces of each test cell or battery. Each test cell or battery shall be subjected to 3 shocks in each direction of three mutually perpendicular mounting positions of the cell or battery for a total of 18 shocks. For each shock, the parameters given in Table 7 shall be applied:

Table 7 – Shock parameters

	Waveform	Peak acceleration	Pulse duration	Number of shocks per half axis
Small cells or batteries	Half sine	150 g_n	6 ms	3
Large cells or batteries	Half sine	50 g_n	11 ms	3

The test shall be conducted using the test cells and batteries previously subjected to the vibration test.

c) Requirements

There shall be no leakage, no venting, no short-circuit, no rupture, no explosion and no fire during this test.

6.4.5 Test T-5: External short-circuit

a) Purpose

This test simulates conditions resulting in an external short-circuit.

b) Test procedure

The test cell or battery shall be stabilized at an external case temperature of 55 °C and then subjected to a short-circuit condition with a total external resistance of less than 0,1 Ω at 55 °C. This short-circuit condition is continued for at least 1 h after the cell or battery external case temperature has returned to 55 °C.

The test sample shall be observed for a further 6 h.

The test shall be conducted using the test samples previously subjected to the shock test.

c) Requirements

There shall be no excessive temperature rise, no rupture, no explosion and no fire during this test and within the 6 h of observation.

6.4.6 Test T-6: Impact/crush

a) Purpose

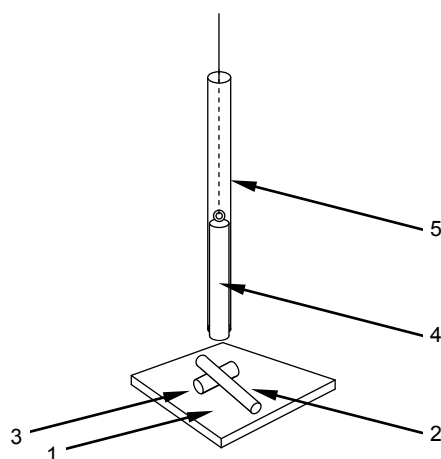
This test simulates mechanical abuse from an impact or crush that may result in an internal short-circuit.

b) Test procedure – Impact

The impact test is applicable to cylindrical cells greater than 20 mm in diameter.

The test cell or component cell is placed on a flat smooth surface. A stainless steel bar (type 316 or equivalent) with a diameter of 15,8 mm $\pm$ 0,1 mm and a length of at least 60 mm or of the longest dimension of the cell, whichever is greater, is placed across the centre of the test sample. A mass of 9,1 kg $\pm$ 0,1 kg is dropped from a height of 61 cm $\pm$ 2,5 cm at the intersection of the bar and the test sample in a controlled manner using a near frictionless, vertical sliding track or channel with minimal drag on the falling mass. The vertical track or channel used to guide the falling mass shall be oriented 90 degrees from the horizontal supporting surface.

The test sample is to be impacted with its longitudinal axis parallel to the flat surface and perpendicular to the longitudinal axis of the steel bar lying across the centre of the test sample (see Figure 1).



IEC 2192/12

NOTE The figure shows a flat smooth surface (1) and a steel bar (2) which is placed across the centre of the test sample (3). A mass (4) is dropped at the intersection in a controlled manner using a vertical sliding channel (5).

Figure 1 – Example of a test set-up for the impact test

Each test cell or component cell shall be subjected to one impact only.

The test sample shall be observed for a further 6 h.

The test shall be conducted using test cells or component cells that have not been previously subjected to other tests.

c) Test procedure – Crush

The crush test is applicable to prismatic, pouch, coin/button cells and cylindrical cells not more than 20 mm in diameter.

A cell or component cell is to be crushed between two flat surfaces. The crushing is to be gradual with a speed of approximately 1,5 cm/s at the first point of contact. The crushing is to be continued until one of the three conditions below is reached:

- 1) the applied force reaches $13 \text{ kN} \pm 0,78 \text{ kN}$;

EXAMPLE: The force shall be applied by a hydraulic ram with a 32 mm diameter piston until a pressure of 17 MPa is reached on the hydraulic ram.

- 2) the voltage of the cell drops by at least 100 mV; or
- 3) the cell is deformed by 50 % or more of its original thickness.

As soon as one of the above conditions has been obtained, the pressure shall be released.

A prismatic or pouch cell shall be crushed by applying the force to the widest side. A button/coin cell shall be crushed by applying the force on its flat surfaces. For cylindrical cells, the crush force shall be applied perpendicular to the longitudinal axis.

Each test cell or component cell is to be subjected to one crush only.

The test sample shall be observed for a further 6 h.

The test shall be conducted using test cells or component cells that have not previously been subjected to other tests.

d) Requirements

There shall be no excessive temperature rise, no explosion and no fire during this test and within the 6 h of observation.

6.5 Misuse tests

6.5.1 Test T-7: Overcharge

a) Purpose

This test evaluates the ability of a secondary (rechargeable) battery to withstand an overcharge condition.

b) Test procedure

The charge current shall be twice the manufacturer's recommended maximum continuous charge current. The minimum voltage of the test shall be as follows:

- 1) when the manufacturer's recommended charge voltage is not more than 18 V, the minimum voltage of the test shall be the lesser of two times the maximum charge voltage of the battery or 22 V;
- 2) when the manufacturer's recommended charge voltage is more than 18 V, the minimum voltage of the test shall be not less than 1,2 times the maximum charge voltage.

The test shall be conducted at ambient temperature. The charging condition shall be maintained for at least 24 h.

The test may be conducted using undamaged test batteries previously used in tests T-1 to T-5 for purposes of testing on cycled batteries.

c) Requirements

There shall be no explosion and no fire during this test and within 7 days after the test.

6.5.2 Test T-8: Forced discharge

a) Purpose

This test evaluates the ability of a primary or a secondary (rechargeable) cell to withstand a forced discharge condition.

b) Test procedure

Each cell shall be forced discharged at ambient temperature by connecting it in series with a 12 V direct current power supply at an initial current equal to the maximum continuous discharge current specified by the manufacturer.

The specified discharge current is obtained by connecting a resistive load of appropriate size and rating in series with the test cell and the direct current power supply. Each cell shall be forced discharged for a time interval equal to its rated capacity divided by the initial test current.

The test shall be conducted using test cells or component cells that have not previously been subjected to other tests.

c) Requirements

There shall be no explosion and no fire during this test and within 7 days after the test.

6.6 Packaging test

Test P-1: Drop test

a) Purpose

This test assesses the ability of the packaging to prevent damage during rough handling.

NOTE Additional tests for packaging of dangerous goods are given in UN Model Regulations:2011 [10], section 6.1.5. See also the regulations mentioned in 7.3.

b) Test procedure

A package (typically the final outer packaging, not palletized loads) filled with cells or batteries as offered for transport shall be dropped from a height of 1,2 m onto a concrete surface in such a manner that any of its corners first touches the ground.

The test shall be conducted using test cells or batteries that have not been previously subjected to a transport test.

c) Requirements

There shall be no shifting, no distortion, no leakage, no venting, no short-circuit, no excessive temperature rise, no rupture, no explosion and no fire during this test.

6.7 Information to be given in the relevant specification

When this standard is referred to in a relevant specification, the following parameters shall be given in so far as they are applicable:

	Clause and/or subclause
a) (aggregate) lithium content	5.2 6.8 l)
b) nominal energy	5.1 5.2
c) Pre-discharge current or resistive load and end-point voltage specified by the manufacturer for primary cells and batteries;	6.1.4
d) Charge and discharge conditions specified by the manufacturer for optimum performance and safety of secondary (rechargeable) cells and batteries;	6.1.4
e) Manufacturer's recommended maximum continuous charge current;	6.5.1
f) Manufacturer's recommended charge voltage;	6.5.1
g) Maximum charge voltage;	6.5.1
h) Maximum continuous discharge current specified by the manufacturer;	6.5.2
i) Rated capacity specified by the manufacturer.	6.5.2

6.8 Evaluation and report

A report should be issued considering the following list of items:

- name and address of the test facility;
- name and address of applicant (where appropriate);
- a unique test report identification;
- the date of the test report;
- the manufacturer of the packaging;
- a description of the packaging design type (e.g. dimensions, materials, closures, thickness, etc.), including method of manufacture (e.g. blow molding) and which may include drawing(s) and/or photograph(s);
- the maximum gross weight of the packaging;
- characteristics of the test cells or batteries according to 4.1;
- test descriptions and results, including the parameters according to 6.7;
- type of the test sample(s): cell, component cell, battery or battery assembly;
- weight of the test sample(s);
- lithium content or nominal energy of the sample(s);
- a signature with name and status of the signatory;
- statements that the packaging prepared as for transport was tested in accordance with the appropriate requirements of this standard and that the use of other packaging methods or components may render it invalid.

7 Information for safety

7.1 Packaging

The purpose of the packaging is to avoid mechanical damage during transport, handling and stacking. It is particularly important that the packaging prevents crushing of the cells or batteries during rough handling, as well as the development of unintentional electrical short-circuit and corrosion of the terminals. Crushing or external short-circuit can result in leakage, venting, rupture, explosion or fire.

Whenever lithium cells or batteries are transported, it is recommended for safety reasons to use the original packaging or packaging that complies with the requirements listed in 4.3 and 6.6.

7.2 Handling of battery cartons

Battery cartons should be handled with care. Rough handling may result in batteries being short-circuited or damaged. This may cause leakage, rupture, explosion or fire.

7.3 Transport

7.3.1 General

Regulations concerning international transport of lithium batteries are based on the recommendations of the United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods [10].

Regulations for transport are subject to change. For the transport of lithium batteries, the latest editions of the regulations listed in 7.3.2 to 7.3.5 shall be consulted.

7.3.2 Air transport

Regulations concerning air transport of lithium batteries are specified in the Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air published by the International Civil Aviation Organization (ICAO) and in the Dangerous Goods Regulations published by the International Air Transport Association (IATA) [7].

7.3.3 Sea transport

Regulations concerning sea transport of lithium batteries are specified in the International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code published by the International Maritime Organization (IMO) [9].

7.3.4 Land transport

Regulations concerning road and railroad transport are specified on a national or multilateral basis. While an increasing number of regulators adopt the UN Model Regulations, it is recommended that country-specific transport regulations be consulted before shipping.

7.3.5 Classification

Classification of lithium cells and batteries for transport under the regulations mentioned in 7.3.2 to 7.3.4 is based on the UN Manual of Tests and Criteria, chapter 38.3, basically describing the same tests as this International Standard. Lithium cells and batteries that have not passed all required tests are generally not allowed for transport.

7.4 Display and storage

a) *Store batteries in well ventilated, dry and cool conditions*

High temperature or high humidity may cause deterioration of the battery performance and/or surface corrosion.

- b) *Do not stack battery cartons on top of each other exceeding a height specified by the manufacturer*

If too many battery cartons are stacked, batteries in the lowest cartons may be deformed and electrolyte leakage may occur.

- c) *Avoid storing or displaying batteries in direct sun or in places where they get exposed to rain*

When batteries get wet, their insulation resistance may be impaired and self-discharge and corrosion may occur. Heat may cause deterioration.

- d) *Store batteries in their original packing*

When batteries are unpacked and mixed they may be short-circuited or damaged.

8 Instructions for packaging and handling during transport – Quarantine

Packages that have been crushed, punctured or torn open to reveal contents shall not be transported. Such packages shall be isolated until the shipper has been consulted, has provided instructions and, if appropriate, has arranged to have the product inspected and repacked.

9 Marking

9.1 Marking of primary and secondary (rechargeable) cells and batteries

The marking of primary lithium cells and batteries should comply with IEC 60086-4 [3]. The marking of secondary (rechargeable) lithium cells and batteries should comply with IEC 61960.

9.2 Marking of the packaging and shipping documents

Each package as offered for transport – unless it has to be transported fully regulated under the relevant dangerous goods regulations – shall be marked with the following information:

- that it contains lithium cells or batteries;
- that it shall be handled with care;
- that it shall, if damaged, be quarantined, inspected and repacked;
- a telephone number for information.

Figure 2 shows an example.

Documents (e.g. air waybills (AWB), invoices) accompanying each shipment shall include either the shipper's declaration, or a label attached to existing documents indicating:

- that it contains lithium cells or batteries;
- that it shall be handled with care;
- that it shall, if damaged, be quarantined, inspected and repacked;
- a telephone number for information.



IEC 2193/12

NOTE 1 Delete "Metal /" or "/ Ion", as appropriate.

NOTE 2 The example is based on ICAO Technical Instructions [8] and IATA Dangerous Goods Regulations [7]. Refer to regulations mentioned in 7.3 for marking requirements in other transport modes.

Figure 2 – Example for the marking of packages with primary or secondary (rechargeable) lithium cells or batteries

Bibliography

- [1] United Nations: *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria, Fifth revised edition, Amendment 1 (2011), Section 38.3: Lithium Batteries*
 - [2] IEC 60050-482, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 482: Primary and secondary cells and batteries*
 - [3] IEC 60086-4, *Primary batteries – Part 4: Safety of lithium batteries*
 - [4] IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*
 - [5] IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*
 - [6] ISO/IEC GUIDE 51, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*
 - [7] IATA, International Air Transport Association, Quebec: *Dangerous Goods Regulations* (revised annually)
 - [8] ICAO, International Civil Aviation Organisation, Montreal: *Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air*
 - [9] IMO, International Maritime Organization, London: *International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code*
 - [10] United Nations:2011, *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Model Regulations, Seventeenth revised edition*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
INTRODUCTION	30
1 Domaine d'application	31
2 Références normatives	31
3 Termes et définitions	31
4 Exigences de sécurité	34
4.1 Considérations générales	34
4.2 Plan qualité	35
4.3 Emballage	35
5 Essais de type, échantillonnage et contre-essai	35
5.1 Essai de type	35
5.2 Assemblages de batteries	36
5.2.1 Batteries d'accumulateurs utilisées dans les assemblages de batteries	36
5.2.2 Assemblages de petites batteries	36
5.2.3 Assemblages de grandes batteries	36
5.3 Échantillonnage	36
5.4 Contre-essai	37
6 Méthodes d'essais et exigences	38
6.1 Généralités	38
6.1.1 Notice de sécurité	38
6.1.2 Température ambiante	38
6.1.3 Tolérances de mesure des paramètres	38
6.1.4 Prédécharge et précyclage	38
6.2 Évaluation des critères d'essai	38
6.2.1 Déplacement	38
6.2.2 Déformation	38
6.2.3 Court-circuit	39
6.2.4 Élévation excessive de la température	39
6.2.5 Fuite	39
6.2.6 Dégazage	39
6.2.7 Feu	39
6.2.8 Éclatement	39
6.2.9 Explosion	40
6.3 Essais et exigences – récapitulatif	40
6.4 Essais de transport	40
6.4.1 Essai T-1: Altitude	40
6.4.2 Essai T-2: Cyclage thermique	41
6.4.3 Essai T-3: Vibrations	41
6.4.4 Essai T-4: chocs	42
6.4.5 Essai T-5: Court-circuit externe	42
6.4.6 Essai T-6: Impact/écrasement	43
6.5 Essais d'utilisation abusive	44
6.5.1 Essai T-7: Surcharge	44
6.5.2 Essai T-8: Décharge forcée	44
6.6 Essai d'emballage	45

Essai P-1: Essai de chute.....	45
6.7 Informations à indiquer dans la spécification appropriée.....	45
6.8 Évaluation et rapport.....	45
7 Information pour la sécurité.....	46
7.1 Emballage.....	46
7.2 Manutention de cartons de batteries.....	46
7.3 Transport.....	46
7.3.1 Généralités.....	46
7.3.2 Transport aérien.....	47
7.3.3 Transport maritime.....	47
7.3.4 Transport terrestre.....	47
7.3.5 Classification.....	47
7.4 Exposition et stockage.....	47
8 Instructions pour l'emballage et la manutention pendant le transport – Quarantaine.....	47
9 Marquage.....	48
9.1 Marquage des éléments et des batteries de piles et d'accumulateurs.....	48
9.2 Marquage de l'emballage et documents d'expédition.....	48
Bibliographie.....	50
Figure 1 – Exemple de montage d'essai pour l'essai d'impact.....	43
Figure 2 – Exemple pour le marquage d'emballages contenant des piles ou des accumulateurs au lithium.....	49
Tableau 1 – Nombre d'éléments et de batteries de piles d'essai pour les essais de type.....	36
Tableau 2 – Nombre d'éléments et de batteries d'accumulateurs à tester pour les essais de type.....	37
Tableau 3 – Nombre d'emballages avec élément et batteries de piles ou d'accumulateurs.....	37
Tableau 4 – Limites de la perte de masse.....	39
Tableau 5 – Essais et exigences de transport et d'emballage.....	40
Tableau 6 – Profil de vibrations (sinusoïdales).....	41
Tableau 7 – Paramètres de choc.....	42

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES PILES ET DES ACCUMULATEURS AU LITHIUM PENDANT LE TRANSPORT

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62281 a été établie conjointement par le comité d'études 35 de la CEI: Piles, et par le sous-comité 21A: Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide, du comité d'études 21 de la CEI: Accumulateurs.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2004, et constitue une révision technique.

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

- a) distinction entre petit et grand élément ou petite et grande batterie faite par la masse brute plutôt que par le contenu de lithium ou la valeur assignée en wattheure (énergie "nominale");
- b) regroupement des critères «pas de perte de masse» (NM) et «pas de fuite» (NF) en un seul critère (NL);

- c) extension d'une perte de masse acceptable de 0,2 % d'une masse de 5 g à 75 g d'un élément ou d'une batterie;
- d) réduction du nombre d'échantillons passant de 4 à 2 pour les grandes batteries à soumettre aux essais T-1 à T-5 et T-8;
- e) réduction du nombre d'échantillons d'essai requis pour les assemblages de petites batteries (5.2.2);
- f) réduction de l'amplitude de vibration à 2 g pour les grandes batteries dans la méthode d'essai de vibration T-3;
- g) remplacement de l'essai d'impact par l'essai d'écrasement pour les éléments parallélépipédiques, éléments en sachet et éléments bouton ainsi que pour les éléments cylindriques de diamètre inférieur à 20 mm.

La présente version bilingue (2014-01) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2012-12.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 35/1303/FDIS et 35/1307/RVD.

Le rapport de vote 35/1307/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

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

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

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

INTRODUCTION

Les piles au lithium ont d'abord été introduites dans les applications militaires dans les années 1970. A cette époque, elles présentaient peu d'intérêt commercial et il n'existait aucune norme industrielle. En conséquence, le Comité d'Experts du Transport des Marchandises Dangereuses de l'Organisation des Nations Unies, bien que se référant habituellement aux normes industrielles pour les essais et les critères d'acceptation, a introduit un sous-paragraphe dans le Manuel d'épreuves et de critères, traitant des essais de sécurité relatifs aux transports des piles au lithium. Pendant ce temps, l'intérêt commercial des piles et des accumulateurs au lithium s'est élargi et plusieurs normes industrielles ont vu le jour. Bien que les normes CEI existantes soient nombreuses, elles ne sont pas complètement harmonisées et ne traitent pas nécessairement du transport. Elles ne sont pas appropriées pour être utilisées comme source de référence dans le Règlement type des Nations Unies. En conséquence une nouvelle norme de sécurité a été préparée afin d'harmoniser les essais et les exigences relatives au transport.

La présente Norme internationale s'applique aux piles et aux accumulateurs contenant du lithium sous quelque forme que ce soit: lithium-métal, alliage de lithium ou lithium-ion. Les piles utilisent des couples électrochimiques à base de lithium-métal et d'alliage de lithium comme électrode négative. Les accumulateurs utilisent les couples électrochimiques lithium-ion mettant en œuvre des composés d'intercalation (le lithium intercalé existant sous forme ionique ou quasi atomique dans la trame du matériau de l'électrode) dans les électrodes positives et négatives.

La présente Norme internationale s'applique également aux éléments et aux batteries de piles et d'accumulateurs au lithium polymère, qui sont considérés soit comme des piles au lithium-métal, soit comme des accumulateurs au lithium-ion selon la nature du matériau utilisé dans l'électrode négative.

L'histoire du transport des éléments et des batteries de piles et d'accumulateurs au lithium mérite d'être notée. Depuis les années 1970, plus de 10 milliards de piles au lithium ont été transportées, et depuis le début des années 1990 plus de 1 milliard d'accumulateurs au lithium utilisant le couple lithium-ion ont été transportés. Le nombre de piles et d'accumulateurs à transporter étant en augmentation, il est également souhaitable d'inclure, dans la présente norme, les essais de sécurité des emballages utilisés pour le transport de ces produits.

La présente Norme internationale concerne spécifiquement la sécurité des piles et des accumulateurs au lithium pendant le transport ainsi que la sécurité des emballages utilisés.

Le Manuel d'épreuves et de critères [1]¹ de l'Organisation des Nations Unies fait la distinction entre les éléments et les batteries au lithium-métal et à l'alliage de lithium d'une part, et les éléments et les batteries au lithium-ion et au lithium polymère, d'autre part. Tout en définissant que les éléments et les batteries au lithium-métal et à l'alliage de lithium peuvent constituer des piles ou des accumulateurs, il considère toujours les éléments et les batteries au lithium-ion comme des accumulateurs. Cependant, les méthodes d'essai spécifiées dans le Manuel d'épreuves et de critères de l'ONU sont identiques tant pour les éléments et les batteries d'accumulateurs au lithium-métal et à l'alliage de lithium que pour les éléments et les batteries d'accumulateurs au lithium-ion et au lithium polymère. Ce concept n'est nécessaire que pour différencier les assemblages de petites batteries des assemblages de grandes batteries. Les assemblages de batteries constitués à partir de batteries (piles ou accumulateurs) au lithium-métal et à l'alliage de lithium sont différenciés par le contenu total de lithium de toutes les anodes (mesuré en grammes). Les assemblages de batteries constitués à partir de batteries au lithium-ion ou au lithium polymère sont différenciés par leur énergie «nominale» (mesurée en wattheure).

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

SÉCURITÉ DES PILES ET DES ACCUMULATEURS AU LITHIUM PENDANT LE TRANSPORT

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les méthodes d'essai et les exigences pour les éléments et les batteries de piles et d'accumulateurs au lithium afin de s'assurer de leur sécurité pendant les opérations de transport autres que celles relatives à leur recyclage ou leur mise au rebut. Les exigences spécifiées dans cette norme ne s'appliquent pas aux cas pour lesquels des dispositions spéciales prévues dans les réglementations appropriées, énumérées en 7.3, accordent des exemptions.

NOTE Différentes normes peuvent s'appliquer aux systèmes de batteries de traction au lithium-ion utilisés pour les véhicules routiers électriques.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 61960, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Eléments et batteries d'accumulateurs au lithium pour applications portables*

CEI 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 les applications portables*

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

contenu total de lithium

contenu total en lithium des éléments constituant une batterie

3.2

batterie

un ou plusieurs éléments connectés électriquement et munis d'un boîtier, de bornes, de marquage et de dispositifs de protection, etc., selon les besoins de l'utilisation

Note 1 à l'article: Cette définition diffère de celle spécifiée dans le Manuel d'épreuves et de critères [1] de l'ONU. La norme a cependant été établie avec soin de manière à harmoniser le montage d'essai utilisé pour chaque essai avec les spécifications du Manuel de l'ONU.

[SOURCE: CEI 60050-482:2004 [2], 482-01-04, modifiée – la référence à "connectés électriquement" a été ajoutée]

3.3

assemblage de batteries

batterie comportant deux batteries ou plus

3.4

(élément ou batterie) bouton

petit élément ou petite batterie de forme ronde dont la hauteur totale est inférieure au diamètre, par exemple en forme de bouton ou de pièce de monnaie

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-02-40, modifiée – l'expression "petit élément ou petite batterie de forme ronde" remplace l'expression originale "élément de forme cylindrique"]

3.5

élément

unité fonctionnelle de base, consistant en un assemblage d'électrodes, d'électrolyte, d'un conteneur, de bornes et généralement de séparateurs, qui est une source d'énergie électrique obtenue par transformation directe d'énergie chimique

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-01-01]

3.6

élément composant

élément contenu dans une batterie

3.7

cycle (d'un accumulateur)

ensemble d'opérations qui est conduit sur un accumulateur et est répété régulièrement selon la même séquence

Note 1 à l'article: Ces opérations consistent en un ensemble d'une décharge suivie d'une charge ou d'une charge suivie d'une décharge dans des conditions spécifiées. Cette séquence peut comprendre des périodes de repos.

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-05-28, modifiée – le terme "accumulateur" a été ajouté]

3.8

(élément ou batterie) cylindrique

élément ou batterie de forme ronde dont la hauteur totale est supérieure ou égale au diamètre

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-02-39, modifiée – l'expression "élément ou batterie de forme ronde" remplace l'expression originale "élément de forme cylindrique"]

3.9

profondeur de décharge DOD (depth of discharge)

pourcentage de la capacité assignée déchargée d'une batterie

3.10

premier cycle

cycle initial d'un accumulateur effectué après l'achèvement de toutes les opérations de fabrication, formation et contrôles de qualité

3.11

complètement chargé(e)

état de charge d'un élément ou d'une batterie d'accumulateur correspondant à 0 % de profondeur de décharge

3.12

complètement déchargé(e)

état de charge d'un élément ou d'une batterie correspondant à 100 % de profondeur de décharge

3.13

grande batterie

batterie de masse brute supérieure à 12 kg

3.14**grand élément**

élément de masse brute supérieure à 500 g

3.15**élément (de pile ou d'accumulateur) au lithium**

élément contenant un électrolyte non aqueux et dont l'électrode négative est constituée de lithium ou en contient

Note 1 à l'article: Selon les caractéristiques de conception choisies, un élément au lithium peut constituer une pile ou un accumulateur.

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-01-06, modifiée – la notion de "pile ou d'accumulateur" a été ajoutée]

3.16**contenu de lithium**

masse de lithium contenue dans l'électrode négative d'un élément ou d'une batterie au lithium-métal ou au lithium-allié, à l'état non déchargé ou complètement chargé

3.17**élément ou batterie au lithium-ion**

élément ou batterie d'accumulateurs non aqueux comprenant des électrodes positive et négative dans lesquelles sont intercalés des composés ne contenant pas de lithium métallique

Note 1 à l'article: Le lithium intercalé existe sous forme ionique ou quasi atomique dans la trame du matériau de l'électrode.

Note 2 à l'article: Un élément ou une batterie au lithium polymère qui utilise des composés chimiques lithium-ion, comme décrit dans le présent document, est considéré comme élément ou batterie au lithium-ion.

3.18**énergie nominale**

valeur de l'énergie d'un élément ou d'une batterie, déterminée dans des conditions spécifiées et déclarée par le fabricant

Note 1 à l'article: L'énergie nominale est calculée en multipliant la tension nominale par la capacité assignée.

Note 2 à l'article: Le terme "énergie assignée" peut être plus approprié.

3.19**tension nominale**

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

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-03-31]

3.20**tension en circuit ouvert**

tension électrique aux bornes d'un élément ou d'une batterie quand aucun courant externe ne circule

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-03-32, modifiée – l'expression "quand aucun courant externe ne circule" remplace "quand le courant de décharge est nul"]

3.21**(élément ou batterie) de pile**

élément ou batterie qui n'est pas conçu pour être rechargé électriquement

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-01-02, modifiée – ajout de "ou batterie"]

3.22

(élément ou batterie) parallélépipédique

élément ou batterie dont les faces et la base sont rectangulaires

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-02-38, modifiée – omission de “ayant la forme d’un parallélépipède”]

3.23

dispositifs de protection

dispositifs tels que fusibles, diodes ou autre limiteur de courant, électrique ou électronique, conçus pour interrompre le courant, bloquer le courant dans une direction ou limiter le courant dans un circuit électrique

3.24

capacité assignée

valeur de la capacité d’un élément ou d’une batterie, déterminée dans des conditions spécifiées et déclarée par le fabricant

Note 1 à l'article: Les normes CEI suivantes fournissent des lignes directrices et une méthodologie pour la détermination de la capacité assignée: CEI 61960, CEI 62133, CEI 62660-1.

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-03-15, modifiée – inclusion de “un élément ou une batterie”, ajout de Note à l'article]

3.25

élément ou batterie d’(accumulateur)

élément ou batterie qui est conçu pour être rechargé électriquement

[SOURCE: CEI 60050-482:2004, 482-01-03, modifiée – ajout de «accumulateur» et de «ou batterie»]

3.26

petite batterie

batterie dont la masse brute ne dépasse pas 12 kg

3.27

petit élément

élément dont la masse brute ne dépasse pas 500 g

3.28

type (pour éléments ou batteries)

système électrochimique particulier et conception physique d’éléments ou de batteries

3.29

non déchargé(e)

état de charge d’un élément ou d’une batterie de piles correspondant à une profondeur de décharge de 0 %

4 Exigences de sécurité

4.1 Considérations générales

Les éléments et les batteries au lithium sont classés en fonction de leur composition chimique (électrodes, électrolyte) et de leur construction interne (bobine, spirale). Ils sont disponibles sous différentes formes. Il est nécessaire de prendre en compte tous les aspects relatifs à la sécurité au moment de la conception de la batterie, sachant qu'ils peuvent varier fortement, en fonction du couple lithium, de la puissance de sortie et de la configuration de la batterie.

Les concepts de sécurité suivants sont communs à tous les éléments et à toutes les batteries au lithium:

- a) L'élévation anormale de température au-delà d'un seuil critique défini par le fabricant doit être évitée par conception.
- b) L'élévation de température dans les éléments ou dans les batteries doit être mise sous contrôle par conception, par exemple en limitant le courant.
- c) Les éléments et les batteries au lithium doivent être conçus de façon à libérer une pression interne excessive ou à éviter une rupture violente pendant le transport.
- d) Les éléments et les batteries au lithium doivent être conçus de façon à éviter un court-circuit pendant le transport et dans les conditions normales d'utilisation.
- e) Les batteries au lithium contenant des éléments ou des séries d'éléments connectés en parallèle doivent être équipées, chaque fois que cela est nécessaire, de moyens efficaces, permettant d'éviter un courant inverse dangereux (par exemple, diodes, fusibles, etc.).

4.2 Plan qualité

Le fabricant doit mettre en œuvre un plan qualité documenté (c'est-à-dire, rapports sur la qualité, enregistrements d'examen, structure de gestion) définissant les procédures relatives à l'examen des matériaux, des composants, des éléments et des batteries au cours de la fabrication, à appliquer à l'ensemble du processus de fabrication d'un type spécifique de batterie. Il convient que les fabricants aient une bonne compréhension de leurs capacités en termes de processus et prennent les mesures de maîtrise des processus nécessaires lorsqu'il s'agit de la sécurité et de la fiabilité des produits.

4.3 Emballage

Les éléments et les batteries au lithium doivent être emballés de manière à éviter un court-circuit externe dans les conditions normales de transport.

NOTE Des exigences supplémentaires pour l'emballage des marchandises dangereuses sont données dans le Règlement type des Nations Unies 2011 [10], section 6.1. Voir aussi les réglementations mentionnées en 7.3.

5 Essais de type, échantillonnage et contre-essai

5.1 Essai de type

Les éléments ou les batteries au lithium-métal et au lithium-ion qui diffèrent d'un type déjà soumis à essai de type par

- a) un changement portant sur plus de 0,1 g ou 20 % (prendre la plus grande valeur) de la masse des électrodes ou de l'électrolyte, pour les éléments et les batteries de piles, ou
- b) une variation de l'énergie nominale (en Wh) de plus de 20 % ou une augmentation de la tension nominale de plus de 20 %, pour les éléments et les batteries d'accumulateurs, ou
- c) un changement susceptible de conduire à l'échec de l'un quelconque des essais,

doivent être considérés de type différent et doivent être soumis aux essais exigés.

NOTE Le type de changement pouvant être considéré comme différent d'un type déjà soumis à essai de type et tel qu'il peut affecter l'un quelconque des résultats d'essai, peut comprendre sans toutefois s'y limiter:

- 1) un changement dans le matériau de l'anode, de la cathode, du séparateur ou de l'électrolyte,
- 2) un changement de dispositifs de protection, y compris matériel et logiciel,
- 3) un changement de conception de sécurité dans les éléments ou les batteries, par exemple une soupape de dégazage,
- 4) un changement dans le nombre d'éléments composants, et
- 5) un changement de mode de connexion des éléments composants.

5.2 Assemblages de batteries

5.2.1 Batteries d'accumulateurs utilisées dans les assemblages de batteries

Les batteries d'accumulateurs non équipées d'une protection contre la surcharge et qui sont conçues pour n'être utilisées que dans un assemblage de batteries, qui assure ce type de protection, ne sont pas soumises aux exigences de l'essai T-7.

5.2.2 Assemblages de petites batteries

Pour ce qui concerne les essais d'un assemblage de batteries dont le contenu total de lithium de toutes les anodes, à l'état complètement chargé, n'est pas supérieur à 500 g, ou dans le cas d'une batterie au lithium-ion avec une énergie nominale ne dépassant pas 6 200 Wh, qui est constitué de batteries ayant satisfait à tous les essais applicables, un assemblage de batteries à l'état complètement chargé doit être soumis aux essais T-3, T-4 et T-5, et, en outre, à l'essai T-7 dans le cas d'un assemblage de batteries d'accumulateurs. S'agissant d'un assemblage de batteries d'accumulateurs, il doit avoir été soumis à au moins 25 cycles.

5.2.3 Assemblages de grandes batteries

Un assemblage de batteries avec un contenu total de lithium supérieur à 500 g, ou une batterie au lithium-ion avec une énergie nominale supérieure à 6 200 Wh, n'a pas besoin d'être soumis à essai

- a) s'il résulte de la connexion électrique de batteries ayant satisfait à tous les essais applicables, et
- b) s'il est équipé d'un système capable de
 - surveiller l'assemblage de batteries,
 - éviter les courts-circuits et les sur-décharges entre les batteries dans l'assemblage,
 - éviter toute surchauffe ou surcharge de l'assemblage de batteries.

5.3 Échantillonnage

Chaque type différent doit être soumis à essai sur des échantillons prélevés au hasard. Le Tableau 1 donne le nombre d'échantillons pour les essais des piles. Le Tableau 2 donne le nombre d'échantillons pour les essais des accumulateurs. Le nombre d'échantillons pour les essais des emballages des piles et des accumulateurs est donné dans le Tableau 3.

Tableau 1 – Nombre d'éléments et de batteries de piles d'essai pour les essais de type

Essais	État de décharge	Éléments ou batteries à un seul élément ^a	Batteries à plusieurs éléments
Essais T-1 à T-5	Non déchargé	10	4
	Complètement déchargé	10	4
Essai T-6	Non déchargé	5	5 éléments composants
	Complètement déchargé	5	5 éléments composants
Essai T-8	Complètement déchargé	10	10 éléments composants
Total pour tous les essais		40	8 batteries et 20 éléments composants
^a Les batteries à un seul élément constituées d'éléments composants soumis à essai n'ont pas besoin d'un contre-essai.			

**Tableau 2 – Nombre d'éléments et de batteries d'accumulateurs
à tester pour les essais de type**

Essais	Cycles et état de décharge	Éléments	Batteries à un seul élément ^a		Batteries à plusieurs éléments	
			Petites	Grandes	Petites	Grandes
Essais T-1 à T-5	Au premier cycle, complètement chargé	10	10	10	4	2
	Après 25 cycles, complètement chargé	n/a ^b	n/a ^b	n/a ^b	n/a ^b	2
	Après 50 cycles, complètement chargé	n/a ^b	n/a ^b	n/a ^b	4	n/a ^b
Essai T-6	Au premier cycle, à 50 % DOD	5	5	5	5 éléments composants	5 éléments composants
Essai T-7	Au premier cycle, complètement chargé	n/a ^b	4 ^c	2 ^c	4 ^c	2 ^c
	Après 25 cycles, complètement chargé	n/a ^b	n/a ^b	2 ^c	n/a ^b	2 ^c
	Après 50 cycles, complètement chargé	n/a ^b	4 ^c	n/a ^b	4 ^c	n/a ^b
Essai T-8	Au premier cycle, complètement déchargé	10	10	10	10 éléments composants	10 éléments composants
	Après 50 cycles, complètement déchargé	10	10	10	10 éléments composants	10 éléments composants
Total pour tous les essais		35	43	39	16 batteries et 25 éléments composants	8 batteries et 25 éléments composants
^a Les batteries à un seul élément constituées d'éléments composants soumis à essai doivent être soumises à l'essai T7 uniquement. ^b n/a = non applicable. ^c S'applique uniquement aux batteries équipées d'une protection contre la surcharge.						

**Tableau 3 – Nombre d'emballages avec élément
et batteries de piles ou d'accumulateurs**

Nombre d'échantillons pour l'essai P-1	1 emballage tel que fourni pour le transport
--	--

5.4 Contre-essai

Dans l'éventualité où un type d'élément ou de batterie de piles ou d'accumulateurs au lithium ne satisfait pas aux exigences de l'essai, des mesures doivent être prises pour corriger la ou les déficiences qui ont causé le défaut avant qu'un tel type d'élément ou de batterie ne soit de nouveau soumis à essai.

6 Méthodes d'essais et exigences

6.1 Généralités

6.1.1 Notice de sécurité

MISE EN GARDE – Ces essais font appel à l'utilisation de procédures qui peuvent conduire à des dommages si des précautions appropriées ne sont pas prises.

L'exécution de ces essais ne doit être effectuée que par des techniciens qualifiés et expérimentés utilisant des protections adéquates.

6.1.2 Température ambiante

Sauf spécification contraire, les essais doivent être réalisés à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

6.1.3 Tolérances de mesure des paramètres

La précision globale des valeurs contrôlées ou mesurées, par rapport aux paramètres spécifiés ou réels, doit respecter les tolérances suivantes:

- a) $\pm 1\%$ pour la tension;
- b) $\pm 1\%$ pour le courant;
- c) $\pm 2\text{ °C}$ pour la température;
- d) $\pm 0,1\%$ pour le temps;
- e) $\pm 1\%$ pour les dimensions;
- f) $\pm 1\%$ pour la capacité.

Ces tolérances comprennent la précision combinée des appareils de mesure, des techniques de mesure utilisées et de toutes les autres sources d'erreur liées à la méthode d'essai.

6.1.4 Prédécharge et précyclage

Lorsqu'il est exigé, avant un essai, de décharger les éléments ou les batteries de piles d'essai, ceux-ci doivent être déchargés à la profondeur de décharge appropriée à l'aide d'une résistance permettant d'obtenir la capacité assignée ou avec le courant constant spécifié par le fabricant.

Lorsqu'il est exigé, avant un essai, de cycler les batteries ou les éléments d'accumulateurs d'essai, ils doivent être cyclés en utilisant les conditions de charge et de décharge spécifiées par le fabricant en vue de l'obtention de performances et d'une sécurité optimales.

6.2 Évaluation des critères d'essai

6.2.1 Déplacement

On considère qu'un déplacement s'est produit durant l'essai si un ou plusieurs éléments ou batteries d'essai sortent de l'emballage, ne conservent pas leur orientation d'origine, ou se trouvent placés de telle sorte qu'un court-circuit externe ou un écrasement ne peut être exclu.

6.2.2 Déformation

On considère qu'une déformation s'est produite durant l'essai si une dimension varie de plus de 10% .

6.2.3 Court-circuit

On considère qu'un court-circuit s'est produit durant l'essai si la tension en circuit ouvert de l'élément ou de la batterie après l'essai est inférieure à 90 % de la tension juste avant l'essai. Cette exigence n'est pas applicable aux éléments et batteries d'essai à l'état complètement déchargé.

6.2.4 Élévation excessive de la température

On considère qu'une élévation excessive de la température s'est produite durant l'essai si la température externe du boîtier de l'élément ou de la batterie d'essai augmente au-delà de 170 °C.

6.2.5 Fuite

On considère qu'il y a eu fuite durant l'essai si de l'électrolyte ou toute autre matière s'est visiblement échappée de l'élément ou de la batterie d'essai ou si la perte de matière (à l'exception du boîtier de la batterie, des dispositifs de manutention ou des étiquettes) subie par l'élément ou la batterie d'essai est telle que la perte de masse dépasse les limites données dans le Tableau 4.

Dans le but de quantifier la perte de masse $\Delta m / m$, on donne l'équation suivante:

$$\Delta m / m = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \%$$

où

m_1 est la masse avant l'essai;

m_2 est la masse après l'essai.

Tableau 4 – Limites de la perte de masse

Masse de l'élément ou de la batterie m	Limite de la perte de masse $\Delta m / m$
$m < 1 \text{ g}$	0,5 %
$1 \text{ g} \leq m \leq 75 \text{ g}$	0,2 %
$m > 75 \text{ g}$	0,1 %

6.2.6 Dégazage

On considère qu'un dégazage s'est produit durant l'essai si du gaz s'est échappé d'un élément ou d'une batterie à travers un dispositif conçu à cet effet, afin d'éviter d'atteindre une pression interne excessive. Ce gaz peut entraîner avec lui des matières.

6.2.7 Feu

On considère qu'un feu s'est produit si, durant l'essai, il y a émission de flammes provenant de l'élément ou de la batterie d'essai.

6.2.8 Éclatement

On considère qu'un éclatement s'est produit si, durant l'essai, un boîtier d'élément ou de batterie a cédé mécaniquement, entraînant une expulsion de gaz ou un écoulement de liquides mais pas d'éjection de matériaux solides.

6.2.9 Explosion

On considère qu'une explosion s'est produite si, durant l'essai, des matières solides provenant d'une quelconque partie de l'élément ou de la batterie ont pénétré un treillis métallique (fil d'aluminium recuit de diamètre 0,25 mm avec une densité de 6 à 7 brins par cm) placé à 25 cm de l'élément ou de la batterie.

6.3 Essais et exigences – Récapitulatif

Le Tableau 5 est un récapitulatif des essais et des exigences pour les essais de transport, d'utilisation abusive et d'emballage.

Tableau 5 – Essais et exigences de transport et d'emballage

Numéro d'essai		Désignation	Exigences
Essais de transport	T-1	Altitude	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	T-2	Cyclage thermique	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	T-3	Vibration	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	T-4	Chocs	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	T-5	Court-circuit externe	NT, NR, NE, NF
	T-6	Impact/écrasement	NT, NE, NF
Essais d'utilisation abusive	T-7	Surcharge	NE, NF
	T-8	Décharge forcée	NE, NF
Essais d'emballage	P-1	Chute	NS, ND, NL, NV, NC, NT, NR, NE, NF

Les essais T-1 à T-5 doivent être réalisés en série sur les mêmes éléments ou batteries.

Légende

NC: Pas de court-circuit (*No short circuit*)
 ND: Pas de déformation (*No distortion*)
 NE: Pas d'explosion (*No explosion*)
 NF: Pas de feu (*No fire*)
 NL: Pas de fuite (*No leakage*)
 NR: Pas d'éclatement (*No rupture*)
 NS: Pas de déplacement (*No shifting*)
 NT: Pas d'élévation excessive de température (*No excessive temperature rise*)
 NV: Pas de dégazage (*No venting*)
 Pour une description détaillée des critères d'essai, voir 6.2.

6.4 Essais de transport

6.4.1 Essai T-1: Altitude

a) But

Cet essai simule un transport aérien à basse pression.

b) Procédure d'essai

Les éléments ou batteries d'essai doivent être maintenus à une pression inférieure ou égale à 11,6 kPa pendant au moins 6 h à température ambiante.

c) Exigences

Il ne doit pas y avoir de fuite, de dégazage, de court-circuit, d'éclatement, d'explosion ou de feu pendant cet essai.

6.4.2 Essai T-2: Cyclage thermique

a) But

Cet essai permet de s'assurer de l'intégrité du scellement des éléments et des batteries ainsi que des connexions électriques internes. L'essai est basé sur un cyclage thermique.

b) Procédure d'essai

Les éléments et batteries d'essai doivent être maintenus pendant au moins 6 h à une température d'essai de 72 °C, suivi d'un maintien d'au moins 6 h à une température de –40 °C. Le temps maximal de transfert entre chaque température doit être de 30 min. Chaque élément et batterie d'essai doit être soumis 10 fois à cette procédure. Cet essai est suivi d'une période de stockage d'au moins 24 h à température ambiante.

Pour les grands éléments et les grandes batteries, la durée d'exposition aux températures d'essai doit être d'au moins 12 h au lieu de 6 h.

L'essai doit être réalisé en utilisant les éléments et les batteries d'essai préalablement soumis à l'essai d'altitude.

c) Exigences

Il ne doit pas y avoir de fuite, de dégazage, de court-circuit, d'éclatement, d'explosion ou de feu pendant cet essai.

6.4.3 Essai T-3: Vibrations

a) But

Cet essai simule les vibrations pendant le transport.

b) Procédure d'essai

Les éléments et les batteries d'essai doivent être fermement attachés à la table de vibration, sans les déformer de quelque manière que ce soit afin de transmettre fidèlement les vibrations. Les éléments et les batteries d'essai doivent être soumis à des vibrations sinusoïdales conformément au Tableau 6 qui indique pour les grandes batteries une amplitude d'accélération supérieure différente de celle pour les éléments et les petites batteries. Ce cycle doit être répété 12 fois pour un total de 3 h selon les trois positions de montage mutuellement perpendiculaires. Une des directions doit être perpendiculaire à la face des bornes.

L'essai doit être réalisé en utilisant les éléments et les batteries d'essai préalablement soumis à l'essai de cyclage thermique.

Tableau 6 – Profil de vibrations (sinusoïdales)

Gamme de fréquences		Amplitudes	Durée de cycle d'onde sinusoïdale (7 Hz – 200 Hz – 7 Hz)	Axe	Nombre de cycles
De	À				
$f_1 = 7 \text{ Hz}$	f_2	$a_1 = 1 g_n$	15 min	X	12
f_2	f_3	$s = 0,8 \text{ mm}$		Y	12
f_3	$f_4 = 200 \text{ Hz}$	a_2		Z	12
et retour à $f_1 = 7 \text{ Hz}$				Total	36

NOTE L'amplitude de vibration est la valeur absolue maximale de déplacement ou d'accélération. Par exemple, un déplacement d'une amplitude de 0,8 mm correspond à un déplacement crête à crête de 1,6 mm.