

INTERNATIONAL STANDARD

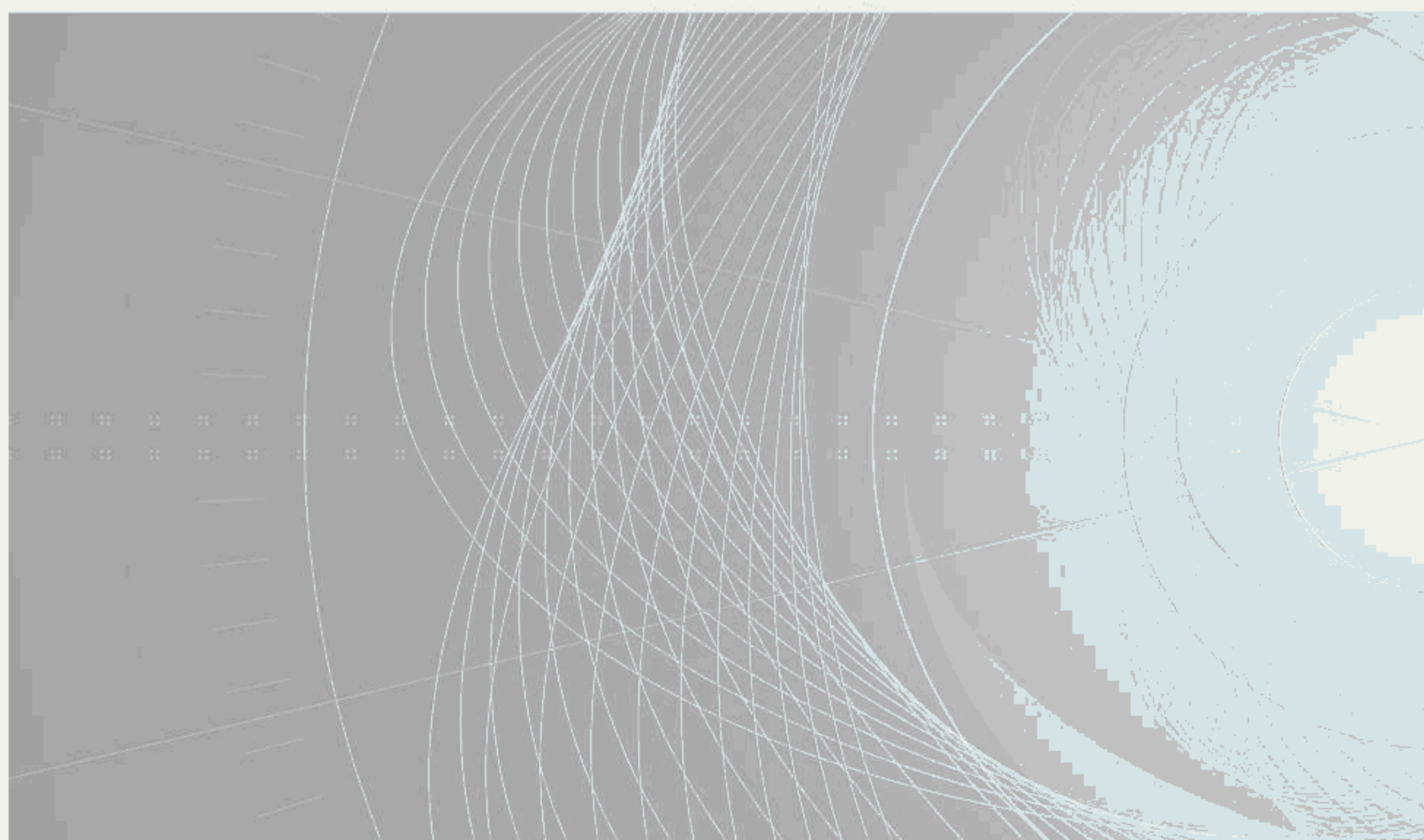
NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Rolling stock – Batteries for auxiliary power supply systems –

Part 4: Secondary sealed nickel-metal hydride batteries

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries pour systèmes d'alimentation auxiliaire –

Partie 4: Batterie d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanche





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 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 Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Rolling stock – Batteries for auxiliary power supply systems –

Part 4: Secondary sealed nickel-metal hydride batteries

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries pour systèmes d'alimentation auxiliaire –

Partie 4: Batterie d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanche

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060.01

ISBN 978-2-8322-9279-2

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and abbreviated terms	7
3.1 Terms and definitions	7
3.2 Abbreviated terms	9
4 General requirements	9
4.1 Definitions of components of a battery system (images are examples)	9
4.2 Definition of battery type	10
4.2.1 General	10
4.2.2 Cell designation	10
4.2.3 Prismatic cells	10
4.2.4 Cylindrical cells	10
4.3 Environmental conditions	10
4.3.1 Battery system	10
4.3.2 Battery module	10
4.4 System requirements	11
4.4.1 System voltage	11
4.4.2 Charging requirements	12
4.4.3 Discharging requirements	15
4.4.4 Charge retention (self-discharge)	16
4.4.5 Requirements for battery capacity sizing.....	16
4.5 Safety and protection requirements	17
4.5.1 General	17
4.5.2 Deep discharge of batteries	17
4.5.3 Temperature compensation during charging	17
4.6 Fire protection	17
4.7 Maintenance	17
5 Mechanical design of battery system	17
6 Electrical interface	18
7 Markings.....	18
7.1 Safety signs	18
7.2 Nameplate	18
7.2.1 General	18
7.2.2 Battery modules and cells	18
8 Storage and transportation conditions	18
8.1 Transportation	18
8.2 Storage of battery	18
9 Testing	19
9.1 General	19
9.2 Parameter measurement tolerances	19
9.3 Type test	20
9.3.1 General	20
9.3.2 Electrical characteristic tests	20
9.3.3 Dielectric test	21
9.3.4 Load profile test	21

9.3.5	Shock and vibration test	21
9.3.6	Reliability test	21
9.4	Routine test	21
9.4.1	General	21
9.4.2	Visual checks	21
9.4.3	Dielectric test	21
9.4.4	Measurement of open circuit voltage	22
9.4.5	Measurement of Internal resistance	22
Annex A (informative) Other configuration of the battery charging system		23
A.1	General	23
A.2	Charging requirements for the main charger	23
A.3	Charging requirements for the additional charger	24
A.3.1	General	24
A.3.2	Temperature compensation during charging	25
Annex B (informative) Declaration of cell model range representative of the testing		26
B.1	Electrical performance declaration	26
B.2	Shock and vibration declaration	26
Bibliography		27
Figure 1 –Definition of cell(s), battery module, crate, tray and battery box		9
Figure 2 – Example of discharge curves at various constant discharge currents based on percentage of capacity		11
Figure 3 – Examples of Ni-MH charge curves.....		12
Figure 4 – Example of interfaces between battery box and battery charging system.....		13
Figure 5 – Typical charging characteristic of secondary sealed nickel-metal hydride battery		15
Figure A.1 – Example of interface with the additional charger in the battery box		24
Figure A.2 – Examples of Ni-MH charge curves		25
Table 1 – Requirements of the charging characteristics		12
Table 2 – Typical Ni-MH battery charging characteristics		14
Table 3 – Parameters and responsibility for battery capacity sizing		16
Table 4 – Type test and routine test		19
Table A.1 – Requirements of the charging characteristics for the main charger outside the battery box with the additional charger in the battery box		23

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK – BATTERIES FOR AUXILIARY POWER SUPPLY SYSTEMS –

Part 4: Secondary sealed nickel-metal hydride 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 62973-4 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

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

FDIS	Report on voting
9/2638/FDIS	9/2665/RVD

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

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

This document is to be used in conjunction with IEC 62675, IEC 63115-1 and IEC 63115-2.

A list of all parts in the IEC 62973 series, published under the general title *Railway applications – Rolling stock – Batteries for auxiliary power supply systems*, can be found on the IEC website.

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

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

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK – BATTERIES FOR AUXILIARY POWER SUPPLY SYSTEMS –

Part 4: Secondary sealed nickel-metal hydride batteries

1 Scope

This part of IEC 62973 applies to secondary sealed nickel-metal hydride battery technologies for auxiliary power supply systems used on rolling stock.

This document specifies the requirements of the characteristics and tests for the sealed nickel-metal hydride cells and supplements IEC 62973-1 which applies to any rolling stock types (e.g. light rail vehicles, tramways, streetcars, metros, commuter trains, regional trains, high speed trains, locomotives, etc.). Unless otherwise specified, the requirements of IEC 62973-1 apply.

This document also specifies the requirements of the interface between the batteries and the battery chargers.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60051 (all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60077-1, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 62485-2, *Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 2: Stationary batteries*

IEC 62675, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride prismatic rechargeable single cells*

IEC 62902:2019, *Secondary cells and batteries – Marking symbols for identification of their chemistry*

IEC 62973-1:2018, *Railway applications – Rolling stock – Batteries for auxiliary power supply systems – Part 1: General requirements*

IEC 63115-1:2020, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride cells and batteries for use in industrial applications – Part 1: Performance*

IEC 63115-2:2021, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride cells and batteries for use in industrial applications – Part 2: Safety*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

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

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

NOTE All typical battery related descriptions are defined in IEC 60050-482.

3.1.1

nickel-metal hydride battery

Ni-MH battery

secondary battery with an electrolyte of aqueous potassium hydroxide, a positive electrode containing nickel as nickel hydroxide and a negative electrode of hydrogen in the form of a metal hydride

Note 1 to entry: Nickel-metal hydride battery contains assembly of sealed cells.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-08, modified – Abbreviation and Note 1 to entry have been added.]

3.1.2

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

Note 1 to entry: In this document cell means secondary sealed nickel-metal hydride cell,

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-01, modified – Note 1 to entry has been replaced.]

3.1.3

sealed cell

cell which remains closed and does not release either gas or liquid when operated within the limits specified by the manufacturer

Note 1 to entry: A sealed cell may be equipped with a safety device to prevent a dangerously high internal pressure and is designed to operate during its life in its original sealed state.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-17]

3.1.4

secondary cell

cell which is designed to be electrically recharged

Note 1 to entry: The recharge is accomplished by way of a reversible chemical reaction.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-03]

3.1.5

battery module

group of cells connected together either in series and/or parallel configuration with or without protective devices (e.g. fuse or PTC) and monitoring circuitry

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.9, modified – “temperature sensor” has been replaced with “PTC”.]

3.1.6

rated capacity

C_5 < at the 5 h rate >

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

Note 1 to entry: In this document, rated capacity is at the 5 h rate; C_5 .

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modified – Abbreviation and Note 1 to entry have been added.]

3.1.7

state of charge

SOC

remaining capacity to be discharged, normally expressed as a percentage of the full battery rated capacity as expressed in relevant standards

Note 1 to entry: Practical definitions of SOC are dependent upon chosen technologies.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.6]

3.1.8

depth of discharge

DOD

capacity removed from a battery during discharge in relation to its full rated capacity expressed as a percentage

Note 1 to entry: It is the complement of SOC.

Note 2 to entry: As one increases, the other decreases by the same amount.

Note 3 to entry: Practical definitions of DOD are dependent upon chosen technologies.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.7]

3.1.9

end user

organization which operates the battery system

Note 1 to entry: The end user is normally an organization which operates the vehicle equipped with the battery system, unless the responsibility is delegated to a main contractor or consultant.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.11]

3.1.10

system integrator

organization which has the technical responsibility of the complete battery system and charging system

Note 1 to entry: The system integrator can be the end user or the train manufacturer, or none of them.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.12]

3.1.11

manufacturer, <in railways>

organization which has the technical responsibility for its scope of supply

Note 1 to entry: The manufacturer can be the train builder or the system integrator of a battery system, a cell manufacturer, etc. If necessary to explicitly distinguish, “train manufacturer”, “battery system manufacturer” or “cell manufacturer” is expressed.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.13]

3.2 Abbreviated terms

AC	Alternating Current
C ₅	Capacity at the 5-h rate
DC	Direct Current
DOD	Depth of Discharge
LRU	Line Replaceable Unit
Ni-MH battery	Nickel-Metal Hydride battery
OCV	Open Circuit Voltage
SOC	State of Charge

4 General requirements

4.1 Definitions of components of a battery system (images are examples)

Figure 1 shows the definition of cell(s), battery module, crate, tray and battery box.

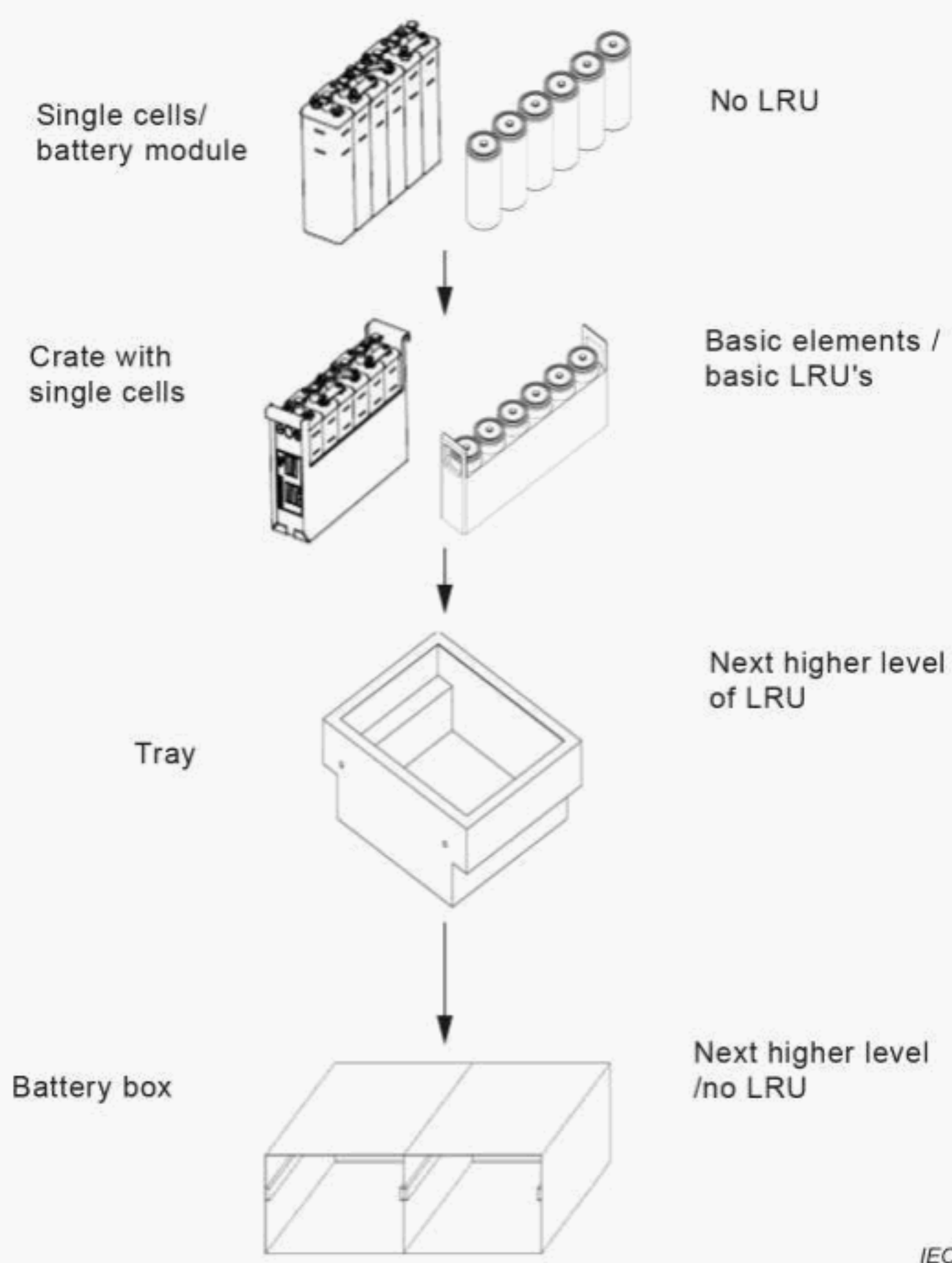


Figure 1 –Definition of cell(s), battery module, crate, tray and battery box

Some batteries may not include all of the above components, e.g. single cells may be installed in a tray without crates.

4.2 Definition of battery type

4.2.1 General

A battery consists of a number of cells or battery modules and/or assembled in trays, crates, and then assembled in a battery box.

A cell consists of positive and negative plates, electrolyte, metal container and sealing cap. Positive and negative terminals, which are apart by a separator, are housed and sealed in the metal container with a sealing cap.

The sealing cap consists of a positive terminal, a pressure release valve and an insulator which are insulated to a negative part that forms a container. The container wears an insulating envelope.

The positive active material is nickel hydroxide, and the negative active material is hydrogen absorbed nickel-alloy.

The electrodes are surrounded by electrolyte, an aqueous solution mainly of potassium hydroxide (KOH), and distilled or deionized water. The electrolyte does not chemically change or degrade due to charge/discharge cycles.

4.2.2 Cell designation

Sealed nickel-metal hydride cells shall be designated by a letter L, M, H or X which signifies:

- low rate of discharge (L);
- medium rate of discharge (M);
- high rate of discharge (H);
- very high rate of discharge (X).

NOTE These cells are typically but not exclusively used for the following discharge rates (see IEC 63115-1:2020):

L: up to and including 0,5 I_t A;

M: up to and including 3,5 I_t A;

H: up to and including 7,0 I_t A;

X: up to and above 7,0 I_t A.

These currents are expressed as multiples of I_t A, where I_t A = C_5 Ah/1 h.

4.2.3 Prismatic cells

Prismatic cell is the cell in the form of a rectangular parallelepiped.

4.2.4 Cylindrical cells

Cylindrical cell is the cell in the form of a cylinder. The overall height is equal to, or greater than the overall diameter.

4.3 Environmental conditions

4.3.1 Battery system

Refer to IEC 62973-1:2018, 4.3.

4.3.2 Battery module

Ni-MH battery modules can operate at temperatures in the range of –20 °C to +45 °C.

Deviations may be agreed between the end user and/or system integrator and cell/battery manufacturer.

4.4 System requirements

4.4.1 System voltage

The battery nominal voltages of Ni-MH is 1,2 V per cell.

The charging voltage for the Ni-MH battery is dependent on the number of cells and temperature.

The optimized number of cells in a Ni-MH battery calculated by the battery manufacturer shall allow operating between the minimum and maximum equipment operating voltage range considering the operating conditions and battery load profile. Then the operational battery charging voltage at 20 °C shall be set considering the calculated number of cells and individual cell charging characteristics. Refer to IEC 62973-1:2018, 4.4.1.

The battery nominal voltages and the discharge voltages are different. As an example, the following Figure 2 shows typical discharges of a Ni-MH cell at various constant discharging currents that vary by battery discharge rate designation (e.g. L, M, and H as set out in 4.2.2 and IEC 63115-1). These currents are expressed as multiples of I_t A, where I_t A = C5 Ah/1 h, (see IEC 63115-1 and IEC 61960-3).

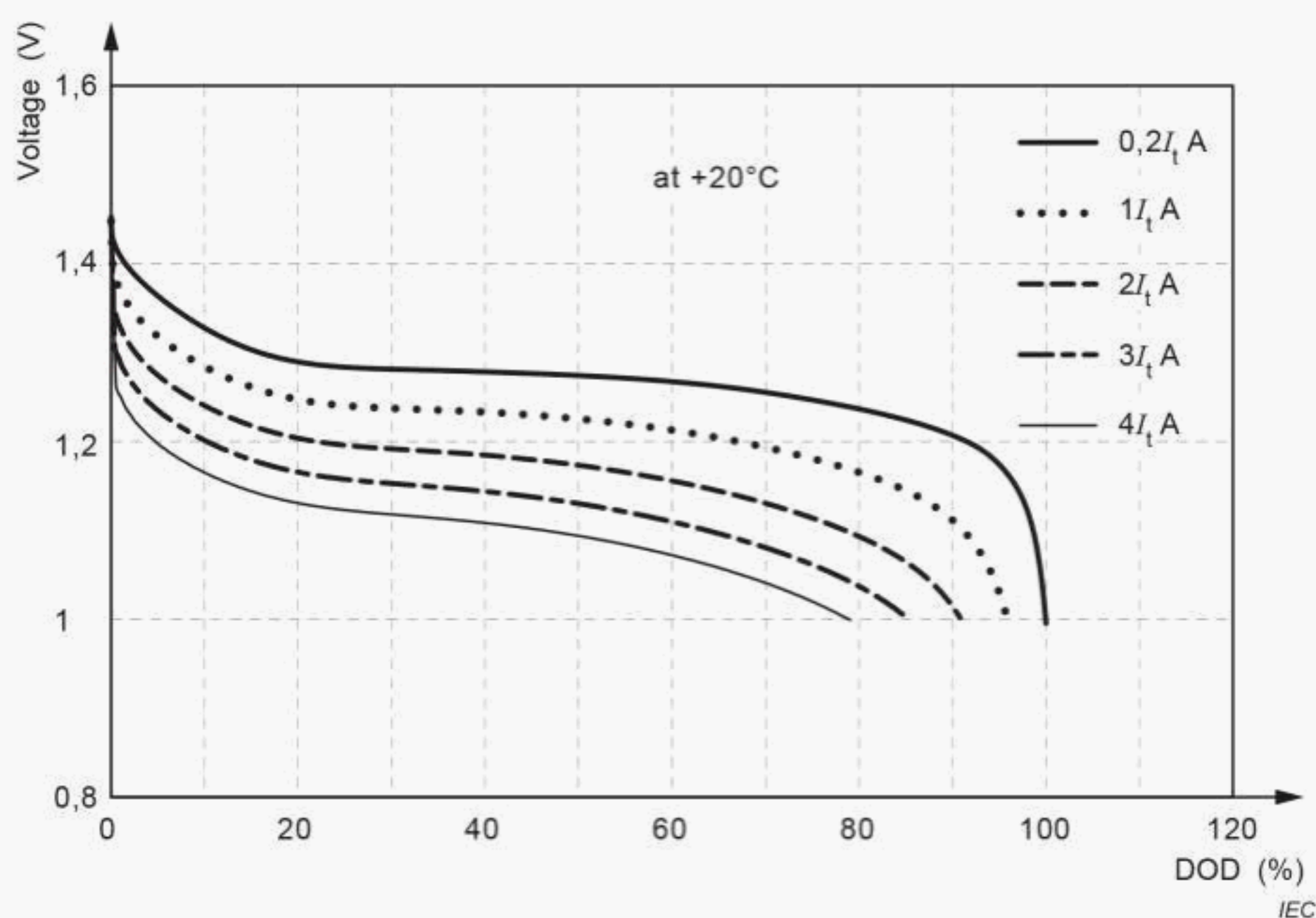


Figure 2 – Example of discharge curves at various constant discharge currents based on percentage of capacity

The following example, Figure 3 a) shows a typical charge of a Ni-MH cell at constant charging current at $0,2 I_t$ A for initial phase followed by Figure 3 b) constant charging voltage for the last phase depending on the Ni-MH battery technology.

Charging curves shall be available from battery manufacturers.

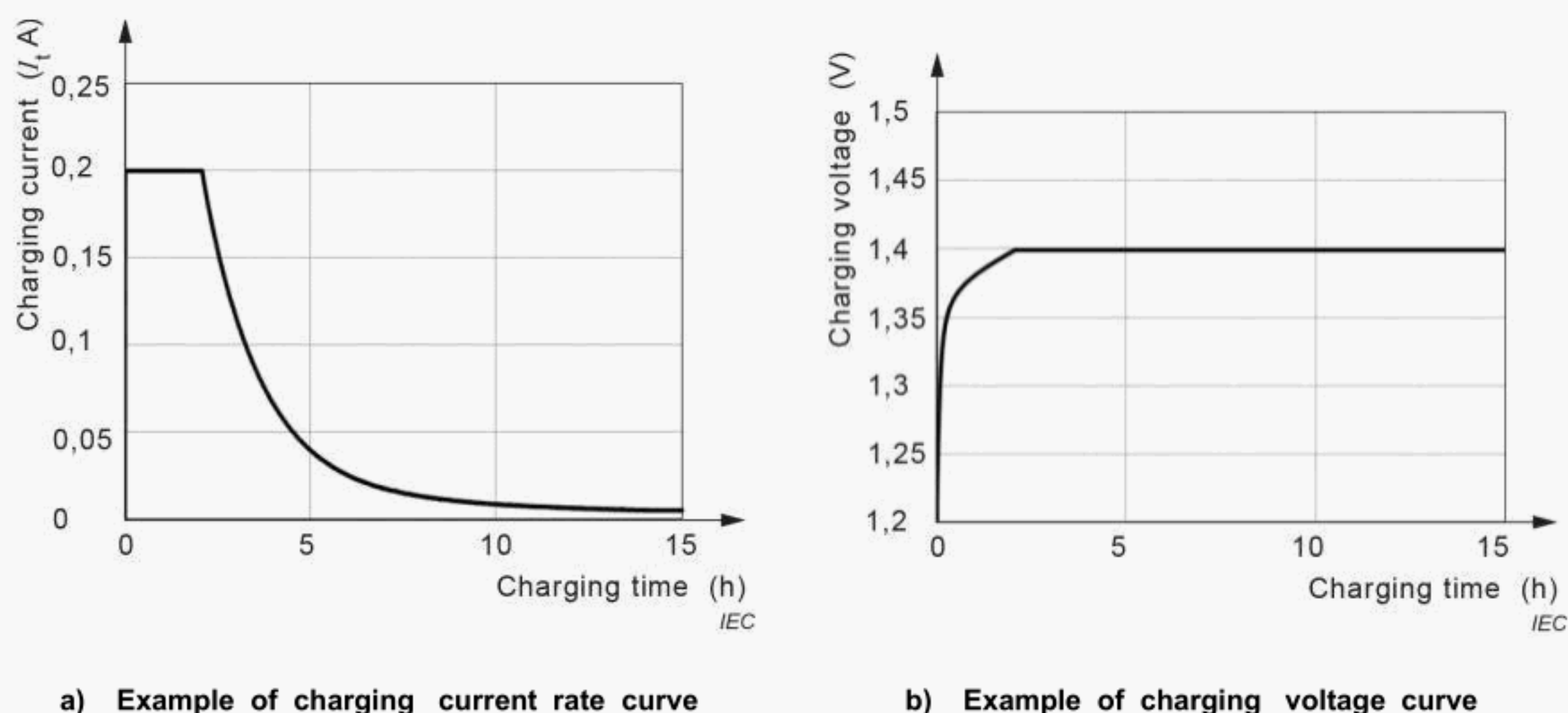


Figure 3 – Examples of Ni-MH charge curves

4.4.2 Charging requirements

The required battery charging voltage and the optimum charging method are specified according to Table 1.

Table 1 – Requirements of the charging characteristics

Requirements	Characteristics
Normal condition	Float charge by battery charger with temperature compensation and charging condition required by the battery manufacturer.
Charging method	See 4.5.3
Steady state control tolerance of the battery charge voltage output at the charging system	±1,5 % or lower tolerance
Charging voltage ripple	≤ 5 % (according to IEC 60077-1 with disconnected battery)
Charging current ripple	The battery charging current shall be DC, as any superimposed AC component in the charging current can lead to a temperature increase of the battery. The AC content in the charging current should not exceed values as set out in IEC 62485-2.
Temperature compensation	Required. In some case, in agreement between the end user and manufacturer, the temperature compensation voltage control charging may not be required.
Detection of temperature	Signal from sensor on battery or battery compartment, detection inside battery charging system.

NOTE DC ripple factor is calculated from the following formula:

$$\text{DC ripple factor} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \times 100$$

where U_{\max} and U_{\min} are the maximum and minimum values, respectively, of the pulsating voltage.

See IEC 60077-1.

Figure 4 shows a typical electrical schematic for an interface between the battery box and the battery charging system.

The diagram illustrates a battery charging system (2b) with the following components and connections:

- Data acquisition (2a) Voltage control:** A block that receives input from the Voltage sensor (1) and provides output to the Battery Current sensor.
- Voltage sensor (1):** A block that monitors the voltage across the battery box (4) and sends data to the Data acquisition (2a) Voltage control.
- Battery Current sensor:** A block that monitors the current flowing into or out of the battery box (4) and sends data to the Data acquisition (2a) Voltage control.
- Temperature sensor (3):** A block that monitors the temperature of the battery box (4) and sends data to the Data acquisition (2a) Voltage control.
- Battery box (4):** The central component being charged, represented by a battery symbol.

The system is labeled as a **Battery charging system** and includes a sub-label **(2b)**.

The typical charging voltages per cell for most applications are shown in Table 2 with temperature compensation voltage control. Higher or lower values, within the above limits, can be selected depending on sizing and application parameters (e.g. a single level float charge voltage of 1,40 V/cell without temperature compensation voltage control charging is typical).

In some cases, in agreement between the end user and manufacturer, the temperature compensation voltage control charging may not be required. This information shall be agreed upon prior to calculating the battery capacity required for a specific load profile. In such a case, the battery temperature sensor may be omitted. It is the responsibility of the battery manufacturer to calculate the additional battery capacity needed to consider the non-temperature compensated charging regime. In case of extreme low temperature, a heater can be added to limit the additional capacity needed. Then the activation temperature of heater shall be agreed prior to battery capacity calculation.

Table 2 – Typical Ni-MH battery charging characteristics

Ni-MH batteries charging characteristics		Float charging voltage at 20 °C	Boost charge at 20 °C	Remarks
Basic data for charging ^a	Charging voltage at 20 °C	1,40 V/cell ^b	1,60 V/cell ^b	See points ① and ② on Figure 5
	Mandatory, change from boost to float charging	NA	45 °C	See point ③ on Figure 5 The switch point from boost to float charge is based on parameters such as temperature, current and/or time
Temperature correction	Typical case with a single value	-2 mVK -1cell -1 c	-2 mVK -1cell -1 c	See Figure 5
Switching set points (all charge modes)	Mandatory stop charging of battery	Up to 70 °C maximum		See point ④ on Figure 5
	Standard, from boost to float charging	NA	The switch point from boost to float charge is based on parameters such as temperature, current and/or time ^d	Current measurement necessary as well as temperature and/or time
	Standard, from float to boost charging	The switch point from float to boost charge is based on parameters such as temperature, current and/or time ^d	NA	Current measurement necessary as well as temperature and/or time

NOTE Point⑤ in Figure 5 corresponds to the maximum charging voltage at the equipment as expressed in Table 1 of IEC 62973-1:2018.

^a When single level charging is used, the boost charge voltage = the float charge voltage.

^b The values of the charging voltages for the different charge modes are indicative values. The manufacturer may choose different values for reaching a certain state of charge depending on the Ni-MH technology. Those values shall be clearly indicated in the cell documentation and available upon request from the cell manufacturer. The voltage tolerance should be taken at maximum +/-1 %.

^c A temperature compensation is necessary, a typical value is of -0,002 VK cell value shall be adjusted for some type of cells specified as CCCV, it shall be clearly indicated in the cell manufacturer's documentation and in the approval documents. It is possible to have 3 values;

- one for temperatures lower than or equal to T_1 , ($T_1 < 45$ °C, e.g. $T_1 = 20$ °C)
- one for temperature higher than T_1 , and lower than or equal to 45 °C, and
- one for temperature higher than 45 °C.

^d The charging current can vary depending on the designed charging current value as indicated on the documentation provided by the manufacturer for the cell.

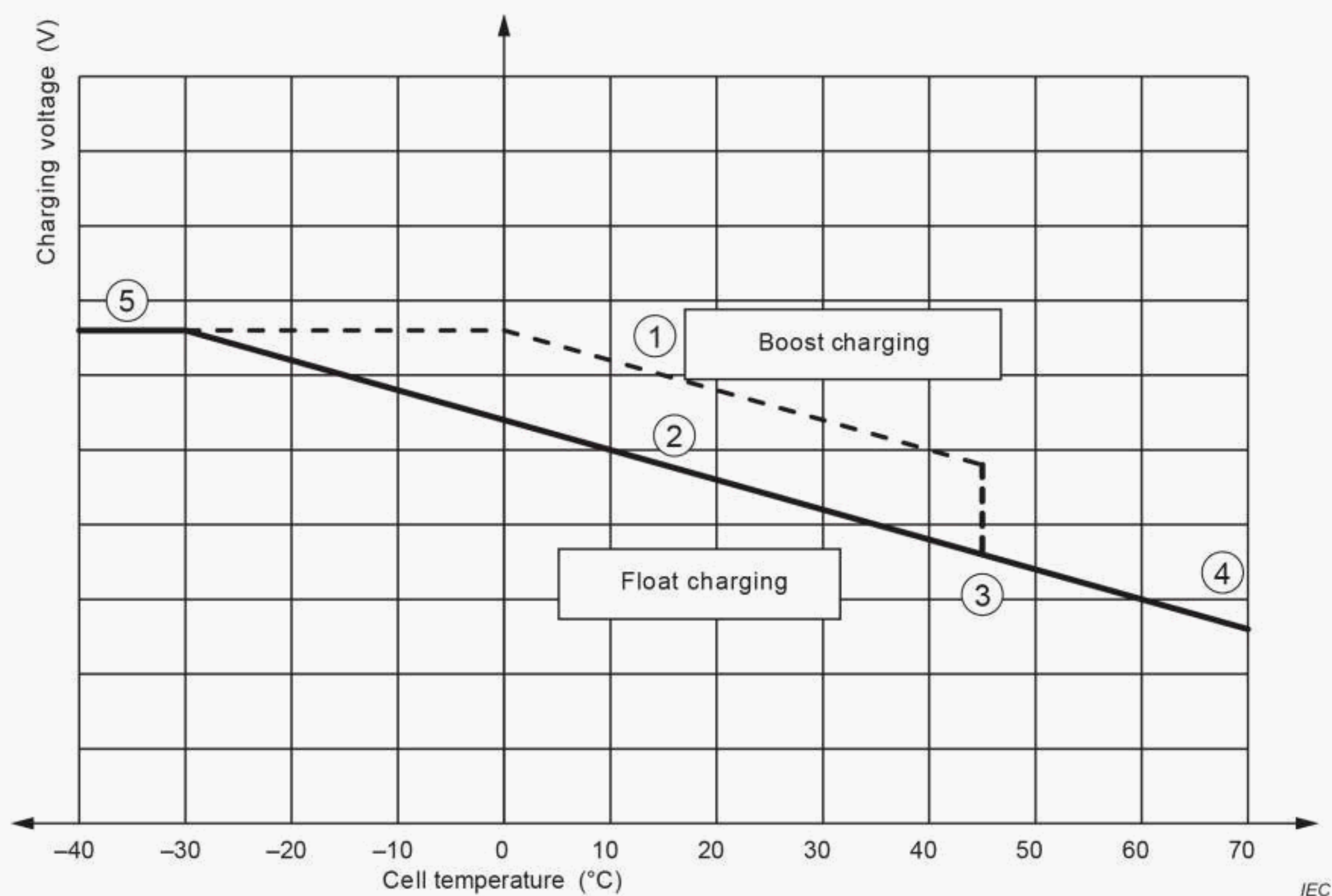


Figure 5 – Typical charging characteristic of secondary sealed nickel-metal hydride battery

4.4.3 Discharging requirements

4.4.3.1 General

Refer to IEC 62973-1:2018, 4.4.3.1.

The discharge conditions (current, temperature, final voltage) shall be declared by the battery manufacturer.

4.4.3.2 Load profile

Refer to IEC 62973-1.

There is no special remark concerning the load profile for Ni-MH.

There are several types for Ni-MH depending on charging/discharging rate. Sizing of the battery shall be designed considering cell characteristics of charging/ discharging based on the load profile (see IEC 63115-1:2020).

4.4.3.3 Extended discharge time

The battery shall be able to withstand the extended discharge without permanent damage. The extended discharge time should be defined by the end user and/or system integrator. Battery shall be properly sized in order that extended discharge time does not lead to deep discharge as in 4.5.2.

4.4.3.4 Low or high temperature performance

Discharge performance is characterized on minimum requirement at a low temperature as set out in IEC 63115-1:2020, 7.3.3.

This document specifies charging/discharging characteristics at extremely low and high temperatures for auxiliary power supply systems used on rolling stock.

Details are defined in 9.3.2.2.

In case results of tests performed in the past are available at, or worse than, the requested condition, these can be used without retesting by similarity between the battery system in question and the one having been tested already.

4.4.4 Charge retention (self-discharge)

For the requirements of charge retention, refer to IEC 62973-1.

Self-discharge can lead to a fully discharged Ni-MH battery over an extended time. However, this does not permanently damage the Ni-MH battery.

4.4.5 Requirements for battery capacity sizing

The Ni-MH battery manufacturer shall define the following parameters:

- SOC determined by the charging parameters (voltage, temperature compensation, number of cells) and environmental conditions;
- ageing factor depending upon but not limited to the operating ambient temperature, cycling at the corresponding DOD, maintenance, and required lifetime.

The requirements for battery capacity sizing are specified using the values set out in Table 3.

Table 3 – Parameters and responsibility for battery capacity sizing

Parameters needed for battery sizing	Responsibilities of parameters to be provided	Values
Load profile (W, Ω , A)	Provided by the system integrator	Load profile cases each in W, Ω , A over a specified duration period
Low or high temperature for sizing to the load profile ($^{\circ}\text{C}$)	As specified by the train manufacturer or in conjunction with the end user	High and low temperature in $^{\circ}\text{C}$ as set out in 4.4.3.4 of IEC 62973-1:2018
Charging voltage for battery system at 20 $^{\circ}\text{C}$	Battery or cell manufacturer	Number of cells x requested charging voltage per cell
State of Charge (SOC) at 20 $^{\circ}\text{C}$ under float charging conditions (%)	Provided by the battery or cell manufacturer	Percentage of rated capacity as set out in IEC 63115-1:2020
Ageing factor (%)	Provided by the battery or cell manufacturer	Percentage of rated capacity as set out in IEC 63115-1:2020
Requested cycle capability (number of load profile cycles and time duration)	Specified by the end user	Number of cycles and duration (partial or full) of load profile per week, month or year
Useful battery life at an average annual operating temperature of approximately 20 $^{\circ}\text{C}$ under railway conditions (Years)	Provided by the battery or cell manufacturer	Years of life duration under typical railway conditions

4.5 Safety and protection requirements

4.5.1 General

Refer to IEC 62973-1.

Requirements for the safety and its protection shall be considered for:

- leakage of the electrolyte from battery modules at the end of life;
- failure modes, e.g. over discharging, over charging, occurring due to imbalance of cell performances in the battery module by internal short-circuiting at the end of life.

4.5.2 Deep discharge of batteries

Refer to IEC 62973-1.

There is a possibility that deep discharge leads to performance degradation due to pressure rise in the sealed Ni-MH cells, leakage of the electrolyte and degradation of active materials.

4.5.3 Temperature compensation during charging

Charging voltage of the sealed nickel-metal hydride batteries changes depending on temperature (see Figure 5).

For auxiliary power supply systems used on rolling stock, batteries are kept fully charged. By controlling setting of charging voltage based on a temperature sensor in the battery box, it is possible to utilize the capacity fully.

The battery charging voltage should be temperature controlled. Refer to 4.4.2.

4.6 Fire protection

Refer to IEC 62973-1.

There is a possibility that sudden temperature rise of battery modules by internal short-circuiting causes rupturing of the battery modules and spark. However, parts in battery modules, e.g. electrolyte, are non-flammable and battery modules do not continue burning. On the other hand, attention should be paid to propagation of fire to adjacent parts by the spark.

Fire-retardant materials for parts in the battery box shall be used.

4.7 Maintenance

Refer to IEC 62973-1.

In order to maintain the battery performance, the following maintenance for Ni-MH batteries is recommended:

- a) visual inspection;
- b) cleaning the battery and contacts.

5 Mechanical design of battery system

Refer to IEC 62973-1.

Examples of mechanical structural solutions are set out in IEC 62973-1.

The following examples are solutions for battery systems installing sealed Ni-MH batteries.

- insulation should be made between the tray, or crate, and metal parts of the battery box (battery container), when a metal container is used;
- insulation should be made between the battery modules, when a metal container is used;
- the air outlet should be placed at the top of the battery box in order to release hydrogen gas generated when over discharged. The size of the outlet should be recommended by the battery manufacturer and agreed with the system integrator.

6 Electrical interface

For the electrical interface refer to 4.4.2.

7 Markings

7.1 Safety signs

Safety signs of battery box, tray, crate or other places inside the battery box are defined in IEC 62973-1.

Since battery modules and cells are not treated as LRU, safety signs on battery modules and cells are not required.

7.2 Nameplate

7.2.1 General

Nameplate of battery box, tray, crate or other places inside the battery box other than that in 7.2.2 is defined in IEC 62973-1.

7.2.2 Battery modules and cells

Nameplate, stamp, or label of battery modules and cells are defined in IEC 63115-1:2020, Clause 5 and IEC 62902:2019.

8 Storage and transportation conditions

8.1 Transportation

For transportation conditions, refer to IEC 62973-1.

8.2 Storage of battery

For storage of battery conditions, refer to IEC 62973-1.

Battery modules should be stored electrically disconnected from external circuits.

To prevent degradation of the battery due to the chemical reaction for Ni-MH, Ni-MH batteries should be stored in a SOC not less than 30 %. Furthermore, when storing the batteries for longer than a year, the battery should be charged annually.

9 Testing

9.1 General

The test procedure and the test parameters shall be specified by agreement between the user, train manufacturer and battery manufacturer. When this is not the case, the following type test conditions shall apply.

There are the following categories of tests:

- type test;
- routine test.

Previous type tests on the same battery type range should be acceptable for various projects.

9.3 and 9.4 specify tests for secondary sealed nickel-metal hydride battery.

Table 4 shows items, which shall be carried out as minimum.

Table 4 – Type test and routine test

Test items	Type test	Routine test	Reference
Electrical characteristic tests	Y		9.3.2
Discharge performance for several temperatures	Y		9.3.2.2
Storage characteristics	Y		9.3.2.3
Endurance in cycle	Y		9.3.2.4
Dielectric test	Y		9.3.3
Load profile test	Y		9.3.4
Shock and vibration test	Y		9.3.5
Reliability test	Y		9.3.6
Temperature cycling	Y		9.3.6.1
External short circuit test	Y		9.3.6.2
Visual checks		Y	9.4.2
Dielectric test		Y	9.4.3
Measurement of open circuit voltage		Y	9.4.4
Measurement of Internal resistance		Y	9.4.5

The manufacturer can use cells instead of batteries at any test that specifies batteries.

Test results can be declared by a form shown in Annex B.

9.2 Parameter measurement tolerances

The overall accuracy of specific measuring instruments for testing the battery system in this document, whether relative to the specified or to the actual values, shall be within the tolerances set out in IEC 63115-2.

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

e) ± 1 % for dimensions.

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

For assistance in selecting instrumentation, see IEC 60051 for analogue instruments. The details of the instrumentation used shall be provided in any report of results.

Unless other levels of overall accuracies are defined in the subclauses of the individual tests in this document, the above accuracies shall apply.

9.3 Type test

9.3.1 General

Refer to IEC 62973-1:2018, 9.3.1.

9.3.2 Electrical characteristic tests

9.3.2.1 General

Tests of a secondary sealed nickel-metal hydride battery shall be performed as set out in IEC 63115-1:2020.

Minimum tests are listed as follows:

- discharge performance for several temperatures;
- storage characteristics;
- endurance in cycle.

9.3.2.2 Discharge performance for several temperatures

This test verifies the rated capacity of the cell or battery module.

Step 1: The cell or battery module shall be fully charged in accordance with IEC 63115-1:2020, 7.2.

Step 2: The cell or battery module shall be stored at several ambient temperatures (-20 °C to $45\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$):

- at 45 °C , for not less than 8 h and not more than 24 h;
- at -20 °C , for at least 24 h.

Step 3: The cell or battery module shall then be discharged at the same ambient temperatures and at the constant current as specified by the battery manufacturer.

The discharge conditions (current, temperature, final voltage) shall be declared by the manufacturer.

Step 4: The capacity delivered during step 3 shall be not less than 80 % of the rated capacity. That is the capacity value of a cell or battery module determined under the specified conditions and declared by the battery manufacturer.

9.3.2.3 Storage characteristics

The cell shall be prepared for storage as set out in the manufacturer's instructions. The cell shall then be stored for a period of 6 months at an average ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ and at relative humidity of $65\% \pm 20\%$. During the storage period the ambient temperature shall not at any time fluctuate beyond the limits of $20\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

After completion of the storage period, the cell shall be prepared for use as set out in the manufacturer's instructions. The cells are then subjected to the tests specified in 9.3.2.2.

9.3.2.4 Endurance in cycle

This test is applied only to the cell. Refer to IEC 63115-1:2020, 7.5.

9.3.3 Dielectric test

Refer to IEC 62973-1.

9.3.4 Load profile test

Refer to IEC 62973-1.

9.3.5 Shock and vibration test

Refer to IEC 62973-1.

9.3.6 Reliability test

9.3.6.1 Temperature cycling

This test is applied only to the cell. Refer to IEC 63115-2:2021, 6.4.3.

9.3.6.2 External short circuit test

9.3.6.2.1 Requirements

Short-circuit between the positive and negative terminals shall not cause fire or explosion.

9.3.6.2.2 Test

The fully charged cell as set out in IEC 63115-2:2021, 6.5.1 is stored at an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, when the specimen reaches temperature balance with the ambient temperature. The cell is then short-circuited by connecting the positive and negative terminals with a total external resistance of $30\text{ m}\Omega \pm 10\text{ m}\Omega$. The cell remains on test for 24 h or until the container temperature of cell declines by 20 % of the maximum temperature rise, whichever is the sooner.

9.3.6.2.3 Acceptance criteria

No fire or explosion is observed.

9.4 Routine test

9.4.1 General

The tests set out in IEC 62973-1 shall be performed.

9.4.2 Visual checks

The test set out in IEC 62973-1 shall be performed.

9.4.3 Dielectric test

The test set out in IEC 62973-1 shall be performed.

9.4.4 Measurement of open circuit voltage

9.4.4.1 General

Open circuit voltage shall be verified.

9.4.4.2 Test

The voltage of a battery module or a battery system at SOC specified by the battery manufacturer shall be measured without any load or component connection.

Recommendation about the interval of measurement after charging and the criterion of OCV shall be declared by the manufacturer. Unless the recommended values are not available, OCV shall be measured within 1 h after fully charged.

9.4.4.3 Acceptance criteria

OCV of the cell shall be 1,25 V/ cell or more.

$$V_{OCV} = n \times V_{cell}$$

where

V_{OCV} is the OCV of a battery module or a battery system, in volts;

n is the number of series connection of cells;

V_{cell} is the OCV of the cell, in volts.

9.4.5 Measurement of Internal resistance

Internal resistance shall be measured according to IEC 63115-1:2020, 7.6.

Annex A (informative)

Other configuration of the battery charging system

A.1 General

There are two solutions for the configuration of a battery charger for the secondary sealed nickel-metal hydride batteries. One is the design where a battery charger is installed outside the battery box which is called main charger. Another is the design which is equipped with an additional charger, in addition to the main charger.

This annex provides an example of a design which is equipped with a main charger and an additional charger. The additional charger does not necessarily have to be installed in the battery box.

A.2 Charging requirements for the main charger

When an additional charger is included in the battery box, Table A.1 specifies the main charger that is outside the battery box. Rough control by the main charger outside the battery box is accepted because fine charging control is carried out by the additional charger in the battery box. See Figure A.1.

Charging characteristics for the additional charger is based on Clause A.3.

Table A.1 – Requirements of the charging characteristics for the main charger outside the battery box with the additional charger in the battery box

Requirements	Characteristics
Normal condition	Float charging at the voltage specified by the battery manufacturer.
Charging method	See temperature compensation of requirements in Table A.1
Steady state control tolerance of the battery charge voltage output at the charging system	±10 % or lower tolerance
Charging voltage ripple	≤ 7,5 % (with disconnected battery)
Charging current ripple	This is not applicable. Charging current is controlled by the additional charger.
Temperature compensation	Not required for main charger. Temperature compensation done by the additional charger.
Detection of temperature	Inside battery box

NOTE DC ripple factor is calculated from the following formula:

$$\text{DC ripple factor} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \times 100$$

where U_{\max} and U_{\min} are the maximum and minimum values, respectively, of the pulsating voltage.

See IEC 60077-1.

Figure A.1 shows a typical electrical schematic for an interface between the additional charger in the battery box and the main charger. Other configurations may be possible with the same or additional battery functions.

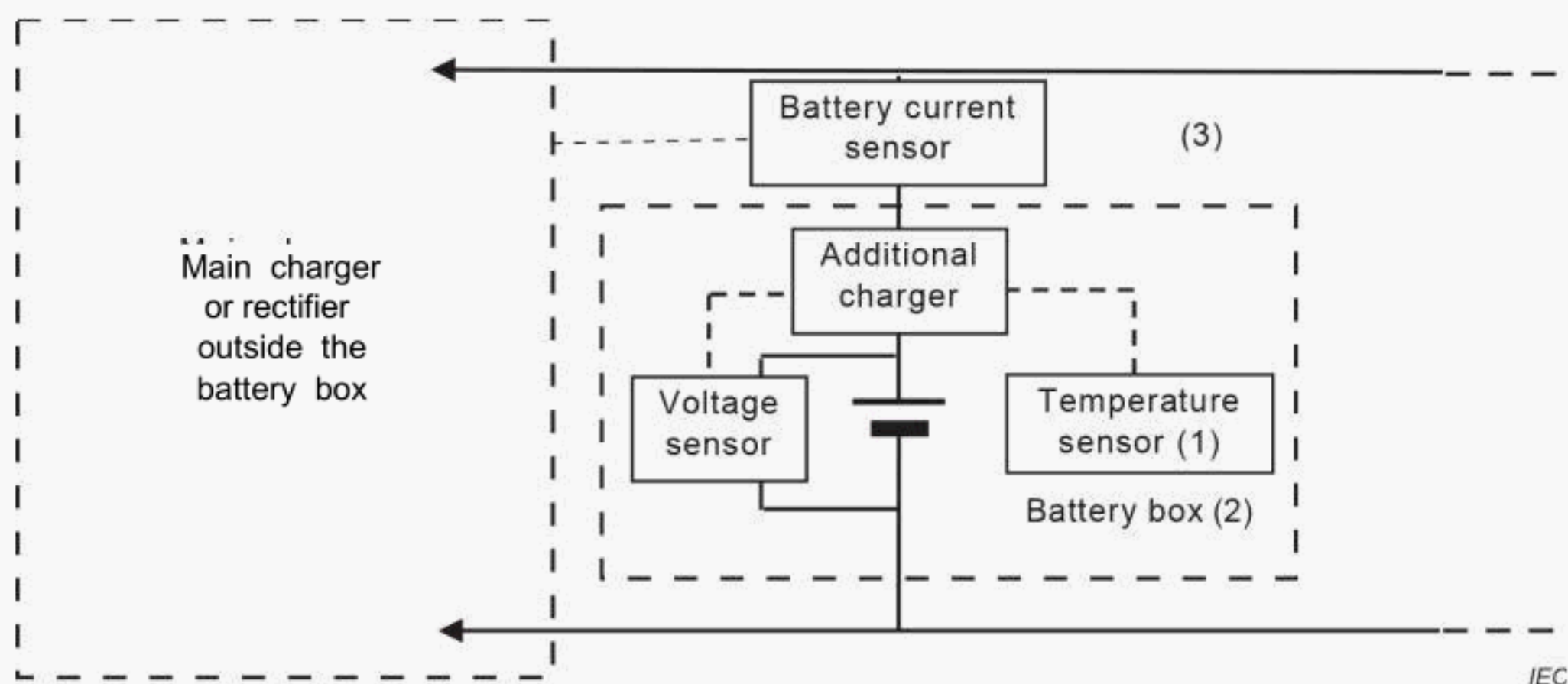


Figure A.1 – Example of interface with the additional charger in the battery box

The interface system with the additional battery charger in the battery box between the main charger and the battery box as shown in Figure A.1 consists of:

- a) Battery voltage regulation; maximum $\pm 10\%$ tolerance;
- b) The interface between the temperature sensor in the battery box and the main charger is not required;
- c) Position of the temperature sensor (1) within the battery box (2) for the additional charger;
- d) Cabling between battery and main charger: part of system integration in the rolling stock (3).

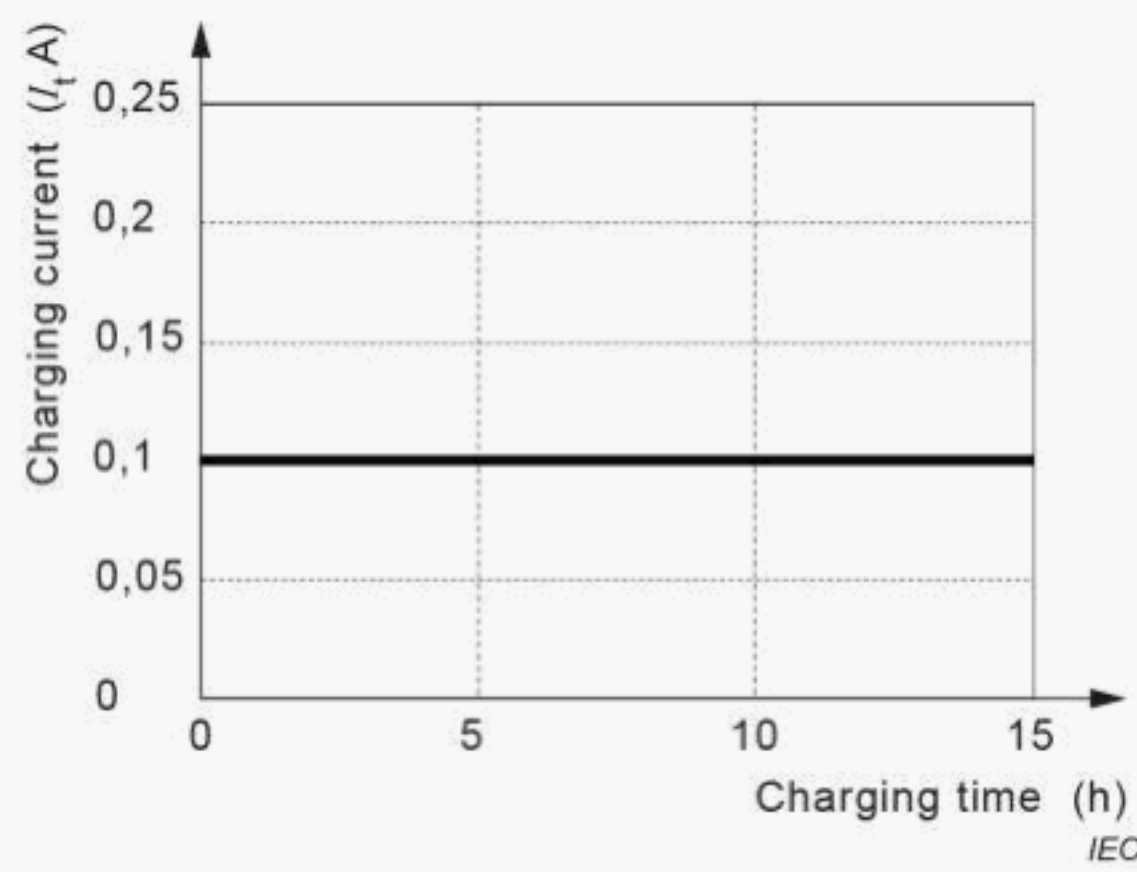
A.3 Charging requirements for the additional charger

A.3.1 General

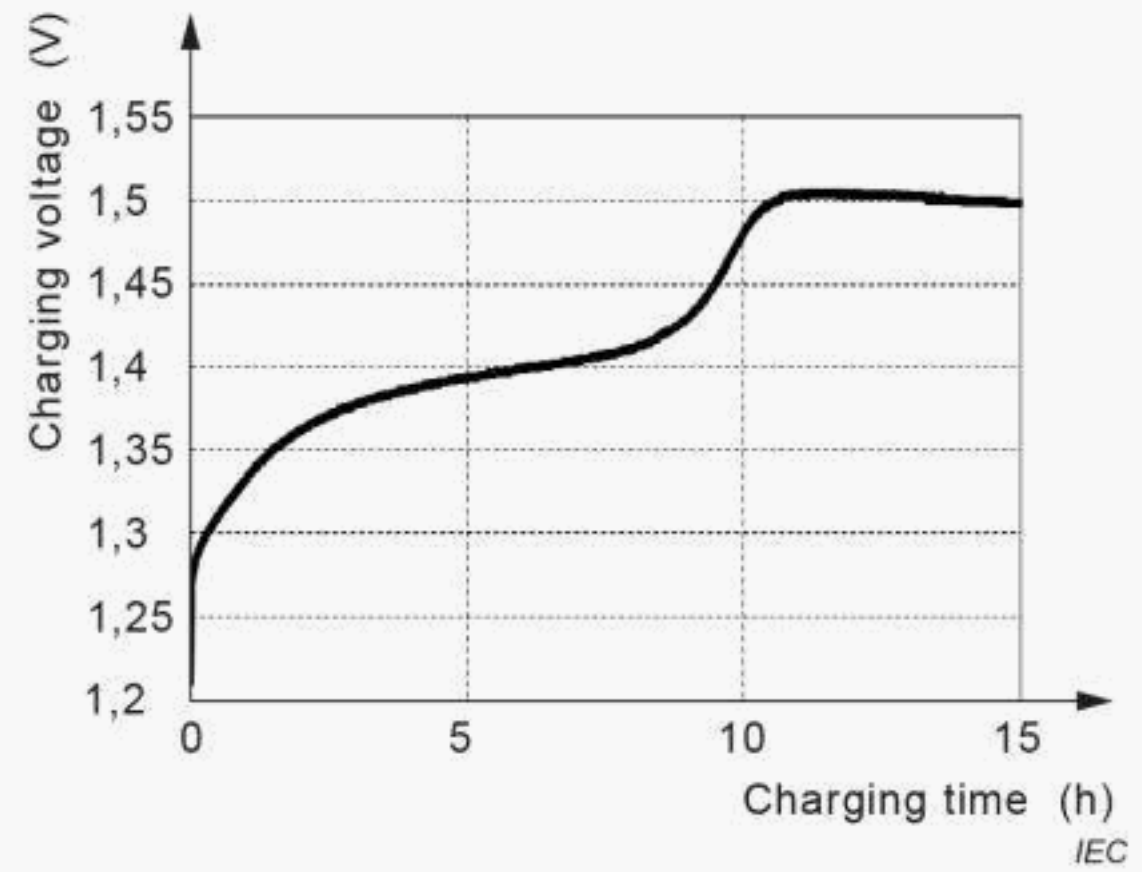
The additional charger charges with a constant current determined by the battery manufacturer until the voltage reaches the value specified by the battery manufacturer.

The charging method controls turning the constant current on and off repetitively according to the voltage set by the temperature compensation using voltage and temperature as parameters. At a low rate of the constant charging current at the time when SOC reaches 100 %, increasing voltage may be stabilized due to generation of oxygen due to equilibrium state between production of the oxidation (charging reaction) at the positive electrode and the oxygen overpotential of consuming OH

Figure A.2 shows that constant voltage occurs keeping equilibrium with generation of oxygen by oxygen overvoltage at 0,1 ItA even when the charge exceeds more than 100 %. Voltage becomes constant at more than 150 % of SOC. Reverse reaction will occur and degradation of the electrolyte may not occur.



a) Example of charging constant current rate curve



b) Example of charging voltage curve

Figure A.2 – Examples of Ni-MH charge curves

A.3.2 Temperature compensation during charging

Charging is controlled by the additional charger using the parameters set out in 4.5.3.

Annex B

(informative)

Declaration of cell model range representative of the testing

B.1 Electrical performance declaration

We the manufacturer, XXXX, declare that the cell model range type YYYYY (capacity from xxx Ah to xxx Ah) electrical performances as set out in IEC 63115-1, IEC 63115-2 or IEC 62675 as applicable can be assessed by testing a representative cell model type NNN (capacity nnn Ah) which is the worst-case in electrical performances.

B.2 Shock and vibration declaration

We the manufacturer, XXXX, declare that the cell model range type YYYYY (capacity from xxx Ah to xxx Ah) shock and vibration behaviour as set out in IEC 61373 can be assessed by testing a representative cell model type NNN (capacity nnn Ah) which is the worst-case in shock and vibration behaviour.

Bibliography

IEC 60050-482:2004, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 482: Primary and secondary cells and batteries*

IEC 60050-482:2004/AMD1:2016

IEC 60050-482:2004/AMD2:2020

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61960-3, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Secondary lithium cells and batteries for portable applications – Part 3: Prismatic and cylindrical lithium secondary cells and batteries made from them*

IEC 62498-1, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

IEC 62847, *Railway applications – Rolling stock – Electrical connectors – Requirements and test methods*

ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	30
1 Domaine d'application	32
2 Références normatives	32
3 Termes, définitions et termes abrégés	33
3.1 Termes et définitions	33
3.2 Termes abrégés	35
4 Exigences générales	35
4.1 Définitions des composants d'un système de batterie (figures purement illustratives)	35
4.2 Définition des types de batteries	36
4.2.1 Généralités	36
4.2.2 Désignation des éléments	37
4.2.3 Eléments parallélépipédiques	37
4.2.4 Eléments cylindriques	37
4.3 Conditions d'environnement	37
4.3.1 Système de batterie	37
4.3.2 Module de batterie	37
4.4 Exigences système	37
4.4.1 Tension réseau	37
4.4.2 Exigences de charge	39
4.4.3 Exigences de décharge	42
4.4.4 Conservation de la charge (autodécharge)	43
4.4.5 Exigences de dimensionnement de la capacité de la batterie	43
4.5 Exigences de sécurité et de protection	44
4.5.1 Généralités	44
4.5.2 Décharge profonde des batteries	44
4.5.3 Compensation en température pendant la charge	44
4.6 Protection contre les incendies	45
4.7 Maintenance	45
5 Conception mécanique du système de batterie	45
6 Interface électrique	45
7 Marquages	45
7.1 Symboles de sécurité	45
7.2 Plaque signalétique	46
7.2.1 Généralités	46
7.2.2 Modules de batterie et éléments de batterie	46
8 Conditions de stockage et de transport	46
8.1 Transport	46
8.2 Stockage des batteries	46
9 Essais	46
9.1 Généralités	46
9.2 Tolérances de mesure de paramètre	47
9.3 Essai de type	48
9.3.1 Généralités	48
9.3.2 Essais de caractéristiques électriques	48
9.3.3 Essai diélectrique	49

9.3.4	Essai de profil de décharge	49
9.3.5	Essai de chocs et vibrations	49
9.3.6	Essai de fiabilité	49
9.4	Essai individuel de série	49
9.4.1	Généralités	49
9.4.2	Vérifications visuelles	49
9.4.3	Essai diélectrique	49
9.4.4	Mesurage de la tension en circuit ouvert	49
9.4.5	Mesure de la résistance interne	50
Annexe A (informative) Autre configuration du système de charge de la batterie		51
A.1	Généralités	51
A.2	Exigences de charge applicables au chargeur principal	51
A.3	Exigences de charge applicables au chargeur supplémentaire	52
A.3.1	Généralités	52
A.3.2	Compensation en température pendant la charge	53
Annexe B (informative) Déclaration de représentativité d'un modèle d'élément pour les essais		54
B.1	Déclaration de représentativité pour les performances électriques	54
B.2	Déclaration de représentativité pour l'essai de chocs et vibrations	54
Bibliographie		55
Figure 1 – Représentation d'un ou plusieurs éléments, d'un module de batterie, d'un châssis, d'une caisse de groupement et d'un coffre batterie		36
Figure 2 – Exemples de courbes de décharge à différents courants de décharge constants en fonction du pourcentage de capacité		38
Figure 3 – Exemples de courbes de charge d'un élément Ni-MH		39
Figure 4 – Exemple d'interfaces entre le coffre batterie et le système de charge de la batterie		40
Figure 5 – Caractéristiques de charge types des batteries d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanches		42
Figure A.1 – Exemple d'interface avec le chargeur supplémentaire dans le coffre batterie		52
Figure A.2 – Exemples de courbes de charge d'un élément Ni-MH		53
Tableau 1 – Exigences de caractéristiques de charge		39
Tableau 2 – Caractéristiques de charge types des batteries Ni-MH		41
Tableau 3 – Paramètres et responsabilités concernant le dimensionnement de la capacité de la batterie.....		44
Tableau 4 – Essai de type et essai individuel de série		47
Tableau A.1 – Exigences en matière de caractéristiques de charge applicables au chargeur principal à l'extérieur du coffre batterie pour une conception intégrant un chargeur supplémentaire dans le coffre batterie		51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATERIEL ROULANT – BATTERIES POUR SYSTEMES D'ALIMENTATION AUXILIAIRE –

Partie 4: Batteries d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanche

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 62973-4 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

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

FDIS	Report on voting
9/2638/FDIS	9/2665/RVD

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

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

Ce document doit être utilisé conjointement avec l'IEC 62675, l'IEC 63115-1 et l'IEC 63115-2

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62973, publiées sous le titre général *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries pour systèmes d'alimentation auxiliaire*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATERIEL ROULANT – BATTERIES POUR SYSTEMES D'ALIMENTATION AUXILIAIRE –

Partie 4: Batterie d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanche

1 Domaine d'application

La présente partie de la série IEC 62973 s'applique aux différentes technologies de batterie d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanche destinées aux systèmes d'alimentation auxiliaire utilisés sur le matériel roulant.

Le présent document spécifie les exigences des caractéristiques et essais des éléments nickel-hydrure métallique étanches et complète l'IEC 62973-1 qui s'applique au matériel roulant de tous types (par exemple, véhicules ferroviaires de métro léger, tramways, véhicules de métro, trains de banlieue, trains régionaux, trains à grande vitesse, locomotives, etc.). Sauf spécification contraire, les exigences de l'IEC 62973-1 s'appliquent.

Le présent document spécifie également les exigences de l'interface entre les batteries et les chargeurs de batterie.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60051 (toutes les parties), *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires*

IEC 60077-1, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 1: Conditions générales de service et règles générales*

IEC 62485-2, *Exigences de sécurité pour les batteries d'accumulateurs et les installations de batteries – Partie 2: Batteries stationnaires*

IEC 62675, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Eléments individuels parallélépipédiques rechargeables étanches au nickel-métal hydrure*

IEC 62902:2019, *Batteries d'accumulateurs – Symboles de marquage pour l'identification de leur caractéristique chimique*

IEC 62973-1:2018, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries pour systèmes d'alimentation auxiliaire – Partie 1: Exigences générales*

IEC 63115-1:2020, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Accumulateurs étanches au nickel-métal hydrure destinés à l'utilisation dans les applications industrielles – Partie 1: Performances*

IEC 63115-2:2021, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Accumulateurs étanches au nickel-métal hydrure destinés à l'utilisation dans les applications industrielles – Partie 2: Sécurité*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

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

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

NOTE Les descriptions spécifiques aux batteries sont fournies dans l'IEC 60050-482.

3.1.1

batterie au sodium-chlorure de nickel

batterie nickel-hydrure métallique

batterie Ni-MH

batterie d'accumulateurs comprenant un électrolyte à l'hydroxyde de potassium aqueux, une électrode positive contenant du nickel à l'état d'hydroxyde de nickel et une électrode négative contenant de l'hydrogène sous forme d'hydrure métallique

Note 1 à l'article: Une batterie nickel-hydrure métallique contient un ensemble d'éléments étanches.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-08, modifiée – L'abréviation et la NOTE 1 à l'article ont été ajoutées.]

3.1.2

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

Note 1 à l'article: Dans le présent document, élément signifie «accumulateur nickel-hydrure métallique étanche»

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-01, modifiée – La NOTE 1 à l'article a été remplacée.]

3.1.3

élément étanche

élément fermé ne laissant échapper ni gaz ni liquide lorsqu'il fonctionne dans les limites spécifiées par le fabricant

Note 1 à l'article: Un élément étanche peut être muni d'un dispositif de sécurité destiné à éviter toute pression interne dangereusement élevée et est conçu pour fonctionner toute sa vie dans ses conditions d'étanchéité initiales.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-17]

3.1.4

accumulateur

élément qui est conçu pour être rechargé électriquement

Note 1 à l'article: La recharge est accomplie au moyen d'une réaction chimique réversible.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-03]

3.1.5

module de batterie

groupe d'éléments connectés ensemble en série et/ou en parallèle avec ou sans dispositif de protection (fusible ou CTP, par exemple) et circuit de surveillance

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.9, modifiée – «détecteur de température» a été remplacé par «CTP».]

3.1.6

capacité assignée

C_5 < pour 5 h >

valeur de la capacité d'une batterie déterminée dans des conditions spécifiées et déclarée par le fabricant

Note 1 à l'article: Dans le présent document, la capacité assignée est la capacité pour 5 heures, C_5 .

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modifiée – L'abréviation et la NOTE 1 à l'article ont été ajoutées.]

3.1.7

état de charge

SOC

capacité de charge disponible d'une batterie, normalement exprimée en pourcentage de sa capacité assignée totale telle que définie dans les normes applicables

Note 1 à l'article: Les définitions pratiques du terme «état de charge» dépendent des technologies retenues.

Note 2 à l'article: L'abréviation «SOC» est dérivée du terme anglais développé correspondant «State Of Charge».

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.6]

3.1.8

profondeur de décharge

DOD

capacité déchargée d'une batterie, exprimée en pourcentage par rapport à sa capacité assignée totale

Note 1 à l'article: C'est le complément de l'état de charge.

Note 2 à l'article: Lorsque l'un des deux augmente, l'autre diminue dans les mêmes proportions.

Note 3 à l'article: Les définitions pratiques du terme «profondeur de charge» dépendent des technologies retenues.

Note 4 à l'article: L'abréviation «DOD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Depth Of Discharge».

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.7]

3.1.9

utilisateur final

organisme qui exploite le système de batterie

Note 1 à l'article: En règle générale, l'utilisateur final est l'organisme qui exploite le véhicule équipé du système de batterie, à moins que la responsabilité n'ait été déléguée à un consultant ou à un maître d'œuvre

[SOURCE: IEC 62973-1: 2018, 3.1.11]

3.1.10

intégrateur système

organisme qui a la responsabilité technique du système de batterie complet et de son système de charge

Note 1 à l'article: L'intégrateur système peut être l'utilisateur final ou le fabricant du train, voire aucun d'entre eux.

[SOURCE: IEC 62973-1: 2018, 3.1.12]

3.1.11**fabricant** , <dans le secteur ferroviaire>

organisme qui a la responsabilité technique pour son contrat de fourniture

Note 1 à l'article: Le fabricant peut être le constructeur du train ou l'intégrateur système d'un système de batterie, un fabricant d'élément, etc. Si nécessaire, la distinction entre «fabricant du train», «fabricant du système de batterie» et «fabricant de l'élément» sera faite de manière explicite.

[SOURCE: IEC 62973-1: 2018, 3.1.13]

3.2 Termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les abréviations suivantes s'appliquent.

CA	Courant alternatif
C5	Capacité pour 5 heures
CC	Courant continu
DOD	(Depth Of Discharge) Profondeur de décharge
LRU	(Line Replaceable Unit) Unité remplaçable en ligne
Batterie Ni-MH	Batterie nickel-hydrure métallique
OCV	(Open Circuit Voltage) Tension en circuit ouvert
SOC	(State Of Charge) Etat de charge

4 Exigences générales**4.1 Définitions des composants d'un système de batterie (figures purement illustratives)**

La Figure 1 présente les définitions d'élément(s), de module de batterie, de châssis, de caisse de groupement et de coffre batterie.

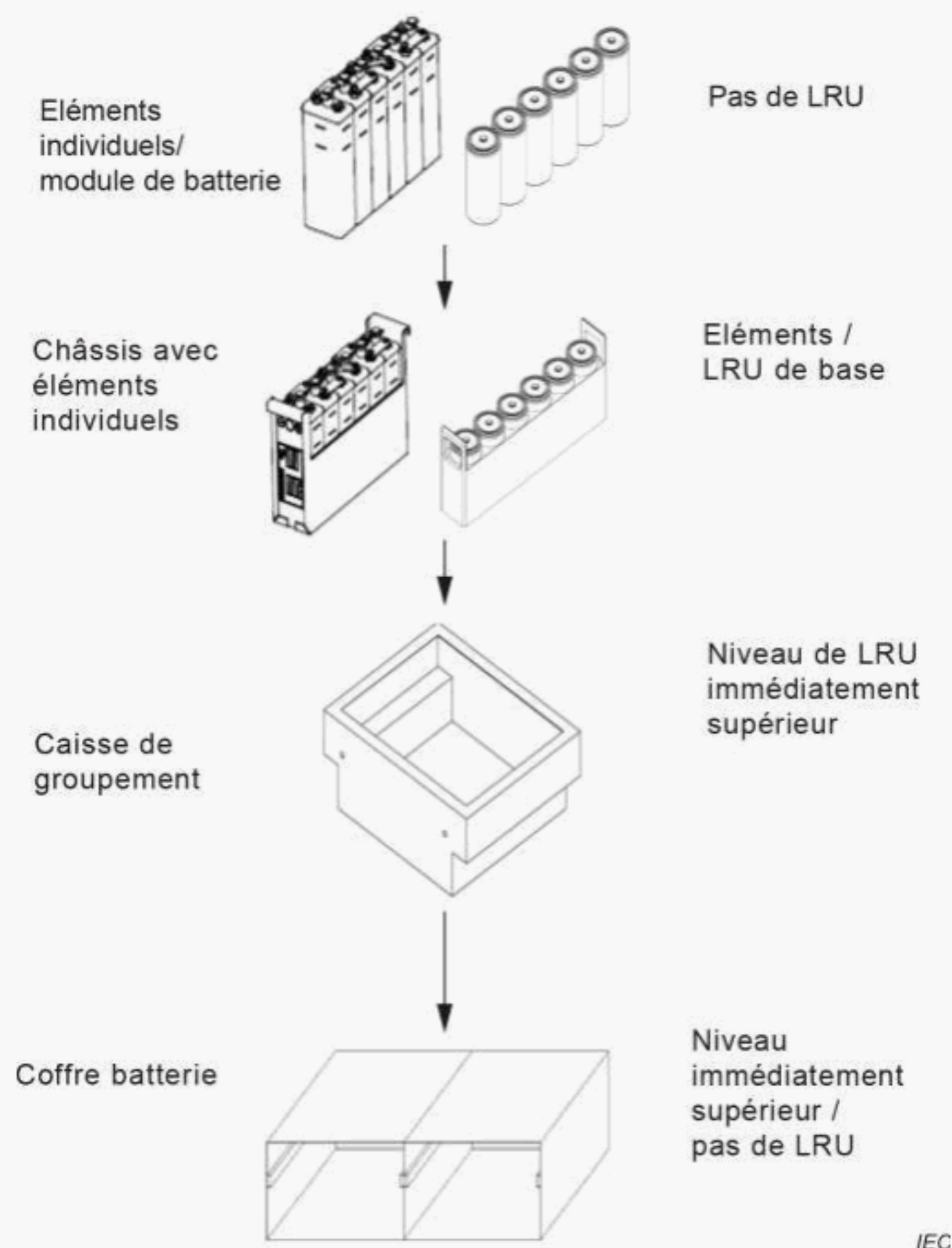


Figure 1 – Représentation d'un ou plusieurs éléments, d'un module de batterie, d'un châssis, d'une caisse de groupement et d'un coffre batterie

Certaines batteries peuvent ne pas inclure la totalité des composants illustrés ci-dessus; par exemple, les éléments individuels peuvent être installés dans une caisse de groupement, sans châssis.

4.2 Définition des types de batteries

4.2.1 Généralités

Une batterie se compose d'un certain nombre d'éléments ou des modules de batteries, qui sont assemblés dans des châssis et/ou dans des caisses de groupement et enfin dans un coffre batterie.

Un élément est constitué de plusieurs plaques positives et négatives, d'électrolyte, d'un conteneur métallique et d'un couvercle étanche. Les bornes positives et négatives, lesquelles sont isolées les unes des autres par un séparateur, sont logées de manière étanche dans le conteneur métallique refermé par un couvercle étanche.

Le couvercle étanche se compose d'une borne positive, d'un clapet de sécurité contre les surpressions et d'un isolant lesquels sont isolés de la partie négative qui forme le conteneur. Le conteneur porte une enveloppe isolante.

Le composé positif d'oxydoréduction est l'hydroxyde de nickel et le composé négatif d'oxydoréduction est l'hydrogène absorbé dans l'alliage de nickel.

Les électrodes sont entourées d'électrolyte, à savoir une solution aqueuse principalement constituée d'hydroxyde de potassium (KOH) et d'eau distillée ou déionisée. La composition chimique de l'électrolyte n'évolue pas avec les cycles de charge/décharge et l'électrolyte ne se dégrade pas au fil des cycles.

4.2.2 Désignation des éléments

Les éléments nickel-hydrure métallique étanches doivent être désignés par l'une des lettres L, M, H ou X, qui signifient:

L (low):	faible taux de décharge;
M (medium):	taux de décharge moyen;
H (high):	taux de décharge élevé;
X:	taux de décharge très élevé.

NOTE Ces éléments sont généralement, mais pas exclusivement, utilisés pour les taux de décharge suivants (voir IEC 63115-1:2020):

L:	jusqu'à 0,5 It A inclus;
M:	jusqu'à 3,5 It A inclus;
H:	jusqu'à 7,0 It A inclus;
X:	jusqu'à 7,0 It A et au-dessus.

Ces courants sont exprimés sous la forme de multiples de It A , où $\text{It A} = C_5 \text{ Ah}/1 \text{ h}$.

4.2.3 Éléments parallélépipédiques

Un élément parallélépipédique est un élément ayant la forme d'un parallélépipède rectangle.

4.2.4 Éléments cylindriques

Un élément cylindrique est un élément ayant la forme d'un cylindre. La hauteur totale est supérieure ou égale au diamètre total.

4.3 Conditions d'environnement

4.3.1 Système de batterie

Se référer à l'IEC 62973-1:2018, 4.3.

4.3.2 Module de batterie

Les modules de batterie Ni-MH peuvent fonctionner dans une plage de température allant de - 20 °C à + 45 °C.

L'utilisateur final et/ou l'intégrateur système et le fabricant d'élément/de batterie peuvent convenir d'une plage de température différente.

4.4 Exigences système

4.4.1 Tension réseau

La tension nominale d'une batterie Ni-MH est de 1,2 V par élément.

La tension de charge de la batterie Ni-MH dépend du nombre d'éléments et de la température.

Le nombre optimisé d'éléments dans une batterie Ni-MH calculé par le fabricant de la batterie doit garantir le bon fonctionnement entre les limites minimale et maximale de la plage de tension de service de l'équipement au regard des conditions de service et du profil de décharge de la batterie. La tension de charge de la batterie en service à 20 °C doit ensuite être déterminée en prenant en compte le nombre d'éléments et les caractéristiques de charge des éléments individuels. Se référer à l'IEC 62973-1, 4.4.1.

Les tensions nominales de batterie et les tensions de décharge sont différentes. A titre d'exemple, la Figure 2 ci-après présente des décharges types d'un élément Ni-MH à différents courants de décharge constants qui varient avec le taux assigné de décharge de la batterie (par exemple, L, M et H conformément à 4.2.2 et à l'IEC 63115-1). Ces courants sont exprimés sous la forme de multiples de I_t A, où I_t A = C_5 Ah/1 h (voir IEC 63115-1 et IEC 61960-3).

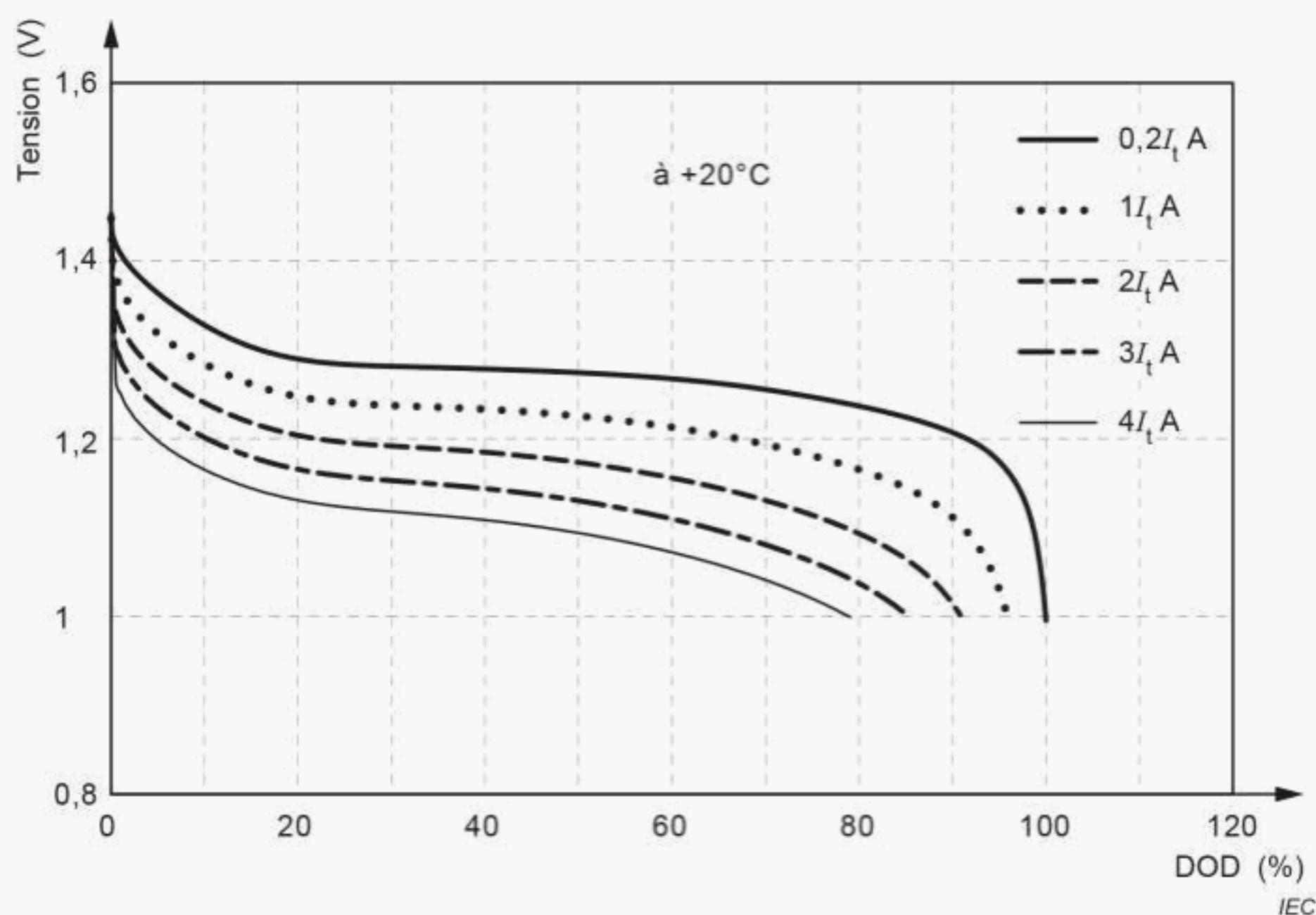


Figure 2 – Exemples de courbes de décharge à différents courants de décharge constants en fonction du pourcentage de capacité

Dans l'exemple suivant, la Figure 3 a) présente la charge type d'un élément Ni-MH en courant de charge constant à $0.2 I_t$ A pendant la phase initiale, et la Figure 3 b) la charge en tension de charge constante pendant la dernière phase, correspondant à la technologie de la batterie Ni-MH.

Les fabricants de batteries doivent rendre disponibles les courbes de charge.

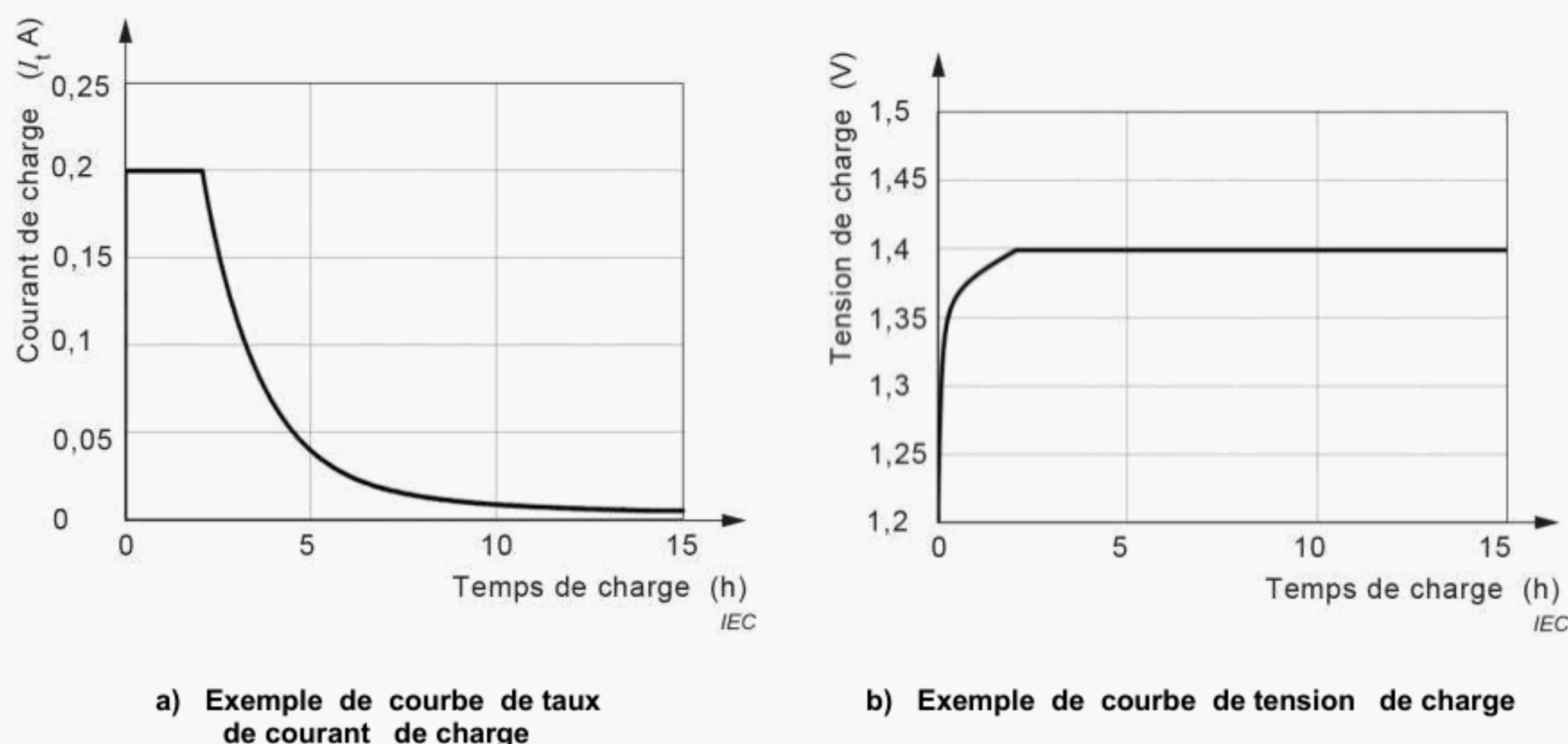


Figure 3 – Exemples de courbes de charge d'un élément Ni-MH

4.4.2 Exigences de charge

La tension exigée pour charger la batterie et la méthode de charge optimale sont spécifiées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Exigences de caractéristiques de charge

Exigences	Caractéristiques
Condition normale	Chargeur de batterie en charge flottante («floating») avec compensation en température et condition de charge exigée par le fabricant de batterie.
Méthode de charge	Voir 4.5.3
Tolérance de régulation en régime établi de la sortie de tension de charge de la batterie au niveau du système de charge	tolérance de $\pm 1,5$ % ou inférieure
Ondulation de la tension de charge	≤ 5 % (conformément à l'IEC 60077-1, avec la batterie déconnectée)
Ondulation du courant de charge	Le courant de charge de la batterie doit être du courant continu, car toute composante alternative superposée au courant de charge peut faire monter la température de la batterie. Il convient que la part en courant alternatif du courant de charge ne dépasse pas les valeurs définies dans l'IEC 62485-2.
Compensation en température	Exigée. Dans certains cas, selon l'accord entre l'utilisateur final et le fabricant, la régulation de la tension de charge par compensation en température peut ne pas être exigée.
Détection de la température	Signal transmis par un capteur fixé sur la batterie ou sur le compartiment de la batterie, détection à l'intérieur du système de charge de la batterie.

NOTE Le taux d'ondulation d'un courant continu est calculé d'après la formule suivante:

$$\text{Taux d'ondulation d'un courant continu} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \times 100$$

où U_{\max} et U_{\min} sont respectivement les valeurs maximale et minimale de la tension ondulée.

Voir IEC 60077-1.

La Figure 4 présente un schéma électrique type d'une interface entre le coffre batterie et le système de charge de la batterie.

D'autres configurations du système de charge de la batterie peuvent être disponibles et le système de charge de la batterie peut être intégré dans le coffre batterie après accord entre l'utilisateur final et/ou l'intégrateur et le fabricant de batterie. Voir Annexe A.

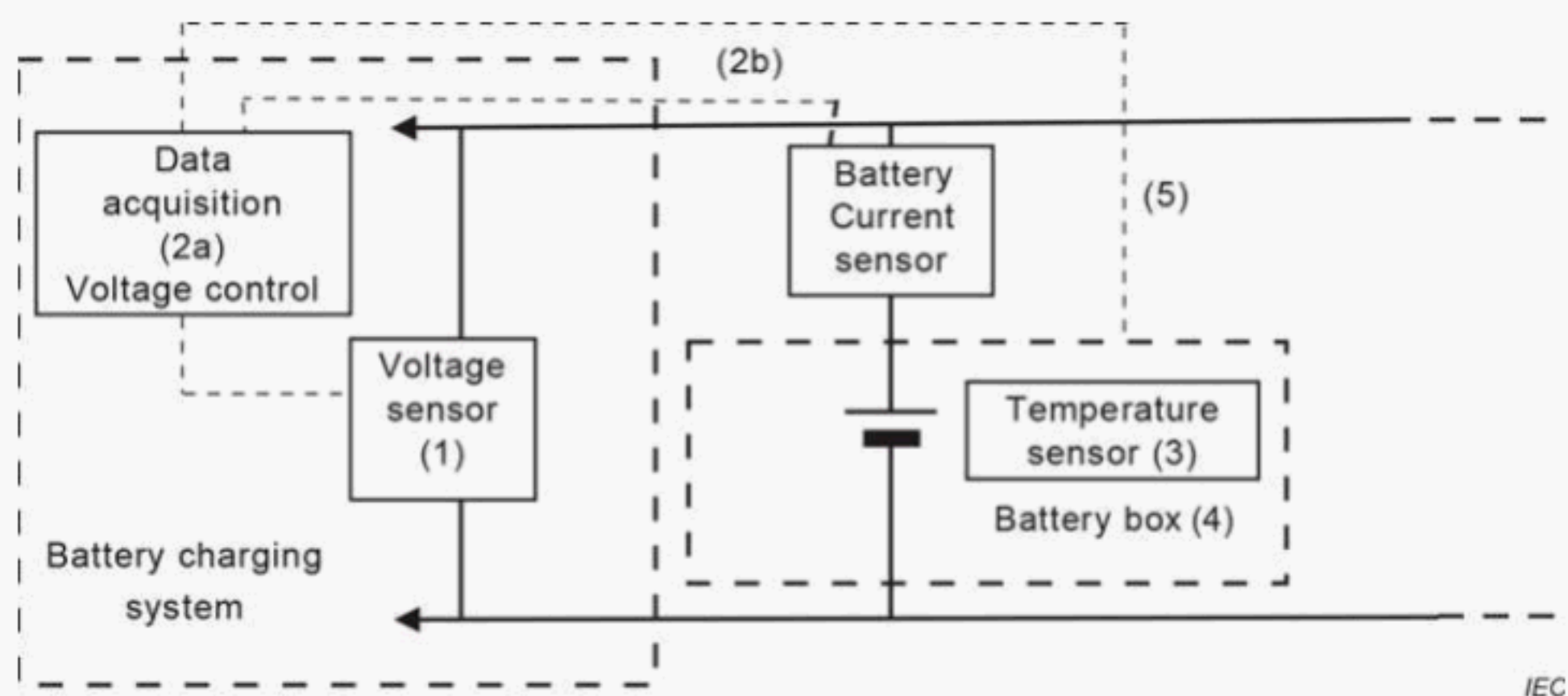


Figure 4 – Exemple d'interfaces entre le coffre batterie et le système de charge de la batterie

Le système d'interface entre le système de charge de la batterie et le coffre batterie, tel que présenté sur la Figure 4, comprend:

- la détection et la régulation de la tension de la batterie: tolérance maximale $\pm 1 \%$ (voir (1) sur la Figure 4);
- l'acquisition des données de température, (2a), y compris le câblage (2b) au capteur (3): typiquement tolérance inférieure à $\pm 2,5 \text{ K}$;
- capteur de température (3): tolérance maximale de $\pm 2 \text{ K}$ pour la plage de température spécifiée, de préférence fixé sur la batterie, avec au minimum un capteur par système de batterie (voir (3)); le choix du capteur de température doit faire l'objet d'un accord entre l'intégrateur système et le fournisseur de la batterie et du système de charge de la batterie;
- la position du capteur de température (3) dans le coffre batterie (4);
- le câblage entre la batterie et le chargeur de batterie; partie de l'intégration du système dans le matériel roulant (5).

L'intégrateur système vérifiera si l'effet du câblage doit être compensé et réfléchira à la méthode de compensation en tenant compte de la chute de tension dans les câbles d'alimentation et de la résistance dans les fils des capteurs de température.

L'impact du câblage du capteur dépend du type de capteur de température, du système d'acquisition de données et/ou de l'emplacement du capteur de tension. Si les influences sont importantes, il est possible de les compenser au niveau du système de contrôle du chargeur de batterie, par accord entre l'intégrateur système et le fabricant du système de charge de la batterie.

Avec les capteurs de température recommandés, l'influence de la résistance du câblage sur l'acquisition des données peut être négligée.

La tension de charge de la batterie doit être limitée à la tension maximale au niveau de l'équipement indiquée dans le Tableau 1 de l'IEC 62973-1:2018. Il convient de limiter la régulation de la tension par compensation en température à ces valeurs en prenant en compte les valeurs obtenues en multipliant la tension de charge par élément du Tableau 2 par le nombre d'éléments en série de la batterie.

Les tensions de charge par élément types applicables à la plupart des applications sont indiquées dans le Tableau 2 avec régulation de la tension par compensation en température. Il est possible de choisir des valeurs plus élevées ou plus faibles en fonction des dimensions et des paramètres d'application (par exemple, une tension de charge flottante à un seul niveau de 1,40 V/élément sans régulation de la tension de charge par compensation en température est couramment employée).

Dans certains cas, sous réserve d'un accord entre l'utilisateur final et le fabricant, la régulation de la tension de charge par compensation en température peut ne pas être exigée. Ces informations doivent faire l'objet d'un accord préalable avant de procéder au calcul de la capacité de batterie exigée pour un profil de décharge donné. Dans ce cas, le capteur de température de la batterie peut ne pas être pris en compte. Le calcul de la capacité supplémentaire de la batterie nécessaire pour prendre en compte le régime de charge non compensé en température relève de la responsabilité du fabricant de la batterie. En cas de température extrêmement basse, un dispositif de chauffage peut être ajouté afin de limiter la capacité supplémentaire nécessaire. Si tel est le cas, la température d'activation du dispositif de chauffage doit faire l'objet d'un accord préalable avant de procéder au calcul de la capacité de batterie.

Tableau 2 – Caractéristiques de charge types des batteries Ni-MH

Caractéristiques de charge des batteries Ni-MH		Tension de charge flottante à 20 °C	Charge rapide à 20 °C	Remarques
Données de charge de base ^a	Tension de charge à 20 °C	1,40 V/élément ^b	1,60 V/élément ^b	Voir points ① et ② sur la Figure 5
	Obligatoire, passage de la charge rapide à la charge flottante	NA	45 °C	Voir point ③ sur la Figure 5 Le point de bascule de la charge rapide à la charge flottante dépend de paramètres tels que la température, le courant et/ou le temps
Correction de température	Cas type avec une seule valeur	- 2 mVK -1élément -1 ^c	- 2 mVK -1élément -1 ^c	Voir Figure 5
Points de bascule de consigne (tous les modes de charge)	Obligatoire, arrêt de la charge de la batterie	Jusqu'à 70 °C au maximum		Voir point ④ sur la Figure 5
	Standard, passage de la charge rapide à la charge flottante	NA	Le point de bascule de la charge rapide à la charge flottante dépend de paramètres tels que la température, le courant et/ou le temps ^d	Nécessité de mesurer le courant ainsi que la température et/ou le temps
	Standard, passage de la charge flottante à la charge rapide	Le point de bascule de la charge flottante à la charge rapide dépend de paramètres tels que la température, le courant et/ou le temps ^d	NA	Nécessité de mesurer le courant ainsi que la température et/ou le temps

NOTE Le point⑤ sur la Figure 5 correspond à la tension de charge maximale au niveau de l'équipement indiquée dans le Tableau 1 de l'IEC 62973-1:2018.

- a Lorsqu'un seul niveau de charge est utilisé, la tension de charge rapide est la tension de charge flottante.
- b Les valeurs des tensions de charge des différents modes de charge sont des valeurs indicatives. Le fabricant peut choisir des valeurs différentes afin d'obtenir un certain état de charge en fonction de la technologie Ni-MH. Ces valeurs doivent être clairement indiquées dans la documentation de l'élément et doivent être communiquées par le fabricant de l'élément sur demande. Il convient que les tolérances de tension adoptées soient de +/- 1 % au maximum.
- c Une compensation en température est nécessaire: $-0,002 \text{ VK-1élément } ^{-1}$ est une valeur type de compensation. Si la valeur numérique doit être ajustée pour certains types d'éléments spécifiés comme étant alimentés en CCCV, cela doit être clairement indiqué dans la documentation du fabricant de l'élément et dans les documents d'approbation. Il est possible d'avoir 3 valeurs:
- une pour des températures inférieures ou égales à T_1 , ($T_1 < 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$, par exemple $T_1 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$);
 - une pour les températures supérieures à T_1 et inférieures ou égales à $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$; et
 - une pour les températures supérieures à $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- d Le courant de charge peut varier en fonction de la valeur de courant de charge indiquée dans la documentation fournie par le fabricant de l'élément.

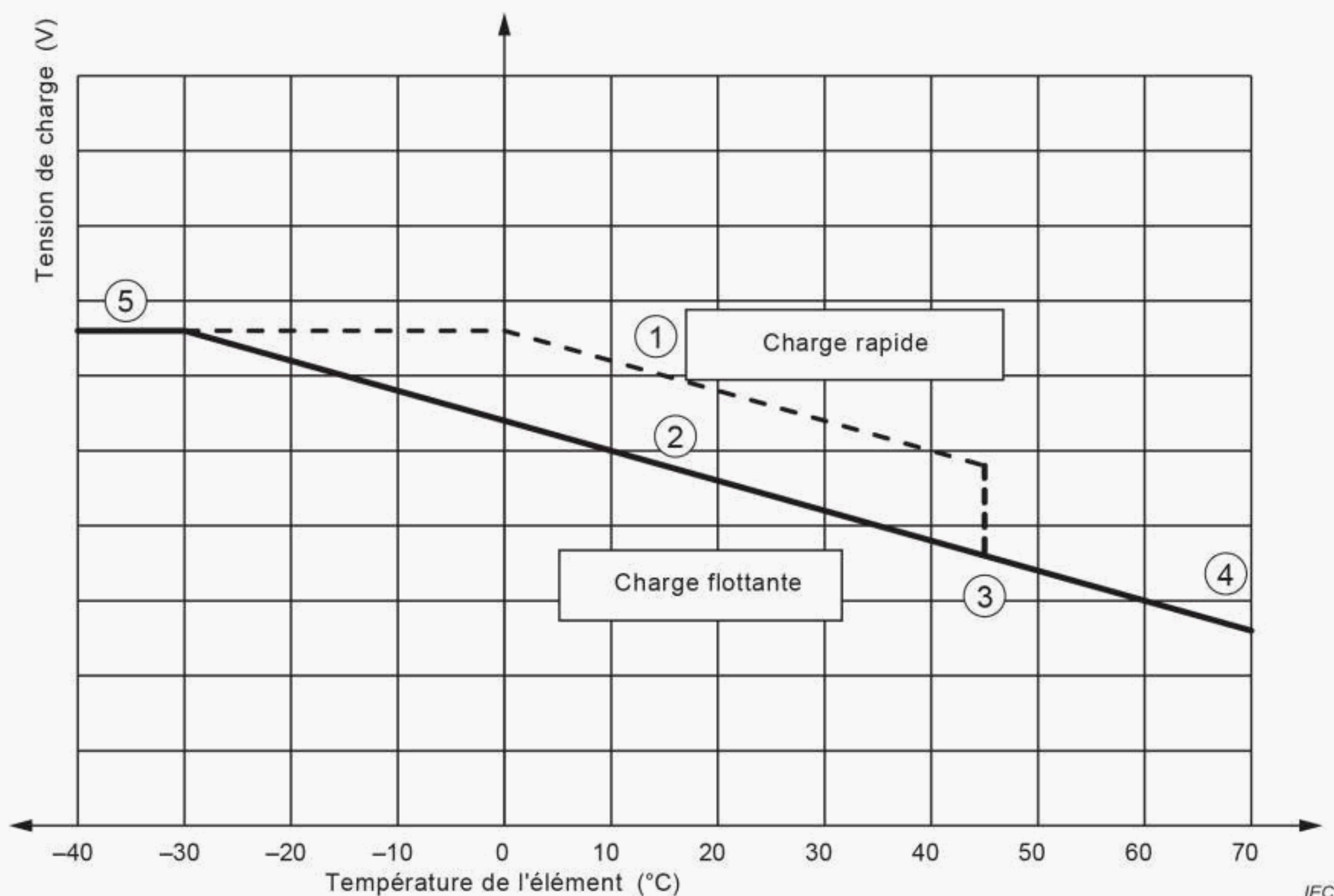


Figure 5 – Caractéristiques de charge types des batteries d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanches

4.4.3 Exigences de décharge

4.4.3.1 Généralités

Se référer à l'IEC 62973-1:2018, 4.4.3.1.

Les conditions de décharge (courant, température, tension finale) doivent être déclarées par le fabricant de la batterie.

4.4.3.2 Profil de décharge

Se référer à l'IEC 62973-1.

Il n'y a pas de remarque particulière concernant le profil de décharge d'une batterie Ni-MH.

Il existe différents types de profil pour les batteries Ni-MH selon le taux de charge/décharge. Le dimensionnement de la batterie doit être défini lors de la conception en tenant compte des caractéristiques de charge/décharge des éléments sur la base du profil de charge (voir IEC 63115-1:2020).

4.4.3.3 Temps de décharge prolongée

La batterie doit être capable de supporter une décharge prolongée sans subir de dommage permanent. Il convient que le temps de décharge prolongée soit défini par l'utilisateur final et/ou l'intégrateur système. La batterie doit être correctement dimensionnée de sorte à éviter que le temps de décharge prolongée n'entraîne une décharge profonde traitée en 4.5.2.

4.4.3.4 Performances à basse ou haute température

La performance de décharge est caractérisée par rapport à une exigence minimale à une basse température spécifiée dans l'IEC 63115-1:2020, 7.3.3.

Le présent document spécifie les caractéristiques de charge/décharge à des températures extrêmement basse et haute pour les systèmes d'alimentation auxiliaire utilisés sur le matériel roulant.

Des informations détaillées sont données en 9.3.2.2.

Si des résultats d'essais antérieurs menés dans les conditions exigées ou dans des conditions plus drastiques sont disponibles, ceux-ci peuvent être utilisés par équivalence entre le système précédemment soumis à essai et le système de batterie en question, sans devoir procéder à un nouvel essai.

4.4.4 Conservation de la charge (autodécharge)

Pour les exigences de conservation de la charge, se référer à l'IEC 62973-1.

L'autodécharge peut amener une batterie Ni-MH à se décharger complètement sur une période prolongée. Toutefois, cela n'occasionne pas de dommage permanent sur la batterie Ni-MH.

4.4.5 Exigences de dimensionnement de la capacité de la batterie

Le fabricant de la batterie Ni-MH doit définir les paramètres suivants:

- l'état de charge déterminé par les paramètres de charge (tension, compensation en température, nombre d'éléments) et les conditions d'environnement;
- le facteur de vieillissement selon la température ambiante de fonctionnement, les cyclages à la DOD correspondante, la maintenance et la durée de vie exigée de la batterie (liste non exhaustive).

Les exigences de dimensionnement de la capacité de la batterie sont spécifiées par les valeurs du Tableau 3.

Tableau 3 – Paramètres et responsabilités concernant le dimensionnement de la capacité de la batterie

Paramètres nécessaires au dimensionnement de la batterie	Responsabilités concernant la fourniture des paramètres	Valeurs
Profil de décharge (W, Ω , A)	Fourni par l'intégrateur système	Cas de profil de décharge, chacun exprimé en W, Ω , A sur une durée spécifiée
Basse ou haute température pour le dimensionnement du profil de décharge (°C)	Spécifiée par le fabricant du train ou conjointement avec l'utilisateur final	Haute et basse températures en °C conformément à 4.4.3.4 de l'IEC 62973-1:2018
Tension de charge pour le système de batterie à 20 °C	Fabricant de l'élément ou de la batterie	Nombre d'éléments x tension de charge par élément demandée
Etat de charge à 20 °C en conditions de charge flottante (%)	Fourni par le fabricant de l'élément ou de la batterie	Pourcentage de la capacité assignée conformément à l'IEC 63115-1:2020
Facteur de vieillissement (%)	Fourni par le fabricant de l'élément ou de la batterie	Pourcentage de la capacité assignée conformément à l'IEC 63115-1:2020
Capacité de cyclage demandée (nombre de cycles du profil de décharge et durée)	Spécifiée par l'utilisateur final	Nombre de cycles et durée (partielle ou totale) du profil de décharge par semaine, mois ou année
Durée de vie utile de la batterie à une température de service annuelle moyenne d'environ 20 °C dans les conditions ferroviaires (années)	Fournie par le fabricant de l'élément ou de la batterie	Durée de vie en années dans les conditions ferroviaires habituelles

4.5 Exigences de sécurité et de protection

4.5.1 Généralités

Se référer à l'IEC 62973-1.

Les exigences de sécurité et de protection doivent être définies en prenant en considération:

- la fuite de l'électrolyte des modules de batterie en fin de vie;
- les modes de défaillance, par exemple pendant une décharge, pendant une charge, ceux qui se produisent suite à un déséquilibre des performances des éléments dans le module de batterie dû à un court-circuit interne en fin de vie.

4.5.2 Décharge profonde des batteries

Se référer à l'IEC 62973-1.

Une décharge profonde est susceptible de conduire à une dégradation des performances du fait d'une augmentation de pression dans les éléments Ni-MH étanches, d'une fuite de l'électrolyte et d'une dégradation des composés d'oxydoréduction.

4.5.3 Compensation en température pendant la charge

La tension de charge des batteries nickel-hydrure métallique étanches varie en fonction de la température (voir Figure 5).

Pour les systèmes d'alimentation auxiliaire utilisés sur le matériel roulant, les batteries sont conservées dans un état de pleine charge. En régulant la tension de charge à l'aide du capteur de température dans le coffre batterie, il est possible d'utiliser pleinement la capacité.

Il convient que la tension de charge de la batterie soit régulée selon une température mesurée. Voir 4.4.2.

4.6 Protection contre les incendies

Se référer à l'IEC 62973-1.

Une augmentation brutale de la température des modules de batterie suite à un court-circuit interne est susceptible de provoquer une rupture des modules de batterie et des arcs électriques. Toutefois, les parties des modules de batterie, comme l'électrolyte par exemple, étant non inflammables, les modules de batterie ne se consomment pas. Il convient par ailleurs d'accorder une attention particulière à la propagation du feu par les étincelles aux parties adjacentes.

Des matériaux ignifugeants doivent être utilisés pour les parties dans le coffre batterie.

4.7 Maintenance

Se référer à l'IEC 62973-1.

Afin de préserver les performances de la batterie, les opérations de maintenance suivantes sont recommandées pour les batteries Ni-MH:

- a) examen visuel;
- b) nettoyage de la batterie et des contacts.

5 Conception mécanique du système de batterie

Se référer à l'IEC 62973-1.

Des exemples de solutions structurelles mécaniques sont donnés dans l'IEC 62973-1.

Les exemples suivants sont des solutions pour les systèmes de batterie intégrant des batteries Ni-MH étanches:

- il convient qu'une isolation soit prévue entre la caisse de groupement, ou le châssis, et les pièces métalliques du coffre batterie (conteneur de la batterie), lorsqu'un conteneur métallique est utilisé;
- il convient qu'une isolation soit prévue entre les modules de batterie, lorsqu'un conteneur métallique est utilisé;
- il convient de positionner la sortie de mise à l'évent au sommet du coffre batterie afin de libérer l'hydrogène gazeux généré pendant la décharge. Il convient que le fabricant de batterie indique une taille recommandée pour la sortie et que l'intégrateur système l'approuve.

6 Interface électrique

Pour l'interface électrique, se référer à 4.4.2.

7 Marquages

7.1 Symboles de sécurité

Les symboles de sécurité devant figurer sur le coffre batterie, le châssis ou à d'autres emplacements au sein du coffre batterie sont définis dans l'IEC 62973-1.

Les modules de batterie et les éléments de batterie n'étant pas traités comme une unité remplaçable en ligne, les symboles de sécurité ne sont pas exigés sur les modules de batterie et les éléments.

7.2 Plaque signalétique

7.2.1 Généralités

La plaque signalétique devant figurer sur le coffre batterie, le châssis ou à des emplacements au sein du coffre batterie autres que ceux cités en 7.2.2 est définie dans l'IEC 62973-1.

7.2.2 Modules de batterie et éléments de batterie

La plaque signalétique, le poinçon ou l'étiquette des modules de batterie et des éléments de batterie sont définis dans l'IEC 63115-1:2020, Article 5 et dans l'IEC 62902:2019.

8 Conditions de stockage et de transport

8.1 Transport

Pour les conditions de transport, se référer à l'IEC 62973-1.

8.2 Stockage des batteries

Pour les conditions de stockage des batteries, se référer à l'IEC 62973-1.

Il convient de stocker les modules de batterie en les déconnectant électriquement des circuits externes.

Afin d'éviter toute dégradation de la batterie due à la réaction chimique du Ni-MH, il convient de stocker les batteries Ni-MH dans un état de charge non inférieur à 30 %. En outre, lorsque les batteries sont stockées sur une période dépassant un an, il convient de les charger annuellement.

9 Essais

9.1 Généralités

La procédure d'essai et les paramètres d'essai doivent être spécifiés dans le cadre d'un accord entre l'utilisateur final, le fabricant du train et le fabricant de la batterie. Si tel n'est pas le cas, les conditions d'essai habituelles suivantes doivent être appliquées.

Les catégories d'essais suivantes s'appliquent:

- essai de type;
- essai individuel de série.

Il convient que les essais de type réalisés antérieurement sur le même type de batterie soient acceptables pour différents projets.

Les Paragraphes 9.3 et 9.4 spécifient les essais applicables aux batteries d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanches.

Le Tableau 4 présente les essais, qui doivent au minimum être réalisés.

Tableau 4 – Essai de type et essai individuel de série

Objet de l'essai	Essai de type	Essai individuel de série	Référence
Essais de caractéristiques électriques	O		9.3.2
Performance de décharge à différentes températures	O		9.3.2.2
Caractéristiques de stockage	O		9.3.2.3
Endurance en cycles	O		9.3.2.4
Essai diélectrique	O		9.3.3
Essai de profil de décharge	O		9.3.4
Essai de chocs et vibrations	O		9.3.5
Essai de fiabilité	O		9.3.6
Cycles de température	O		9.3.6.1
Essai de court-circuit externe	O		9.3.6.2
Vérifications visuelles		O	9.4.2
Essai diélectrique		O	9.4.3
Mesurage de la tension en circuit ouvert		O	9.4.4.2
Mesure de la résistance interne		O	9.4.5

Le fabricant peut utiliser des éléments à la place de batteries pour tout essai qui caractérise les batteries.

Les résultats d'essai peuvent être déclarés au moyen du formulaire présenté à l'Annexe B.

9.2 Tolérances de mesure de paramètre

La précision globale d'un appareil de mesure donné utilisé pour les essais du système de batterie décrits dans le présent document, par rapport aux valeurs spécifiées ou réelles, doit respecter les tolérances données dans l'IEC 63115-2.

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

Ces tolérances correspondent à la précision globale combinée des appareils de mesure, des techniques de mesure utilisées et de l'ensemble des autres sources d'erreur liées à la procédure d'essai.

Pour choisir les appareils de mesure analogiques, se référer à l'IEC 60051. Les appareils utilisés doivent être consignés en détail dans chaque rapport de résultats.

Les précisions susmentionnées doivent s'appliquer, à moins que d'autres niveaux de précision globale aient été définis dans les paragraphes des essais individuels décrits dans le présent document.

9.3 Essai de type

9.3.1 Généralités

Se référer à l'IEC 62973-1:2018, 9.3.1

9.3.2 Essais de caractéristiques électriques

9.3.2.1 Généralités

Les essais d'une batterie d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanche doivent être réalisés conformément à l'IEC 63115-1:2020.

Les essais qui doivent au minimum être réalisés sont répertoriés ci-dessous:

- performance de décharge à différentes températures;
- caractéristiques de stockage;
- endurance en cycles.

9.3.2.2 Performance de décharge à différentes températures

Cet essai vise à vérifier la capacité assignée de l'élément ou du module de batterie.

Etape 1 - L'élément ou le module de batterie doit être pleinement chargé conformément à l'IEC 63115-1:2020, 7.2.

Etape 2 - L'élément ou le module de batterie doit être stocké à différentes températures ambiantes (entre - 20 °C et 45 °C ± 5 °C):

- à 45 °C, sur une durée non inférieure à 8 h et non supérieure à 24 h;
- à - 20 °C pendant au moins 24 h.

Etape 3 - L'élément ou le module de batterie doit ensuite être déchargé aux mêmes températures ambiantes et au courant constant spécifié par le fabricant de batterie.

Les conditions de décharge (courant, température, tension finale) doivent être déclarées par le fabricant.

Etape 4 - La capacité délivrée à l'étape 3 ne doit pas être inférieure à 80 % de la capacité assignée, c'est-à-dire de la valeur de la capacité d'un élément ou d'un module de batterie déterminée dans les conditions spécifiées et déclarée par le fabricant de la batterie.

9.3.2.3 Caractéristiques de stockage

L'élément doit être préparé en vue d'être stocké conformément aux instructions du fabricant. L'élément doit ensuite être stocké sur une période de 6 mois à une température ambiante moyenne de 20 °C ± 5 °C et à une humidité relative de 65 % ± 20 %. Pendant la période de stockage, la température ambiante ne doit en aucun cas dépasser la limite de 20 °C ± 10 °C.

Au terme de la période de stockage, l'élément doit être préparé en vue d'être utilisé conformément aux instructions du fabricant. Les éléments sont ensuite soumis aux essais spécifiés en 9.3.2.2.

9.3.2.4 Endurance en cycles

Cet essai s'applique uniquement à l'élément. Se référer à l'IEC 63115-1:2020, 7.5.

9.3.3 Essai diélectrique

Se référer à l'IEC 62973-1.

9.3.4 Essai de profil de décharge

Se référer à l'IEC 62973-1.

9.3.5 Essai de chocs et vibrations

Se référer à l'IEC 62973-1.

9.3.6 Essai de fiabilité

9.3.6.1 Cycles de température

Cet essai s'applique uniquement à l'élément. Se référer à l'IEC 63115-2:2021, 6.4.3.

9.3.6.2 Essai de court-circuit externe

9.3.6.2.1 Exigences

Un court-circuit entre les bornes positive et négative ne doit pas engendrer de feu ou d'explosion.

9.3.6.2.2 Essai

L'élément pleinement chargé conformément à l'IEC 63115-2:2021, 6.5.1 est stocké à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, lorsque l'éprouvette atteint l'équilibre thermique avec la température ambiante. L'élément est ensuite court-circuité en connectant les bornes positive et négative avec une résistance externe totale de $30\text{ m}\Omega \pm 10\text{ m}\Omega$. L'élément reste à l'essai pendant 24 h ou jusqu'à ce que la température du conteneur de l'élément chute de 20 % de l'augmentation de température maximale, si cette chute de température intervient avant la fin des 24 h.

9.3.6.2.3 Critères d'acceptation

Aucun feu et/ou aucune explosion ne sont observés.

9.4 Essai individuel de série

9.4.1 Généralités

Les essais spécifiés dans l'IEC 62973-1 doivent être réalisés.

9.4.2 Vérifications visuelles

L'essai spécifié dans l'IEC 62973-1 doit être réalisé.

9.4.3 Essai diélectrique

L'essai spécifié dans l'IEC 62973-1 doit être réalisé.

9.4.4 Mesurage de la tension en circuit ouvert

9.4.4.1 Généralités

La tension en circuit ouvert doit être vérifiée.

9.4.4.2 Essai

La tension d'un module de batterie ou d'un système de batterie à l'état de charge spécifié par le fabricant de batterie doit être mesurée sans charge ni connexion à un composant.

Le laps de temps recommandé pour le délai d'attente après charge à observer avant tout mesurage et le critère de tension en circuit ouvert doivent être déclarés par le fabricant. Sauf si les valeurs recommandées ne sont pas disponibles, la tension en circuit ouvert doit être mesurée dans l'heure qui suit la charge complète.

9.4.4.3 Critères d'acceptation

La tension en circuit ouvert (OCV) doit être supérieure ou égale à 1,25 V/élément.

$$V_{OCV} = n \times V_{\text{élément}}$$

où

V_{OCV} est la tension en circuit ouvert d'un module de batterie ou d'un système de batterie en volt;

n est le nombre de montages en série d'éléments;

$V_{\text{élément}}$ est la tension en circuit ouvert de l'élément en volt.

9.4.5 Mesure de la résistance interne

La résistance interne doit être mesurée conformément à l'IEC 63115-1:2020, 7.6.

Annexe A (informative)

Autre configuration du système de charge de la batterie

A.1 Généralités

Il existe deux configurations possibles pour un chargeur de batterie destiné aux batteries d'accumulateurs nickel-hydrure métallique étanches. La première est la conception qui consiste à installer le chargeur de batterie à l'extérieur du coffre batterie, encore appelé chargeur principal. La seconde est la conception qui intègre un chargeur supplémentaire, en plus du chargeur principal.

La présente annexe donne un exemple de conception intégrant un chargeur principal et un chargeur supplémentaire. Le chargeur supplémentaire ne doit pas nécessairement être installé dans le coffre batterie.

A.2 Exigences de charge applicables au chargeur principal

Le Tableau A.1 spécifie, pour une conception intégrant un chargeur supplémentaire dans le coffre batterie, les caractéristiques du chargeur principal qui se trouve à l'extérieur du coffre batterie. Une régulation approximative de la charge de la batterie par le chargeur principal à l'extérieur du coffre batterie est acceptée étant donné que le chargeur supplémentaire dans le coffre batterie assure une régulation de charge plus précise. Voir Figure A.1.

Les caractéristiques de charge pour le chargeur supplémentaire sont traitées en A.3.

Tableau A.1 – Exigences en matière de caractéristiques de charge applicables au chargeur principal à l'extérieur du coffre batterie pour une conception intégrant un chargeur supplémentaire dans le coffre batterie

Exigences	Caractéristiques
Condition normale	Charge flottante à la tension spécifiée par le fabricant de batterie.
Méthode de charge	Voir ligne «Compensation en température» du Tableau A.1
Tolérance de régulation en régime établi de la sortie de tension de charge de la batterie au niveau du système de charge	Tolérance de ± 10 % ou inférieure
Ondulation de la tension de charge	$\leq 7,5$ % (batterie déconnectée)
Ondulation du courant de charge	Cela ne s'applique pas. Le courant de charge est régulé par le chargeur supplémentaire.
Compensation en température	Non exigée pour le chargeur principal. Compensation en température réalisée par le chargeur supplémentaire.
Détection de la température	A l'intérieur du coffre batterie

NOTE Le taux d'ondulation d'un courant continu est calculé d'après la formule suivante:

$$\text{Taux d'ondulation d'un courant continu} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \times 100$$

où U_{\max} et U_{\min} sont respectivement les valeurs maximale et minimale de la tension ondulée.

Voir IEC 60077-1.

La Figure A.1 présente un schéma électrique type d'une interface entre le chargeur supplémentaire dans le coffre batterie et le chargeur principal. D'autres configurations peuvent être envisagées en utilisant les mêmes fonctions de batterie ou en y incorporant des fonctions supplémentaires.

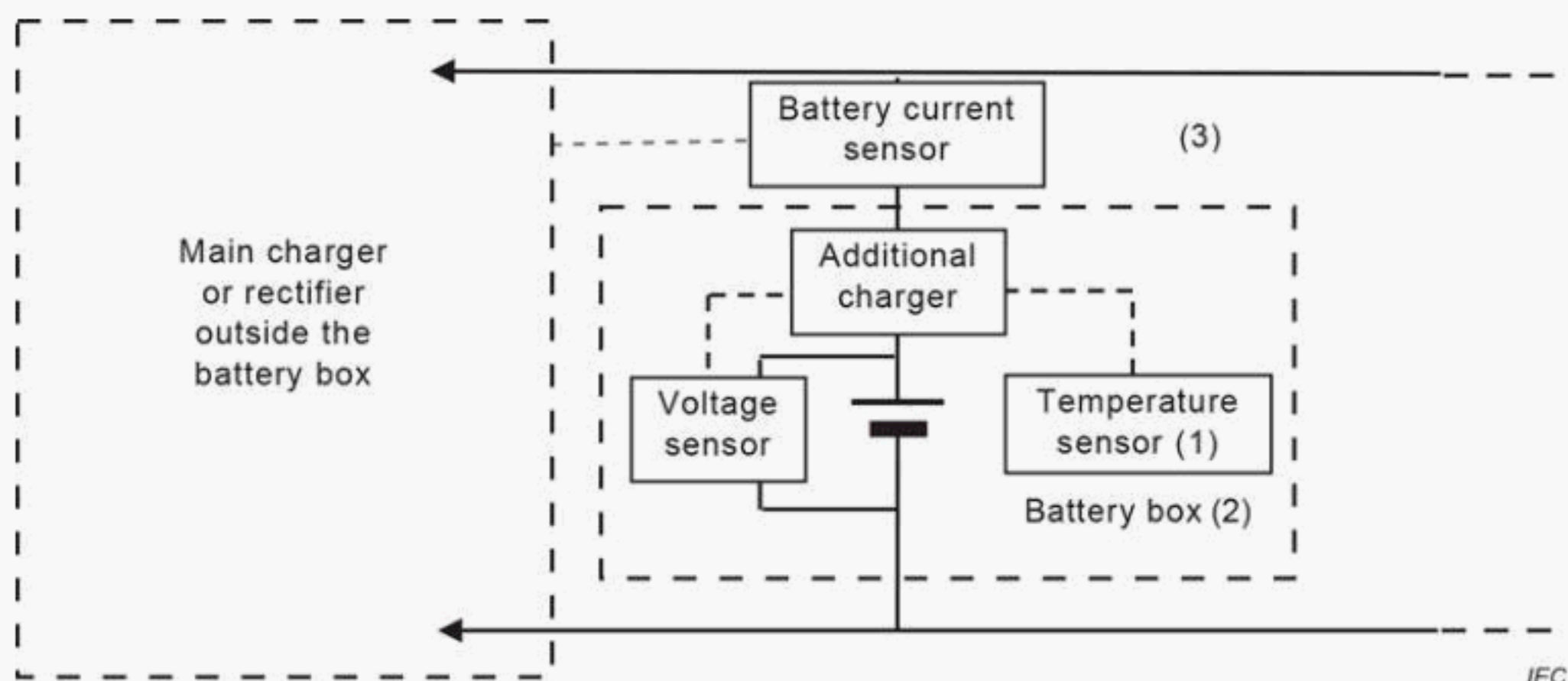


Figure A.1 – Exemple d'interface avec le chargeur supplémentaire dans le coffre batterie

Le système d'interface entre le chargeur principal et le coffre batterie qui intègre le chargeur supplémentaire représenté sur la Figure A.1 se compose:

- a) d'une régulation de tension de batterie; tolérance maximale de $\pm 10\%$;
- b) l'interface entre le capteur de température dans le coffre batterie et le chargeur principal n'est pas exigée;
- c) la position du capteur de température (3) dans le coffre batterie (2) pour le chargeur supplémentaire;
- d) le câblage entre la batterie et le chargeur principal; partie de l'intégration du système dans le matériel roulant (3).

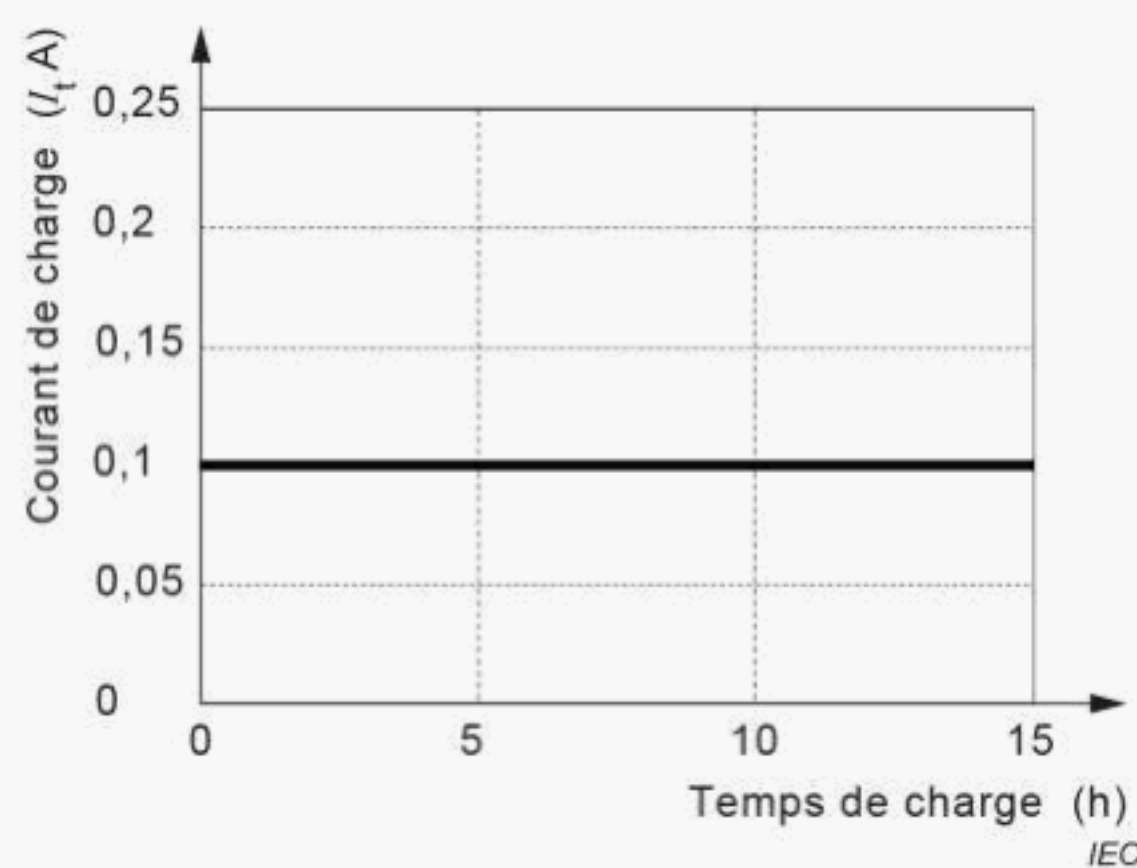
A.3 Exigences de charge applicables au chargeur supplémentaire

A.3.1 Généralités

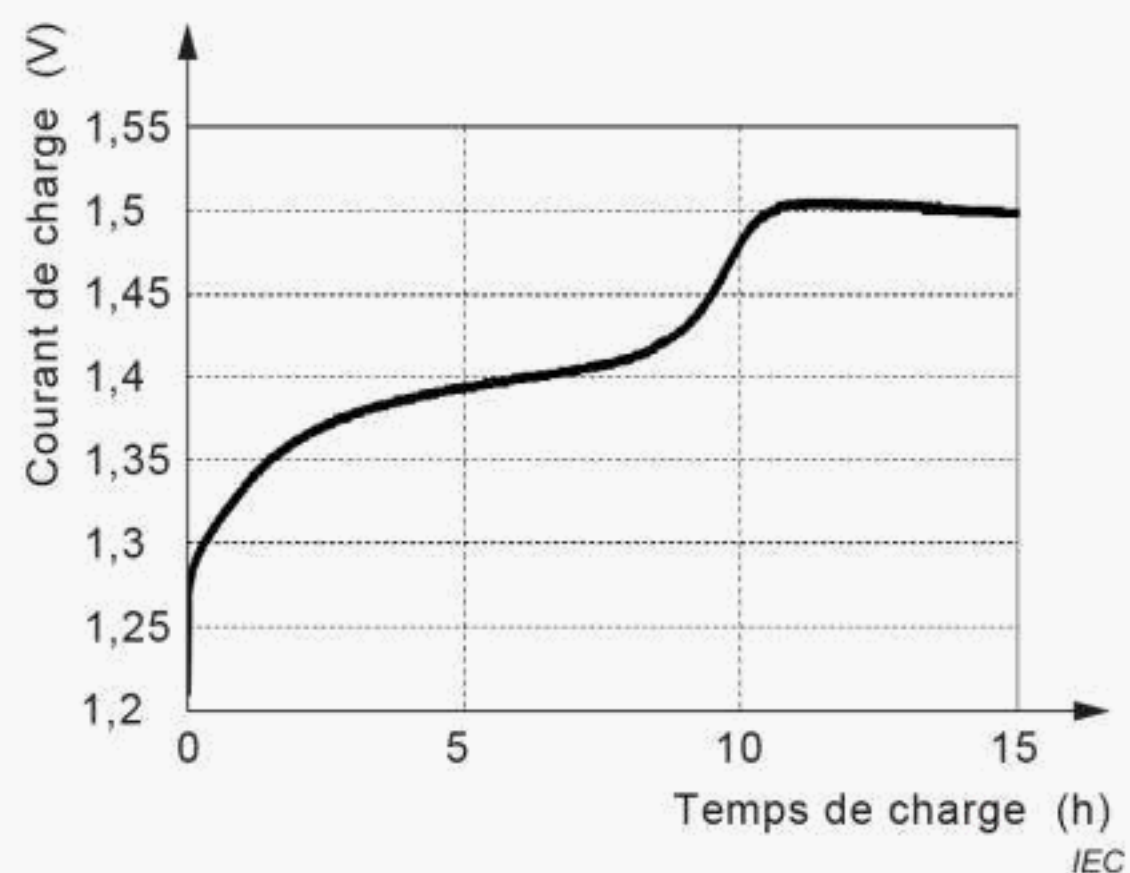
Le chargeur supplémentaire charge la batterie à courant constant, lequel est fixé par le fabricant de batterie, jusqu'à ce que la tension spécifiée par le fabricant de batterie soit atteinte.

La méthode de charge consiste à appliquer et à couper le courant constant de manière répétitive selon la tension obtenue par la compensation en température utilisant la tension et la température comme paramètres. A un faible taux du courant de charge constant au moment où l'état de charge atteint 100 %, la tension en augmentation peut être stabilisée grâce à la production d'oxygène résultant de l'état d'équilibre entre le produit de l'oxydation (réaction de charge) au niveau de l'électrode positive et la surtension d'oxygène de la consommation de OH^- de l'électrolyte autour de l'électrode positive.

La Figure A.2 montre que la tension constante est obtenue en gardant l'équilibre avec une production d'oxygène par surtension d'oxygène à 0,1 ItA même lorsque la charge dépasse 100 %. La tension devient constante à plus de 150 % de l'état de charge. La réaction inverse aura lieu et la dégradation de l'électrolyte peut ne pas se produire.



a) Exemple de courbe de taux de courant de charge constant



b) Exemple de courbe de tension de charge

Figure A.2 – Exemples de courbes de charge d'un élément Ni-MH

A.3.2 Compensation en température pendant la charge

La charge est régulée par le chargeur supplémentaire sur la base des paramètres spécifiés en 4.5.3.

Annexe B (informative)

Déclaration de représentativité d'un modèle d'élément pour les essais

B.1 Déclaration de représentativité pour les performances électriques

Nous soussignés, fabricant XXXX, déclarons que les performances électriques du modèle d'élément YYYY (capacité comprise entre xxx Ah et xxx Ah) conformément à l'IEC 63115-1/l'IEC 63115-2/l'IEC 62675 (selon la norme applicable) peuvent être évaluées en soumettant à essai le modèle d'élément NNN (capacité de nnn Ah) qui est représentatif dans la mesure, où il présente les performances électriques les plus défavorables.

B.2 Déclaration de représentativité pour l'essai de chocs et vibrations

Nous soussignés, fabricant XXXX, déclarons que le comportement vis-à-vis des chocs et vibrations du modèle d'élément YYYY (capacité comprise entre xxx Ah et xxx Ah) conformément à l'IEC 61373 peut être évalué en soumettant à essai le modèle d'élément NNN (capacité de nnn Ah) qui est représentatif dans la mesure, où il présente le comportement le plus défavorable vis-à-vis des chocs et vibrations.

Bibliographie

IEC 60050-482:2004, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 482: Piles et accumulateurs électriques*
IEC 60050-482:2004/AMD1:2016,
IEC 60050-482:2004/AMD2:2020

IEC 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

IEC 61960-3, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Accumulateurs au lithium pour applications portables – Partie 3: Eléments et batteries d'accumulateurs au lithium, parallélépipédiques et cylindriques*

IEC 62498-1, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1: Equipement embarqué du matériel roulant*

IEC 62847, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Connecteurs électriques – Exigences et méthodes d'essai*

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*
