

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Primary batteries –
Part 4: Safety of lithium batteries**

**Piles électriques –
Partie 4: Sécurité des piles au lithium**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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



**Primary batteries –
Part 4: Safety of lithium batteries**

**Piles électriques –
Partie 4: Sécurité des piles au lithium**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.220.10

ISBN 978-2-8322-1829-7

**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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 Requirements for safety.....	11
4.1 Design	11
4.2 Quality plan	11
5 Sampling	11
5.1 General.....	11
5.2 Test samples	11
6 Testing and requirements	12
6.1 General.....	12
6.1.1 Test application matrix.....	12
6.1.2 Safety notice	13
6.1.3 Ambient temperature	13
6.1.4 Parameter measurement tolerances	13
6.1.5 PredischARGE	14
6.1.6 Additional cells	14
6.2 Evaluation of test criteria	14
6.2.1 Short-circuit.....	14
6.2.2 Excessive temperature rise.....	14
6.2.3 Leakage	14
6.2.4 Venting	14
6.2.5 Fire.....	14
6.2.6 Rupture	15
6.2.7 Explosion.....	15
6.3 Tests and requirements – Overview	15
6.4 Tests for intended use	16
6.4.1 Test A: Altitude.....	16
6.4.2 Test B: Thermal cycling	16
6.4.3 Test C: Vibration.....	17
6.4.4 Test D: Shock.....	18
6.5 Tests for reasonably foreseeable misuse	19
6.5.1 Test E: External short-circuit	19
6.5.2 Test F: Impact	19
6.5.3 Test G: Crush	20
6.5.4 Test H: Forced discharge.....	21
6.5.5 Test I: Abnormal charging.....	21
6.5.6 Test J: Free fall	21
6.5.7 Test K: Thermal abuse	22
6.5.8 Test L: Incorrect installation.....	22
6.5.9 Test M: Overdischarge	23
6.6 Information to be given in the relevant specification	24
6.7 Evaluation and report.....	24
7 Information for safety.....	24

7.1	Safety precautions during design of equipment	24
7.1.1	General	24
7.1.2	Charge protection	25
7.1.3	Parallel connection	25
7.2	Safety precautions during handling of batteries	25
7.3	Packaging	27
7.4	Handling of battery cartons	27
7.5	Transport	28
7.5.1	General	28
7.5.2	Air transport	28
7.5.3	Sea transport	28
7.5.4	Land transport	28
7.6	Display and storage	28
7.7	Disposal	28
8	Instructions for use	29
9	Marking	29
9.1	General	29
9.2	Small batteries	30
9.3	Safety pictograms	30
Annex A (informative)	Guidelines for the achievement of safety of lithium batteries	31
Annex B (informative)	Guidelines for designers of equipment using lithium batteries	32
Annex C (informative)	Additional information on display and storage	35
Annex D (informative)	Safety pictograms	36
D.1	General	36
D.2	Pictograms	36
D.3	Instruction for use	37
Bibliography		38
Figure 1 – Mesh screen		15
Figure 2 – Thermal cycling procedure		17
Figure 3 – Example of a test set-up for the impact test		19
Figure 4 – Examples of a test set-up for the crush test		20
Figure 5 – Axes for free fall		22
Figure 6 – Circuit diagram for incorrect installation		22
Figure 7 – Circuit diagram for overdischarge		23
Figure 8 – Examples of safety wiring for charge protection		25
Figure 9 – Ingestion gauge		26
Figure 10 – Example for warning against swallowing, particularly lithium coin cell batteries		26
Figure A.1 – Battery design guidelines		31
Table 1 – Number of test samples		12
Table 2 – Test application matrix		13
Table 3 – Mass loss limits		14
Table 4 – Tests and requirements		16
Table 5 – Vibration profile (sinusoidal)		18

Table 6 – Shock parameters	18
Table 7 – Resistive load for overdischarge.....	23
Table 8 – Parameters to be specified	24
Table B.1 – Equipment design guidelines (1 of 3)	32
Table D.1 – Safety pictograms (1 of 2).....	36

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60086-4:2014

Without watermark

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PRIMARY BATTERIES –

Part 4: Safety of lithium batteries

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 60086-4 has been prepared by technical committee 35: Primary cells and batteries.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2007. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) Harmonisation with the second edition of IEC 62281 [12]¹;
- b) Alternative protective circuits in 7.1.1;

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

- c) More information regarding risks of swallowing lithium batteries in (former) 7.2.m) and promotion of this item to 7.2a);
- d) A new Annex D with pictograms for some of the safety precautions in 7.2.

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

FDIS	Report on voting
35/1324/FDIS	35/1332/RVD

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

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

NOTE The following print types are used:

- requirements: in roman type;
- instructions/warnings for consumers: *in italic type*.

A list of all parts in the IEC 60086 series, under the general title *Primary batteries*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC 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

The concept of safety is closely related to safeguarding the integrity of people and property. This standard specifies tests and requirements for lithium batteries and has been prepared in accordance with ISO/IEC guidelines, taking into account all relevant national and international standards which apply.

Lithium batteries are different from conventional primary batteries using aqueous electrolyte in that they contain flammable materials.

Consequently, it is important to carefully consider safety during design, production, distribution, use, and disposal of lithium batteries. Based on such special characteristics, lithium batteries for consumer applications were initially small in size and had low power output. There were also lithium batteries with high power output which were used for special industrial and military applications and were characterized as being “technician replaceable”. The first edition of this standard was drafted to accommodate this situation.

However, from around the end of the 1980s, lithium batteries with high power output started to be widely used in the consumer replacement market, mainly as a power source in camera applications. Since the demand for such lithium batteries with high power output significantly increased, various manufacturers started to produce these types of lithium batteries. As a consequence of this situation, the safety aspects for lithium batteries with high power output were included in the second edition of this standard.

Primary lithium batteries both for consumer and industrial applications are well-established safe and reliable products in the market, which is at least partly due to the existence of safety standards such as this standard and, for transport, IEC 62281. The fourth edition of this standard therefore reflects only minor changes which became necessary in order to keep it harmonized with IEC 62281 and to continuously improve the user information about safety related matters.

Guidelines addressing safety issues during the design of lithium batteries are provided in Annex A. Annex B provides guidelines addressing safety issues during the design of equipment where lithium batteries are installed. Both Annex A and B reflect experience with lithium batteries used in camera applications and are based on [20].

Safety is freedom from unacceptable risk. There can be no absolute safety: some risk will remain. Therefore a product, process or service can only be relatively safe. Safety is achieved by reducing risk to a tolerable level determined by the search for an optimal balance between the ideal of absolute safety and the demands to be met by a product, process or service, and factors such as benefit to the user, suitability for purpose, cost effectiveness, and conventions of the society concerned.

As safety will pose different problems, it is impossible to provide a set of precise provisions and recommendations that will apply in every case. However, this standard, when followed on a judicious “use when applicable” basis, will provide reasonably consistent standards for safety.

PRIMARY BATTERIES –

Part 4: Safety of lithium batteries

1 Scope

This Part of IEC 60086 specifies tests and requirements for primary lithium batteries to ensure their safe operation under intended use and reasonably foreseeable misuse.

NOTE Primary lithium batteries that are standardized in IEC 60086-2 are expected to meet all applicable requirements herein. It is understood that consideration of this part of IEC 60086 might also be given to measuring and/or ensuring the safety of non-standardized primary lithium batteries. In either case, no claim or warranty is made that compliance or non-compliance with this standard will fulfil or not fulfil any of the user's particular purposes or needs.

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 60086-1:2011, *Primary batteries – Part 1: General*

IEC 60086-2, *Primary batteries – Part 2: Physical and electrical specifications*

3 Terms and definitions

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

NOTE Certain definitions taken from IEC 60050-482, IEC 60086-1, and IEC Guide 51 are repeated below for convenience.

3.1

battery

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

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-04, modified ("fitted with devices necessary for use, for example case" replaced by "electrically connected and fitted in a case", addition of "etc., as necessary for use")]

3.2

coin cell

coin battery

small round cell or battery where the overall height is less than the diameter

Note 1 to entry: In English, the term "coin (cell or battery)" is used for lithium batteries only while the term "button (cell or battery)" is only used for non-lithium batteries. In languages other than English, the terms "coin" and "button" are often used interchangeably, regardless of the electrochemical system.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-40, modified (term "button" deleted, NOTE "In practice terms, the term coin is used exclusively for non-aqueous lithium cells." replaced with a different note)]

3.3**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]

3.4**component cell**

cell contained in a battery

3.5**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 ("cell with a cylindrical shape" replaced by "round cell or battery")]

3.6**depth of discharge****DOD**

percentage of rated capacity discharged from a battery

3.7**fully discharged**

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

3.8**harm**

physical injury or damage to health of people, or damage to property or the environment

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:1999, 3.3]

3.9**hazard**

potential source of harm

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:1999, 3.5, modified (removal of NOTE)]

3.10**intended use**

use of a product, process or service in accordance with information provided by the supplier

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:1999, 3.13]

3.11**large battery**

battery with a gross mass of more than 12 kg

3.12**large cell**

cell with a gross mass of more than 500 g

3.13

lithium cell

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

[SOURCE: IEC 60050-482:2004 482-01-06, modified (removal of NOTE)]

3.14

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]

3.15

open circuit voltage

OCV, U_{OC} , off-load 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 (alternative terms "OCV, U_{OC} , off-load voltage" added, "across the terminals" added, "when the discharge current is zero" replaced with "when no external current is flowing")]

3.16

prismatic cell

prismatic battery

qualifies a cell or a battery having the shape of a parallelepiped whose faces are rectangular

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-38]

3.17

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

3.18

rated capacity

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

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modified ("cell or" added)]

3.19

reasonably foreseeable misuse

use of a product, process or service in a way not intended by the supplier, but which may result from readily predictable human behaviour

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:1999, 3.14]

3.20

risk

combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:1999, 3.2]

3.21**safety**

freedom from unacceptable risk

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:1999, 3.1]

3.22**undischarged**

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

4 Requirements for safety**4.1 Design**

Lithium batteries are categorized by their chemical composition (anode, cathode, electrolyte), internal construction (bobbin, spiral) and are available in cylindrical, coin and prismatic configurations. It is necessary to consider all relevant safety aspects at the battery design stage, recognizing the fact that they can differ considerably, depending on the specific lithium system, power capability and battery configuration.

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

- a) Abnormal temperature rise above the critical value defined by the manufacturer shall be prevented by design.
- b) Temperature increases in the battery shall be controlled by a design which limits 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, intended use and reasonably foreseeable misuse.

See Annex A for guidelines for the achievement of safety of lithium batteries.

4.2 Quality plan

The manufacturer shall prepare and implement a quality plan 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.

5 Sampling**5.1 General**

Samples should be drawn from production lots in accordance with accepted statistical methods.

5.2 Test samples

The number of test samples is given in Table 1. The same test cells and batteries are used for tests A to E in sequence. New test cells and batteries are required for each of tests F to M.

Table 1 – Number of test samples

Tests	Discharge state	Cells and single cell batteries ^a	Multi-cell batteries
Tests A to E	Undischarged	10	4
	Fully discharged	10	4
Test F or G	Undischarged	5	5 component cells
	Fully discharged	5	5 component cells
Test H	Fully discharged	10	10 component cells
Tests I to K	Undischarged	5	5
Test L	Undischarged	20 (see Note 1)	n/a
Test M	50 % predischarged	20 (see Note 2)	n/a
	75 % predischarged	20 (see Note 3)	n/a
^a single cell batteries containing one tested component cell do not require re-testing unless the change could result in a failure of any of the tests.			
Key: n/a: not applicable			
NOTE 1 Four batteries connected in series with one of the four batteries reversed (5 sets).			
NOTE 2 Four batteries connected in series, one of which is 50 % predischarged (5 sets).			
NOTE 3 Four batteries connected in series, one of which is 75 % predischarged (5 sets).			

6 Testing and requirements

6.1 General

6.1.1 Test application matrix

Applicability of test methods to test cells and batteries is shown in Table 2.

Table 2 – Test application matrix

Form	Applicable tests												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
s	x	x	x	x	x	x ^a	x ^a	x	x	x	x	x ^b	x ^c
m	x	x	x	x	x	x ^{a, d}	x ^{a, d}	x ^d	x	x	x	n/a	n/a
Test description:								Key:					
Intended use tests			Reasonably foreseeable misuse tests					Form					
A:	Altitude		E:	External short-circuit				s:	cell or single cell battery				
B:	Thermal cycling		F:	Impact				m:	multi cell battery				
C:	Vibration		G:	Crush				Applicability					
D:	Shock		H:	Forced discharge				x:	applicable				
			I:	Abnormal charging				n/a:	not applicable				
			J:	Free fall									
			K:	Thermal abuse									
			L:	Incorrect installation									
			M:	Overdischarge									
^a Only one test shall be applied, test F or test G. ^b Only applicable to CR17345, CR15H270 and similar type batteries of a spiral construction that could be installed incorrectly and charged. ^c Only applicable to CR17345, CR15H270 and similar type batteries of a spiral construction that could be overdischarged. ^d Test applies to the component cells.													

6.1.2 Safety notice

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

It has been assumed in the drafting of these tests that their execution is undertaken by appropriately qualified and experienced technicians using adequate protection.

6.1.3 Ambient temperature

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

6.1.4 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 dimensions;
- 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.

6.1.5 Predischarge

Where a test requires predischarge, the test cells or batteries shall be discharged to the respective depth of discharge on a resistive load with which the rated capacity is obtained or at a current specified by the manufacturer.

6.1.6 Additional cells

Where additional cells are required to perform a test, they shall be of the same type and, preferably, from the same production lot as the test cell.

6.2 Evaluation of test criteria

6.2.1 Short-circuit

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

6.2.2 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.

6.2.3 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 3.

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 3 – 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 %

6.2.4 Venting

Venting is considered to have occurred if, during a test, an excessive build up of internal gas pressure escapes from a cell or battery through a safety feature designed for this purpose. This gas may include entrapped materials.

6.2.5 Fire

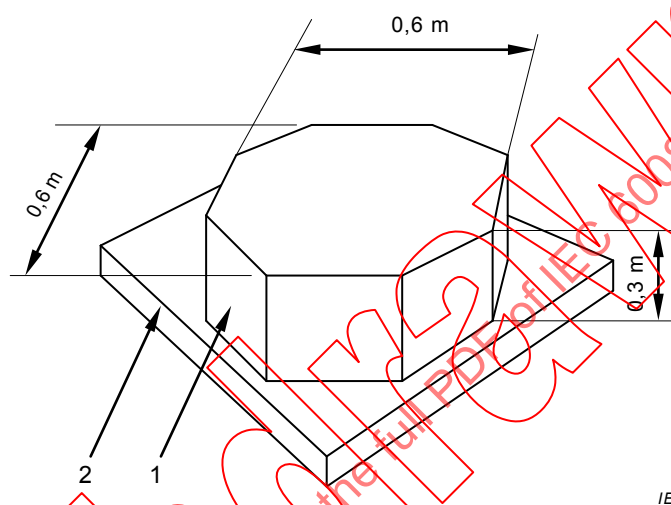
A fire is considered to have occurred if, during a test, flames are emitted from the test cell or battery.

6.2.6 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, spillage of liquids, or ejection of solid materials but no explosion.

6.2.7 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 as shown in Figure 1, centred over the cell or battery on the steel plate. The screen shall be made from annealed aluminium wire with a diameter of 0,25 mm and a grid density of 6 to 7 wires per cm.



NOTE The figure shows an aluminium wire mesh screen (1) of octagonal shape resting on a steel plate (2).

Figure 1 – Mesh screen

6.3 Tests and requirements – Overview

This standard provides safety tests for intended use (tests A to D) and reasonably foreseeable misuse (tests E to M).

Table 4 contains an overview of the tests and requirements for intended use and reasonably foreseeable misuse.

Table 4 – Tests and requirements

Test number		Designation	Requirements
Intended use tests	A	Altitude	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	B	Thermal cycling	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	C	Vibration	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	D	Shock	NL, NV, NC, NR, NE, NF
Reasonably foreseeable misuse tests	E	External short-circuit	NT, NR, NE, NF
	F	Impact	NT, NE, NF
	G	Crush	NT, NE, NF
	H	Forced discharge	NE, NF
	I	Abnormal charging	NE, NF
	J	Free fall	NV, NE, NF
	K	Thermal abuse	NE, NF
	L	Incorrect installation	NE, NF
	M	Overdischarge	NE, NF
Tests A through E shall be conducted in sequence on the same cell or battery.			
Tests F and G are provided as alternatives. Only one of them shall be conducted.			
Key NC: No short-circuit NE: No explosion NF: No fire NL: No leakage NR: No rupture NT: No excessive temperature rise NV: No venting See 6.2 for a detailed description of the test criteria.			

6.4 Tests for intended use

6.4.1 Test A: 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 B: Thermal cycling

a) Purpose

This test assesses cell and battery seal integrity and that of their internal electrical connections. The test is conducted using temperature cycling.

b) Test procedure

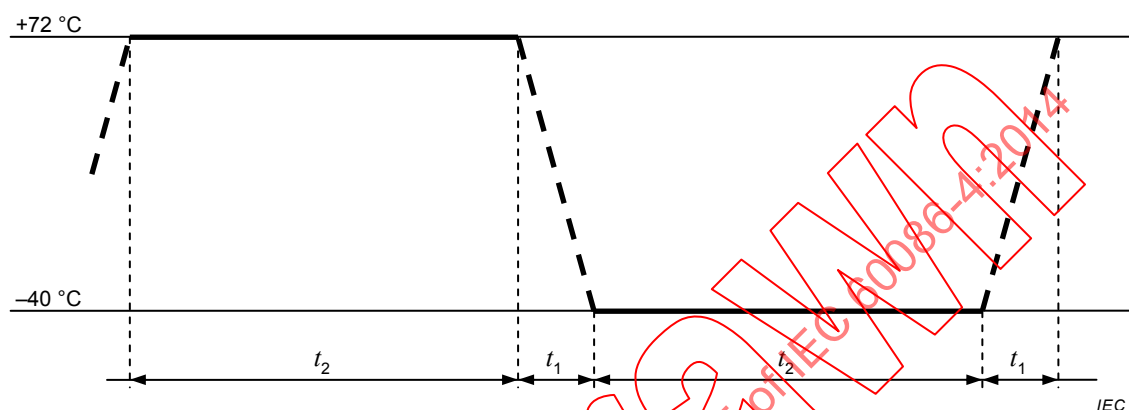
Test cells and batteries shall be stored for at least 6 h at a test temperature of 72 °C, followed by storage for at least 6 h at a test temperature of –40 °C. The maximum time for

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.

NOTE Figure 2 shows one of ten cycles.

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.



Key

$t_1 \leq 30 \text{ min}$

$t_2 \geq 6 \text{ h}$ (12 h for large cells and batteries)

Figure 2 – Thermal cycling procedure

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 C: Vibration

a) Purpose

This test simulates vibration during transport. The test condition is based on the range of vibrations as given by ICAO [2].

b) Test procedure

Test cells and batteries shall be firmly secured to the platform of the vibration machine without distorting them and in such a manner as to faithfully transmit the vibration. Test cells and batteries shall be subjected to sinusoidal vibration according to Table 5 which shows a different upper acceleration amplitude for large 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 5 – 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;

$f_2 \approx 17,62 \text{ Hz}$; and

$f_3 \approx 49,84 \text{ Hz}$, except for large batteries, where $f_3 \approx 24,92 \text{ Hz}$

a_1, a_2 acceleration amplitude

$a_2 = 8 g_n$ except for large batteries, where $a_2 = 2 g_n$

s displacement amplitude

NOTE $g_n = 9,80665 \text{ m / s}^2$

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 D: 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 6 shall be applied.

Table 6 – Shock parameters

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

NOTE $g_n = 9,80665 \text{ m / s}^2$

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.

6.5 Tests for reasonably foreseeable misuse

6.5.1 Test E: 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.

6.5.2 Test F: Impact

a) Purpose

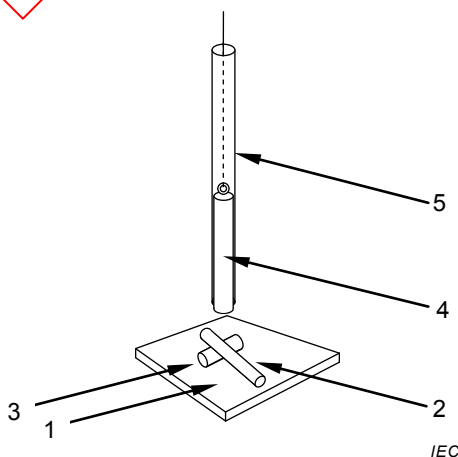
This test simulates mechanical abuse from an impact that can result in an internal short circuit.

b) Test procedure

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 stainless steel bar lying across the centre of the test sample (see Figure 3).



NOTE The figure shows a flat smooth surface (1) and a stainless 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 3 – 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) Requirements

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

6.5.3 Test G: Crush

a) Purpose

This test simulates mechanical abuse from a crush that can result in an internal short circuit.

b) Test procedure

The crush test is applicable to prismatic, flexible², coin 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 $13 \text{ kN} \pm 0,78 \text{ kN}$;

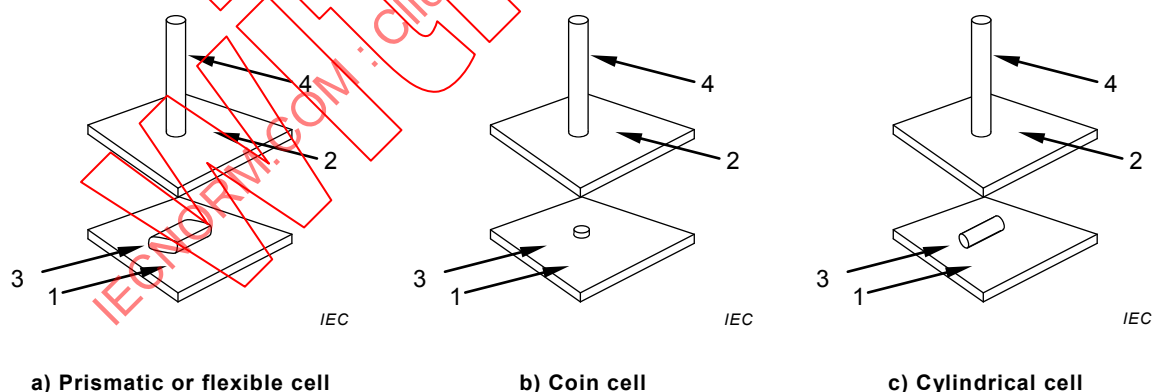
EXAMPLE: The force can be applied by a hydraulic ram with a 32 mm diameter piston until a pressure of 17 MPa is reached on the hydraulic ram.

- 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 flexible cell shall be crushed by applying the force to the side with the largest surface area. A 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. See Figure 4.



NOTE Figures 4a) to 4c) show two flat surfaces (1 and 2) with batteries (3) of different shapes placed between them for crushing, using a piston (4).

Figure 4 – Examples of a test set-up for the crush test

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.

² The term “flexible cell” is used in this document in place of the term “pouch cell” which is used in [19]. It is also used in place of the terms “cell with a laminate film case” and “laminate film cell”.

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

6.5.4 Test H: Forced discharge

a) Purpose

This test evaluates the ability of a cell to withstand a forced discharge condition.

b) Test procedure

Each cell shall be force 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 force discharged for a time interval equal to its rated capacity divided by the initial test current.

This test shall be conducted with fully discharged 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.

6.5.5 Test I: Abnormal charging

a) Purpose

This test simulates the condition when a battery is fitted within a device and is exposed to a reverse voltage from an external power supply, for example memory back-up equipment with a defective diode (see 7.1.2). The test condition is based upon UL 1642 [17].

b) Test procedure

Each test battery shall be subjected to a charging current of three times the abnormal charging current I_c specified by the battery manufacturer by connecting it in opposition to a d.c. power supply. Unless the power supply allows for setting the current, the specified charging current shall be obtained by connecting a resistor of the appropriate size and rating in series with the battery.

The test duration shall be calculated using the formula:

$$t_d = 2,5 \times C_n / (3 \times I_c)$$

where

t_d is the test duration. In order to expedite the test, it is permitted to adjust the test parameters such that t_d does not exceed 7 days;

C_n is the nominal capacity;

I_c is the abnormal charging current declared by the manufacturer for this test.

c) Requirements

There shall be no explosion and no fire during this test.

6.5.6 Test J: Free fall

a) Purpose

This test simulates the situation when a battery is accidentally dropped. The test condition is based upon IEC 60068-2-31 [7].

b) Test procedure

The test batteries shall be dropped from a height of 1 m onto a concrete surface. Each test battery shall be dropped six times, a prismatic battery once from each of its six faces,

a round battery twice in each of the three axes shown in Figure 5. The test batteries shall be stored for 1 h afterwards.

The test shall be conducted with undischarged test cells and batteries.

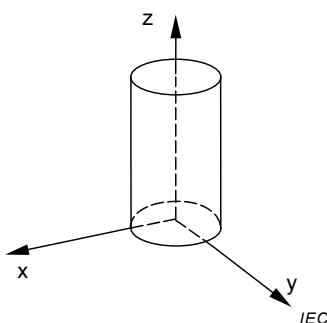


Figure 5 – Axes for free fall

c) Requirements

There shall be no venting, no explosion and no fire during this test and within the 1 h of observation.

6.5.7 Test K: Thermal abuse

a) Purpose

This test simulates the condition when a battery is exposed to an extremely high temperature.

b) Test procedure

A test battery shall be placed in an oven and the temperature raised at a rate of 5 °C/min to a temperature of 130 °C at which the battery shall remain for 10 min.

c) Requirements

There shall be no explosion and no fire during this test.

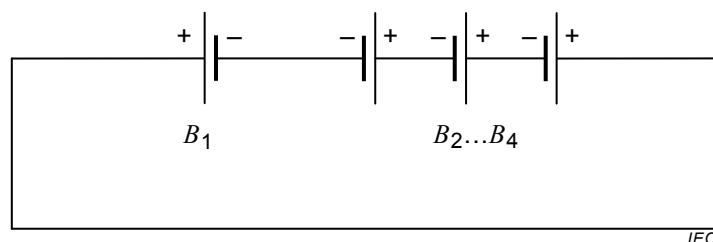
6.5.8 Test L: Incorrect installation

a) Purpose

This test simulates the condition when one single cell battery in a set is reversed.

b) Test procedure

A test battery is connected in series with three undischarged additional single cell batteries of the same brand and type in such a way that the terminals of the test battery are connected in reverse. The resistance of the interconnecting circuit shall be no greater than 0,1 Ω. The circuit shall be completed for 24 h or until the battery case temperature has returned to ambient (see Figure 6).



Key

B_1 Test cell

$B_2...B_4$ Additional cells, undischarged

Figure 6 – Circuit diagram for incorrect installation

c) Requirements

There shall be no explosion and no fire during this test.

6.5.9 Test M: Overdischarge

a) Purpose

This test simulates the condition when one discharged single cell battery is connected in series with other undischarged single cell batteries. The test further simulates the use of batteries in motor powered appliances where, in general, currents over 1 A are required.

NOTE CR17345 and CR15H270 batteries are widely used in motor powered appliances where currents over 1 A are required. The current for non standardized batteries may be different.

b) Test procedure

Each test battery shall be predischarged to 50 % depth of discharge. It shall then be connected in series with three undischarged additional single cell batteries of the same type.

A resistive load R_1 is connected in series with the assembly of batteries in Figure 7 where R_1 is taken from Table 7.

The test shall be continued for 24 h or until the battery case temperature has returned to ambient.

The test shall be repeated with 75 % predischarged test batteries.

Table 7 – Resistive load for overdischarge

Battery type	Resistive load R_1 Ω
CR17345	8,20
CR15H270	8,20

NOTE Table to be modified or expanded when additional batteries of a spiral construction are standardized.

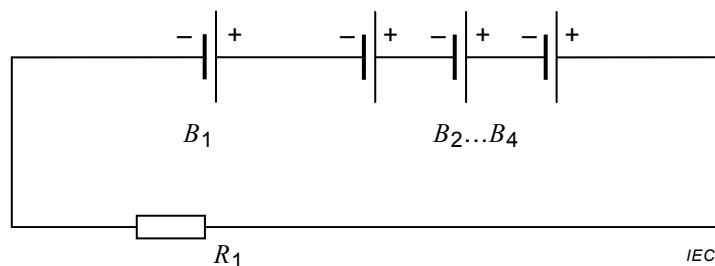
EXAMPLE When CR17345 and CR15H270 batteries were standardized, R_1 was determined from the end voltage of the assembly in Figure 7, using the formula

$$R = 4 \times 2,0 \text{ V} / 1 \text{ A}$$

where

2,0 V is the end voltage taken from the specification tables in IEC 60086-2; and 1 A is the test current.

R_1 was then found by rounding R to the nearest value in Table 6 of IEC 60086-1:2011.

**Key**

- B_1 Test battery, 50 % predischarged and, in separate tests, 75 % predischarged.
- $B_2... B_4$ Additional batteries, undischarged
- R_1 Resistive load

Figure 7 – Circuit diagram for overdischarge

c) Requirements

There shall be no explosion and no fire during this test.

6.6 Information to be given in the relevant specification

When this standard is referred to in a relevant specification, the parameters given in Table 8 shall be given in so far as they are applicable:

Table 8 – Parameters to be specified

Item	Parameters	Clause and/or subclause
a)	Predischarge current or resistive load and end-point voltage specified by the manufacturer	6.1.5
b)	Shape: prismatic, flexible, coin or cylindrical; Diameter: not more than 20 mm or greater than 20 mm.	6.5.2 and 6.5.3
c)	Maximum continuous discharge current specified by the manufacturer for test H NOTE Forced discharge of a cell can occur when it is connected in series with other cells and when it is not protected with a bypass diode.	6.5.4
d)	Rated capacity specified by the manufacturer for test H	6.5.4
e)	Abnormal charging current declared by the manufacturer for test I NOTE Abnormal charging of a cell can occur when it is connected in series with other cells and one cell is reversed or when it is connected in parallel with a power supply and the protective devices do not operate correctly.	6.5.5
f)	Normal reverse current declared by the manufacturer which can be applied to the battery during its operating life NOTE Normal reverse current flow through a cell can occur when it is connected in parallel with a power supply and the protective devices are operating properly.	7.1.2

6.7 Evaluation and report

When a report is issued, the following list of items should be considered:

- 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;
- design characteristics of the test cells or batteries according to 4.1;
- test descriptions and results, including the parameters according to 6.6;
- type of the test sample(s): cell, component cell, battery or battery assembly;
- weight of the test sample(s);
- lithium content of the sample(s);
- a signature with name and status of the signatory.

7 Information for safety

7.1 Safety precautions during design of equipment

7.1.1 General

See also Annex B for guidelines for designers of equipment using lithium batteries.

7.1.2 Charge protection

When incorporating a primary lithium battery into a circuit powered by an independent main power source, protective devices shall be used in order to prevent charging the primary battery from the main power source, for example

- a) a blocking diode and a current limiting resistor (see Figure 8a);
- b) two series blocking diodes (see Figure 8b);
- c) circuits with a similar blocking function based on two or more independent protective devices;

provided that the first protective device is capable of limiting the charging current through the lithium battery to the normal reverse current specified by the manufacturer which can be applied to the battery during its operating life, while the second protective device is capable of limiting the charging current to the abnormal charging current specified by the battery manufacturer and used for conduction of test I, Abnormal charging. The circuit shall be so designed that at least one of these protective devices remains operational when any one component of the circuit fails.



Figure 8 – Examples of safety wiring for charge protection

7.1.3 Parallel connection

Parallel connection should be avoided when designing battery compartments. However, if required, the battery manufacturer shall be contacted for advice.

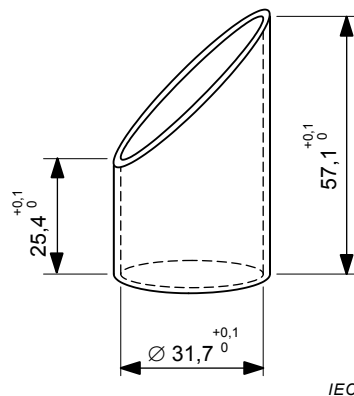
7.2 Safety precautions during handling of batteries

When used correctly, lithium batteries provide a safe and dependable source of power. However, if they are misused or abused, leakage, venting or in extreme cases, explosion and/or fire can result.

a) Keep batteries out of the reach of children

In particular, keep batteries which are considered swallowable out of the reach of children, particularly those batteries fitting within the limits of the ingestion gauge as defined in Figure 9. In case of ingestion of a cell or battery, seek medical assistance promptly. Swallowing lithium coin cells or batteries can cause chemical burns, perforation of soft tissue, and in severe cases can cause death. They must be removed immediately if swallowed. See Figure 10 for an example of appropriate warning text.

NOTE Refer to [14] for general information on hazards from batteries.

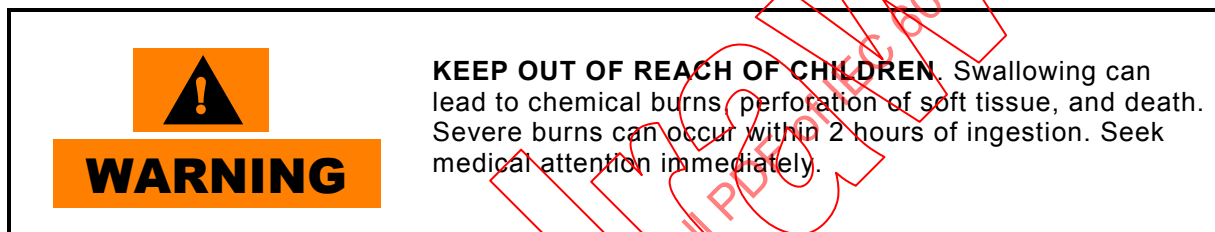


IEC

Dimensions in millimetres

NOTE This gauge defines a swallowable component and is defined in ISO 8124-1 [16].

Figure 9 – Ingestion gauge



IEC

Figure 10 – Example for warning against swallowing, particularly lithium coin cell batteries

- b) *Do not allow children to replace batteries without adult supervision*
- c) *Always insert batteries correctly with regard to polarity (+ and –) marked on the battery and the equipment*
When batteries are inserted in reverse they might be short-circuited or charged. This can cause overheating, leakage, venting, rupture, explosion, fire and personal injury.
- d) *Do not short-circuit batteries*
When the positive (+) and negative (–) terminals of a battery are in electrical contact with each other, the battery becomes short-circuited. For example loose batteries in a pocket with keys or coins, can be short-circuited. This can result in venting, leakage, explosion, fire and personal injury.
- e) *Do not charge batteries*
Attempting to charge a non-rechargeable (primary) battery can cause internal gas and/or heat generation resulting in leakage, venting, explosion, fire and personal injury.
- f) *Do not force discharge batteries*
When batteries are force discharged by means of an external power source, the voltage of the battery will be forced below its design capability and gases will be generated inside the battery. This can result in leakage, venting, explosion, fire and personal injury.
- g) *Do not mix new and used batteries or batteries of different types or brands*
When replacing batteries, replace all of them at the same time with new batteries of the same brand and type. When batteries of different brand or type are used together or new and used batteries are used together, some batteries might be over-discharged / force discharged due to a difference of voltage or capacity. This can result in leakage, venting, explosion or fire, and can cause personal injury.
- h) *Exhausted batteries should be immediately removed from equipment and properly disposed of*

When discharged batteries are kept in the equipment for a long time, electrolyte leakage can occur causing damage to the equipment and/or personal injury.

i) *Do not heat batteries*

When a battery is exposed to heat, leakage, venting, explosion or fire can occur and cause personal injury.

j) *Do not weld or solder directly to batteries*

The heat from welding or soldering directly to a battery can cause leakage, venting, explosion or fire, and can cause personal injury.

k) *Do not dismantle batteries*

When a battery is dismantled or taken apart, contact with the components can be harmful and can cause personal injury or fire.

l) *Do not deform batteries*

Batteries should not be crushed, punctured, or otherwise mutilated. Such abuse can cause leakage, venting, explosion or fire, and can cause personal injury.

m) *Do not dispose of batteries in fire*

When batteries are disposed of in fire, the heat build-up can cause explosion and/or fire and personal injury. Do not incinerate batteries except for approved disposal in a controlled incinerator.

n) *A lithium battery with a damaged container should not be exposed to water*

Lithium metal in contact with water can produce hydrogen gas, fire, explosion and/or cause personal injury.

o) *Do not encapsulate and/or modify batteries*

Encapsulation or any other modification to a battery can result in blockage of the safety vent mechanism(s) and subsequent explosion and personal injury. Advice from the battery manufacturer should be sought if it is considered necessary to make any modification.

p) *Store unused batteries in their original packaging away from metal objects. If already unpacked, do not mix or jumble batteries*

Unpacked batteries could get jumbled or get mixed with metal objects. This can cause battery short-circuiting which can result in leakage, venting, explosion or fire, and personal injury. One of the best ways to prevent this from happening is to store unused batteries in their original packaging.

q) *Remove batteries from equipment if it is not to be used for an extended period of time unless it is for emergency purposes*

It is advantageous to remove batteries immediately from equipment which has ceased to function satisfactorily, or when a long period of disuse is anticipated (e.g. camcorders, digital cameras, photoflash, etc.). Although most lithium batteries on the market today are highly leak resistant, a battery that has been partially or completely exhausted might be more prone to leak than one that is unused.

7.3 Packaging

The packaging shall be adequate to avoid mechanical damage during transport, handling and stacking. The materials and packaging design shall be chosen so as to prevent the development of unintentional electrical contact, short-circuit, shifting and corrosion of the terminals, and afford some protection from the environment.

7.4 Handling of battery cartons

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

7.5 Transport

7.5.1 General

Tests and requirements for the transport of lithium cells or batteries are given in IEC 62281 [12].

Regulations concerning international transport of lithium batteries are based on the UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods [18].

Regulations for transport are subject to change. For the transport of lithium batteries, the latest editions of the following regulations should be consulted.

7.5.2 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) [2] and in the Dangerous Goods Regulations published by the International Air Transport Association (IATA) [1].

7.5.3 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) [13].

7.5.4 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 [18], it is recommended that country-specific transport regulations be consulted before shipping.

7.6 Display and storage

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

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

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

If too many battery cartons are stacked, batteries in the lowest cartons might be deformed and electrolyte leakage can 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 might be impaired and self-discharge and corrosion can occur. Heat can cause deterioration.

d) *Store and display batteries in their original packing*

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

See Annex C for additional details.

7.7 Disposal

Batteries may be disposed of via communal refuse arrangements provided no local rules to the contrary exist.

During transport, storage and handling for disposal, the following safety precautions should be considered:

a) *Do not dismantle batteries*

Some ingredients of lithium batteries might be flammable or harmful. They can cause injuries, fire, rupture or explosion.

- b) *Do not dispose of batteries in fire except under conditions of approved and controlled incineration*

Lithium burns violently. Lithium batteries can explode in a fire. Combustion products from lithium batteries can be toxic and corrosive.

- c) *Store collected batteries in a clean and dry environment out of direct sunlight and away from extreme heat*

Dirt and wetness might cause short-circuits and heat. Heat might cause leakage of flammable gas. This can result in fire, rupture or explosion.

- d) *Store collected batteries in a well-ventilated area*

Used batteries might contain a residual charge. If they are short-circuited, abnormally charged or force discharged, leakage of flammable gas might be caused. This can result in fire, rupture or explosion.

- e) *Do not mix collected batteries with other materials*

Used batteries might contain residual charge. If they are short-circuited, abnormally charged or force discharged, the generated heat can ignite flammable wastes such as oily rags, paper or wood and cause a fire.

- f) *Protect battery terminals*

Protection of terminals should be considered by providing insulation, particularly for those batteries with a high voltage. Unprotected terminals might cause short-circuits, abnormal charging and forced discharge. This can result in leakage, fire, rupture or explosion.

8 Instructions for use

- a) *Always select the correct size and type of battery most suitable for the intended use. Information provided with the equipment to assist correct battery selection should be retained for reference.*
- b) *Replace all batteries of a set at the same time.*
- c) *Clean the battery contacts and also those of the equipment prior to battery installation.*
- d) *Ensure that the batteries are installed correctly with regard to polarity (+ and –).*
- e) *Remove exhausted batteries promptly.*

9 Marking

9.1 General

With the exception of small batteries (see 9.2), each battery shall be marked with the following information:

- a) designation, IEC or common;
- b) expiration of a recommended usage period or year and month or week of manufacture. The year and month or week of manufacture may be in code;
- c) polarity of the positive (+) terminal;
- d) nominal voltage;
- e) name or trade mark of the manufacturer or supplier;
- f) cautionary advice;
- g) caution for ingestion of swallowable batteries, see also 7.2 a).

9.2 Small batteries

For batteries that fit entirely within the Ingestion Gauge (Figure 9) the designation 9.1 a) and the polarity 9.1c) shall be marked on the battery, while all other markings shown in 9.1 may be given on the immediate package. However, when batteries are intended for direct sale in consumer-replaceable applications, caution for ingestion 9.1g) shall also be marked on the immediate package.

9.3 Safety pictograms

Safety pictograms that could be considered for use as an alternative to written cautionary advice are provided in Annex D.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60086-4:2014

Annex A (informative)

Guidelines for the achievement of safety of lithium batteries

The guidelines given in Figure A.1 were followed during the development of high power batteries for consumer use. They are given here for information.

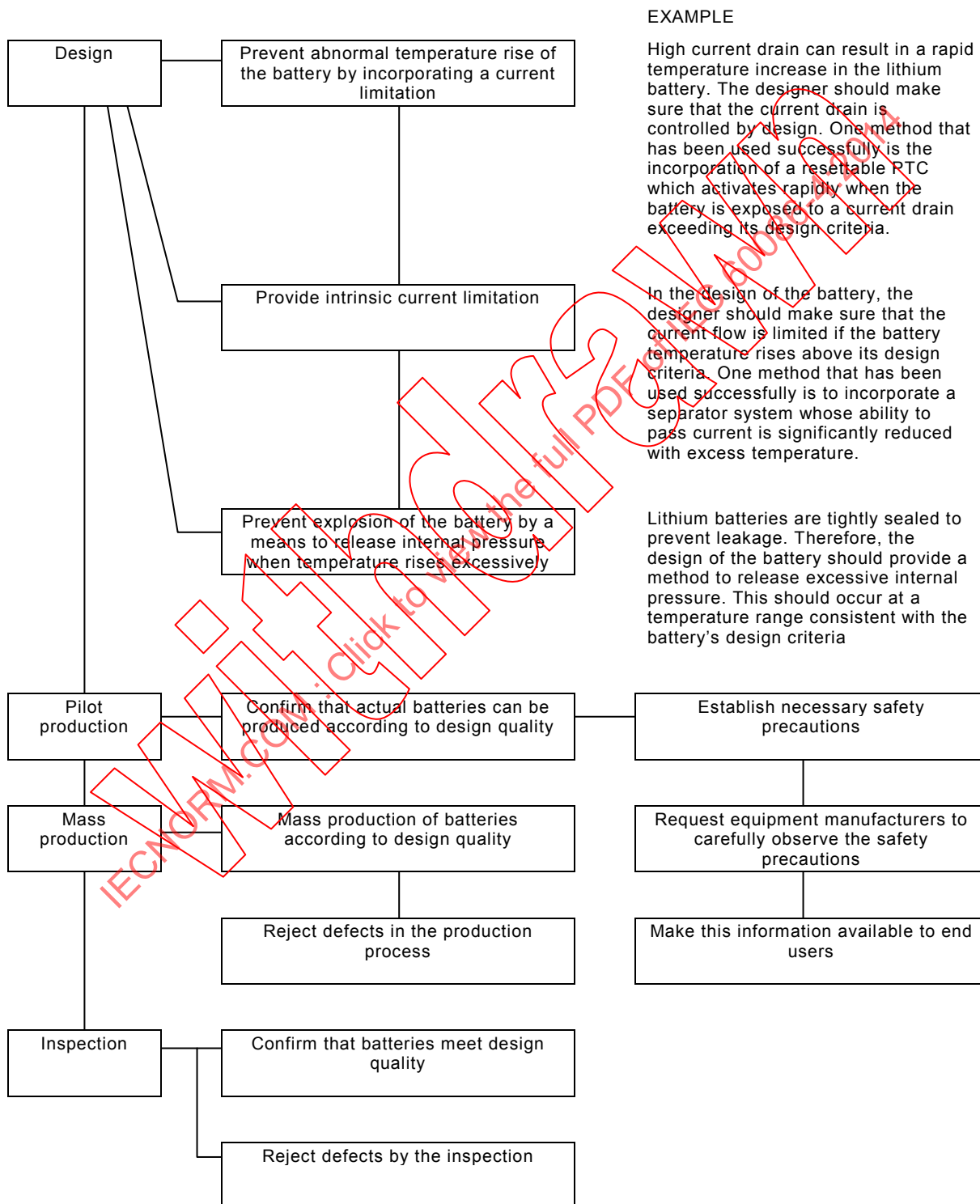


Figure A.1 – Battery design guidelines

Annex B (informative)

Guidelines for designers of equipment using lithium batteries

Table B.1 sets out the guidelines to be used by designers of equipment which employs lithium batteries (see also IEC 60086-5:2011 [8], Annex B, for guidelines for the design of battery compartments).

Table B.1 – Equipment design guidelines (1 of 3)

Item	Sub-item	Recommendations	Possible consequences if the recommendations are not observed
(1) When a lithium battery is used as main power source	(1.1) Selection of a suitable battery	Select most suitable battery for the equipment, taking note of its electrical characteristics	Battery might overheat
	(1.2) Number of batteries (series connection or parallel connection) to be used and method of use	a) Multicell batteries (2CR5, CR-P2, 2CR13252 and others); one piece only	If the capacity of batteries in series connection is different, the battery with the lower capacity will be overdischarged. This can result in electrolyte leakage, overheating, rupture, explosion or fire
		b) Cylindrical batteries (CR17345 and others); less than three pieces	
		c) Coin type batteries (CR2016, CR2025, CR11108 and others); less than three pieces	
		d) When more than one battery is used, different types should not be used in the same battery compartment	
	(1.3) Design of battery circuit	e) When batteries are used in parallel ^a protection against charging should be provided	If the voltages of batteries in parallel connection are different, the battery with the lower voltage will become charged. This can result in electrolyte leakage, overheating, rupture, explosion or fire
		a) Battery circuit shall be isolated from any other power source	Battery might be charged. This can result in electrolyte leakage, overheating, rupture, explosion or fire
		b) Protective devices such as fuses shall be incorporated in the circuit	Short-circuiting a battery can result in electrolyte leakage, overheating, rupture, explosion or fire

^a See 7.1.3.

Table B.1 (2 of 3)

Item	Sub-Item	Recommendations	Possible consequences if the recommendations are not observed
(2) When a lithium battery is used as back-up power source	(2.1) Design of battery circuit	The battery should be used in separate circuit so that it is not forced discharged or charged by the main power source	Battery might be over-discharged to reverse polarity or charged. This can result in electrolyte leakage, overheating, rupture, explosion or fire
	(2.2) Design of battery circuit for memory back-up application	When a battery is connected to the circuit of a main power source with the possibility of being charged, a protective circuit must be provided with a combination of diode and resistor. The accumulated amount of the leakage current of the diode should be below 2 % of the battery capacity during expected life time	Battery might be charged. This can result in electrolyte leakage, overheating, rupture, explosion or fire
(3) Battery holder and battery compartment		a) Battery compartments should be designed so that if a battery is reversed, open circuit is achieved. Battery compartments should be clearly and permanently marked to show the correct orientation of batteries	Unless protection is provided against battery reversal, damage to equipment can occur from resultant electrolyte leakage, overheating, rupture, explosion or fire
		b) Battery compartments should be designed so that batteries other than the specified size cannot be inserted and make contact	Equipment might be damaged or might not operate
		c) Battery compartments should be designed to allow generated gases to escape	Battery compartments might be damaged when internal pressure of the battery becomes too high due to gas generation
		d) Battery compartments should be designed to be water proof	
		e) Battery compartments should be designed to be explosion proof when tightly sealed	
		f) Battery compartments should be isolated from heat generated by the equipment	Battery might be deformed and leak electrolyte due to excessive heat
		g) Battery compartments should be designed so that they cannot easily be opened by children	Children might remove batteries from the compartment and swallow them

Table B.1 (3 of 3)

Item	Sub-Item	Recommendations	Possible consequences if the recommendations are not observed
(4) Contacts and terminals		a) Material and shape of contacts and terminals should be selected so that effective electric contact is maintained	Heat might generate at the contact due to insufficient connection
		b) Auxiliary circuit should be designed to prevent reverse installation of batteries	Equipment might be damaged or might not operate
		c) Contact and terminal should be designed to prevent reverse installation of batteries	Equipment might be damaged. Battery might cause electrolyte leakage, overheating, rupture, explosion or fire
		d) Direct soldering or welding to a battery should be avoided	Battery might leak, overheat, rupture, explode or catch fire
(5) Indication of necessary precautions	(5.1) On the equipment	Orientation of batteries (polarity) should be clearly indicated at the battery compartment	When a battery is inserted reverse and charged, it can result in electrolyte leakage, overheating, rupture, explosion or fire
	(5.2) In the instruction manual	Precautions for the proper handling of batteries should be indicated	Batteries might be mishandled and cause accidents

Annex C (informative)

Additional information on display and storage

This annex provides additional details concerning display and storage of lithium batteries to those already given in 7.6.

The storage area should be clean, cool, dry, ventilated and weatherproof.

For normal storage, the temperature should be between +10 °C and +25 °C and should never exceed +30 °C. Extremes of humidity (over 95 % and below 40 % relative humidity) for sustained periods should be avoided since they are detrimental to both batteries and packings. Batteries should therefore not be stored next to radiators or boilers nor in direct sunlight.

Although the storage life of batteries at room temperature is excellent, storage is improved at lower temperatures provided that special precautions are taken. The batteries should be enclosed in special protective packing (such as sealed plastic bags or variants) which should be retained to protect the batteries from condensation during the time they are warming to ambient temperature. Accelerated warming is harmful.

Batteries which have been cold-stored may be put into use after return to ambient temperature.

Batteries may be stored fitted in equipment or packages, if determined suitable by the battery manufacturer.

The height to which batteries may be stacked is clearly dependent on the strength of the packaging. As a general rule, this height should not exceed 1,5 m for cardboard packages or 3 m for wooden cases.

The above recommendations are equally valid for storage conditions during prolonged transit. Thus, batteries should be stored away from ship engines and not left for long periods in unventilated metal box cars (containers) during summer.

Batteries shall be dispatched promptly after manufacture and in rotation to distribution centres and on to the users. In order that stock rotation (first in, first out) can be practised, storage areas and displays should be properly designed and packs adequately marked.

Annex D (informative)

Safety pictograms

D.1 General

Cautionary advice to fulfil the marking requirements in this standard has, on a historical basis, been in the form of written text. In recent years, there has been a growing trend toward the use of pictograms as a complementary or alternative means of product safety communication.

The objectives of this annex are: (1) to establish uniform pictogram recommendations that are tied to long-used and specific written text, (2) to minimize the proliferation of safety pictogram designs, and (3) to lay the foundation for the use of safety pictograms instead of written text to communicate product safety and cautionary statements.

D.2 Pictograms

The pictogram recommendations and cautionary advice are given in Table D.1.

Table D.1 – Safety pictograms (1 of 2)

Reference	Pictogram	Cautionary advice
A		DO NOT CHARGE
B		DO NOT DEFORM OR DAMAGE
C		DO NOT DISPOSE OF IN FIRE
D		DO NOT INSERT INCORRECTLY
NOTE The grey shading highlights a white margin appearing when the pictogram is printed on coloured or black background.		

Table D.1 (2 of 2)

Reference	Pictogram	Cautionary advice
E	 NOTE Under consideration to replace pictogram E in IEC 60086-5:2011 [8], Table C.1	KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN NOTE See 7.2a) for critical safety information
F		DO NOT MIX DIFFERENT TYPES OR BRANDS
G		DO NOT MIX NEW AND USED
H		DO NOT OPEN OR DISMANTLE
I		DO NOT SHORT CIRCUIT
J		INSERT CORRECTLY
NOTE The grey shading highlights a white margin appearing when the pictogram is printed on coloured or black background.		

D.3 Instruction for use

The following instructions are provided for use of the pictograms.

- Pictograms shall be clearly legible.
- Whilst colours are permitted, they shall not detract from the information displayed. If colours are used, the background of pictogram J should be blue and the circle and diagonal bar of the other pictograms should be red.
- Not all of the pictograms need to be used together for a particular type or brand of battery. In particular, pictogram D and J are meant as alternatives for a similar purpose.

Bibliography

- [1] IATA, International Air Transport Association, Quebec: *Dangerous Goods Regulations* (revised annually)
- [2] ICAO, International Civil Aviation Organization, Montreal: *Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air* (revised biennially)
- [3] IEC 60050-482:2004, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 482: Primary and secondary cells and batteries*
- [4] IEC 60027-1:1992, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General*
- [5] IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*
- [6] IEC 60068-2-27:1987, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*
- [7] IEC 60068-2-31:2008, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*
- [8] IEC 60086-5:2011, *Primary batteries – Part 5: Safety of batteries with aqueous electrolyte*
- [9] IEC 60617 (all parts), *Graphical symbols for diagrams* (available at <http://std.iec.ch/iec60617>)
- [10] 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*
- [11] IEC 61960, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Secondary lithium cells and batteries for portable applications*
- [12] IEC 62281, *Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport*
- [13] IMO, International Maritime Organization, London: *International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code* (revised biennially)
- [14] ISO/IEC GUIDE 50:2002, *Safety aspects – Guidelines for child safety*
- [15] ISO/IEC GUIDE 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*
- [16] ISO 8124-1, *Safety of toys – Part 1: Safety aspects related to mechanical and physical properties*
- [17] UL 1642, *Underwriters Laboratories, Standard for Lithium batteries*
- [18] United Nations, New York and Geneva: *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Model Regulations* (revised biennially)
- [19] United Nations, New York and Geneva: 2011, *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria, Chapter 38.3*

- [20] Battery Association of Japan: *Guideline for the design and production of safe Lithium batteries for camera application*, 2nd edition, March 1998
-

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60086-4:2014

Withd2W

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	43
INTRODUCTION	45
1 Domaine d'application	46
2 Références normatives	46
3 Termes et définitions	46
4 Exigences de sécurité	49
4.1 Conception	49
4.2 Plan qualité	49
5 Échantillonnage	50
5.1 Généralités	50
5.2 Échantillons d'essai	50
6 Essais et exigences	50
6.1 Généralités	50
6.1.1 Matrice d'application d'essai	50
6.1.2 Avis de sécurité	51
6.1.3 Température ambiante	51
6.1.4 Tolérances de mesure des paramètres	51
6.1.5 Pré-décharge	52
6.1.6 Éléments supplémentaires	52
6.2 Évaluation des critères d'essai	52
6.2.1 Court-circuit	52
6.2.2 Échauffement excessif	52
6.2.3 Fuite	52
6.2.4 Échappement de gaz	52
6.2.5 Feu	53
6.2.6 Rupture	53
6.2.7 Explosion	53
6.3 Essais et exigences – Vue d'ensemble	53
6.4 Essais relatifs à l'utilisation prévue	54
6.4.1 Essai A: Altitude	54
6.4.2 Essai B: Cycles thermiques	54
6.4.3 Essai C: Vibrations	55
6.4.4 Essai D: Chocs	56
6.5 Essais relatifs à de mauvais usages raisonnablement prévisibles	57
6.5.1 Essai E: Court-circuit extérieur	57
6.5.2 Essai F: Impact	57
6.5.3 Essai G: Écrasement	58
6.5.4 Essai H: Décharge forcée	59
6.5.5 Essai I: Charge anormale	59
6.5.6 Essai J: Chute libre	60
6.5.7 Essai K: Température élevée	60
6.5.8 Essai L: Installation incorrecte	61
6.5.9 Essai M: Décharge excessive	61
6.6 Renseignements à donner dans la spécification appropriée	62
6.7 Évaluation et rapport	63
7 Informations relatives à la sécurité	63

7.1	Précautions de sécurité pendant la conception du matériel	63
7.1.1	Généralités	63
7.1.2	Protection de charge	63
7.1.3	Connexion parallèle	64
7.2	Précautions de sécurité au cours de la manipulation des piles	64
7.3	Emballage	67
7.4	Manipulation des boîtes de piles	67
7.5	Transport	67
7.5.1	Généralités	67
7.5.2	Transport aérien	67
7.5.3	Transport maritime	67
7.5.4	Transport terrestre	67
7.6	Présentation et stockage	67
7.7	Mise au rebut	68
8	Instructions d'utilisation	68
9	Marquage	69
9.1	Généralités	69
9.2	Piles de petite taille	69
9.3	Pictogrammes relatifs à la sécurité	69
Annexe A (informative) Lignes directrices pour assurer la sécurité dans le cas de piles au lithium		70
Annexe B (informative) Lignes directrices pour les concepteurs de matériel utilisant des piles au lithium		71
Annexe C (informative) Informations supplémentaires pour la présentation et le stockage		74
Annexe D (informative) Pictogrammes de sécurité		75
D.1	Généralités	75
D.2	Pictogrammes	75
D.3	Instructions d'utilisation	76
Bibliographie		77
Figure 1 – Ecran grillagé		53
Figure 2 – Procédure pour les cycles thermiques		55
Figure 3 – Exemple de montage d'essai pour l'essai d'impact		58
Figure 4 – Exemple de montage d'essai pour l'essai d'écrasement		59
Figure 5 – Axes pour la chute libre		60
Figure 6 – Schéma de circuit concernant une installation incorrecte		61
Figure 7 – Schéma de circuit pour une décharge excessive		62
Figure 8 – Exemples de circuit de sécurité pour la protection de charge		64
Figure 9 – Gabarit d'ingestion		65
Figure 10 – Exemple d'avertissement contre l'ingestion, notamment de piles à éléments au lithium de type bouton		65
Figure A.1 – Lignes directrices pour la conception des piles		70
Tableau 1 – Nombre d'échantillons d'essai		50
Tableau 2 – Matrice d'application d'essai		51
Tableau 3 – Limites de perte de masse		52

Tableau 4 – Essais d'endurance et exigences.....	54
Tableau 5 – Profil de vibrations (sinusoïdales).....	56
Tableau 6 – Paramètres de choc	56
Tableau 7 – Charge résistive pour la décharge excessive.....	62
Tableau 8 – Paramètres à spécifier.....	63
Tableau B.1 – Lignes directrices pour la conception du matériel (1 de 3)	71
Tableau D.1 – Pictogrammes de sécurité (1 de 2).....	75

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60086-4:2014

Without 2M

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PILES ÉLECTRIQUES –

Partie 4: Sécurité des piles au lithium

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60086-4 a été établie par le comité d'études 35 de l'IEC: Piles.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) Harmonisation avec la deuxième édition de l'IEC 62281 [12]¹;
- b) Circuits de protection en variante en 7.1.1;

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

- c) Plus d'informations relatives aux risques d'ingestion des piles au lithium en (précédemment) 7.2m) et avancement en priorité de cet élément à 7.2a);
- d) Nouvelle Annexe D avec pictogrammes pour certaines des précautions de sécurité en 7.2.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
35/1324/FDIS	35/1332/RVD

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

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

NOTE Les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- exigences proprement dites: caractères romains;
- instructions/avertissements pour les consommateurs: *caractères italiques*.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60086, publiées sous le titre général *Piles électriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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

INTRODUCTION

La notion de sécurité est étroitement liée à la sauvegarde de l'intégrité des personnes et des biens. La présente norme spécifie les essais et les exigences pour les piles au lithium et elle a été préparée conformément aux lignes directrices ISO/IEC, en prenant en compte toutes les normes nationales et internationales qui s'appliquent.

Les piles au lithium sont différentes des piles électriques conventionnelles utilisant un électrolyte aqueux dans la mesure où elles contiennent des matériaux inflammables.

Par conséquent, il est important de bien prendre en compte la sécurité aux étapes que sont la conception, la production, la distribution, l'utilisation et la mise au rebut des piles au lithium. Compte tenu de leurs caractéristiques spécifiques, les piles au lithium pour les applications grand public étaient à l'origine de petite taille et de faible puissance. Il existait également des piles au lithium de forte puissance qui étaient utilisées pour des applications industrielles et militaires particulières dont l'une des particularités était d'être "remplaçables par un technicien". La première édition de cette norme avait été rédigée pour prendre en compte cette situation.

Cependant, depuis la fin des années 1980 environ, des piles au lithium de forte puissance ont commencé à être largement utilisées sur le marché de remplacement grand public, principalement en tant que source de puissance dans les appareils de prise de vues. La demande pour de telles piles au lithium de forte puissance ayant augmenté de manière significative, différents fabricants ont commencé à en produire. Par conséquent, les aspects de sécurité relatifs aux piles au lithium de forte puissance ont été inclus dans la seconde édition de la présente norme.

Les piles au lithium tant pour les applications grand public que pour les applications industrielles sont des produits du marché dont la sûreté et la fiabilité sont bien établies, cela étant, au moins en partie, dû à l'existence de normes de sécurité telles que la présente norme et, pour le transport, de l'IEC 62281. La quatrième édition de la présente norme ne reflète donc que les modifications mineures qui étaient devenues nécessaires pour qu'elle reste harmonisée avec l'IEC 62281 et pour continuer à améliorer les informations destinées à l'utilisateur touchant les questions de sécurité.

Les lignes directrices relatives aux questions de sécurité au moment de la conception des piles au lithium sont données dans l'Annexe A. L'Annexe B donne les lignes directrices relatives aux questions de sécurité au moment de la conception des matériels dans lesquels sont installées des piles au lithium. Les deux Annexes A et B reflètent l'expérience acquise avec les piles au lithium utilisées dans les applications pour les appareils de prise de vues et sont fondées sur le document de référence [20].

La sécurité est à l'absence de risques inacceptables. La sécurité absolue ne peut pas exister: il subsistera toujours un risque. De ce fait, un produit, un procédé ou un service ne peut être sûr que de manière relative. La sécurité est obtenue en réduisant le risque à un niveau tolérable déterminé par la recherche d'un équilibre optimal entre l'idéal de sécurité absolue et les exigences auxquelles doit répondre un produit, un procédé ou un service, et des facteurs tels que le bénéfice pour l'utilisateur, l'adéquation à l'usage prévu, la rentabilité et les conventions de la société concernée.

Dans la mesure où la sécurité pose différents problèmes, il est impossible d'établir une liste de dispositions et de recommandations précises qui s'appliqueraient dans tous les cas. Cependant, si elle est suivie de manière judicieuse en fonction de son applicabilité, cette norme constituera une référence raisonnable et cohérente en matière de sécurité.

PILES ÉLECTRIQUES –

Partie 4: Sécurité des piles au lithium

1 Domaine d'application

Cette partie de l'IEC 60086 spécifie les essais et les exigences pour les piles électriques au lithium afin d'assurer leur fonctionnement en toute sécurité dans les conditions d'utilisation prévue et en cas de mauvais usage raisonnablement prévisible.

NOTE Les piles électriques au lithium qui sont normalisées dans l'IEC 60086-2 sont prévues pour satisfaire à toutes les exigences applicables ci-dessous. Il est entendu que la présente partie de l'IEC 60086 pourrait également être prise en compte pour mesurer les piles électriques au lithium non normalisées et/ou s'assurer qu'elles sont sûres. Dans les deux cas, il n'existe aucune déclaration ou garantie que la conformité ou la non-conformité avec la présente norme internationale répondra ou ne répondra pas aux objectifs ou aux besoins particuliers de l'utilisateur.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60086-1:2011, *Piles électriques – Partie 1: Généralités*

IEC 60086-2, *Piles électriques – Partie 2: Spécifications physiques et électriques*

3 Termes et définitions

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

NOTE Certaines définitions tirées de l'IEC 60050-482, de l'IEC 60086-1 et du Guide IEC 51 sont répétées ci-après, dans un souci de commodité.

3.1 pile

un ou plusieurs éléments raccordés électriquement et placés dans un boîtier, avec des bornes, des marquages et des dispositifs de protection etc, selon ce qui est nécessaire pour l'utilisation

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-04, modifiée ("équipés des dispositifs nécessaires pour l'emploi, par exemple boîtier" remplacé par "raccordés électriquement et placés dans un boîtier", ajout de "etc., selon ce qui est nécessaire pour l'utilisation")]

3.2 élément bouton pile bouton

petit élément ou petite pile de forme cylindrique d'une hauteur totale inférieure à son diamètre

Note 1 à l'article: En anglais le terme "coin (cell ou battery)" est seulement utilisé pour les piles au lithium, alors que le terme "button (cell ou battery)" est seulement utilisé pour les piles autres que les piles au lithium. Dans les autres langues, les termes pour l'anglais "coin" et "button" sont souvent interchangeables, quel que soit le système électrochimique.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-40, modifiée (le terme “button” a été supprimé en anglais, NOTE “En pratique, le terme élément bouton est utilisé exclusivement pour les piles au lithium non aqueuses.” remplacé par une note différente)]

3.3

élément

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

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

3.4

élément composant

élément contenu dans une pile

3.5

(élément ou pile) cylindrique

élément rond ou pile ronde d'une hauteur totale supérieure ou égale à son diamètre

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-39, modifiée (“élément de forme cylindrique” remplacé par “élément rond ou pile ronde”)]

3.6

profondeur de décharge

DOD

pourcentage de capacité assignée déchargée d'une pile

Note 1 à l'article: L'abréviation «DOD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «depth of discharge».

3.7

complètement déchargé

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

3.8

dommage

blessure physique ou atteinte à la santé des personnes, ou atteinte aux biens ou à l'environnement

[SOURCE: Guide ISO/IEC 51:1999, 3.3]

3.9

phénomène dangereux

source potentielle de dommage

[SOURCE: Guide ISO/IEC 51:1999, 3.5, modifiée (suppression de la NOTE)]

3.10

utilisation prévue

utilisation d'un produit, d'un procédé ou service conformément aux informations données par le fournisseur

[SOURCE: Guide ISO/IEC 51:1999, 3.13]

3.11

grande pile

pile dont la masse brute est supérieure à 12 kg

3.12

grand élément

élément dont la masse brute est supérieure à 500 g

3.13

élément au lithium

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

[SOURCE: IEC 60050-482:2004 482-01-06, modifiée (suppression de la NOTE)]

3.14

tension nominale

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

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

3.15

tension en circuit ouvert

OCV, U_{OC} , tension à vide

tension aux bornes d'un élément ou d'une pile en l'absence de tout courant externe

Note 1 à l'article: L'abréviation «OCV» est dérivée du terme anglais développé correspondant «open circuit voltage».

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-32, modifiée (variantes "OCV, U_{OC} , tension à vide" ajoutés, "aux bornes" ajoutées, "lorsque le courant de décharge est nul" remplacé par "en l'absence de tout courant externe")]

3.16

élément parallélépipédique

pile parallélépipédique

qualifie un élément ou une pile ayant la forme d'un parallélépipède dont les faces sont rectangulaires

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-38]

3.17

dispositifs de protection

dispositifs tels que les fusibles, les diodes ou d'autres limiteurs de courant électriques ou électroniques, conçus pour interrompre la circulation du courant, bloquer la circulation du courant dans un sens ou limiter la circulation de courant dans un circuit électrique

3.18

capacité assignée

valeur de la capacité d'un élément ou d'une pile déterminée dans des conditions spécifiées et déclarées par le fabricant

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modifié ("élément ou" ajouté)]

3.19**mauvais usage raisonnablement prévisible**

utilisation d'un produit, d'un procédé ou d'un service dans des conditions ou à des fins non prévues par le fournisseur, mais qui peut provenir d'un comportement humain envisageable

[SOURCE: Guide ISO/IEC Guide 51:1999, 3.14]

3.20**risque**

combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité

[SOURCE: Guide ISO/IEC 51:1999, 3.2]

3.21**sécurité**

absence de risque inacceptable

[SOURCE: Guide ISO/IEC 51:1999, 3.1]

3.22**non déchargé**

état de charge d'un élément primaire ou d'une pile correspondant à une profondeur de décharge de 0 %

4 Exigences de sécurité**4.1 Conception**

Les piles au lithium sont classées en fonction de leur composition chimique (anode, cathode, électrolyte), de leur construction interne (bobine, spirale) et sont disponibles dans des configurations cylindriques, de type bouton, et parallélépipédiques. Il est nécessaire de prendre en compte tous les aspects de sécurité correspondants, au moment de la conception de la pile, en intégrant le fait qu'ils peuvent considérablement différer, en fonction du système au lithium mis en œuvre, de la puissance et de la configuration de la pile.

Les notions suivantes de conception pour assurer la sécurité sont communes à toutes les piles au lithium:

- a) L'échauffement anormal dépassant la valeur critique définie par le fabricant doit être évité par la conception.
- b) Les augmentations de température à l'intérieur de la pile doivent être maîtrisées par une conception qui limite la circulation du courant.
- c) Les éléments et les piles au lithium doivent être conçus pour éviter les pressions internes excessives ou pour empêcher une rupture violente pendant le transport, l'utilisation prévue et un mauvais usage raisonnablement prévisible.

Voir l'Annexe A pour les lignes directrices à suivre pour assurer la sécurité des piles au lithium.

4.2 Plan qualité

Le fabricant doit préparer et mettre en œuvre un plan qualité définissant les procédures pour l'examen des matériaux, composants, éléments et piles au cours de la fabrication, devant être appliquées au processus complet de production d'un type spécifique de pile. Il convient que les fabricants comprennent leurs capacités opérationnelles de processus et qu'ils engagent les contrôles de processus nécessaires dans la mesure où ils sont liés à la sécurité des produits.

5 Échantillonnage

5.1 Généralités

Il convient de prélever des échantillons dans les lots de production conformément aux méthodes statistiques acceptées.

5.2 Échantillons d'essai

Le nombre d'échantillons d'essai est donné dans le Tableau 1. Les mêmes éléments et piles d'essai sont utilisés pour les essais A à E successivement. Des éléments neufs et piles d'essai neuves sont exigés pour chacun des essais F à M.

Tableau 1 – Nombre d'échantillons d'essai

Essais	État de décharge	Éléments et piles comportant un seul élément ^a	Piles comportant plusieurs éléments
Essais A à E	Non déchargés	10	4
	Complètement déchargés	10	4
Essai F ou G	Non déchargés	5	5 éléments composants
	Complètement déchargés	5	5 éléments composants
Essai H	Complètement déchargés	10	10 éléments composants
Essais I à K	Non déchargés	5	5
Essai L	Non déchargés	20 (voir Note 1)	n/a
Essai M	Pré-déchargés à 50 %	20 (voir Note 2)	n/a
	Pré-déchargés à 75 %	20 (voir Note 3)	n/a
^a dans le cas des piles comportant un seul élément qui a été soumis à essai, de nouveaux essais ne sont pas requis, sauf si le changement est susceptible de conduire à un échec de l'un quelconque des essais.			
Légende: n/a: non applicable			
NOTE 1 Quatre piles montées en série avec l'une des quatre piles inversée (cinq ensembles)			
NOTE 2 Quatre piles montées en série, l'une d'elles étant pré-déchargée à 50 % (cinq ensembles)			
NOTE 3 Quatre piles montées en série, l'une d'elles étant pré-déchargée à 75 % (cinq ensembles)			

6 Essais et exigences

6.1 Généralités

6.1.1 Matrice d'application d'essai

L'applicabilité des méthodes d'essai aux éléments et piles d'essai est présentée dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Matrice d'application d'essai

Forme	Essais applicables												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
s	x	x	x	x	x	x ^a	x ^a	x	x	x	x	x ^b	x ^c
m	x	x	x	x	x	x ^{a, d}	x ^{a, d}	x ^d	x	x	x	n/a	n/a
Description de l'essai:								Légende:					
Essais relatifs à l'utilisation prévue A: Altitude B: Cycles thermiques C: Vibrations D: Chocs			Essais relatifs à de mauvais usages raisonnablement prévisibles E: Court-circuit extérieur F: Impact G: Ecrasement H: Décharge forcée I: Charge anormale J: Chute libre K: Température élevée L: Installation incorrecte M: Décharge excessive					Forme s: élément ou pile comportant un seul élément m: pile comportant des éléments multiples					
								Applicabilité x: Applicable n/a: Non applicable					
a Un seul essai doit être appliqué, l'essai F ou l'essai G.													
b Uniquement applicable aux modèles CR17345, CR15H270 et piles de type similaire de construction en spirale susceptibles d'être installées de manière incorrecte et chargées.													
c Uniquement applicable aux modèles CR17345, CR15H270 et piles de type similaire de construction en spirale susceptibles de subir une décharge excessive.													
d L'essai s'applique aux éléments composants.													

6.1.2 Avis de sécurité

AVERTISSEMENT: Ces essais exigent l'utilisation de procédures qui peuvent entraîner des blessures si des précautions appropriées ne sont pas prises.

Lors de la rédaction de ces essais, il a été prévu qu'ils seraient réalisés par des techniciens suffisamment qualifiés et expérimentés utilisant une protection appropriée.

6.1.3 Température ambiante

Sauf spécification contraire, les essais doivent être effectués à une température ambiante de 20 °C ± 5 °C.

6.1.4 Tolérances de mesure des paramètres

L'exactitude globale des valeurs contrôlées ou mesurées, par rapport aux paramètres spécifiés ou réels, doit se situer dans les tolérances suivantes:

- a) ± 1 % pour la tension;
- b) ± 1 % pour le courant;
- c) ± 2 °C pour la température;
- d) ± 0,1 % pour la durée;
- e) ± 1 % pour les dimensions;
- f) ± 1 % pour les capacités.

Ces tolérances comprennent l'exactitude combinée des instruments de mesure, des techniques de mesure utilisées et de toute autre source d'erreur dans la procédure d'essai.

6.1.5 Pré-décharge

Lorsqu'un essai exige une pré-décharge, les éléments d'essai ou les piles d'essai doivent être déchargés à leur profondeur respective de décharge sur une charge résistive avec laquelle la capacité assignée est obtenue ou à un courant spécifié par le fabricant.

6.1.6 Éléments supplémentaires

Si des éléments supplémentaires sont exigés pour réaliser un essai, ils doivent être du même type et, de préférence, du même lot de production que l'élément d'essai.

6.2 Évaluation des critères d'essai

6.2.1 Court-circuit

On considère qu'il y a eu un court-circuit pendant un essai si la tension en circuit ouvert de l'élément ou de la pile immédiatement après l'essai est inférieure à 90 % de sa valeur avant l'essai. Cette exigence n'est pas applicable aux éléments et aux piles d'essai complètement déchargés.

6.2.2 Échauffement excessif

On considère qu'il y a eu un échauffement excessif pendant un essai si la température extérieure du boîtier de l'élément ou de la pile d'essai dépasse 170 °C.

6.2.3 Fuite

On considère qu'il y a eu une fuite pendant un essai si de l'électrolyte ou une autre matière s'échappe de manière visible de l'élément ou de la pile d'essai ou s'il y a une perte de matière (à l'exception du boîtier de pile, des dispositifs de manipulation ou des étiquettes) de l'élément ou de la pile d'essai correspondant à une perte de masse dépassant les limites consignées dans le Tableau 3.

L'équation suivante est donnée pour quantifier la perte de masse $\Delta m / m$,

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

Où

m_1 est la masse avant un essai;

m_2 est la masse après cet essai.

Tableau 3 – Limites de perte de masse

Masse de l'élément ou de la pile m	Limite de 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 %

6.2.4 Échappement de gaz

On considère qu'il y a eu un échappement de gaz si, au cours d'un essai, et par suite d'une augmentation excessive de la pression interne, des gaz s'échappent d'un élément ou d'une

pile par un dispositif de sécurité conçu à cet effet. Ces gaz peuvent contenir des matériaux piégés.

6.2.5 Feu

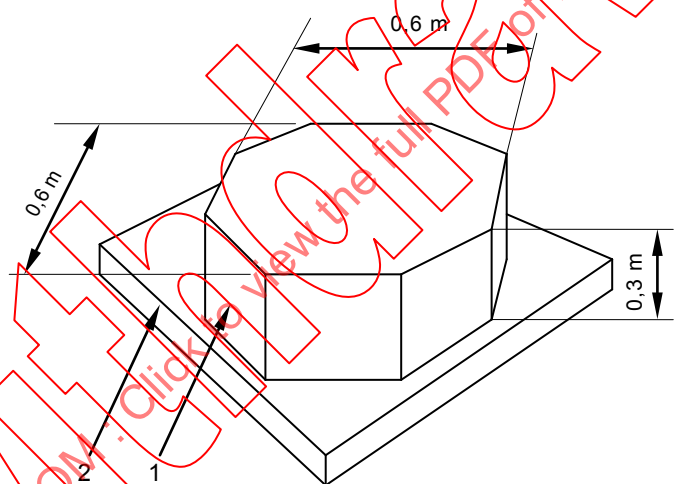
On considère qu'il y a eu un feu si, au cours d'un essai, des flammes sont produites par l'élément ou la pile en essai.

6.2.6 Rupture

On considère qu'il y a eu une rupture si, au cours d'un essai, le conteneur d'un élément ou le boîtier d'une pile a subi une défaillance mécanique, entraînant l'expulsion de gaz, le déversement de liquides ou l'éjection de matériaux solides, mais sans explosion.

6.2.7 Explosion

On considère qu'il y a eu une explosion si, au cours d'un essai, de la matière solide d'un élément ou d'une pile a pénétré dans un écran grillagé, placé comme représenté à la Figure 1 centré au-dessus de l'élément ou de la pile sur une plaque d'acier. L'écran doit être fabriqué à partir de fils d'aluminium recuit d'un diamètre de 0,25 mm avec une densité de grille de six fils à sept fils par centimètre.



IEC

NOTE La figure montre un écran grillagé en aluminium (1) de forme octogonale reposant sur une plaque d'acier (2).

Figure 1 – Ecran grillagé

6.3 Essais et exigences – Vue d'ensemble

La présente norme donne les essais de sécurité concernant l'utilisation prévue (essais A à D) et les mauvais usages raisonnablement prévisibles (essais E à M).

Le Tableau 4 contient une vue d'ensemble des essais et des exigences concernant l'utilisation prévue et les mauvais usages raisonnablement prévisibles.

Tableau 4 – Essais d'endurance et exigences

Essai		Désignation	Exigences
Essais relatifs à l'utilisation prévue	A	Altitude	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	B	Cycles thermiques	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	C	Vibrations	NL, NV, NC, NR, NE, NF
	D	Chocs	NL, NV, NC, NR, NE, NF
Essais relatifs à de mauvais usages raisonnablement prévisibles	E	Court-circuit extérieur	NT, NR, NE, NF
	F	Impact	NT, NE, NF
	G	Écrasement	NT, NE, NF
	H	Décharge forcée	NE, NF
	I	Charge anormale	NE, NF
	J	Chute libre	NV, NE, NF
	K	Température élevée	NE, NF
	L	Installation incorrecte	NE, NF
	M	Décharge excessive	NE, NF
Les essais A à E doivent être exécutés les uns après les autres sur le même élément ou la même pile. Les essais F et G sont des variantes. Seul l'un d'entre eux doit être exécuté.			
Légende NC: Pas de court-circuit NE: Pas d'explosion NF: Pas de feu NL: Pas de fuite NR: Pas de rupture NT: Pas d'échauffement excessif NV: Pas d'échappement de gaz Voir 6.2 pour une description détaillée des critères d'essai			

6.4 Essais relatifs à l'utilisation prévue

6.4.1 Essai A: Altitude

a) Objet

Cet essai simule les conditions de basse pression propres au transport aérien.

b) Procédure d'essai

Les éléments et piles d'essai doivent être stockés à une pression de 11,6 kPa ou inférieure pendant au moins 6 h à température ambiante.

c) Exigences

Il ne doit y avoir ni fuite, ni échappement de gaz, ni court-circuit, ni rupture, ni explosion, ni feu au cours de cet essai.

6.4.2 Essai B: Cycles thermiques

a) Objet

Cet essai évalue l'intégrité de l'étanchéité des éléments et des piles et celle de leurs connexions électriques internes. L'essai est exécuté en appliquant des cycles de température.

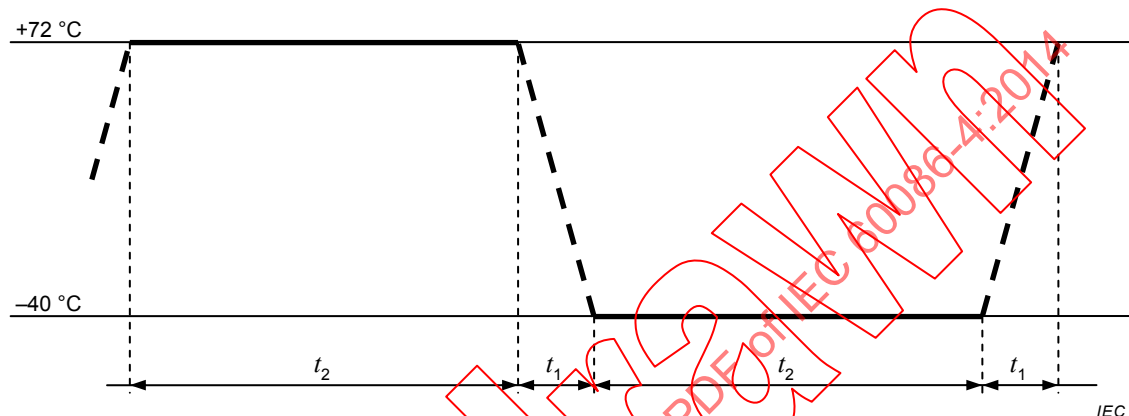
b) Procédure d'essai

Les éléments et piles d'essai doivent être stockés pendant au moins 6 h à une température d'essai de 72 °C, puis pendant au moins 6 h à une température d'essai de – 40 °C. La durée maximale de transition entre les températures doit être de 30 min. Chaque élément ou pile d'essai doit être soumis à cette procédure à 10 reprises. Celle-ci est suivie par un stockage pendant au moins 24 h à température ambiante.

NOTE La Figure 2 montre un des dix cycles.

Pour les grands éléments et les grandes piles, 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 piles d'essai précédemment soumis à l'essai d'altitude.



Légende

$t_1 \leq 30 \text{ min}$

$t_2 \geq 6 \text{ h}$ (12 h pour les grands éléments et les grandes piles)

Figure 2 – Procédure pour les cycles thermiques

c) Exigences

Il ne doit y avoir ni fuite, ni échappement de gaz, ni court-circuit, ni rupture, ni explosion, ni feu au cours de cet essai.

6.4.3 Essai C: Vibrations

a) Objet

Cet essai simule des vibrations survenant pendant le transport. Les conditions d'essai sont fondées sur la gamme de vibrations fournie par l'OACI [2].

b) Procédure d'essai

Les éléments et les piles d'essai doivent être solidement fixés à la plate-forme du générateur de vibrations, sans déformation et de manière à transmettre fidèlement les vibrations. Les éléments et les piles d'essai doivent être soumis à des vibrations sinusoïdales selon le Tableau 5 qui montre une amplitude d'accélération supérieure différente pour les grandes piles. Ce cycle doit être répété 12 fois pendant 3 h au total pour chacune des trois positions de montage perpendiculaires les unes par rapport aux autres. Une des directions doit être perpendiculaire à la face des bornes.

L'essai doit être réalisé en utilisant les éléments et les piles d'essai précédemment soumis à l'essai de cycles thermique.

Tableau 5 – Profil de vibrations (sinusoïdales)

Plage de fréquences		Amplitudes	Durée du cycle de balayage logarithmique (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, une amplitude de déplacement de 0,8 mm correspond à un déplacement crête à crête de 1,6 mm.

Légende

f_1, f_4 fréquences inférieure et supérieure

f_2, f_3 fréquences de transfert;

$f_2 \approx 17,62 \text{ Hz}$; et

$f_3 \approx 49,84 \text{ Hz}$, sauf pour les grandes piles, pour lesquelles $f_3 \approx 24,92 \text{ Hz}$

a_1, a_2 amplitude d'accélération

$a_2 = 8 g_n$ sauf pour les grandes piles, pour lesquelles $a_2 = 2 g_n$

s amplitude de déplacement

NOTE $g_n = 9,80665 \text{ m / s}^2$

c) Exigences

Il ne doit y avoir ni fuite, ni échappement de gaz, ni court-circuit, ni rupture, ni explosion, ni feu au cours de cet essai.

6.4.4 Essai D: Chocs

a) Objet

Cet essai simule des chocs survenant pendant le transport.

b) Procédure d'essai

Les éléments et piles d'essai doivent être fixés sur l'appareil d'essai au moyen d'un montage rigide venant au contact de toutes les faces de chaque élément ou pile d'essai. Chaque élément ou pile d'essai doit être soumis à 3 chocs selon chaque direction des trois positions de montage mutuellement perpendiculaires de l'élément ou de la pile ce qui correspond à 18 chocs au total. Pour chaque choc, les paramètres donnés dans le 0 doivent être appliqués.

Tableau 6 – Paramètres de choc

	Forme d'onde	Accélération de crête	Durée de l'impulsion	Nombre de chocs par demi-axe
Éléments ou piles à l'exception des grand(e)s	Demi-sinusoïde	$150 g_n$	6 ms	3
Grands éléments ou grandes piles	Demi-sinusoïde	$50 g_n$	11 ms	3

NOTE $g_n = 9,80665 \text{ m / s}^2$

L'essai doit être réalisé en utilisant les éléments et les piles d'essai précédemment soumis à l'essai de vibrations.

c) Exigences

Il ne doit y avoir ni fuite, ni échappement de gaz, ni court-circuit, ni rupture, ni explosion, ni feu au cours de cet essai.

6.5 Essais relatifs à de mauvais usages raisonnablement prévisibles

6.5.1 Essai E: Court-circuit extérieur

a) Objet

Cet essai simule les conditions entraînant un court-circuit extérieur.

b) Procédure d'essai

L'élément ou la pile d'essai doit être stabilisé à une température extérieure du boîtier de 55 °C et ensuite soumis à un état de court-circuit avec une résistance externe totale inférieure à 0,1 Ω à 55 °C. Cet état de court-circuit est maintenu pendant au moins 1 h après retour à 55 °C de la température extérieure du boîtier de l'élément ou de la pile.

L'échantillon d'essai doit être observé pendant une durée supplémentaire de 6 h.

L'essai doit être réalisé en utilisant les échantillons d'essai précédemment soumis à l'essai de chocs.

c) Exigences

Il ne doit se produire aucun échauffement excessif, aucune rupture, aucune explosion ou aucun feu pendant cet essai ni pendant les 6 h d'observation.

6.5.2 Essai F: Impact

a) Objet

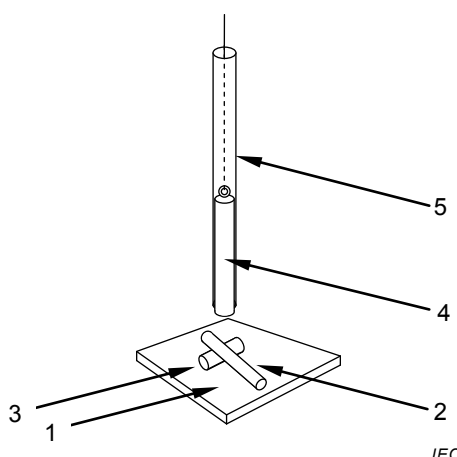
Cet essai simule les sévices mécaniques résultant d'un impact qui peut conduire à un court-circuit interne.

b) Procédure d'essai

L'essai d'impact est applicable aux éléments cylindriques dont le diamètre est supérieur à 20 mm.

L'élément d'essai ou l'élément composant est placé sur une surface plane et lisse. Une barre d'acier inoxydable (de type 316 ou équivalent) de 15,8 mm $\pm$ 0,1 mm de diamètre et d'une longueur d'au moins 60 mm ou de la dimension la plus grande de l'élément, la plus élevée de ces deux valeurs étant retenue, est placée sur le centre de l'échantillon d'essai. Une masse de 9,1 kg $\pm$ 0,1 kg est lâchée d'une hauteur de 61 cm $\pm$ 2,5 cm à l'intersection de la barre et de l'échantillon d'essai, de façon contrôlée, au moyen d'une coulisse ou tuyère verticale pratiquement sans frottement et présentant une résistance de traînée minimale sur la masse en chute. La coulisse ou tuyère verticale utilisée pour guider la masse en chute doit être inclinée à 90 degrés par rapport à la surface horizontale supportant le dispositif.

L'échantillon d'essai doit subir l'impact en ayant son axe longitudinal parallèle à la surface plane et perpendiculaire à l'axe longitudinal de la barre en acier inoxydable reposant au centre de l'échantillon d'essai (voir Figure 3).



NOTE La figure montre une surface plane et lisse (1) et une barre en acier inoxydable (2) qui est placée sur le centre de l'échantillon d'essai (3). Une masse (4) tombe à l'intersection, de façon contrôlée au moyen d'une coulisse verticale (5).

Figure 3 – Exemple de montage d'essai pour l'essai d'impact

Chaque élément d'essai ou élément composant doit être soumis à un seul impact.

L'échantillon d'essai doit être observé pendant une durée de 6 h supplémentaires.

L'essai doit être réalisé en utilisant des éléments d'essai ou des éléments composants qui n'ont pas été précédemment soumis à d'autres essais.

c) Exigences

Il ne doit se produire aucun échauffement excessif, aucune explosion ni aucun feu pendant cet essai et dans les 6 h d'observation qui suivent.

6.5.3 Essai G: Écrasement

a) Objet

Cet essai simule les sévices mécaniques résultant d'un écrasement qui peut conduire à un court-circuit interne.

b) Procédure d'essai

L'essai d'écrasement est applicable aux éléments boutons, parallélépipédiques, souples², et aux éléments cylindriques d'un diamètre ne dépassant pas 20 mm.

Un élément ou élément composant doit être écrasé entre deux surfaces planes. L'écrasement doit être progressif avec une vitesse d'environ 1,5 cm / s au moment du premier contact. L'écrasement doit être maintenu jusqu'à ce que l'une des trois conditions ci-dessous soit obtenue:

- 1) La force appliquée atteint $13 \text{ kN} \pm 0,78 \text{ kN}$;

EXEMPLE: La force peut être appliquée par un vérin hydraulique avec un piston de 32 mm de diamètre jusqu'à ce qu'une pression de 17 MPa soit atteinte sur le vérin hydraulique.

- 2) La tension de l'élément chute d'au moins 100 mV; ou

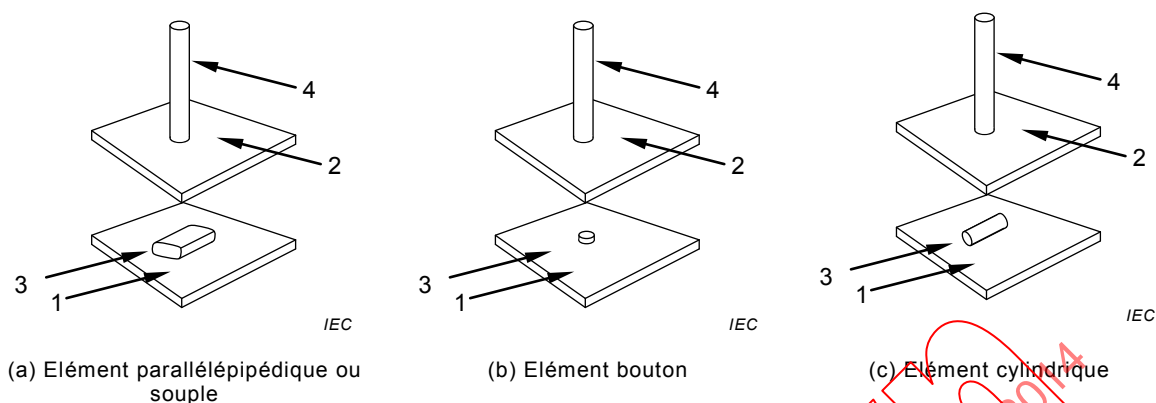
- 3) L'élément est déformé d'au moins 50 % par rapport à son épaisseur d'origine.

Dès que l'une des conditions ci-dessus est remplie, la pression doit être relâchée.

Un élément parallélépipédique ou souple doit être écrasé en appliquant la force sur le côté ayant la surface la plus grande. Un élément bouton doit être écrasé en appliquant la

² Le terme "élément souple" est utilisé dans le présent document en lieu et place du terme «pile "en sachet"» utilisé dans le document de référence [19]. Il est également utilisé en lieu et place des termes «élément avec boîtier en feuille stratifiée» et «élément en feuille stratifiée».

force sur ses surfaces planes. Pour les éléments cylindriques, la force d'écrasement doit être appliquée perpendiculairement à l'axe longitudinal. Voir la Figure 4.



NOTE Les Figures 4a) à 4c) montrent deux surfaces planes (1 et 2) avec des piles (3) de formes différentes placées entre elles pour l'écrasement, au moyen d'un piston (4).

Figure 4 – Exemple de montage d'essai pour l'essai d'écrasement

Chaque élément d'essai ou élément composant doit être soumis à un seul écrasement.

L'échantillon d'essai doit être observé pendant une durée supplémentaire de 6 h.

L'essai doit être réalisé en utilisant des éléments d'essai ou des éléments composants qui n'ont pas été précédemment soumis à d'autres essais.

c) Exigences

Il ne doit se produire aucun échauffement excessif, aucune explosion ni aucun feu pendant cet essai et dans les 6 h d'observation qui suivent.

6.5.4 Essai H: Décharge forcée

a) Objet

Cet essai évalue la capacité d'un élément à résister à une condition de décharge forcée.

b) Procédure d'essai

Chaque élément doit être soumis à une décharge forcée à température ambiante en le connectant en série à une alimentation en courant continu de 12 V à un courant initial égal au courant de décharge continu maximal spécifié par le fabricant.

Le courant de décharge spécifié est obtenu en connectant une charge résistive de taille et de caractéristiques assignées appropriées en série avec l'élément d'essai et l'alimentation en courant continu. Chaque élément doit être soumis à une décharge forcée pendant une durée égale à sa capacité assignée divisée par le courant d'essai initial.

Cet essai doit être réalisé en utilisant des éléments d'essai ou des éléments composants complètement déchargés qui n'ont pas été soumis à d'autres essais auparavant.

c) Exigences

Il ne doit se produire ni explosion, ni feu au cours de cet essai et dans les sept jours qui suivent l'essai.

6.5.5 Essai I: Charge anormale

a) Objet

Cet essai simule la condition dans laquelle une pile est installée dans un dispositif et se trouve exposée à une tension inverse provenant d'une alimentation externe, par exemple une unité de sauvegarde de mémoire comportant une diode défectueuse (voir 7.1.2). Les conditions d'essai sont fondées sur la norme UL 1642 [17].

b) Procédure d'essai

Chaque pile d'essai doit être soumise à un courant de charge égal à trois fois le courant de charge anormale I_c spécifié par le fabricant de piles en la connectant de manière opposée à l'alimentation en courant continu. A moins que l'alimentation ne permette le

réglage du courant, le courant de charge spécifié doit être obtenu en connectant une résistance de taille et de caractéristiques appropriées en série avec la pile.

La durée d'essai doit être calculée au moyen de la formule:

$$t_d = 2,5 \times C_n / (3 \times I_c)$$

où

t_d est la durée de l'essai. Afin d'accélérer l'essai, il est permis de régler les paramètres d'essai de façon à ce que t_d ne dépasse pas 7 jours;

C_n est la capacité nominale;

I_c est le courant de charge anormale déclaré par le fabricant pour cet essai.

c) Exigences

Il ne doit se produire ni explosion, ni feu pendant cet essai.

6.5.6 Essai J: Chute libre

a) Objet

Cet essai simule la situation dans laquelle on laisse accidentellement tomber une pile. La condition d'essai est fondée sur l'IEC 60068-2-31 [7].

b) Procédure d'essai

Les piles en essai doivent être lâchées d'une hauteur de 1 m sur une surface en béton. On doit laisser tomber chaque pile d'essai six fois, une pile parallélépipédique une fois sur chacune de ses six faces, une pile cylindrique deux fois selon chacun des trois axes comme illustré à la Figure 5. Les piles d'essai doivent ensuite être stockées pendant 1 h.

L'essai doit être réalisé avec des éléments et piles d'essai non déchargés.

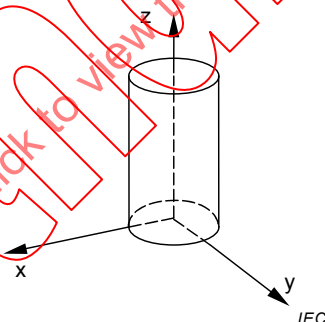


Figure 5 – Axes pour la chute libre

c) Exigences

Il ne doit se produire ni échappement de gaz, ni explosion et ni feu pendant cet essai et pendant la période d'observation de 1 h.

6.5.7 Essai K: Température élevée

a) Objet

Cet essai simule la situation d'une pile qui est exposée à une température extrêmement élevée.

b) Procédure d'essai

Une pile d'essai doit être placée dans une étuve et la température doit être augmentée à raison de 5 °C/min jusqu'à atteindre 130 °C, température à laquelle la pile doit demeurer pendant 10 min.

c) Exigences

Il ne doit se produire ni explosion, ni feu pendant cet essai.

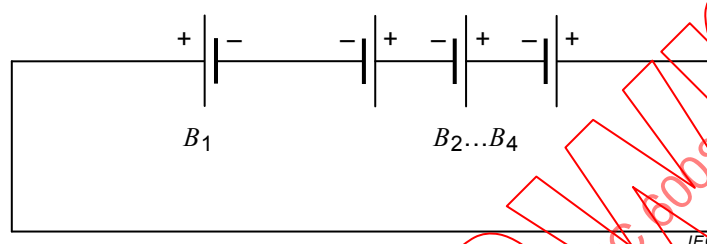
6.5.8 Essai L: Installation incorrecte

a) Objet

Cet essai simule la situation dans laquelle une pile comportant un seul élément est inversée.

b) Procédure d'essai

Une pile d'essai est montée en série avec trois piles supplémentaires non déchargées comportant un seul élément, de la même marque et du même type, de telle manière que les bornes de la pile d'essai soient connectées de manière inversée. La résistance du circuit d'interconnexion ne doit pas être supérieure à $0,1\ \Omega$. Le circuit doit être maintenu pendant 24 h ou jusqu'à ce que la température du boîtier de la pile soit revenue à la température ambiante (voir la Figure 6).



Légende

B_1 Élément d'essai

$B_2...B_4$ Éléments supplémentaires, non déchargés

Figure 6 – Schéma de circuit concernant une installation incorrecte

c) Exigences

Il ne doit se produire ni explosion, ni feu pendant cet essai.

6.5.9 Essai M: Décharge excessive

a) Objet

Cet essai simule la condition dans laquelle une pile déchargée comportant un seul élément est connectée en série avec d'autres piles non déchargées comportant un seul élément. L'essai simule, de surcroît, l'utilisation de piles dans des appareils à moteur dans lesquels, en général, des courants supérieurs à 1 A sont nécessaires.

NOTE Les piles de type CR17345 et CR15H270 sont largement utilisées dans les appareils à moteur dans lesquels les courants supérieurs à 1 A sont nécessaires. Le courant pour les piles non normalisées peut être différent.

b) Procédure d'essai

Chaque pile d'essai doit être pré-déchargée à une profondeur de décharge de 50 %. Elle doit ensuite être connectée en série avec trois piles supplémentaires non déchargées comportant un seul élément, du même type.

Une charge résistive R_1 est connectée en série avec l'ensemble de piles de la Figure 7, R_1 étant tirée du Tableau 7.

L'essai doit être poursuivi pendant 24 h ou jusqu'à ce que la température du boîtier de la pile soit revenue à la température ambiante.

L'essai doit être répété avec des piles d'essai pré-déchargées à 75 %.

Tableau 7 – Charge résistive pour la décharge excessive

Type de pile	Charge résistive R_1 Ω
CR17345	8,20
CR15H270	8,20

NOTE Tableau à modifier ou à compléter lorsque des piles supplémentaires de construction en spirale seront normalisées.

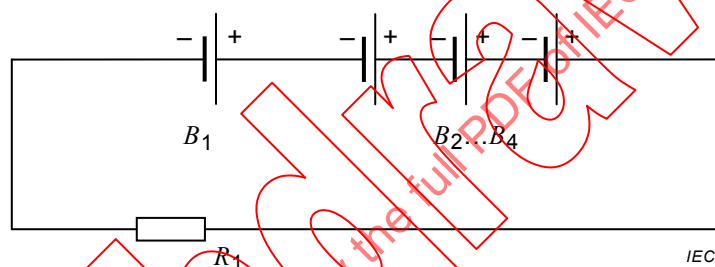
EXEMPLE Lorsque les piles CR17345 et CR15H270 ont été normalisées, R_1 était déterminée à partir de la tension finale de l'ensemble de la Figure 7, en utilisant la formule

$$R = 4 \times 2,0 \text{ V} / 1 \text{ A}$$

où

2,0 V est la tension finale tirée des tableaux de spécifications de l'IEC 60086-2, et 1 A est le courant d'essai.

R_1 est ensuite trouvé en arrondissant R à la valeur la plus proche dans le Tableau 6 de l'IEC 60086-1:2011.



Légende

- B_1 Pile d'essai, pré-déchargée à 50 % et, dans des essais séparés, pré-déchargée à 75 %.
- $B_2... B_4$ Piles supplémentaires, non-déchargées
- R_1 Charge résistive

Figure 7 – Schéma de circuit pour une décharge excessive

c) Exigences

Il ne doit se produire ni explosion, ni feu pendant cet essai.

6.6 Renseignements à donner dans la spécification appropriée

Lorsque la présente norme est citée dans une spécification, les paramètres indiqués dans le Tableau 8 doivent être donnés dans la mesure où ils sont applicables:

Tableau 8 – Paramètres à spécifier

Article	Paramètres	Article et/ou paragraphes
a)	Courant de pré-décharge ou charge résistive et tension finale spécifiés par le fabricant	6.1.5
b)	Forme: parallélépipédique, souple, bouton ou cylindrique; Diamètre: ne dépassant pas 20 mm ou supérieur à 20 mm.	6.5.2 et 6.5.3
c)	Courant de décharge continu maximal spécifié par le fabricant pour l'essai H NOTE La décharge forcée d'un élément peut se produire lorsqu'il est connecté en série avec d'autres éléments et lorsqu'il n'est pas protégé avec une diode montée en parallèle.	6.5.4
d)	Capacité assignée spécifiée par le fabricant pour l'essai H	6.5.4
e)	Courant de charge anormale déclaré par le fabricant pour l'essai I NOTE La charge anormale d'un élément peut se produire lorsqu'il est connecté en série avec d'autres éléments et qu'un élément est inversé ou lorsqu'il est connecté en parallèle avec une alimentation et que les dispositifs de protection ne fonctionnent pas correctement.	6.5.5
f)	Courant inverse normal déclaré par le fabricant qui peut être appliqué à la pile pendant sa durée de vie utile NOTE Un courant inverse normal peut circuler à travers un élément lorsqu'il est connecté en parallèle avec une alimentation et que les dispositifs de protection ne fonctionnent pas correctement.	7.1.2

6.7 Évaluation et rapport

Lorsqu'un rapport est rédigé, il convient de prendre en compte la liste suivante de points:

- a) nom et adresse du laboratoire d'essai;
- b) nom et adresse du demandeur (s'il y a lieu);
- c) identification unique du rapport d'essai;
- d) date du rapport d'essai;
- e) caractéristiques de conception des éléments ou piles d'essai conformément à 4.1;
- f) descriptions et résultats d'essai, y compris les paramètres conformément à 6.6;
- g) type d'échantillon(s) d'essai: élément, élément composant, pile ou ensemble de piles;
- h) masse du/des échantillon(s) d'essai;
- i) teneur en lithium du/des échantillon(s) d'essai;
- j) signature avec nom et fonction du signataire.

7 Informations relatives à la sécurité

7.1 Précautions de sécurité pendant la conception du matériel

7.1.1 Généralités

Voir également l'Annexe B pour les lignes directrices destinées aux concepteurs de matériels utilisant des piles au lithium.

7.1.2 Protection de charge

Lors de l'incorporation d'une pile électrique au lithium dans un circuit alimenté par une source d'alimentation principale indépendante, des dispositifs de protection doivent être utilisés afin d'empêcher la charge de la pile à partir de la source d'alimentation principale, par exemple

- a) une diode de blocage et une résistance de limitation de courant (voir Figure 8a);