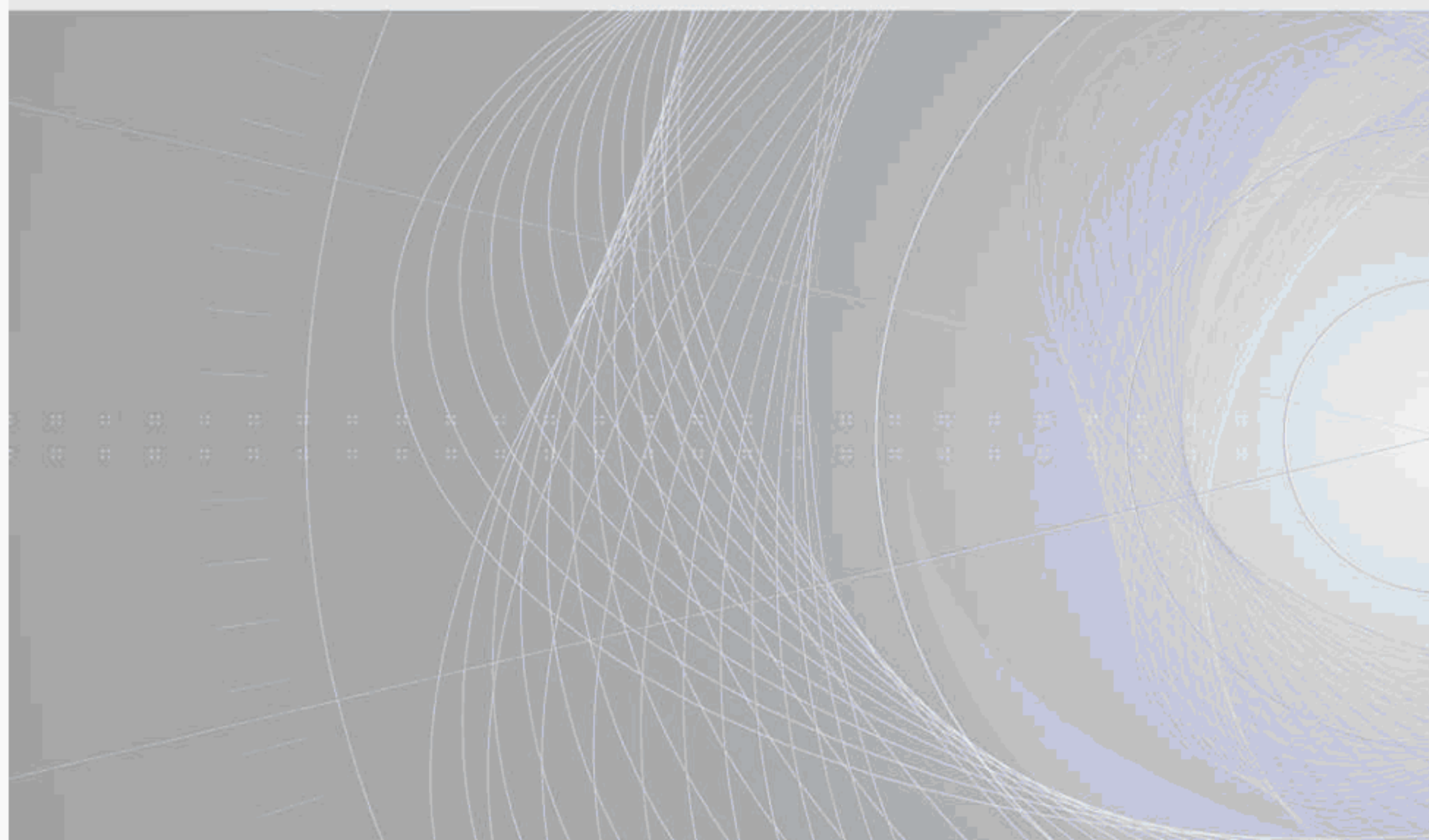


INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Secondary batteries (except lithium) for the propulsion of electric road vehicles –
Performance and endurance tests**

**Accumulateurs (excepté lithium) pour la propulsion des véhicules routiers électriques –
Essais de performance et d'endurance**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 61982

Edition 1.0 2012-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Secondary batteries (except lithium) for the propulsion of electric road vehicles –
Performance and endurance tests**

**Accumulateurs (excepté lithium) pour la propulsion des véhicules routiers électriques –
Essais de performance et d'endurance**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 29.220.20

ISBN 978-2-88912-063-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 General test requirements	9
4.1 Accuracy of measuring instruments	9
4.1.1 Electrical measuring instruments	9
4.1.2 Temperature measurement.....	10
4.1.3 Electrolyte density measurement of vented lead-acid batteries	10
4.1.4 Tolerance	10
4.2 General provisions	10
4.2.1 Current slew rate	10
4.2.2 Temperature – electrolyte accessible.....	10
4.2.3 Temperature – electrolyte not accessible.....	11
4.2.4 Electrolyte density readings of vented lead-acid batteries.....	11
4.2.5 Mechanical support	11
4.3 Test samples.....	11
4.4 Test temperature	11
4.4.1 Test temperature for type testing	11
4.4.2 Operation of BMS	12
4.5 Charging and rest after charge	12
4.6 Conditioning	12
4.7 Test sequence.....	12
4.8 Data recording.....	12
4.8.1 General	12
4.8.2 Sampling frequency.....	12
5 Rated capacity	12
5.1 General	12
5.2 Additional test temperatures	13
6 Dynamic discharge performance test.....	13
6.1 Basic considerations	13
6.2 Test cycle definition without regenerative charging.....	13
6.3 Test cycle definition with regenerative charging.....	13
6.4 Definition of dynamic discharge performance	14
6.4.1 Test cycle without regenerative charging	14
6.4.2 Test cycle with regenerative charging	14
7 Dynamic endurance test	14
7.1 Basic considerations	14
7.2 Test conditions.....	14
7.3 Test cycle without regenerative charging.....	14
7.4 Test cycle with regenerative charging.....	14
7.5 Endurance test.....	14
7.5.1 Charge conditions.....	14
7.5.2 Rest after charge.....	15

7.5.3	Discharge	15
7.5.4	Cycling frequency	15
7.5.5	Capacity check	15
7.5.6	Reconditioning.....	15
7.5.7	End-of-life criterion	15
7.5.8	Recording	15
8	Performance testing for battery systems.....	15
8.1	General	15
8.2	Initial assumptions.....	15
8.3	Reference test cycle.....	16
8.3.1	Basic current discharge micro-cycle	16
8.3.2	Adjustment for vehicle performance, if required	16
8.3.3	Battery selection and preparation for test	16
8.4	General test conditions.....	17
8.4.1	General	17
8.4.2	Determination of battery energy content	17
8.4.3	Benchmark energy content	17
8.5	Life testing	17
8.6	Determination of maximum power and battery resistance	18
8.7	Charging tests	19
8.7.1	Charge efficiency.....	19
8.7.2	Partial discharge testing	19
8.7.3	Measurement of self discharge	20
8.8	Operational extremes of use.....	20
8.8.1	Continuous discharge at maximum vehicle system power	20
8.8.2	Recharge at maximum regenerative power as a function of state of charge	20
Annex A (normative) Test procedures for Ni-MH batteries used for the propulsion of hybrid electric vehicles		24
Bibliography.....		39
Figure 1 – Test profile without regenerative charging		21
Figure 2 – Test profile with regenerative charging		21
Figure A.1 – Example of temperature measurement of cell		25
Figure A.2 – Examples of maximum dimension of cell.....		26
Figure A.3 – Test order of the current-voltage characteristic test (test example with batteries of rated capacity less than 20 Ah)		30
Figure A.4 – The method to obtain discharge current I_d while calculating the power density.....		31
Figure A.5 – Method to obtain charge current I_c while calculating regenerative power density.....		32
Figure A.6 – Method to obtain the internal resistance on the output side.....		34
Figure A.7 – Method to obtain the internal resistance on the input side		34
Figure A.8 – Current profile for HEV cycle test.....		36
Figure A.9 – Power profile for HEV cycle test.....		36
Table 1 – List of parameters for test conditions.....		22
Table 2 – List of charge/discharge parameters.....		22

Table 3 – List of DST values for one micro-cycle, where the peak power is 24 kW	22
Table 4 – List of DST values for one micro-cycle, adapted for a high performance vehicle	23
Table A.1 – Battery temperature and rest period prior to the test	24
Table A.2 – Discharge current at the battery temperature 25 °C.....	27
Table A.3 – Discharge current at the battery temperatures –20 °C, 0 °C and 45 °C	27
Table A.4 – End-of-discharge voltage	27
Table A.5 – Charge and discharge current at the battery temperatures 0 °C, 25 °C, and 45 °C	30
Table A.6 – Charge and discharge current at the battery temperature – 20 °C	30
Table A.7 – Current profile for HEV cycle test	37
Table A.8 – Power profile for HEV cycle test.....	38

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SECONDARY BATTERIES (EXCEPT LITHIUM) FOR
THE PROPULSION OF ELECTRIC ROAD VEHICLES –****Performance and endurance tests**

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 61982 has been prepared by IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries.

This first edition cancels and replaces the IEC 61982-1:2006, the IEC 61982-2:2002 and the IEC 61982-3: 2001. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 61982-1, IEC 61982-2 and IEC 61982-3:

- clarification of the scope;
- update of some tests, and
- addition of the Annex A dealing with NiMH batteries for the propulsion of hybrid electric vehicles.

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

FDIS	Report on voting
21/775/FDIS	21/782/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

The first edition of IEC 61982 series was composed of the following three parts:

IEC 61982-1:2006, *Secondary batteries for the propulsion of electric road vehicles – Part 1: Test parameters*

IEC 61982-2:2002, *Secondary batteries for the propulsion of electric road vehicles – Part 2: Dynamic discharge performance test and dynamic endurance test*

IEC 61982-3:2001, *Secondary batteries for the propulsion of electric road vehicles – Part 3: Performance and life testing (traffic compatible, urban use vehicles)*

The current standard IEC 61982:2012 replaces the former IEC 61982 series above.

In terms of lithium ion batteries for automobile application, the following standards are applicable:

IEC 62660-1:2010, *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 1: Performance testing*

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

ISO 12405-1:2011, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems – Part 1: High-power applications*

ISO 12405-2:2011, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion traction battery systems – Part 2: High energy applications (to be published)*

SECONDARY BATTERIES (EXCEPT LITHIUM) FOR THE PROPULSION OF ELECTRIC ROAD VEHICLES –

Performance and endurance tests

1 Scope

This International Standard is applicable to performance and endurance tests for secondary batteries used for vehicle propulsion applications. Its objective is to specify certain essential characteristics of cells, batteries, monoblocks, modules and battery systems used for propulsion of electric road vehicles, including hybrid electric vehicles, together with the relevant test methods for their specification.

The tests may be used specifically to test batteries developed for use in vehicles such as passenger vehicles, motor cycles, commercial vehicles, etc. This standard is not applicable to battery systems for specialist vehicles such as public transport vehicles, refuse collection vehicles or heavy duty vehicles, where the battery is used in the similar way to the industrial vehicles.

The test procedures are defined as a function of the vehicle requirements of performance.

This standard is applicable to lead-acid batteries, Ni/Cd batteries, Ni/MH batteries and sodium based batteries used in electric road vehicles.

Annex A specifies performance and cycle life test procedures of Ni/MH batteries used for the propulsion of hybrid electric vehicle (HEV).

NOTE This standard is not applicable to lithium-ion batteries for automobile application that are specified in IEC 62660-1, IEC 62660-2, ISO 12405-1 and ISO 12405-2 (to be published).

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

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

3 Terms and definitions

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

3.1

battery system

energy storage device that includes cells or cell assemblies or battery pack(s) as well as electrical circuits and electronics

EXAMPLES Battery control unit, contactors.

Note 1 to entry Battery system components can also be distributed in different devices within the vehicle.

3.2

benchmark energy content

the battery energy content measured during the reference test cycle and used as the reference value to assess the battery deterioration during its life

3.3

nominal voltage

numerical value of the voltage of a cell, dependent on the electrochemical system. The cell voltage is the voltage of the test unit divided by the number of cells

Note 1 to entry The symbol used for the nominal voltage of a cell is " U_n (V)".

Note 2 to entry Nominal voltages are given in Table 1.

3.4

type testing

test that measures the performance of the product under closely controlled conditions, largely free from environmental and self-generated influences

3.5

rated capacity

quantity of electricity which a fully charged cell or battery can deliver, when discharged at a constant current I_n to a final voltage U_f over a period of n hours and at a specified temperature

Note 1 to entry The rated capacity C_n of a cell or battery is declared by the manufacturer.

3.6

ambient reference temperature

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

4 General test requirements

4.1 Accuracy of measuring instruments

4.1.1 Electrical measuring instruments

4.1.1.1 Range of measuring devices

The instruments used shall enable the values of voltage and current to be correctly measured. The range of these instruments and measuring methods shall be chosen so as to ensure the accuracy specified for each test. For analogue instruments, this implies that the readings shall be taken in the last third of the graduated scale.

Any other measuring instruments may be used provided they give an equivalent accuracy.

4.1.1.2 Voltage measurement

The instruments used for voltage measurement shall be voltmeters of an accuracy class equal to 0,5 or better. The resistance of the voltmeters used shall be at least $1\ 000\ \Omega/\text{V}$ (see IEC 60051 series).

4.1.1.3 Current measurement

The instruments used for current measurement shall be ammeters of an accuracy class equal to 0,5 or better. The entire assembly of ammeter, shunt and leads shall be of an accuracy class of 0,5 or better (see IEC 60051 series or refer to IEC 60359).

4.1.2 Temperature measurement

The temperature measuring instruments shall have a suitable range in which the value of each graduated division is not in excess of 1 K. The absolute accuracy of the instrument shall be at least 0,5 K.

The temperature measuring point shall be that specified by the manufacturer, as a location that most closely reflects the electrolyte temperature or if not specified, the point shall be at the centre of the longer side of a cell, be it a single cell or a cell that is an integral part of a monobloc.

In case of battery system that includes a thermal management system, or when cells are not directly accessible for temperature measurement, the temperature can be measured by the battery management system (BMS) supplied by the manufacturer.

4.1.3 Electrolyte density measurement of vented lead-acid batteries

For measuring electrolyte densities, hydrometers shall be used with scales so graduated, that the value of each division is not in excess of 5 kg/m³. The absolute accuracy of the instrument shall be at least 5 kg/m³.

4.1.4 Tolerance

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

- a) ± 1 % for voltage;
- b) ± 1 % for current;
- c) ± 2 % for power;
- d) ± 2 K for temperature;
- e) $\pm 0,1$ % for time;
- f) $\pm 0,1$ % for dimensions;
- g) $\pm 0,1$ % for mass.

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

4.2 General provisions

4.2.1 Current slew rate

The current slew rate (the time difference expressed in seconds between one steady current and the next) during the dynamic tests shall be ≤ 1 s from one steady state to the next.

Switching between power levels in the micro-cycle shall be timed such that the mid-point of the transition occurs at the point allocated for the transition.

The total duration of each complete micro-cycle shall be $360 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$.

4.2.2 Temperature – electrolyte accessible

The cell temperature shall be measured by use of a temperature probe immersed in the electrolyte above the plates.

4.2.3 Temperature – electrolyte not accessible

The cell temperature shall be measured by use of a surface temperature-measuring device. The temperature shall be measured at a location, which most closely reflects the electrolyte temperature.

4.2.4 Electrolyte density readings of vented lead-acid batteries

Because of the varying rates of stabilization of cells, electrolyte density readings shall be taken at times most appropriate to the test sample but within the constraints of the test system.

4.2.5 Mechanical support

If necessary, mechanical support should be provided for the test samples in order to maintain the same dimensions as when installed in batteries, as specified by manufacturer.

4.3 Test samples

Cells constituting the test unit and subjected to a dynamic discharge performance test or a dynamic endurance test shall previously have achieved an actual capacity at least equal to the rated capacity.

The number of test samples required to be subjected to each test condition shall be a minimum of 5 cells and where monoblocs are tested, there shall be a minimum of two test samples.

Where applications tests are conducted on a battery specific to a particular vehicle, a complete battery or a representative section of the battery may be used, agreed between the battery manufacturers and vehicle manufacturers.

4.4 Test temperature

4.4.1 Test temperature for type testing

4.4.1.1 For Lead-acid batteries, the battery temperature at the start of the discharge should be the specified test temperature ± 5 K.

Where the cell temperature at the commencement of discharge (initial temperature) is different from the reference temperature and where this has a significant effect on the result, an appropriate correction factor shall be applied to the resulting capacity.

The following formula can be used to correct capacity values to the actual capacity.

$$C_a = \frac{C}{1 + \lambda(t_0 - 25)} (\text{Ah})$$

where

C_a is the actual capacity of the test sample at the reference temperature;

C is the measured capacity at the initial temperature;

t_0 is the initial temperature;

λ is the temperature correction factor (see Table 1 for values).

Following discharge, the cells/battery shall be fully charged in accordance with the manufacturer's recommendations and then stabilized to the specified test temperature during a 1 h – 4 h period prior to the next discharge.

4.4.1.2 For Ni/MH and Ni/Cd batteries, the battery temperature at the start of the discharge should be the specified test temperature ± 2 K. For sodium based batteries, the internal temperature measured by BMS should be in the range recommended by the battery manufacturer.

4.4.2 Operation of BMS

A battery system provided with a BMS shall have this function operational during the test. All systems shall be powered as specified by the battery manufacturer.

4.5 Charging and rest after charge

The cells shall be charged in accordance with a charging procedure specified by the manufacturer and within the limits in this standard prior to the discharge test. After charging, the test sample shall be stored for 1 h to 4 h at the test ambient temperature declared for the test to be performed.

4.6 Conditioning

Before starting the test, the battery shall be conditioned according to the manufacturer's specifications. The battery conditioning shall be terminated as soon as the rated capacity is achieved. The number of cycles for conditioning shall be less than 20.

4.7 Test sequence

The following tests shall be carried out in the order stated in this standard:

- conditioning (see 4.6),
- dynamic discharge performance test (see Clause 6),
- dynamic endurance test (see Clause 7).

4.8 Data recording

4.8.1 General

Data recording shall include time, temperature, voltage and current and visual observations. Data shall include a record of any maintenance performed on battery samples during the test sequence.

4.8.2 Sampling frequency

All parameters should be measured and stored at a sample rate adequate to ensure that all relevant deviations are recorded for later data analysis. Additionally, for tests involving short-term transient conditions (e.g. peak power measurement) both the sampling frequency (typically once per second) and the time difference between corresponding current and voltage measurements (typically 0,1 s or less) are important during the critical test period.

5 Rated capacity

5.1 General

This test is intended to measure the capacity expressed in Ah of battery, cells/modules when discharged at a constant current. The rated capacity shall be the 3 h capacity at a temperature of 25 °C declared by the manufacturer, unless otherwise specified.

The battery shall be discharged at a constant current of:

$$I_n(\text{A}) = \frac{C_n(\text{Ah})}{3\text{h}}$$

to a final voltage of U_{f3} .

where

I_n is the constant current in amperes (A);

C_n is the rated capacity as declared by the manufacturer, in ampere-hours (Ah);

U_{f3} is the final voltage specified for the battery type in volts (V) (see Table 1).

New batteries subjected to capacity testing are allowed a maximum of 20 cycles to achieve the rated capacity. The capacity test shall be discontinued at the first cycle at which the rated capacity is achieved. Batteries that do not achieve the rated capacity by the 20th cycle shall not be used for testing. Additional capacities considered appropriate for use in connection with road vehicle applications are the 5 h, 1 h and 0,5 h capacities. The appropriate final voltages for C_5 , C_1 and $C_{0,5}$ capacities, i.e. U_5 , U_1 and $U_{0,5}$ are contained in Table 1.

NOTE The capacity test for Ni/MH batteries used for the propulsion of HEV is specified in Annex A.

5.2 Additional test temperatures

Where appropriate to the battery type, the following cell/battery test temperatures could provide a useful profile of performance: 45 °C, 0 °C and –20 °C.

6 Dynamic discharge performance test

6.1 Basic considerations

The objective of this test is to specify the conditions to derive a value for the battery capacity which is closely related to the available capacity in an electric road vehicle application.

In electric vehicle applications, propulsion batteries shall be capable of supplying widely varying current rates. The driving profiles can be simplified to high-rate current for acceleration, low-rate current for constant speed driving and zero current for rest periods. When considering battery recharging during vehicle braking (regenerative charging), a high-rate recharge pulse is incorporated in the test profile.

Test temperatures are specified in Table 1.

6.2 Test cycle definition without regenerative charging

The dynamic discharge performance cycle shall be represented by a 60 s repeated micro-cycle having three current levels:

- 1) I_{dh} (A) discharge/10 s;
- 2) I_{dl} (A) discharge/20 s;
- 3) I_0 (A) zero current/30 s.

(see Figure 1 and Table 2)

6.3 Test cycle definition with regenerative charging

The dynamic discharge performance cycle shall be represented by a 60 s repeated micro-cycle having four current levels:

- 1) I_{dh} (A) discharge/10 s;
- 2) I_{dl} (A) discharge/20 s;
- 3) I_{rc} (A) recharge/5 s;
- 4) I_0 (A) zero current/25 s.

(see Figure 2 and Table 2)

The manufacturer can prescribe a maximum voltage that shall not be exceeded during the I_{rc} pulse.

6.4 Definition of dynamic discharge performance

6.4.1 Test cycle without regenerative charging

The dynamic capacity C_{da} (measured in ampere-hours (Ah)) is the amount of discharge when cells are discharged according to the repeated cycle described in 6.2 starting with a battery, charged and stored according to 4.5, to a final discharge voltage of U_f (V) per cell.

6.4.2 Test cycle with regenerative charging

The dynamic capacity C_{dar} (measured in ampere-hours (Ah)) is the net amount of discharge (regenerative charge capacity subtracted from the total discharged capacity) when cells are discharged according to the repeated cycle described in 6.3 starting with a battery, charged and stored according to 4.5, to a final discharge voltage of U_f (V) per cell.

7 Dynamic endurance test

7.1 Basic considerations

The objective of this test is to determine the number of discharge cycles accumulated until the actual capacity (C_{da} or C_{dar}), according to the procedures described below, falls to 80 % of the initial capacity when tested according to 6.2 or 6.3.

7.2 Test conditions

The dynamic endurance test shall be carried out with the test unit, preferably partially immersed in an oil or water bath. The temperature shall be kept within the value defined for the test ± 2 K and circulation within the bath shall allow for efficient cooling of the cells. Test temperatures are specified in Table 1.

Where physical constraints prevent the use of liquid coolants, air-cooling may be used. In this case, and for batteries with an integrated thermal management system, the same test conditions as in liquid thermal management shall be applied.

During the test, if applicable and necessary, the electrolyte level shall be kept within the limits recommended by the manufacturer.

7.3 Test cycle without regenerative charging

The dynamic endurance cycle shall be represented by a 60 s repeated micro-cycle as defined in 6.2 (see Figure 1 and Table 2).

The discharge cycle duration shall be fixed to 80 % of the value obtained when the battery was tested according to 6.2, and assessed according to 6.4.1, prior to the endurance test.

7.4 Test cycle with regenerative charging

The dynamic endurance cycle shall be represented by a 60 s repeated micro-cycle as defined in 6.3 (see Figure 2 and Table 2).

The discharge cycle duration shall be fixed to 80 % of the value obtained when the battery was tested according to 6.3, and assessed according to 6.4.2, prior to the endurance test.

7.5 Endurance test

7.5.1 Charge conditions

The recharge shall follow within 1 h after the previous discharge. The charge profile, as stated by the manufacturer, preferably should allow for a full recharge within 8 h.

7.5.2 Rest after charge

After the recharge, the battery shall be stored for 1 h to 4 h.

7.5.3 Discharge

The discharge shall be carried out using the test cycle described in 7.3 or 7.4.

7.5.4 Cycling frequency

When possible, the charge and rest periods shall be arranged to allow at least two charge/discharge cycles per day.

7.5.5 Capacity check

At regular intervals of 50 cycles, a dynamic discharge performance test shall be performed according to 6.2 or 6.3 to record the capacity development.

7.5.6 Reconditioning

A reconditioning cycle specified by the manufacturer is allowed at intervals of not less than 50 charge/discharge cycles.

7.5.7 End-of-life criterion

The end of life is reached when the capacity falls to 80 % of the capacity obtained when the battery was tested according to 6.2 or 6.3, prior to the endurance test, or less on two consecutive cycles.

The endurance test is then considered as completed.

7.5.8 Recording

The following shall be recorded:

- calculated capacity for each discharge cycle;
- cumulative discharge capacity;
- total number of discharge cycles achieved.

8 Performance testing for battery systems

8.1 General

The test procedures of this clause are applicable to battery systems used in battery electric vehicles.

There are three fundamental tests i.e., tests for energy (range), power (performance), and life. All other tests are optional.

8.2 Initial assumptions

In order for the test to be representative of vehicle operation, the discharge rate and battery size shall be representative of those that are found in actual vehicle operation in town. At present, the limiting factor in battery selection is likely to be the weight of battery that can be accommodated on the vehicle. As more advanced batteries become available, the limiting factor, for a town vehicle, will become the town range or driving time. There are two criteria for battery selection therefore: firstly weight and then the range, if the capacity in the given weight is more than enough to give the required range. The figures chosen as generally representative of town operation are as follows:

Average road speed:	30 km/h.
Energy consumption, from the battery:	100 Wh/tonne × km.

In addition, the basic tests shall be performed at an ambient temperature of 25 °C.

The average speed of the vehicle and the energy consumption per km from the battery is equivalent to an average power drain from the battery of 3 kW per tonne of vehicle weight. A battery with a capacity of 15 kWh would therefore propel this one-tonne vehicle for 150 km in town.

NOTE The actual values of battery weight, volume and capacity that are chosen for use on any particular vehicle will depend on a number of factors associated with the vehicle and with the space available for the battery system. As a guide to battery selection only, the following figures are proposed for consideration:

- maximum battery weight fraction in the fully laden vehicle: 30 %;
- maximum range required for an urban vehicle: 150 km.

8.3 Reference test cycle

8.3.1 Basic current discharge micro-cycle

Analysis of the step durations for the micro-cycle and the percentage powers for each step indicates that, for an average discharge power of 3 kW, the micro cycle shall be scaled so that the peak power in step 15 is 24 kW. A full listing of the 20 steps, Dynamic Stress Test (DST) micro-cycle with a peak power of 24 kW is given in Table 3. Discharge powers are recorded as negative values. Tolerances for this cycle are given in 8.4.2.

The reference test cycle consists of repeated micro-cycles until the battery is discharged or the test is terminated for some other reason.

8.3.2 Adjustment for vehicle performance, if required

The energy consumption of a high performance vehicle can be higher than that of a low performance vehicle although, because of the traffic constraints, the difference in energy consumption will be small in normal town use. The battery test procedure may be made vehicle specific, subject to agreement between the battery manufacturer and the vehicle manufacturer, to reflect the fact that a high performance vehicle will put extra demands on the battery. In order to make the procedure vehicle specific, steps 15 (maximum discharge power) and 19 (maximum regenerative power) of the basic micro-cycle profile shall be adjusted in magnitude but not duration, to equal the actual power capability of the vehicle drive system (see Table 4). A battery system being tested for use in a high performance vehicle will have the peak values increased, while a battery system for a low performance vehicle will have them reduced. The magnitude and duration of the other steps will remain unchanged. An example of a micro-cycle adapted to test the battery for a high performance vehicle with a test weight of one tonne is shown in Table 4. In this example, the maximum power capability of the drive system is 100 kW and the maximum regenerative power is 50 kW.

8.3.3 Battery selection and preparation for test

A battery system, including the management system and battery auxiliaries, and meeting the general requirements of the vehicle manufacturer, shall be prepared for the test in accordance with the instructions of the battery manufacturer, and the preparation procedures shall be noted. The compatibility between the control elements of the various systems involved e.g., the BMS, the vehicle drive system and the test bench in the laboratory, shall be carefully checked by all parties to the test, before the start of the test. The battery shall be positioned during the test such that the airflow and ambient temperature conditions round the battery represent those that would be found in a vehicle.

Cells and batteries for test may be conditioned for a number of cycles to ensure that an acceptable capacity is being delivered.

8.4 General test conditions

8.4.1 General

The battery system shall be fully charged, in accordance with the manufacturer's instructions, at an ambient temperature of 25 °C. The tests shall be conducted at this ambient temperature, unless otherwise specified, and under the same general airflow conditions as would be found if the battery was located in a vehicle. The airflow shall be maintained during discharge but not during charge. Battery heating or cooling, powered from the battery system, shall be active if required by the battery system design. If an external power source is used to power the BMS, the energy consumed from this source shall be recorded and declared.

The operating voltage including minimum voltage during discharge and maximum voltage during charge shall be recorded for each micro-cycle throughout the battery capacity tests of the life test programme (see 8.4.3). These values shall be declared as the operating voltage range for that micro-cycle.

Very few traction batteries currently available or under development will accept continuous extremes of operation without damage. Under these conditions, the battery system is protected by the BMS. The purpose of the following tests is to identify the limits of battery operation imposed by the BMS under conditions that the battery system itself will not accept. This highlights the requirement for accurate and reliable interfacing between the BMS and the vehicle system since, in some circumstances, just a few minutes of extreme operation may cause permanent damage to a battery system.

It is acceptable to use an average airflow over the battery rather than modify the flow in accordance with the calculated vehicle speed. It is recommended that a constant airflow rate, corresponding to the average vehicle speed of 30 km/h, be used during the test.

8.4.2 Determination of battery energy content

The battery energy content shall be measured using the reference test cycle described in 8.3. The battery system shall be tested continuously by repeating the basic current discharge micro-cycle at the agreed power levels. The test shall be terminated at the end of the micro-cycle when the battery is no longer able to deliver the required power or when the discharge is terminated by the BMS. The reason for test termination shall be declared in the test records. A continuous record of battery system voltage shall be made during the test. The test cycle values that were used, the total number of micro-cycles, the total watt-hours (Wh) removed during the discharge portions of the test and the total Wh returned during the simulated regenerative braking portions of the test shall be recorded and declared. The battery energy content shall be declared as the net Wh output i.e., the difference between the total Wh removed and the total Wh returned.

The BMS may terminate on the basis of ampere-hours, temperature, voltage or for any other reason associated with battery longevity or safety.

8.4.3 Benchmark energy content

Following initial conditioning of a new battery system, the reference test cycle shall be repeated a total of 10 times at a rate of one cycle per day, to establish the consistency of the measured capacity. The net energy removed during each of the 10 tests shall be recorded and the net energy removed during the final test shall be recorded and declared as the benchmark energy content.

8.5 Life testing

The reference test cycle shall be used to determine battery life. The battery shall be discharged until 80 % of its benchmark energy content is removed or until the end of the micro-cycle in which 80 % of the energy is removed. The battery shall then be recharged, with the recharge starting within 1 h of the end of discharge. When the recharge is complete, the discharge shall be started within 1 h.

The start of discharge may be delayed in order to fit in with the normal working practices of the test laboratory.

Every 50 cycles, the battery energy content shall be determined using the benchmark test cycle. This will establish the actual energy content of the battery and allow the measurement of other parameters. During this test, a continuous record of battery system voltage shall be made so that other battery system parameters may be determined. In addition, the total number of micro-cycles, the total Wh removed and the total Wh returned shall be recorded and declared as the battery energy content at this stage of the life test programme.

It is permissible for the battery manufacturer to utilise a conditioning procedure immediately after the completion of the full benchmark energy content test, if required.

The life test shall be terminated when the energy delivered falls to below 80 % of the reference energy content. The number of reference test cycles shall be recorded and declared as the battery life.

The intervals between the battery energy content tests may be modified to give approximately 10 of these tests during the anticipated lifetime of the battery.

8.6 Determination of maximum power and battery resistance

Maximum deliverable power is defined, for the purpose of this standard, as the power at which the current that is drawn depresses the battery terminal voltage to 2/3 of the open circuit value. The value of maximum power and battery resistance shall be calculated from the voltage and current measurements made throughout the battery energy content test in the life testing programme, by recording the values for voltage and current at the ends of steps 14 and 15 of Table 3 or Table 4. For the purposes of this calculation, the discharge resistance and the open circuit voltage shall be calculated using the differences in current and voltage at these two points, and the discharge resistance shall be assumed to be linear between zero current and maximum power.

The battery resistance is given by:

$$R_{\text{batt}} = \frac{V_{14} - V_{15}}{I_{15} - I_{14}}$$

The open circuit voltage is given by:

$$V_{\text{oc}} = V_{14} + I_{14} \times R_{\text{batt}}$$

The current required to depress the voltage to 2/3 V_{oc} is given by :

$$I_{\text{pk}} = \frac{V_{\text{oc}}}{3R_{\text{batt}}}$$

and the maximum power by :

$$P_{\text{max}} = \frac{2V_{\text{oc}} \times I_{\text{pk}}}{3}$$

where

R_{batt} is the calculated battery resistance;

V_{oc} is the calculated open circuit voltage of the battery;

I_{pk} is the calculated peak current at maximum power;

P_{\max} is the calculated maximum power of the battery.

The calculated battery resistance, the calculated open circuit voltage and the calculated maximum battery power shall be declared in the results.

NOTE These important battery parameters are determined in relation to the vehicle requirements. Determination of true maximum power by experimentation can overstress certain battery components and is not normally necessary.

8.7 Charging tests

8.7.1 Charge efficiency

8.7.1.1 Charge efficiency during normal operation

The charge efficiency shall be calculated by recording the energy input to the battery and the energy output from the battery during each discharge/charge cycle, or selected discharge/charge cycles, of the battery life testing programme. Measurement of charge efficiency shall include the losses associated with the use of BMS, if used. It shall also include the losses associated with any maintenance or equalising charges needed during the life-testing programme.

The battery efficiency shall be calculated from the energy input to the battery and the energy output from the battery and declared for each battery capacity test conducted during the life testing programme.

The charge efficiency may be determined for discharge to other states of charge (e.g. 80 % depth of discharge (DOD)), though separate tests will be required to establish these results.

If required, the efficiency of the charger may also be measured during this test, though the procedure for doing this is outside the scope of this standard.

8.7.1.2 Rapid charging

The battery system shall be discharged to the end of the micro-cycle at which 60 % of the benchmark energy content is removed i.e., to 40 % state of charge (SOC), and shall be rapidly recharged to 80 % SOC, in accordance with the instructions of the battery manufacturer. The energy content shall be measured, using the reference test cycle to fully discharge the battery system, and the effectiveness of the rapid charging procedure at replacing the energy shall be assessed. The rapid charging method, the Wh returned to the battery during the rapid charging process and the energy content shall be declared.

Tests to determine the ability of the battery system to accept rapid charge may be made on sub-systems of the complete battery system. The battery sub-system shall be prepared in the same way as the complete battery system and the benchmark energy content confirmed.

8.7.2 Partial discharge testing

The battery system shall be discharged to the end of the micro-cycle representing 20 % of the benchmark capacity i.e., to 80 % SOC, and then recharged in the normal way. This test shall be repeated a total of 20 times at a rate of one test cycle per day. The battery shall then be subjected to the battery capacity test of 8.4.3, and the battery capacity recorded and declared. The battery capacity test may be repeated up to 5 times, to assess any capacity recovery effects. In this case, the measured capacity after each test shall be recorded and declared.

This test may be repeated using 50 % SOC as the depth of discharge, if required.

Some battery systems may require a conditioning cycle to be carried out at regular intervals if partial discharge testing is carried out on a continuous basis. In this case, the use of a conditioning cycle shall be declared and the details shall be recorded.

Tests to determine the effects of partial discharge testing may be made on sub-systems of the complete battery system.

8.7.3 Measurement of self discharge

The battery system shall be fully charged in the normal way and allowed to stand, unconnected to any external supply, for a period of 30 days at the ambient reference temperature (25 °C). At the end of this period, the energy shall be measured according to 8.4.2, and the results recorded. The energy loss shall be declared as the loss due to self-discharge during the stand period.

To measure the permanent self-discharge loss, fully charge the battery system after this test and carry out again the discharge according to 8.4.2 at the ambient reference temperature. Then, energy loss shall be declared.

An external device may be necessary to maintain the battery in its operational state. In this case, the power consumption should be included in the calculation of self discharge.

This test may be carried out for other durations of stand and at other ambient temperatures. Preferred values for alternative durations are two days and five days. Preferred values for alternative ambient temperatures are –20 °C and +40 °C. If the self-discharge test is to be carried out at the alternative temperatures, the capacity of the battery at these temperatures shall first be established by conducting the tests described in 8.4.2 and 8.4.3, at these ambient temperatures.

Tests to measure the self-discharge characteristics of the battery system may be made on sub-system of the complete battery system. In this case, any parasitic loads on the battery shall be simulated and scaled to represent those appropriate to the full size battery system.

8.8 Operational extremes of use

8.8.1 Continuous discharge at maximum vehicle system power

It is possible to operate the vehicle continuously at high power in a number of conditions. Examples of such operation would be prolonged hill climbing or prolonged towing of another vehicle (or both).

The battery shall be fully charged in the normal way and discharged at the maximum power level of the vehicle system, established for use in the reference test cycle (see 8.3.2). Current and voltage shall be recorded continuously. The test shall be terminated when any of the limits imposed by the battery manufacturer are reached. The test shall record the duration for which maximum power can be sustained and the power/time curve allowed by the BMS if discharge is allowed to continue at reduced power.

8.8.2 Recharge at maximum regenerative power as a function of state of charge

While the operation of the vehicle in town does not normally permit high levels of regenerative power to be sustained, this is not necessarily the case when the vehicle is being towed or being used to commute to or from an out-of-town location. The worst operating condition is normally when the battery is required to accept maximum regenerative power at top of charge. The BMS, if present, would prevent such a possibility by signalling to the vehicle drive system to reduce regenerative power. The vehicle manufacturer shall be made aware of the interfacing requirement before attempting to carry out such a test.

The reference test cycle shall be used to discharge the battery to the specific depth of discharge, 0 % or minimum value allowed by BMS, 25 %, 50 %, 75 % or maximum value allowed by BMS. The battery system shall then be subjected to maximum regenerative braking power established for use in the reference test cycle (see 8.3.2), for 15 min. Current, voltage and temperature shall be recorded continuously. The test shall be terminated when the limits of the vehicle system or when any of the limits imposed by the battery manufacturer are reached.

The test shall record the duration for which maximum regenerative power can be sustained, and the power time curve allowed by the BMS, if recharge is allowed to continue at reduced power.

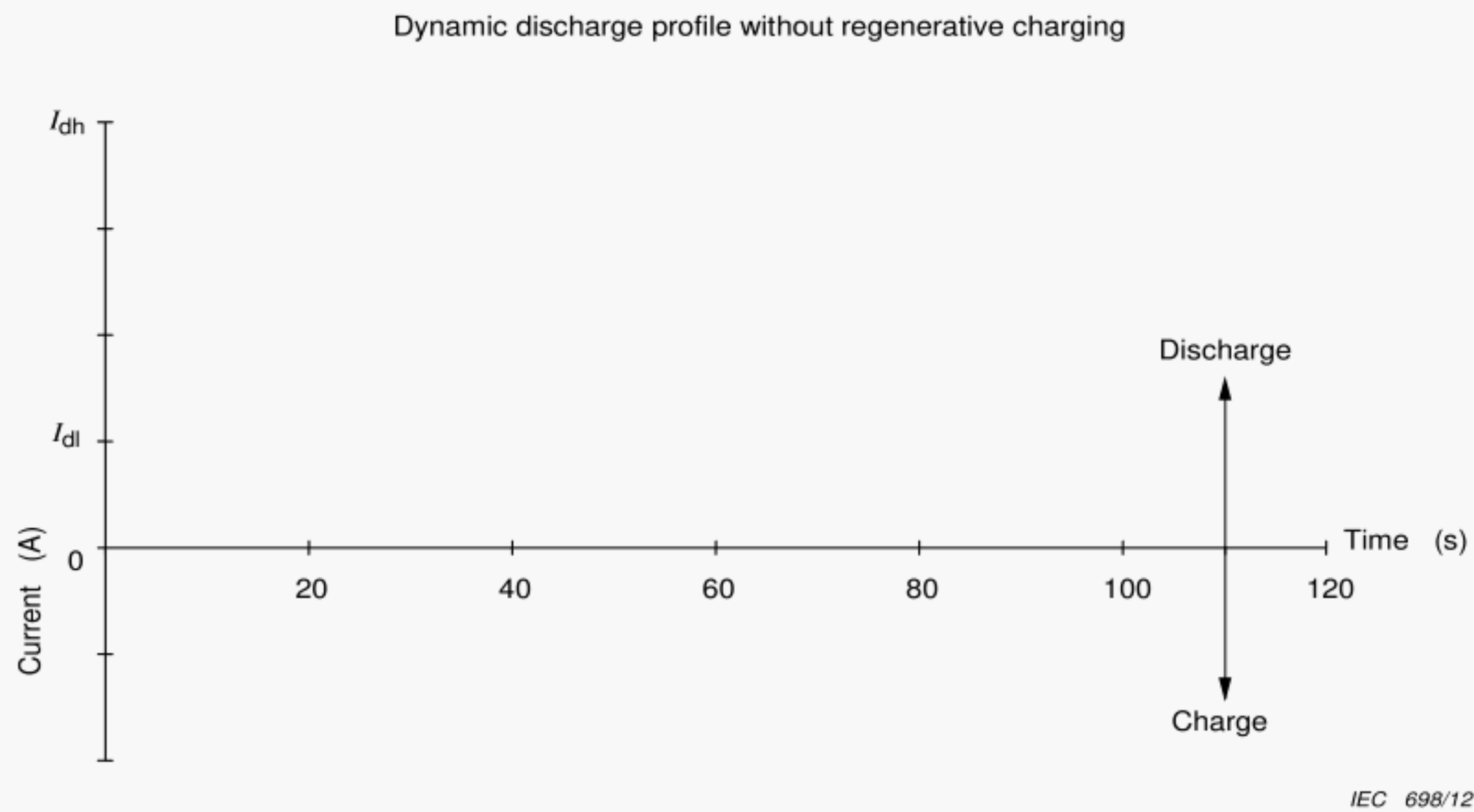


Figure 1 – Test profile without regenerative charging

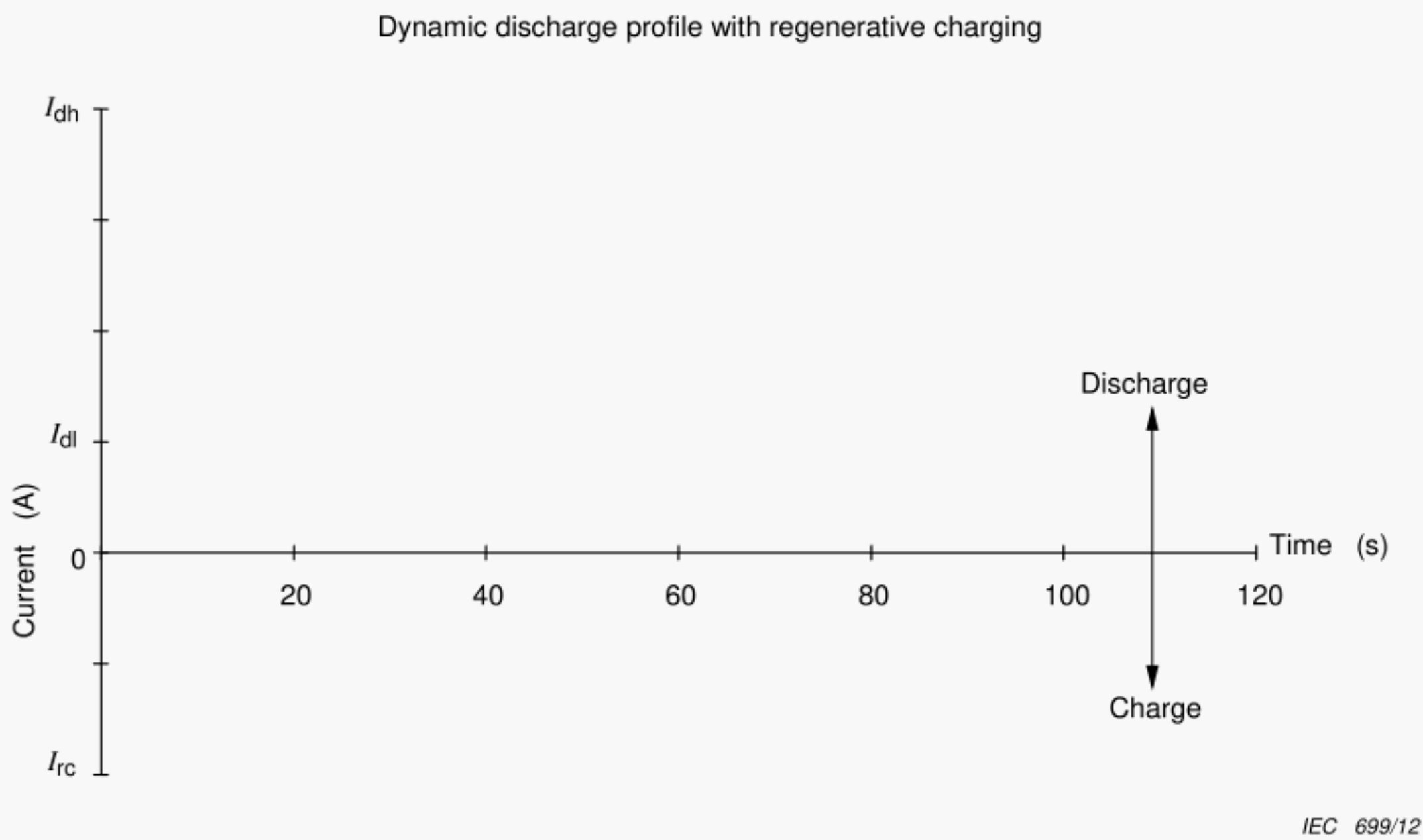


Figure 2 – Test profile with regenerative charging

Table 1 – List of parameters for test conditions

Parameter		Lead-acid	Ni/Cd	Ni/MH	Sodium based ^a
Nominal voltage	U_n (V)	2,0	1,2	1,2	2,6
Final voltage at I_3 discharge	U_3 (V)	1,68	1,0	1,0	2,2
Final voltage at I_5 discharge	U_5 (V)	1,7	1,0	1,0	2,2
Final voltage at I_1 discharge	U_1 (V)	1,6	1,0	1,0	1,7
Final voltage at $I_{0,5}$ discharge	$U_{0,5}$ (V)	1,5	0,9	0,9	
Test ambient reference temperature	T (°C)	25	25	25	25
λ – temperature correction	5 h	0,006	0	0	0
λ – temperature correction	3 h	0,006 5	0	0	0
λ – temperature correction	1 h	0,007	0	0	0
λ – temperature correction	0,5 h	0,01 ^b	0	0	0
^a Voltage values to be used in the test can be stated by the manufacturer.					
^b See IEC 60254-1.					

Table 2 – List of charge/discharge parameters

Parameter		Lead-acid	Ni/Cd	Ni/MH	Sodium based ^a
High-current discharge pulse	I_{dh} (A)	$5,2 \times I_3$	$5,2 \times I_3$	$5,2 \times I_3$	$5,2 \times I_3$
Low-current discharge pulse	I_{dl} (A)	$1,3 \times I_3$	$1,3 \times I_3$	$1,3 \times I_3$	$1,3 \times I_3$
Regenerative charge pulse	I_{rc} (A)	$2,6 \times I_3$	$2,6 \times I_3$	$2,6 \times I_3$	$2,6 \times I_3$
^a Voltage values to be used in the test can be stated by the manufacturer.					

Table 3 – List of DST values for one micro-cycle, where the peak power is 24 kW

Step No.	Duration s	Power %	Power kW	Step No.	Duration s	Power %	Power kW
1	16	0,0	0,0	11	12	–25,0	–6,0
2	28	–12,5	–3,0	12	8	+12,5	+3,0
3	12	–25,0	–6,0	13	16	0,0	0,0
4	8	+12,5	+3,0	14	36	–12,5	–3,0
5	16	0,0	0,0	15	8	–100,0	–24,0
6	24	–12,5	–3,0	16	24	–62,5	–14,7
7	12	–25,0	–6,0	17	8	+25,0	+6,0
8	8	+12,5	+3,0	18	32	–25,0	–6,0
9	16	0,0	0,0	19	8	+50,0	+12,0
10	24	–12,5	–3,0	20	44	0,0	0,0
The values quoted for regenerative power are those required to satisfy the DST power profile. In order to prevent serious overcharging, the actual power delivered to the battery may, in some circumstances, be limited by the BMS.							

**Table 4 – List of DST values for one micro-cycle,
adapted for a high performance vehicle**

Step No.	Duration s	Power kW	Step No.	Duration s	Power kW
1	16	0,0	11	12	–6,0
2	28	–3,0	12	8	+3,0
3	12	–6,0	13	16	0,0
4	8	+3,0	14	36	–3,0
5	16	0,0	15	8	–100,0
6	24	–3,0	16	24	–14,7
7	12	–6,0	17	8	+6,0
8	8	+3,0	18	32	–6,0
9	16	0,0	19	8	+50,0
10	24	–3,0	20	44	0,0

Annex A (normative)

Test procedures for Ni-MH batteries used for the propulsion of hybrid electric vehicles

A.1 General

This annex describes performance and cycle life test procedures of Ni-MH batteries (cells) used for the propulsion of hybrid electric vehicles.

In this annex, Ni-MH batteries mean the sealed nickel-metal hydride batteries: these are sealed batteries that use nickel hydroxide at the positive electrode, a hydrogen-storing alloy at the negative electrode, and alkali aqueous solution such as potassium hydrate as the electrolyte. Sealed-type batteries are those that can maintain their sealed condition and do not discharge gas or liquid when electrically charged and discharged within the temperature range specified by the manufacturer. These batteries are equipped with a gas discharge mechanism to prevent the dangerous internal buildup of high pressure.

A.2 General test conditions

A.2.1 Test temperature

If not otherwise defined before each test, cell or battery has to be stabilised at the test temperature for a period specified in Table A.1.

Table A.1 – Battery temperature and rest period prior to the test

Battery temperature at test commencement °C	Rest period prior to starting the test h
45	16 – 24
25	1 – 4
0	16 – 24
-20	16 – 24

A.2.2 Temperature measurements

The cell temperature shall be measured by use of a surface temperature measuring device capable of an equivalent scale definition and accuracy of calibration as specified in 4.1.1.1. The temperature should be measured at a location which most closely reflects the cell temperature. The temperature may be measured at additional appropriate locations, if necessary.

The examples for temperature measurement are shown in Figure A.1. The instructions for temperature measurement specified by the manufacturer shall be followed.

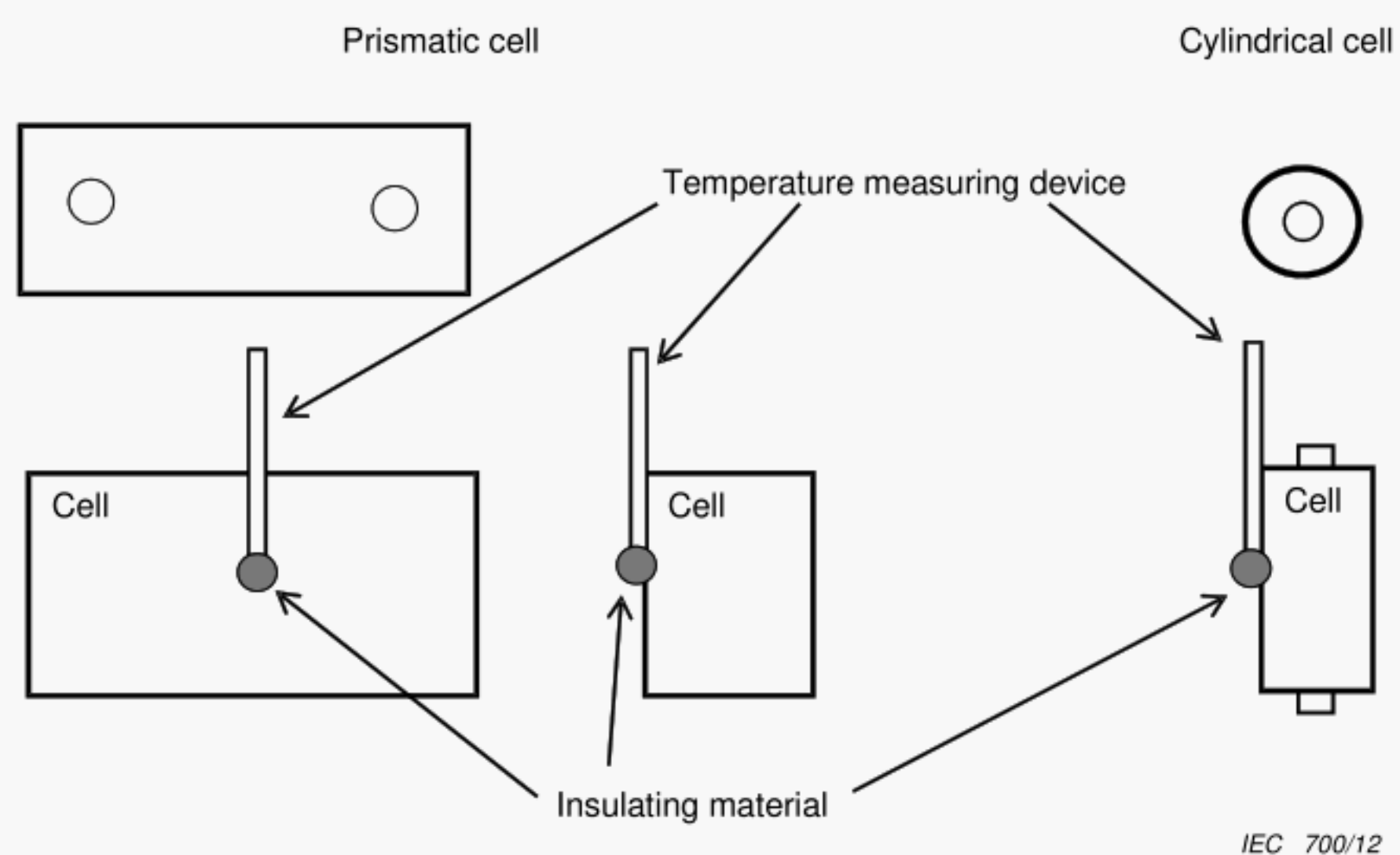
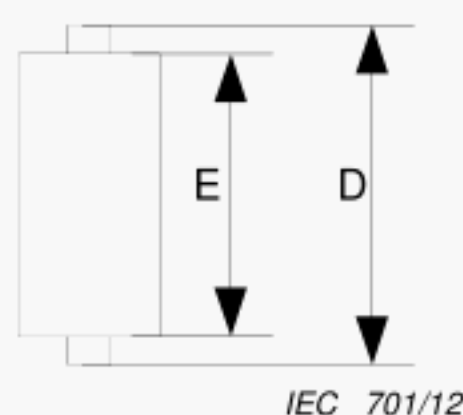


Figure A.1 – Example of temperature measurement of cell

A.2.3 Dimension measurement

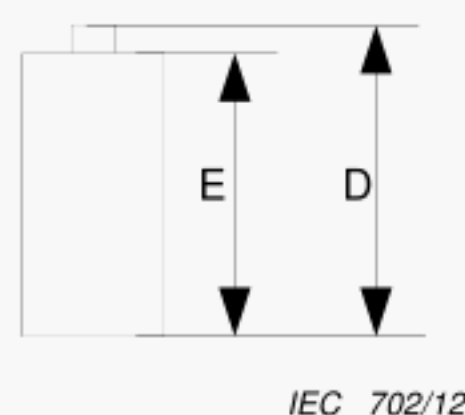
The maximum dimension of the total width, thickness or diameter, and length of a cell shall be measured up to three significant figures in accordance with the tolerances in 4.1.4.

The examples of maximum dimension are shown in Figures A.2a) to A.2d).



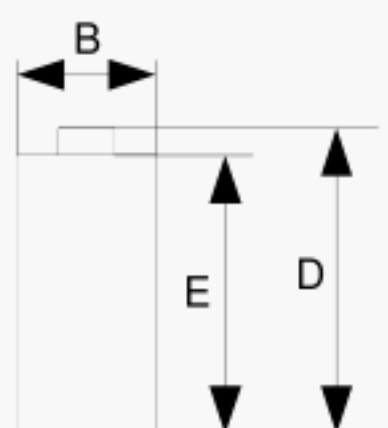
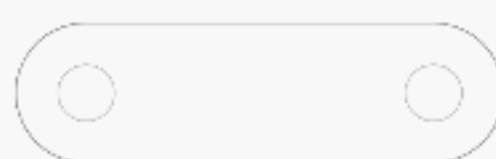
IEC 701/12

Figure A.2a) – Cylindrical cell (a)



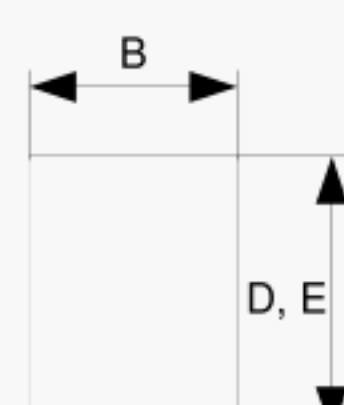
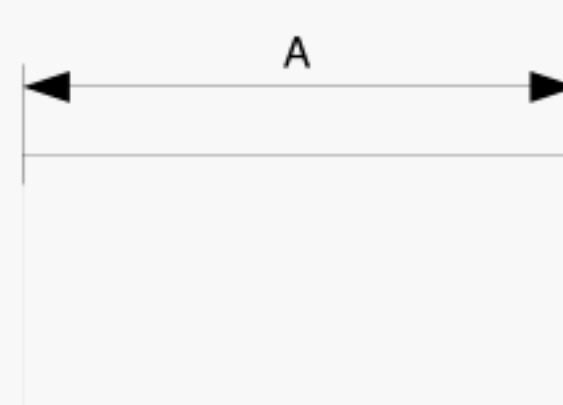
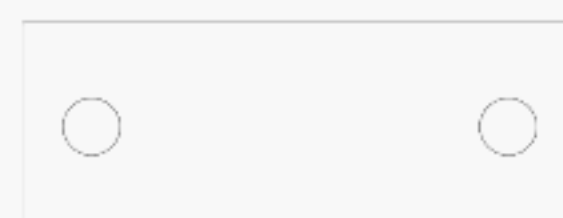
IEC 702/12

Figure A.2b) – Cylindrical cell (b)



IEC 703/12

Figure A.2c) – Prismatic cell (a)



IEC 704/12

Figure A.2d) – Prismatic cell (b)

Key

- A is total width;
- B is total thickness;
- C is diameter;
- D is total length (including terminals);
- E is total length (excluding terminals).

Figure A.2 – Examples of maximum dimension of cell

A.3 Electrical measurement

A.3.1 General

During each test, voltage, current and temperature shall be recorded.

A.3.2 General charge conditions

Unless otherwise stated in this standard, prior to electrical measurement test, the cell shall be charged as follows.

Prior to charging, the cell shall be discharged at $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ at a constant current $1/3 I_t$ (A) down to an end-of-discharge voltage specified by the manufacturer. Then, the cell shall be charged according to the charging method declared by the manufacturer at $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

A.3.3 Capacity

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

Step 1 – The cell shall be charged in accordance with A.3.2.

After recharge, the cell temperature shall be stabilized in accordance with A.2.

Step 2 – The cell shall be discharged at a constant current as specified in Table A.2 and Table A.3 at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ to the end-of-discharge voltage as specified in Table A.4. The upper limit of the discharge current shall be 200 A. The end-of-discharge voltage is expressed as the product of the end-of-discharge voltage of a cell and the number of cells.

Table A.2 – Discharge current at the battery temperature $25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Rated capacity classification of battery Ah	Discharge current A			
Less than 20	$1/3\ I_t$	$1\ I_t$	$5\ I_t$	$10\ I_t$
20 or more	$1/3\ I_t$	$1\ I_t$	$2\ I_t$	$5\ I_t$

Table A.3 – Discharge current at the battery temperatures $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Rated capacity classification of battery Ah	Discharge current A	
Less than 20	$1/3\ I_t$	$5\ I_t$
20 or more	$1/3\ I_t$	$2\ I_t$

Table A.4 – End-of-discharge voltage

	Battery temperature $^{\circ}\text{C}$			
	45	25	0	-20
Discharge current A	End of discharge voltage V			
$1/3\ I_t$	1,0	1,0	1,0	0,9
$1\ I_t$	—	0,9	—	—
$2\ I_t$	Voltage specified by the manufacturer			
$5\ I_t$				
$10\ I_t$				

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

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

A.3.4 SOC adjustment

The test cells shall be charged as specified below. The SOC adjustment is the procedure to be followed for preparing cells to the various SOC's for the tests in this Annex.

Step 1 – The cell shall be charged in accordance with A.3.2.

Step 2 – The cell shall be left at rest $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ in accordance with A.2.1.

Step 3 – The cell shall be discharged at a constant current $1/3\ I_t$ (A) at $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ for $(100 - n)/100 \times 1\text{ h}$, where n is SOC (%) to be adjusted for each test.

A.4 Energy

A.4.1 Test method

Mass energy density (Wh/kg) and volumetric energy density (Wh/l) of cells in a certain current discharge of $1/3\ I_t$ (A) shall be determined according to the following procedure.

a) Mass measurement

Mass of the cell shall be measured up to three significant figures.

b) Dimension measurement

Dimension of the cell shall be measured as specified in A.2.3.

c) Capacity measurement

Capacity of the cell shall be determined in accordance with A.3.3.

d) Average voltage calculation

The value of the average voltage during discharging in the above capacity test shall be obtained by integrating the discharge voltage over time and dividing the result by the discharge duration. The average voltage is calculated in a simple manner using the following method: discharge voltages U_1, U_2, \dots, U_n are noted every 5 s from the time the discharging starts and voltages that cut off the end of discharge voltage in less than 5 s are discarded. The average voltage U_{avr} is then calculated in a simplified manner using Formula (A.1) up to three significant figures by rounding off the result.

$$U_{avr} = \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_n}{n} \quad (\text{A.1})$$

NOTE Values provided by measurement devices may be used, if sufficient accuracy can be achieved.

A.4.2 Calculation of energy density

A.4.2.1 Energy density per unit mass

The mass energy density shall be calculated using Formula (A.2) and Formula (A.3) up to three significant figures by rounding off the result.

$$W_{ed} = C_d U_{avr} \quad (\text{A.2})$$

where

W_{ed} is the electric energy of cell (Wh);

C_d is the discharge capacity (Ah) at $1/3\ I_t$ (A);

U_{avr} is the average voltage during discharging (V).

$$\rho_{ed} = \frac{W_{ed}}{m} \quad (\text{A.3})$$

where

ρ_{ed} is the mass energy density (Wh/kg);

W_{ed} is the electric energy of cell (Wh);

m is the mass of cell (kg).

A.4.2.2 Energy density per unit volume

The volumetric energy density shall be calculated using Formula (A.4) up to three significant figures by rounding off the result.

$$\rho_{evlmd} = \frac{W_{ed}}{V} \quad (A.4)$$

where

ρ_{evlmd} is the volumetric energy density (Wh/l);

W_{ed} is the electric energy of cell (Wh);

V is volume of cell (l).

The volume of prismatic cell shall be given by the product of the total height excluding terminals, width, and length of the cell, and that of cylindrical cells shall be given by the product of the cylindrical cross-sectional area and the total length excluding terminals.

A.5 Power density and regenerative power density

A.5.1 Test method

The test shall be carried out in accordance with the following procedure.

a) Mass measurement

Mass of the cell shall be measured up to three significant figures.

b) Dimension measurement

Dimension of the cell shall be measured as specified in A.2.3.

c) Current-voltage characteristic test

Current-voltage characteristics shall be determined by measuring the voltage at the end of the 10 second pulse, when a constant current is discharged and charged under the conditions specified below.

- 1) SOC shall be adjusted to 20 %, 50 %, and 80 % according to the procedure specified in A.3.4, and the cell temperature at test commencement shall be set to $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$.

For testing of cell at $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ and $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$, SOC shall be adjusted to 50 % only.

- 2) The cell is charged or discharged at each value of the current corresponding to the respective rated capacity level in accordance with Table A.5 and Table A.6, and the voltage is measured at the end of the 10 second pulse. The upper limit of charge and discharge current shall be 200 A. The range of the charge and discharge current shall be specified by the manufacturer, and the standard measurement interval shall be 1 s. If the voltage after 10 s exceeds the discharge lower limit voltage or charge upper limit voltage, the measurement data shall be omitted.

Table A.5 – Charge and discharge current at the battery temperatures 0 °C, 25 °C, and 45 °C

Rated capacity classification of battery Ah	Charge and discharge current A			
Less than 20	$\frac{1}{3} I_t$	$1 I_t$	$5 I_t$	$10 I_t$
20 or more	$\frac{1}{3} I_t$	$1 I_t$	$2 I_t$	$5 I_t$

Table A.6 – Charge and discharge current at the battery temperature – 20 °C

Charge and discharge current A		
$\frac{1}{3} I_t$	$1 I_t$	$2 I_t$

- 3) Breaks of 10 min duration shall be provided. However, if the cell temperature after 10 min does not settle within 2 K, it is allowed to cool further; alternatively, the break duration is extended and it is inspected whether the cell temperature then settles within 2 K. The next discharging or charging procedure is then proceeded with.
- 4) The test is performed according to the scheme shown in Figure A.3.

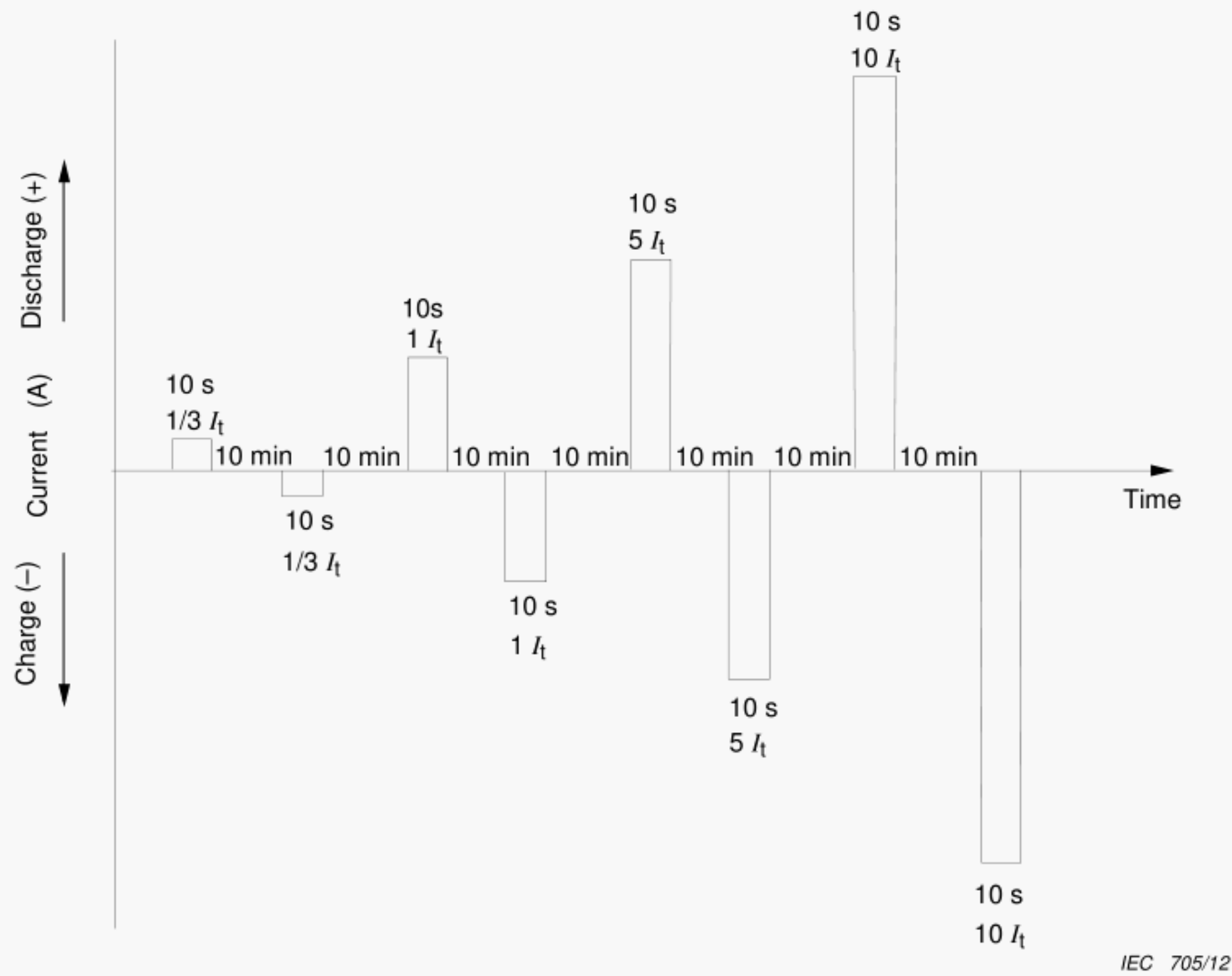


Figure A.3 – Test order of the current-voltage characteristic test (test example with batteries of rated capacity less than 20 Ah)

A.5.2 Calculation of power density

A.5.2.1 Discharge current

Discharge current I_d , when the power density is calculated corresponding to 20 %, 50 % and 80 % SOC of rated capacity, is obtained in the order shown in Figure A.4, using the current-voltage characteristics obtained by plotting the voltage at the 10th s while a constant current is discharged during the current-voltage characteristic test described in A.5.1. The current-voltage characteristic is extrapolated using the least-squares method, and the value of the current corresponding to the discharge lower limit voltage is calculated up to 3 significant figures. This value shall be denoted as discharge current I_d in power density calculation.

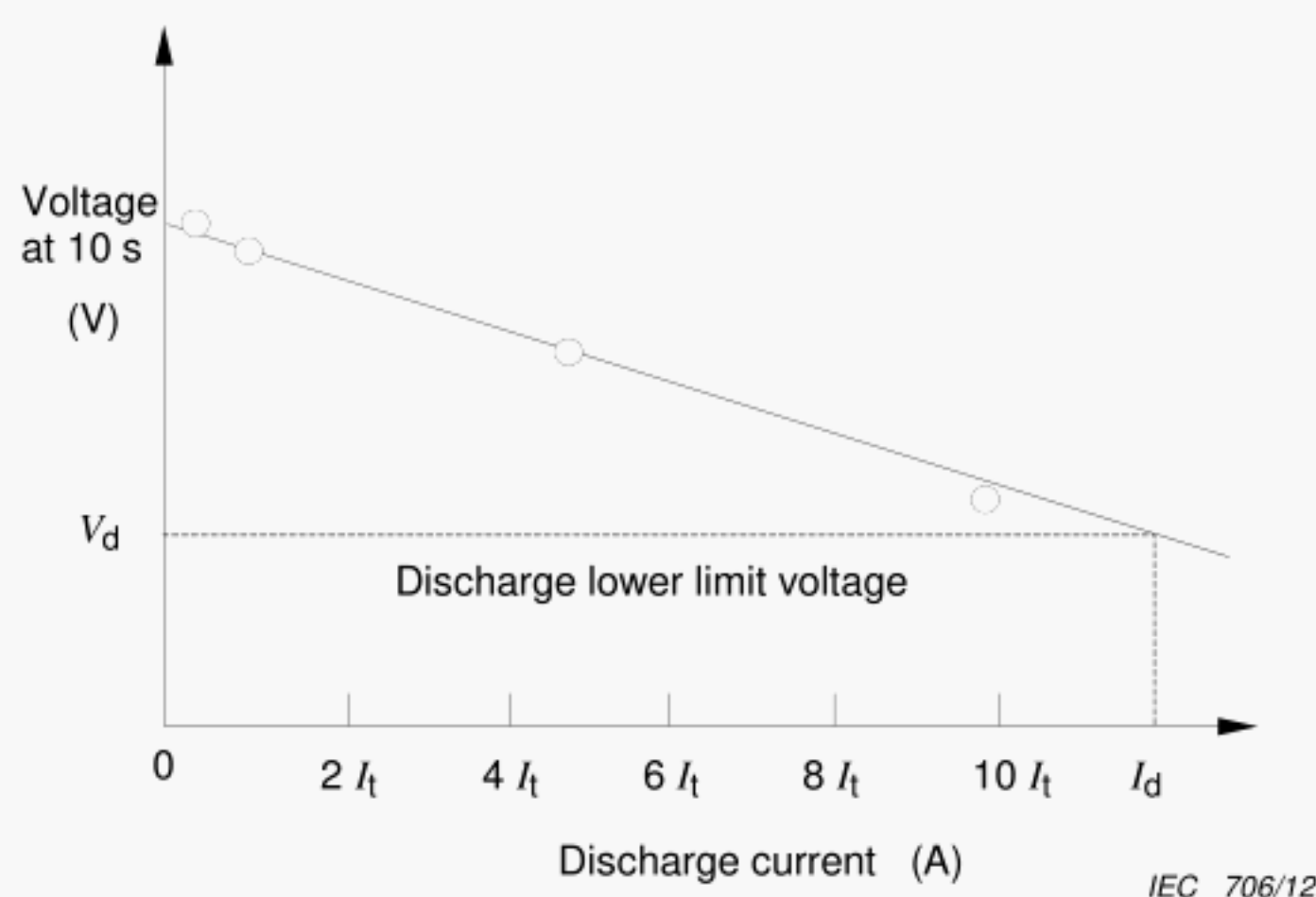


Figure A.4 – The method to obtain discharge current I_d while calculating the power density

A.5.2.2 Power

Power shall be calculated according to Formula (A.5) and rounded to 3 significant figures.

$$W_d = V_d \times I_d \quad (\text{A.5})$$

where

W_d is the power (W);

V_d is the discharge lower limit voltage (V);

I_d is the discharge current obtained from power density calculation (A).

A.5.2.3 Power density per unit mass

Mass power density is calculated from Formula (A.6), and is rounded to 3 significant figures.

$$P_d = \frac{W_d}{M} \quad (\text{A.6})$$

where

P_d is the power density (W/kg);

W_d is the power (W);

M is the weight of cell (kg).

A.5.2.4 Power density per unit volume

Volumetric power density shall be calculated from Formula (A.7), and is rounded to 3 significant figures.

$$P_{dv} = \frac{W_d}{V_1} \quad (\text{A.7})$$

where

P_{dv} is the volumetric power density (W/l);

W_d is the power (W);

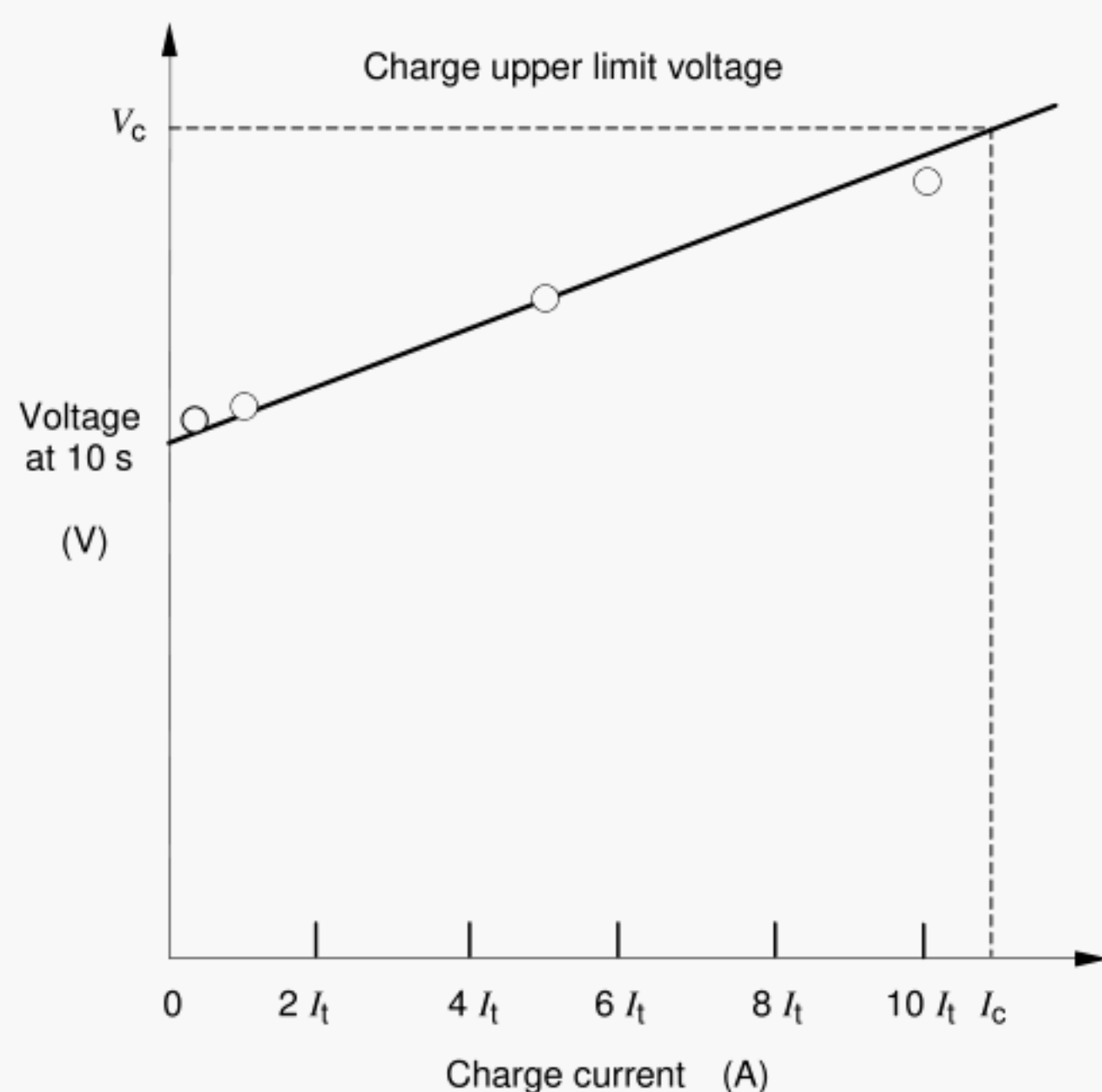
V_1 is the volume of cell (l).

The volume of a prismatic cell is given by the product of its total height excluding terminals, width, and length, and that of a cylindrical cell is given by the product of the cross section of the cylinder and its total length excluding terminals.

A.5.3 Calculation of regenerative power density

A.5.3.1 Charge current

Charge current I_d , when the regenerative power density is calculated corresponding to 20 %, 50 % and 80 % SOC of rated capacity, is obtained in the order shown in Figure A.5, using the current-voltage characteristics obtained by plotting the voltage at the 10th s while a constant current is charged during the current-voltage characteristic test described in A.5.1. The current-voltage characteristic is extrapolated using the least-squares method, and the value of the current corresponding to the charge upper limit voltage is calculated up to three significant figures. This value shall be denoted as charge current I_d in regenerative power density calculation.



IEC 707/12

Figure A.5 – Method to obtain charge current I_c while calculating regenerative power density

A.5.3.2 Regenerative power

Regenerative power is calculated according to Formula (A.8) and rounded to three significant figures.

$$W_c = V_c \times I_c \quad (\text{A.8})$$

where

W_c is the regenerative power (W);

V_c is the charge upper limit voltage (V);

I_c is the charge current obtained from regenerative power density calculation (A).

A.5.3.3 Regenerative power density per unit mass

Regenerative power density per unit mass shall be calculated from Formula (A.9) and is rounded to three significant figures.

$$P_c = \frac{W_c}{M} \quad (\text{A.9})$$

where

P_c is the regenerative power density (W/kg);

W_c is the regenerative power (W);

M is the weight of cell (kg).

A.5.3.4 Regenerative power density per unit volume

Volumetric regenerative power density is calculated from Formula (A.10) and is rounded to three significant figures.

$$P_{cv} = \frac{W_c}{V_1} \quad (\text{A.10})$$

where

P_{cv} is the volumetric regenerative power density (W/l);

W_c is the regenerative power (W);

V_1 is the volume of cell (l).

The volume of a square-shaped battery is given by the product of its total height excluding terminals, width, and length, and that of a cylindrical battery is given by the product of the cross section of the cylinder and its total length excluding terminals.

A.6 Internal d.c. resistance

A.6.1 Test method

Current-voltage characteristics shall be determined by measuring the voltage at the end of the 10 second pulse, when a constant current is discharged and charged in accordance with A.5.1. SOC shall be adjusted to 50 % and the cell temperature at test commencement shall be set to $-20\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, $0\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ and $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

A.6.2 Calculation of internal direct current resistance

The current-voltage characteristic generated using individual values of the charge and discharge current (A) and the corresponding voltages is extrapolated using the least-squares method; the absolute value of the internal direct current resistance R_d (output side) is obtained as the slope of the approximate line generated using the least-squares method in Figure A.6. Further, the absolute value of the internal direct current resistance R_c (input side) is obtained as the slope of the approximate line generated using the least-squares method in Figure A.7. The effective result is obtained by rounding off the third digit.

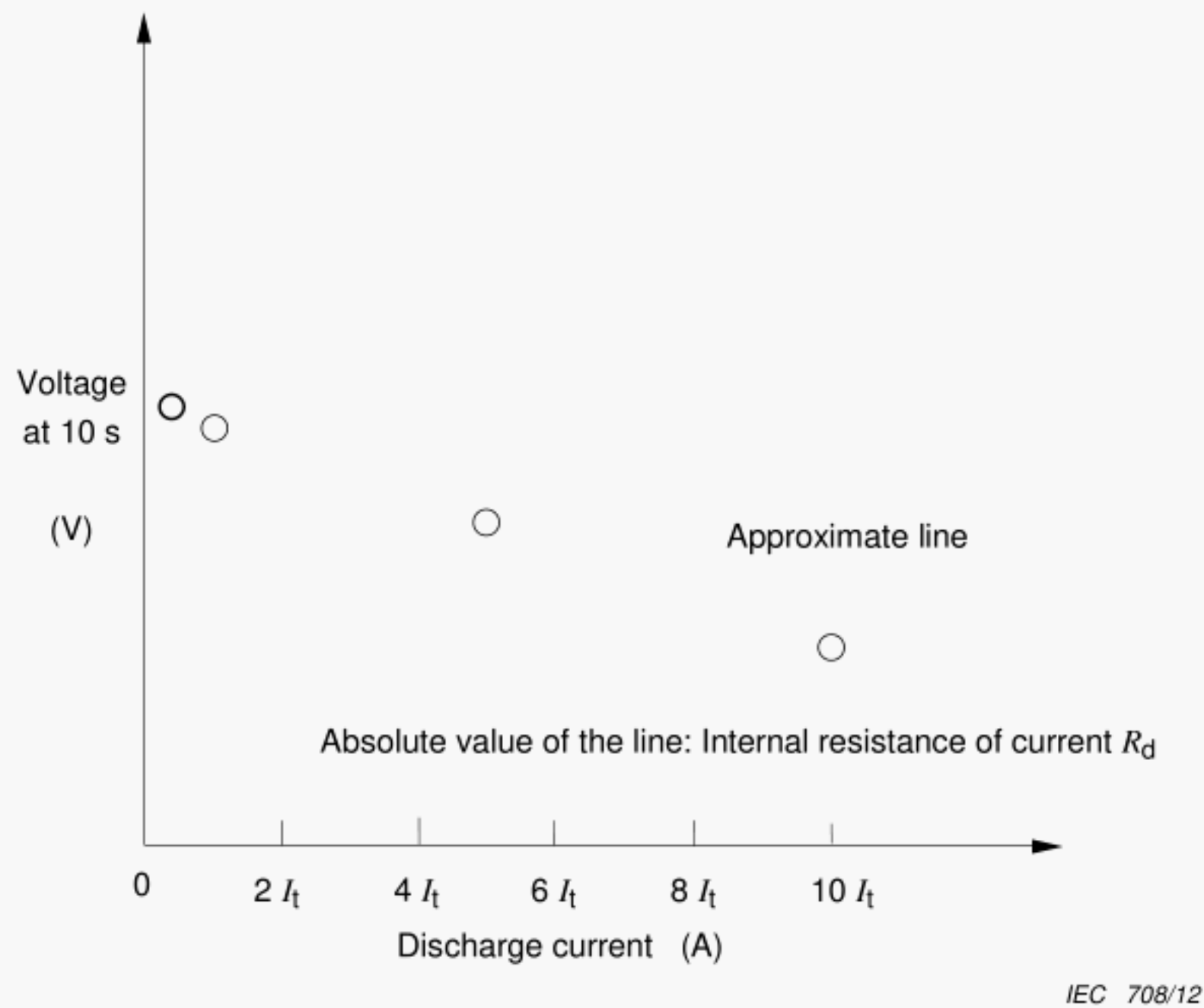


Figure A.6 – Method to obtain the internal resistance on the output side

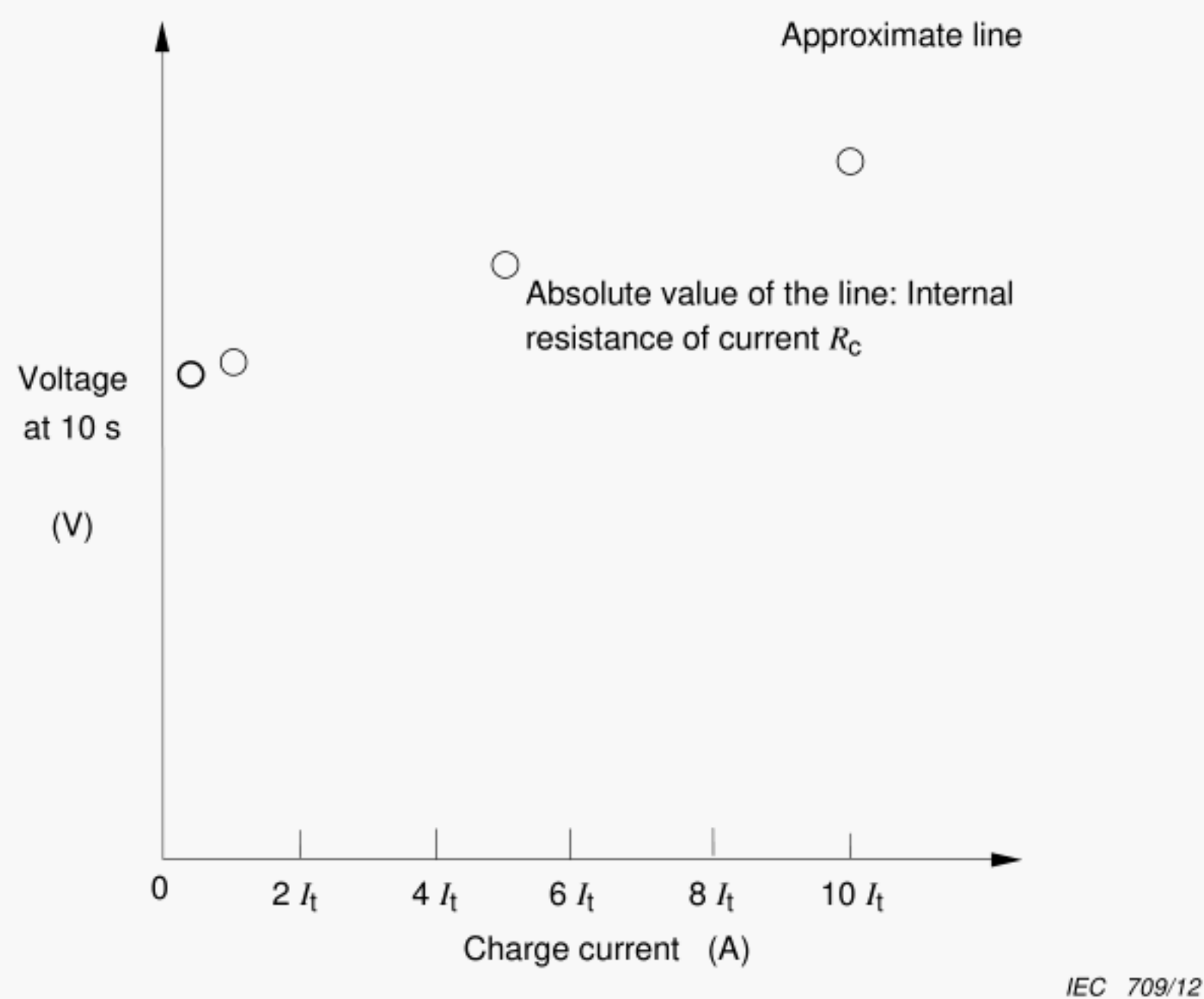


Figure A.7 – Method to obtain the internal resistance on the input side

A.7 Charge retention

The charge retention characteristics of cell at a 50 % SOC shall be determined according to the following procedure.

Step 1 – The cell shall be charged in accordance with A.3.2.

Step 2 – The cell shall be discharged to 50 % SOC in accordance with the method specified in A.3.4. Then, the cell shall be stabilized at $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ according to Table A.1.

Step 3 – Discharge the cell to the end-of-discharge voltage at a discharge current of $1/3 I_t$ (A) at $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. This discharge capacity is C_b .

Step 4 – Repeat step 1 and step 2.

Step 5 – The cell shall be stored for 28 days at an ambient temperature $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. The battery shall be left at an ambient temperature of $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ within 4 hours after the adjustment of SOC, and the ambient temperature before starting discharge within 24 hours, but not less than 16 hours, shall be $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

Step 6 – Discharge the cell at a constant current of $1/3 I_t$ at $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ until the end-of-discharge voltage, and then measure the capacity of cell. This discharge capacity is C_r .

Charge retention ratio shall be calculated according to Formula (A.11).

$$R = \frac{C_r}{C_b} \times 100 \quad (\text{A.11})$$

where

R is the charge retention ratio (%);

C_r is the capacity of cell after storage (Ah);

C_b is the capacity of cell before storage (Ah).

A.8 Cycle life

A.8.1 General

The cycle life performance of cell shall be determined by the following test methods.

A.8.2 Measurement of initial performance

Before the charge and discharge cycle test, measure the capacity and power as the initial performance of cell.

– Capacity

The capacity test shall be performed twice in accordance with A.3.3, and the second discharge electrical quantity of cell shall be measured at $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

– Power

The power shall be measured as specified in A.5 at $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, 50 % SOC.

A.8.3 Charge and discharge cycle

a) Temperature

The ambient temperature shall be $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. At the start of charge and discharge cycle, cell temperature shall be $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

b) Adjustment of SOC before charge and discharge cycle

c) Charge and discharge cycle

The cycle shall be continuously repeated for 5 000 cycles. And then measure the performance of the cell as specified in A.8.3 d).

The cell, after being left at rest for 5 s or less at the end of each cycle, shall be charged and adjusted to 50 % SOC at a constant current of $1/3 I_1$ (A).

The test shall be discontinued, if the voltage reaches the upper or lower limit specified by the manufacturer during the cycle, or the total number of cycles reaches 5 000 during the test in A.8.3 b) and c), notwithstanding the stipulation in A.8.3 e), and the cell performance shall be measured at this point as specified in A.8.3 d).



Table A.7 – Current profile for HEV cycle test

Step number	Duration s	Current A	Step number	Duration s	Current A
1	9	0,0 I_t	22	5	0,0 I_t
2	7	+2,0 I_t	23	2	+10,0 I_t
3	2	+4,5 I_t	24	6	–0,5 I_t
4	9	–1,0 I_t	25	2	–3,5 I_t
5	14	+1,5 I_t	26	6	+2,0 I_t
6	5	–4,5 I_t	27	2	+6,0 I_t
7	5	–0,5 I_t	28	2	–0,5 I_t
8	18	0,0 I_t	29	3	–4,0 I_t
9	7	+2,0 I_t	30	3	+2,0 I_t
10	2	+4,5 I_t	31	2	+5,0 I_t
11	9	–1,0 I_t	32	5	+2,0 I_t
12	14	+1,5 I_t	33	2	–7,0 I_t
13	5	–4,5 I_t	34	27	–0,5 I_t
14	5	–0,5 I_t	35	2	+2,0 I_t
15	18	0,0 I_t	36	2	–4,0 I_t
16	7	+2,0 I_t	37	40	–0,5 I_t
17	2	+4,5 I_t	38	2	+0,5 I_t
18	9	–1,0 I_t	39	44	–0,5 I_t
19	14	+1,5 I_t	40	2	+0,5 I_t
20	5	–4,5 I_t	41	13	–0,5 I_t
21	5	–0,5 I_t	42	17	0,0 I_t
NOTE Discharge side is indicated as positive.					

Table A.8 – Power profile for HEV cycle test

Step number	Duration s	Power W/kg	Step number	Duration s	Power W/kg
1	9	0	22	5	0
2	7	+100	23	2	+430
3	2	+200	24	6	–30
4	9	–40	25	2	–190
5	14	+100	26	6	+100
6	5	–250	27	2	+280
7	5	–30	28	2	–30
8	18	0	29	3	–220
9	7	+100	30	3	+100
10	2	+200	31	2	+230
11	9	–40	32	5	+100
12	14	+100	33	2	–360
13	5	–250	34	27	–30
14	5	–30	35	2	+110
15	18	0	36	2	–210
16	7	+100	37	40	–30
17	2	+200	38	2	+30
18	9	–40	39	44	–30
19	14	+100	40	2	+30
20	5	–250	41	13	–30
21	5	–30	42	17	0
NOTE Discharge side is indicated as positive.					

d) Periodical measurement of performance

After every completion of 5 000 cycles, the performance of cell shall be measured as specified in A.8.2. The accumulated time of cycle for each performance measurement shall also be reported.

e) Termination of test

The cycle life test shall be terminated when either of the following conditions is satisfied.

Condition A – The test in A.8.3 c) is repeated 6 times.

Condition B – When either of the performance measured in A.8.3 d) is decreased to less than 80 % of the initial value.

Condition C – When the upper or lower voltage is reached during the charge and discharge cycling as well as a single cycle is not completed despite restarting the test after A.8.3 d).

The cycle life of cell is the total cycle number at the termination of test; this does not include the performance test mentioned in A.8.3 d).

Bibliography

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

IEC 60254-1:2005, *Lead-acid traction batteries – Part 1: General requirements and methods of test*

IEC 60359, *Electrical and electronic measurement equipment – Expression of performance*

IEC 62660-1:2010, *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 1: Performance testing*

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

ISO 12405-1:2011, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems – Part 1: High-power applications*

ISO 12405-2:2011, *Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion traction battery systems – Part 2: High energy applications (to be published)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	43
INTRODUCTION.....	45
1 Domaine d'application	46
2 Références normatives.....	46
3 Termes et définitions	46
4 Exigences générales des essais.....	47
4.1 Précision des instruments de mesure	47
4.1.1 Instruments de mesure électriques	47
4.1.2 Mesure de la température.....	48
4.1.3 Mesure de la densité des électrolytes des batteries au plomb ouverts	48
4.1.4 Tolérance	48
4.2 Dispositions générales	48
4.2.1 Régime de vitesse de réponse du courant	48
4.2.2 Température – électrolyte accessible.....	49
4.2.3 Température – électrolyte non accessible.....	49
4.2.4 Lectures de la densité des électrolytes des batteries au plomb ouverts	49
4.2.5 Support mécanique.....	49
4.3 Echantillons d'essai.....	49
4.4 Température d'essai.....	49
4.4.1 Température d'essai pour les essais de type	49
4.4.2 Fonctionnement du système de gestion de batterie	50
4.5 Charge et repos après la charge	50
4.6 Conditionnement	50
4.7 Séquence d'essais	50
4.8 Enregistrement des données	50
4.8.1 Généralités.....	50
4.8.2 Fréquence d'échantillonnage	50
5 Capacité assignée	51
5.1 Généralités.....	51
5.2 Températures d'essai supplémentaires	51
6 Essai de performance de décharge dynamique.....	51
6.1 Considérations de base	51
6.2 Détermination du cycle des essais sans charge régénératrice	52
6.3 Définition du cycle des essais avec charge régénératrice	52
6.4 Définition des performances de décharge dynamique	52
6.4.1 Cycle d'essai sans charge régénératrice.....	52
6.4.2 Cycle d'essai avec charge régénératrice.....	52
7 Essai d'endurance dynamique	52
7.1 Considérations de base	52
7.2 Conditions d'essai	52
7.3 Cycle d'essai sans charge régénératrice	53
7.4 Cycle d'essai avec charge régénératrice	53
7.5 Essai d'endurance	53
7.5.1 Conditions de charge.....	53
7.5.2 Repos après la charge.....	53

7.5.3	Décharge.....	53
7.5.4	Fréquence des cycles.....	53
7.5.5	Vérification de capacité	53
7.5.6	Régénération.....	53
7.5.7	Critère de fin de vie	53
7.5.8	Enregistrement	54
8	Essais de performance des systèmes de batterie	54
8.1	Generalités.....	54
8.2	Hypothèses de départ	54
8.3	Essai de décharge de référence	54
8.3.1	Profil du microcycle de référence.....	54
8.3.2	Ajustement en fonction de la performance de véhicule, si nécessaire	55
8.3.3	Sélection de la batterie et préparation pour les essais	55
8.4	Conditions générales d'essai.....	55
8.4.1	Généralités.....	55
8.4.2	Détermination de l'énergie embarquée de la batterie	56
8.4.3	Energie embarquée de référence.....	56
8.5	Essais de durée de vie	56
8.6	Détermination de la puissance maximale et de la résistance interne de la batterie.....	57
8.7	Essais de charge.....	57
8.7.1	Rendement de charge	57
8.7.2	Essais de décharge partielle.....	58
8.7.3	Mesure de l'autodécharge	58
8.8	Conditions extrêmes d'utilisation	59
8.8.1	Décharge continue à la puissance maximale délivrée par le véhicule	59
8.8.2	Recharge à puissance régénérative maximale en fonction de l'état de charge	59
Annexe A (normative) Procédures d'essai des batteries Ni-MH utilisées pour la propulsion des véhicules électriques hybrides.....		63
Bibliographie.....		79
Figure 1 – Profil d'essai sans charge régénératrice.....		60
Figure 2 – Profil d'essai avec charge régénératrice.....		60
Figure A.1 – Exemple de mesure de la température de l'élément.....		64
Figure A.2 – Exemples de dimension maximale d'élément		65
Figure A.3 – Ordre d'essai du test de la caractéristique courant-tension (exemple de batteries dont la capacité assignée est inférieure à 20 Ah)		70
Figure A.4 – Méthode permettant d'obtenir le courant de décharge I_d lors du calcul de la densité de puissance		71
Figure A.5 – Méthode d'obtention du courant de charge I_c lors du calcul de la densité de puissance régénérative		72
Figure A.6 – Méthode d'obtention de la résistance interne à la sortie.....		74
Figure A.7 – Méthode d'obtention de la résistance interne à l'entrée.....		74
Figure A.8 – Profil du courant pour le cycle d'essai VEH.....		76
Figure A.9 – Profil de puissance pour le cycle d'essai VEH.....		76

Tableau 1 – Liste des paramètres pour les conditions d'essai	61
Tableau 2 – Liste des paramètres de charge/décharge	61
Tableau 3 – Liste des valeurs DST pour un microcycle, dont la puissance maximale est 24 kW	61
Tableau 4 – Liste des valeurs DST pour un microcycle pour un véhicule à performances élevées	62
Tableau A.1 – Température de la batterie et période de repos avant l'essai.....	63
Tableau A.2 – Courant de décharge à la température de batterie de 25 °C	66
Tableau A.3 – Courant de décharge aux températures de la batterie de –20 °C, 0 °C et 45 °C	66
Tableau A.4 – Tension de fin de décharge	66
Tableau A.5 – Courant de charge et de décharge aux températures de la batterie 0 °C, 25 °C et 45 °C	69
Tableau A.6 – Courant de charge et de décharge à la température de batterie de –20 °C	69
Tableau A.7 – Profil du courant pour le cycle d'essai VEH	77
Tableau A.8 – Profil de puissance pour le cycle d'essai VEH	78

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ACCUMULATEURS (EXCEPTÉ LITHIUM) POUR LA PROPULSION
DES VÉHICULES ROUTIERS ÉLECTRIQUES –****Essais de performance et d'endurance**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 61982 a été établie par le comité d'études 21 de la CEI: Accumulateurs.

Cette première édition annule et remplace la CEI 61982-1:2006, la CEI 61982-2:2002 et la CEI 61982-3:2001. Elle constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à la CEI 61982-1, la CEI 61982-2 and la CEI 61982-3:

- clarification du domaine d'application;
- mise à jour de certains essais, et
- ajout de l'Annexe A traitant les batteries NiMh pour la propulsion des véhicules électriques hybrides.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
21/775/FDIS	21/782/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

La première édition de la série CEI 61982 était composée des trois parties suivantes:

CEI 61982-1:2006, *Accumulateurs pour la propulsion des véhicules routiers électriques – Partie 1: Paramètres d'essai*

CEI 61982-2:2002, *Accumulateurs pour la propulsion des véhicules routiers électriques – Partie 2: Essai de performance de décharge dynamique et essai d'endurance dynamique*

CEI 61982-3:2001, *Accumulateurs pour la propulsion des véhicules routiers électriques – Partie 3: Essais de performance et de durée de vie (véhicules pour utilisation urbaine, compatibles avec la circulation)*

La présente norme CEI 61982:2012 remplace l'ancienne série CEI 61982 ci-dessus.

Eu égard aux batteries à ion lithium destinées aux applications automobiles, les normes ci-dessous s'appliquent:

CEI 62660-1:2010, *Éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules routiers électriques – Partie 1: Essais de performance*

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

ISO 12405-1:2011, *Véhicules routiers à propulsion électrique – Spécifications d'essai pour packs et systèmes de batterie de traction aux ions lithium – Partie 1: Applications à haute puissance*

ISO 12405-2:2011, *Véhicules routiers à propulsion électrique – Spécifications d'essai pour des installations de batterie de traction aux ions lithium – Partie 2: Applications à haute énergie (à publier)*

ACCUMULATEURS (EXCEPTÉ LITHIUM) POUR LA PROPULSION DES VÉHICULES ROUTIERS ÉLECTRIQUES –

Essais de performance et d'endurance

1 Domaine d'application

Cette Norme Internationale s'applique aux essais de performance et d'endurance des accumulateurs utilisés dans les applications de propulsion des véhicules. Elle a pour objectif de préciser certaines caractéristiques essentielles des éléments, batteries, monoblocs, modules et systèmes de batterie utilisés pour la propulsion des véhicules électriques routiers y compris les véhicules électriques hybrides, ainsi que les méthodes d'essais correspondantes.

Les essais peuvent être utilisés spécifiquement pour tester les batteries équipant les véhicules tels que les véhicules de tourisme, les motos, les véhicules utilitaires, etc. La présente norme ne concerne pas les systèmes de batterie des véhicules spécialisés (les véhicules de transport en commun, les camions à ordures ou les véhicules utilitaires lourds, par exemple) dans lesquels la batterie est utilisée de la même manière que dans les véhicules industriels.

Les procédures d'essai sont définies en fonction des exigences de performance du véhicule.

La présente norme concerne les batteries au plomb, les batteries Ni/Cd, les batteries Ni/MH et les batteries sodium utilisées dans les véhicules électriques routiers.

L'Annexe A spécifie les procédures d'essai de performance et de durée de vie des batteries Ni/MH utilisées pour la propulsion des véhicules électriques hybrides (VEH).

NOTE La présente norme ne concerne pas les batteries lithium-ion pour application automobile spécifiées dans la CEI 62660-1, la CEI 62660-2, l'ISO 12405-1 et l'ISO 12405-2 (à publier).

2 Références normatives

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

CEI 60050-482:2004, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 482: Piles et accumulateurs électriques*

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

3 Termes et définitions

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

3.1

système de batterie

dispositif de stockage de l'énergie composé d'éléments, d'assemblages d'éléments ou de bloc(s) d'éléments, ainsi que de circuits électriques et composants électroniques

EXEMPLES Dispositif de contrôle de batterie, contacteurs.

Note 1 à l'entrée Les composants du système de batterie peuvent également être répartis dans différents dispositifs à l'intérieur du véhicule.

3.2

valeur de l'énergie embarquée de référence

énergie contenue dans la batterie mesurée pendant l'essai de décharge de référence et qui sert comme valeur de référence pour évaluer le vieillissement de la batterie au cours de sa vie

3.3

tension nominale

valeur numérique de la tension d'un élément, dépendante du système électrochimique. La tension d'un élément est la tension de l'unité en essai divisée par le nombre d'éléments

Note 1 à l'entrée Le symbole utilisé pour la tension nominale d'un élément est " U_n (V)".

Note 2 à l'entrée Des tensions nominales sont données au Tableau 1.

3.4

essai de type

essai qui mesure la performance du produit dans des conditions bien définies, en grande partie exemptes d'influences environnementales et d'origine interne

3.5

capacité assignée

quantité d'électricité qu'un élément ou qu'une batterie d'accumulateurs complètement chargés peuvent délivrer, lors d'une décharge à un courant constant I_n jusqu'à une tension finale U_f , sur une période de n heures et à une température spécifiée

Note 1 à l'entrée La capacité assignée C_n d'un élément ou d'une batterie d'accumulateurs est déclarée par le fabricant.

3.6

température ambiante de référence

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

4 Exigences générales des essais

4.1 Précision des instruments de mesure

4.1.1 Instruments de mesure électriques

4.1.1.1 Gamme des dispositifs de mesure

Les instruments utilisés doivent permettre une mesure correcte des valeurs de tension et de courant. L'échelle et les méthodes de mesure de ces instruments doivent être choisies de façon à garantir la précision spécifiée pour chaque essai. Pour des instruments analogiques, cela implique que les lectures doivent être effectuées sur le dernier tiers de l'échelle graduée.

Tout autre instrument de mesure peut être utilisé dans la mesure où il donne une précision équivalente.

4.1.1.2 Mesure de la tension

Les instruments utilisés pour la mesure de la tension doivent être des voltmètres d'une classe de précision au moins égale à 0,5. La résistance des voltmètres utilisés doit être au moins de $1\ 000\ \Omega/\text{V}$ (voir la série CEI 60051).

4.1.1.3 Mesure du courant

Les instruments utilisés pour mesurer le courant doivent être des ampèremètres d'une classe de précision au moins égale à 0,5. L'assemblage complet des ampèremètres, des shunts et des câbles doit être d'une classe de précision d'au moins 0,5 (voir la série CEI 60051 ou se référer à la CEI 60359).

4.1.2 Mesure de la température

Les instruments de mesure de la température doivent avoir une échelle de graduation qui convient et dans laquelle la valeur de chaque division graduée ne dépasse pas 1 K. La précision absolue de l'instrument doit être au moins de 0,5 K.

Le point de mesure de la température doit être celui spécifié par le fabricant, comme un emplacement qui reflète de plus près la température de l'électrolyte ou, s'il n'est pas spécifié, le point de mesure doit être au centre du côté le plus long d'un élément, qu'il s'agisse d'un élément unique ou d'un élément faisant partie intégrante d'un monobloc.

Si un système de batterie doté d'un système de contrôle thermique ou si des éléments ne sont directement accessibles pour mesurer la température, la température peut être mesurée par le système de gestion de batterie (BMS) fourni par le fabricant.

4.1.3 Mesure de la densité des électrolytes des batteries au plomb ouverts

Pour mesurer la densité des électrolytes, des hydromètres doivent être utilisés avec des échelles graduées de telle sorte que la valeur de chaque division ne dépasse pas 5 kg/m³. La précision absolue de l'instrument doit être d'au moins 5 kg/m³.

4.1.4 Tolérance

La tolérance générale des valeurs contrôlées ou mesurées, par rapport aux valeurs spécifiées ou réelles, doit être dans les tolérances suivantes:

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

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

4.2 Dispositions générales

4.2.1 Régime de vitesse de réponse du courant

Le taux de variation du courant (différence de temps exprimée en secondes entre un courant constant et le suivant) au cours des essais dynamiques doit être ≤ 1 s d'un régime permanent au suivant.

Le passage d'un niveau de puissance à un autre pendant le microcycle doit être tel que le point milieu de la transition effective ait lieu au point spécifié pour la transition.

La durée totale pour chaque microcycle complet doit être de $360 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$.

4.2.2 Température – électrolyte accessible

La température de l'élément doit être mesurée en utilisant une sonde immergée dans l'électrolyte au-dessus des plaques.

4.2.3 Température – électrolyte non accessible

La température de l'élément doit être mesurée en utilisant un système de mesure de température de surface. La température doit être mesurée à l'endroit qui reflétera le mieux la température de l'électrolyte.

4.2.4 Lectures de la densité des électrolytes des batteries au plomb ouverts

Compte tenu des temps de stabilisation différents entre éléments, les lectures de densité des électrolytes doivent être prises aux moments les plus appropriés pour l'échantillon d'essai mais en tenant compte également des contraintes du régime d'essai.

4.2.5 Support mécanique

Le cas échéant, il convient de prévoir un support mécanique pour les échantillons soumis à l'essai afin de conserver les mêmes dimensions que lorsque les éléments de l'échantillon sont installés dans les batteries, comme indiqué par le fabricant.

4.3 Echantillons d'essai

Les éléments constituant l'unité d'essai et sujets à des essais de performance de décharge dynamique ou à un essai d'endurance dynamique doivent avoir préalablement atteint une capacité réelle au moins égale à la capacité assignée.

Le nombre d'échantillons d'essai nécessaires devant être soumis à chaque condition d'essai doit être d'au moins 5 éléments et, lorsque les monoblocs sont soumis aux essais, il doit y avoir un minimum de deux échantillons d'essai.

Lorsque des essais d'application sont réalisés sur une batterie spécifique à un véhicule particulier, une batterie complète ou une section représentative de la batterie peut être utilisée, selon ce qui a été convenu entre les fabricants de la batterie et les fabricants du véhicule.

4.4 Température d'essai

4.4.1 Température d'essai pour les essais de type

4.4.1.1 Pour les batteries au plomb, il convient que la température au début de la décharge soit la température d'essai spécifiée ± 5 K.

Lorsque la température de l'élément au début de la décharge (température initiale) est différente de la température de référence, et lorsque cela a une incidence significative sur le résultat, un facteur de correction approprié doit être appliqué à la capacité résultante.

L'équation suivante peut être utilisée pour corriger les valeurs de capacité par rapport à la capacité réelle.

$$C_a = \frac{C}{1 + \lambda(t_0 - 25)} (\text{Ah})$$

où

C_a est la capacité réelle de l'échantillon à la température de référence;

C est la capacité mesurée à la température initiale;

t_0 est la température initiale;

λ est le facteur de correction de température (voir Tableau 1 pour les valeurs).

Après la décharge, les éléments/la batterie doivent être complètement chargés, conformément aux recommandations du fabricant, puis stabilisés à la température d'essai spécifiée au cours d'une période de 1 h – 4 h avant la décharge suivante.

4.4.1.2 Pour les batteries Ni/MH et Ni/Cd, il convient que la température au début de la décharge soit la température d'essai spécifiée ± 2 K. Pour les batteries sodium, il convient que la température interne mesurée par le système de gestion de batterie se situe dans la plage recommandée par le fabricant.

4.4.2 Fonctionnement du système de gestion de batterie

Un système de batteries équipé d'un système de gestion de batteries doit avoir cette fonction activée au cours de l'essai. Tous les systèmes doivent être alimentés conformément aux indications du fabricant de batterie.

4.5 Charge et repos après la charge

Les éléments doivent être chargés selon la procédure de charge spécifiée par le fabricant et dans les limites de la présente norme avant l'essai de décharge. Après la charge, l'échantillon d'essai doit être mis au repos de 1 h à 4 h à la température ambiante à laquelle se déroulera l'essai de décharge.

4.6 Conditionnement

Avant de commencer l'essai, l'accumulateur doit être conditionné selon les spécifications du fabricant. Le conditionnement de la batterie doit prendre fin dès que la capacité assignée est atteinte. Le nombre de cycles de conditionnement doit être inférieur à 20.

4.7 Séquence d'essais

Les essais suivants doivent être réalisés dans l'ordre stipulé dans la présente norme:

- le conditionnement (voir 4.6),
- l'essai de performance de décharge dynamique (voir Article 6),
- l'essai d'endurance dynamique (voir Article 7).

4.8 Enregistrement des données

4.8.1 Généralités

L'enregistrement des données doit inclure le temps, la température, la tension et le courant et les observations visuelles. Les données doivent inclure un enregistrement de toutes les opérations de maintenance effectuées sur les échantillons de batteries au cours de la séquence d'essais.

4.8.2 Fréquence d'échantillonnage

Il convient de mesurer et de stocker tous les paramètres à une fréquence adéquate pour s'assurer que tous les écarts effectifs sont enregistrés pour une analyse des données ultérieure. En outre, pour les essais impliquant des conditions transitoires à court terme (par exemple mesure de la puissance de crête), la fréquence d'échantillonnage (généralement une fois par

seconde) et la différence de temps entre les mesures de courant et de tension correspondantes (généralement 0,1 s ou moins) sont importantes pendant la période d'essai critique.

5 Capacité assignée

5.1 Généralités

Cet essai est destiné à mesurer la capacité exprimée en Ah des éléments/modules de batteries déchargés à courant constant. La capacité assignée doit être la capacité en 3 h à une température de 25 °C déclarée par le fabricant, sauf spécification contraire.

La batterie doit être déchargée à un courant constant:

$$I_n(A) = \frac{C_n(Ah)}{3h}$$

jusqu'à une tension finale de U_{f3}

où

I_n est le courant constant en ampères (A);

C_n est la capacité assignée telle que déclarée par le fabricant, en ampères-heures (Ah);

U_{f3} est la tension finale spécifiée pour le type de batterie en volts (V) (voir Tableau 1).

Les nouvelles batteries soumises aux essais de capacité disposent de 20 cycles au maximum pour obtenir la capacité assignée. L'essai de capacité doit être interrompu au premier cycle auquel la capacité assignée est obtenue. Les batteries qui n'obtiennent pas la capacité assignée à l'issue du 20^{ème} cycle ne doivent pas être utilisées pour les essais. Des capacités supplémentaires considérées comme appropriées pour une utilisation en liaison avec les applications de véhicules routiers sont les capacités de 5 h, 1 h et 0,5 h. Les tensions finales appropriées pour les capacités C_5 , C_1 et $C_{0,5}$, c'est-à-dire U_5 , U_1 et $U_{0,5}$, sont indiquées au Tableau 1.

NOTE L'essai de capacité des batteries Ni/MH utilisées pour la propulsion des VEH est spécifié à l'Annexe A.

5.2 Températures d'essai supplémentaires

Lorsqu'elles sont appropriées au type de batterie, les températures d'essai d'éléments/de batteries suivantes pourraient fournir un profil utile de performance: 45 °C, 0 °C et –20 °C.

6 Essai de performance de décharge dynamique

6.1 Considérations de base

L'objectif de cet essai est de spécifier les conditions dans lesquelles il sera possible de déterminer une valeur de capacité de l'accumulateur qui est fortement liée à la capacité disponible pour une application de véhicule routier électrique.

Dans les applications de véhicules électriques, les accumulateurs de propulsion doivent être capables de fournir des régimes de courant très différents. Les profils de conduite peuvent être simplifiés par un courant à haut régime pour l'accélération, un courant à bas régime pour la conduite à vitesse constante et un courant zéro pour les périodes de repos. En ce qui concerne la recharge de l'accumulateur pendant le freinage du véhicule (charge régénératrice), une phase de recharge à régime élevé est incorporée dans le profil d'essai.

Les températures d'essai sont spécifiées au Tableau 1.

6.2 Détermination du cycle des essais sans charge régénératrice

Le cycle de performance de décharge dynamique doit être représenté par un microcycle répété de 60 s ayant trois niveaux de courant:

- 1) I_{dh} (A) décharge / 10 s;
- 2) I_{dl} (A) décharge / 20 s;
- 3) I_0 (A) courant zéro / 30 s.

(voir Figure 1 et Tableau 2)

6.3 Définition du cycle des essais avec charge régénératrice

Le cycle de performance de décharge dynamique doit être représenté par un microcycle répété de 60 s ayant quatre niveaux de courant:

- 1) I_{dh} (A) décharge / 10 s;
- 2) I_{dl} (A) décharge / 20 s;
- 3) I_{rc} (A) recharge / 5 s;
- 4) I_0 (A) courant zéro / 25 s.

(voir Figure 2 et Tableau 2)

Le fabricant peut prescrire une tension maximale qui ne doit pas être dépassée pendant la phase de recharge I_{rc} .

6.4 Définition des performances de décharge dynamique

6.4.1 Cycle d'essai sans charge régénératrice

La capacité dynamique C_{da} (mesurée en ampères-heures (Ah)) est la quantité d'électricité que des éléments d'accumulateur chargés, puis mis au repos selon 4.5, peuvent fournir lors d'une décharge selon le cycle répété décrit en 6.2, jusqu'à une tension finale de U_f (V) par élément.

6.4.2 Cycle d'essai avec charge régénératrice

La capacité dynamique C_{dar} (mesurée en ampères-heures (Ah)) est la quantité nette d'électricité (capacité de charge régénératrice soustraite du total de la capacité déchargée) qu'un accumulateur chargé puis mis au repos selon 4.5 peut fournir selon le cycle répété décrit en 6.3 jusqu'à une tension finale de décharge de U_f (V) par élément.

7 Essai d'endurance dynamique

7.1 Considérations de base

L'objectif de cet essai est de déterminer le nombre de cycles de décharges accumulé jusqu'à ce que la capacité réelle (C_{da} ou C_{dar}), en accord avec les procédures décrites ci-dessous, tombe à 80 % de la capacité initiale pendant les essais selon 6.2 ou 6.3.

7.2 Conditions d'essai

L'essai d'endurance dynamique doit être effectué avec l'unité d'essai, de préférence partiellement immergée dans un bain d'huile ou d'eau. La température doit être maintenue dans les valeurs définies pour l'essai à ± 2 K et la circulation dans le bain doit permettre un refroidissement des éléments efficace. Les températures d'essai sont spécifiées au Tableau 1.

Quand des contraintes physiques empêchent l'utilisation de refroidisseurs liquides, des refroidisseurs à air peuvent être utilisés. Dans ce cas, et pour des accumulateurs intégrant un

système de contrôle thermique, les mêmes conditions d'essai qu'avec un contrôle thermique liquide doivent être appliquées.

Pendant l'essai, si applicable et si nécessaire, le niveau de l'électrolyte doit être maintenu dans les limites recommandées par le fabricant.

7.3 Cycle d'essai sans charge régénératrice

Le cycle d'endurance dynamique doit être représenté par un microcycle répété de 60 s comme défini en 6.2 (voir Figure 1 et Tableau 2).

La durée du cycle de décharge doit être fixée à 80 % de la valeur obtenue lorsque l'accumulateur a été essayé selon 6.2 et évalué en accord avec 6.4.1, avant l'essai d'endurance.

7.4 Cycle d'essai avec charge régénératrice

Le cycle d'endurance dynamique doit être représenté par un microcycle répété de 60 s comme défini en 6.3 (voir Figure 2 et Tableau 2).

La durée du cycle de décharge doit être fixée à 80 % de la valeur obtenue lorsque l'accumulateur a été essayé selon 6.3 et évalué en accord avec 6.4.2, avant l'essai d'endurance.

7.5 Essai d'endurance

7.5.1 Conditions de charge

La recharge doit être entreprise dans l'heure suivant la décharge précédente. Il convient que le profil de charge, défini par le fabricant, permette de préférence une recharge complète dans les 8 h.

7.5.2 Repos après la charge

Après la recharge, l'accumulateur doit être mis au repos pendant une période allant de 1 h à 4 h.

7.5.3 Décharge

La décharge doit être entreprise en utilisant le cycle d'essai décrit en 7.3 ou 7.4.

7.5.4 Fréquence des cycles

Les périodes de charge et de repos doivent être organisées, si possible, pour permettre au moins deux cycles de charge/décharge par jour.

7.5.5 Vérification de capacité

A des intervalles réguliers de 50 cycles, un essai de performance de décharge dynamique doit être pratiqué selon 6.2 ou 6.3 pour enregistrer l'évolution de capacité.

7.5.6 Régénération

Un cycle de régénération des accumulateurs spécifié par le fabricant est permis à des intervalles de non moins de 50 cycles de charge/décharge.

7.5.7 Critère de fin de vie

La fin de vie est atteinte quand la capacité tombe à 80 % de la capacité obtenue lors de l'essai de l'accumulateur selon 6.2 ou 6.3, réalisé avant l'essai d'endurance, ou moins pendant deux cycles consécutifs.

L'essai d'endurance est alors considéré comme terminé.

7.5.8 Enregistrement

Les valeurs suivantes doivent être enregistrées:

- capacité calculée pour chaque cycle de décharge;
- capacité cumulée de décharge;
- nombre total de cycles de décharge accomplis.

8 Essais de performance des systèmes de batterie

8.1 Generalités

Les procédures d'essai du présent article concernent les systèmes de batterie utilisés dans les véhicules électriques.

Il existe trois essais fondamentaux, à savoir l'essai d'énergie (autonomie), de puissance (performance) et de durée de vie. Tous les autres essais sont facultatifs.

8.2 Hypothèses de départ

Afin que l'essai soit représentatif de l'utilisation du véhicule, les régimes de décharge et le dimensionnement de la batterie doivent être représentatifs de ceux que l'on trouve dans les véhicules circulant en ville. Actuellement, le facteur restrictif en ce qui concerne le choix de la batterie est principalement la masse que l'on peut embarquer sur un véhicule. Quand des batteries dites "avancées" deviendront disponibles, le facteur restrictif pour un véhicule de ville deviendra son autonomie en ville ou la durée de conduite. En conséquence, il y a deux critères pour le choix de la batterie: d'abord sa masse, puis son autonomie, si la capacité pour une masse particulière suffit pour donner l'autonomie exigée. Les exemples choisis ci-dessous sont considérés comme représentatifs de l'utilisation de véhicules en ville.

Vitesse moyenne en ville:	30 km/h.
Consommation énergétique de la batterie:	100 Wh/tonne × km.

De plus, les essais principaux doivent être effectués à une température ambiante de 25 °C.

La vitesse moyenne du véhicule associée à la consommation énergétique de la batterie par km entraîne une consommation moyenne de 3 kW par tonne de véhicule. Une batterie avec une capacité de 15 kWh fournirait donc une autonomie de 150 km en ville pour un véhicule d'une tonne.

NOTE Les valeurs réelles de masse, de volume et de capacité de la batterie choisies dépendent d'un certain nombre de facteurs liés au véhicule et à l'espace disponible pour le système de batterie. A titre indicatif pour le dimensionnement de la batterie, les chiffres suivants sont proposés:

- pourcentage maximal de la masse de la batterie par rapport la masse totale du véhicule en pleine charge: 30 %;
- autonomie maximale exigée pour un véhicule urbain: 150 km.

8.3 Essai de décharge de référence

8.3.1 Profil du microcycle de référence

L'analyse des durées des paliers et des niveaux de puissances pour chaque palier du microcycle montre que, pour une puissance moyenne de décharge de 3 kW, la puissance maximale au palier 15 doit être fixée à 24 kW. Une description complète des 20 paliers, microcycle d'essai de contrainte dynamique (DST) avec une puissance de crête de 24 kW, est donnée au Tableau 3. Les puissances de décharge sont enregistrées sous forme de valeurs négatives. Les tolérances pour ce cycle sont données en 8.4.2.

L'essai de décharge de référence consiste en la succession répétée des microcycles de référence jusqu'à ce que la batterie soit déchargée ou l'essai terminé pour une autre raison.

8.3.2 Ajustement en fonction de la performance de véhicule, si nécessaire

La consommation d'énergie d'un véhicule ayant des performances élevées peut être plus grande que celle d'un véhicule à performances moindres mais, du fait des contraintes liées à la circulation, la différence au niveau de la consommation d'énergie sera petite lors d'une utilisation normale en ville. Cependant, en accord avec le fabricant de la batterie et le fabricant du véhicule, l'essai de décharge peut être modifié pour refléter le fait qu'un véhicule ayant des performances élevées sollicitera plus la batterie. Pour adapter la procédure à un type de véhicule, les valeurs des paliers 15 (puissance de décharge maximale) et 19 (puissance maximale de régénération) du microcycle de référence doivent être ajustées en magnitude mais pas en durée afin de simuler la puissance réelle fournie par la chaîne de traction du véhicule (voir Tableau 4). Une batterie destinée à équiper un véhicule performant aura ces valeurs de puissance augmentées tandis que la même batterie pour un véhicule plus basique verra ces valeurs réduites. Les niveaux de puissance et les temps des autres paliers resteront inchangés. Un exemple de microcycle adapté pour soumettre à essai la batterie d'un véhicule à performances élevées avec une masse (pour les besoins de l'essai) de 1 tonne est donné au Tableau 4. Dans cet exemple, la puissance transmissible maximale du système d'entraînement est 100 kW et la puissance maximale de régénération est de 50 kW.

8.3.3 Sélection de la batterie et préparation pour les essais

Un système de batterie, intégrant un système de gestion et des auxiliaires de batterie, et satisfaisant aux exigences générales du fabricant de véhicule, doit être préparé pour les essais selon les instructions du fabricant de la batterie. Les procédures de préparation de la batterie doivent être notées. La compatibilité entre les différents systèmes impliqués (par exemple le système de gestion de la batterie, la chaîne de traction du véhicule et le banc d'essai au laboratoire) doit être soigneusement vérifiée par chaque partie avant le début des essais. Pendant l'essai, la batterie doit être placée dans un endroit où la circulation d'air et la température ambiante sont représentatives des conditions qui se trouvent dans un véhicule.

Plusieurs cycles peuvent être effectués sur les éléments et batteries afin d'obtenir l'assurance d'une capacité convenable.

8.4 Conditions générales d'essai

8.4.1 Généralités

La batterie doit être pleinement chargée, selon les instructions du fabricant, à une température ambiante de 25 °C. Les essais doivent être effectués à cette température ambiante, sauf spécification contraire, et sous les mêmes conditions de circulation d'air que l'on trouverait si la batterie était placée dans le véhicule. La circulation d'air doit être maintenue pendant la décharge mais pas pendant la charge. Le chauffage ou le refroidissement de la batterie alimenté par le système de la batterie doit être activé si le système de gestion de la batterie le demande. Lorsqu'une source externe de puissance est employée pour fournir de l'énergie au système de gestion de la batterie, l'énergie utilisée doit être enregistrée et déclarée.

La tension de fonctionnement incluant la tension minimale pendant la décharge et la tension maximale pendant la charge doit être enregistrée pour chaque microcycle tout au long des essais de mesure de la capacité de la batterie dans le programme de durée de vie (voir 8.4.3). Ces valeurs doivent être déclarées comme la plage de la tension d'utilisation pour le microcycle considéré.

Très peu de batteries de traction actuellement disponibles ou en cours de développement peuvent accepter en continu des conditions extrêmes d'utilisation sans subir des dommages. Dans ces conditions extrêmes, le système de batterie est protégé par son système de gestion (Battery Management System ou BMS). Les essais suivants ont pour objet d'identifier les limites d'utilisation de la batterie imposées par le système de gestion de la batterie dans des conditions que le système de batterie ne pourrait accepter seul. Il s'agit de mettre en valeur les exigences

d'une interface précise et fiable entre ce système de gestion et le véhicule car, dans certains cas, quelques minutes d'utilisation extrême peuvent causer des dégâts permanents au système de batterie.

Il est acceptable d'utiliser une circulation d'air moyenne au-dessus de la batterie plutôt que de modifier la circulation selon la vitesse calculée du véhicule. Il est recommandé d'utiliser pour les essais un débit d'air constant correspondant à la vitesse moyenne de 30 km/h.

8.4.2 Détermination de l'énergie embarquée de la batterie

L'énergie embarquée de la batterie doit être mesurée par le cycle d'essai de référence décrit en 8.3. Le système de batterie doit être continuellement soumis à essai en répétant le profil du microcycle de référence à des niveaux de puissance convenus. L'essai doit être arrêté à la fin du microcycle, quand la batterie ne peut plus fournir la puissance exigée ou quand le système de gestion de la batterie l'impose. La raison de la fin de l'essai doit être motivée dans le rapport d'essais. Un enregistrement continu de la tension du système de batterie doit être effectué pendant l'essai. Les valeurs du cycle d'essais utilisées, le nombre total de microcycles, l'énergie totale fournie en Wh pendant les périodes de décharge et l'énergie remise pendant les périodes de freinage récupératif simulées doivent être enregistrés et déclarés. L'énergie embarquée de la batterie doit être déclarée comme le rendement net de l'énergie, c'est-à-dire la différence entre l'énergie fournie en Wh et l'énergie remise en Wh.

La fin de la décharge peut être décidée par le système de gestion de la batterie sur un nombre d'ampères-heures, une valeur de température, une tension ou tout autre paramètre assurant la longévité ou la sécurité de la batterie.

8.4.3 Energie embarquée de référence

Après le conditionnement initial d'une nouvelle batterie, l'essai de décharge de référence doit être répété, au total, 10 fois à raison d'un essai par jour afin d'établir la constance de la capacité mesurée. L'énergie nette fournie à chacun des 10 essais doit être enregistrée et l'énergie nette fournie lors de la dernière décharge doit être enregistrée et déclarée comme l'énergie embarquée de référence.

8.5 Essais de durée de vie

L'essai de décharge de référence doit être utilisé pour déterminer la durée de vie de la batterie. La batterie doit être déchargée jusqu'à ce que 80 % de son énergie embarquée soit utilisée ou jusqu'à la fin du microcycle, pour lequel 80 % de l'énergie est utilisée. La batterie doit ensuite être rechargée, le début de la charge commençant moins de 1 h après la fin de la décharge. Quand la recharge est complète, la décharge suivante doit débuter au maximum 1 h après la fin de la charge.

Le commencement de la décharge peut être retardé de façon à correspondre aux conditions de travail du laboratoire d'essais.

L'énergie embarquée de la batterie doit être vérifiée tous les 50 cycles en utilisant le profil de décharge de référence. Cela permet de mesurer le contenu de l'énergie embarquée ainsi que d'autres paramètres. Pendant cet essai, un enregistrement continu de la tension du système de batterie doit être effectué, pour que d'autres paramètres du système de batterie puissent être déterminés. De plus, le nombre total de microcycles, l'énergie totale fournie et remise à la batterie en Wh doivent être enregistrés et déclarés comme l'énergie embarquée à ce stade du programme d'essais de durée de vie.

Si nécessaire, le fabricant de batteries peut utiliser une procédure de conditionnement immédiatement après la fin de l'essai d'énergie embarquée de référence.

L'essai de durée de vie doit être terminé quand l'énergie fournie est en dessous de 80 % de l'énergie embarquée de référence. Le nombre de cycles d'essais de référence doit être enregistré et déclaré comme la durée de vie de la batterie.

Les intervalles entre les essais d'énergie embarquée peuvent être modifiés pour qu'une dizaine de ces essais soient effectués pendant la durée de vie anticipée de la batterie.

8.6 Détermination de la puissance maximale et de la résistance interne de la batterie

La puissance maximale disponible est définie, pour les besoins de la présente norme, comme la puissance à laquelle le courant fait diminuer la tension aux bornes au deux tiers de la valeur de la tension de circuit ouvert. Les valeurs de puissance maximale et de résistance de batterie doivent être calculées à partir des mesures de tension et courant réalisées tout au long de l'essai de l'énergie embarquée en enregistrant les valeurs de tension et courant à la fin des paliers 14 et 15 du Tableau 3 ou du Tableau 4. Pour les besoins de ce calcul, la résistance de décharge et la tension de circuit ouvert doivent être calculées en utilisant les différences de courant et de tension à ces paliers. La résistance de décharge doit être admise comme étant linéaire entre un courant nul et la puissance maximale.

La résistance de la batterie est donnée par:

$$R_{\text{batt}} = \frac{V_{14} - V_{15}}{I_{15} - I_{14}}$$

La tension de circuit ouvert est donnée par:

$$V_{\text{oc}} = V_{14} + I_{14} \times R_{\text{batt}}$$

Le courant nécessaire pour faire diminuer la tension à $2/3 V_{\text{oc}}$ est donné par:

$$I_{\text{pk}} = \frac{V_{\text{oc}}}{3R_{\text{batt}}}$$

et la puissance maximale par:

$$P_{\text{max}} = \frac{2V_{\text{oc}} \times I_{\text{pk}}}{3}$$

où

R_{batt} est la résistance de batterie calculée;

V_{oc} est la tension de circuit ouvert calculée de la batterie;

I_{pk} est le courant maximal calculé à la puissance maximale;

P_{max} est la puissance maximale calculée de la batterie.

La résistance calculée de la batterie, la tension de circuit ouvert calculée et la puissance maximale calculée de la batterie doivent être déclarées dans les résultats.

NOTE Ces importants paramètres de la batterie sont déterminés en fonction des exigences du véhicule. La détermination de la vraie puissance maximale peut trop solliciter abusivement certains composants de la batterie et n'est normalement pas nécessaire.

8.7 Essais de charge

8.7.1 Rendement de charge

8.7.1.1 Rendement de charge pendant l'utilisation normale

Le rendement de la charge doit être calculé en enregistrant l'énergie fournie et l'énergie remise à la batterie pendant chaque cycle de décharge/charge, ou pendant des cycles de décharge/-charge sélectionnés du programme d'essais de durée de vie. La mesure du rendement de

charge doit inclure les consommations associées à l'éventuelle utilisation de systèmes de gestion de la batterie. Cette mesure doit également inclure les consommations provenant des charges d'entretien ou d'égalisation nécessaires pendant le programme d'essais de durée de vie.

Le rendement de la batterie doit être calculé à partir de l'énergie fournie et de l'énergie remise à la batterie et doit être déclaré lors de chaque essai de capacité pendant le programme d'essais de durée de vie.

Le rendement de charge peut être également déterminé pour d'autres états de charge (par exemple 80 % de profondeur de décharge (DOD)). Cependant, des essais séparés seront nécessaires pour établir ces résultats.

Si nécessaire, le rendement du chargeur peut aussi être mesuré durant cet essai, bien que cette mesure ne soit pas du domaine d'application de la présente norme.

8.7.1.2 Charge rapide

Le système de batterie doit être déchargé jusqu'à la fin du microcycle à 60 % de l'énergie embarquée de référence (soit 40 % d'état de charge), puis rapidement rechargé jusqu'à 80 % d'état de charge selon les instructions du fabricant de la batterie. Le système de batterie doit être alors soumis au cycle d'essai de référence, afin de la décharger pleinement et l'efficacité de la procédure de charge rapide à réinjecter de l'énergie doit être évaluée. La méthode de charge rapide, l'énergie remise à la batterie pendant cette charge rapide et l'énergie disponible doivent être déclarées.

Les essais pour déterminer l'aptitude du système de batterie à accepter des charges rapides peuvent être réalisés sur des sous-systèmes du système de batterie complet. Le sous-système de batterie doit être préparé de la même manière que pour un système de batterie complet, et la valeur de leur énergie embarquée confirmée.

8.7.2 Essais de décharge partielle

Le système de batterie doit être déchargé jusqu'à la fin du microcycle représentant 20 % de la valeur de l'énergie embarquée (soit 80 % d'état de charge) et ensuite rechargé de façon normale. Cet essai doit être répété 20 fois à raison d'un cycle d'essai par jour. La batterie doit ensuite être soumise à un essai de capacité selon 8.4.3. La valeur de capacité obtenue doit être enregistrée et déclarée. L'essai de capacité peut être répété jusqu'à 5 fois de suite afin d'évaluer les effets de récupération de la capacité. Dans ce cas, la capacité mesurée doit être enregistrée et déclarée après chaque essai de capacité.

Cet essai peut être répété en utilisant un état de décharge de 50 %, si nécessaire.

Certains systèmes de batterie peuvent avoir régulièrement besoin d'un cycle de conditionnement à intervalles réguliers si des décharges partielles sont effectuées régulièrement. Dans ce cas, l'utilisation d'un cycle de conditionnement de la batterie doit être déclarée et ses détails doivent être enregistrés.

Les essais pour mesurer les effets de décharge partielle peuvent être réalisés sur des sous-systèmes du système de batterie complet.

8.7.3 Mesure de l'autodécharge

Le système de batterie doit être pleinement chargé de manière normale, puis mis au repos, déconnecté de toute source extérieure d'énergie pendant 30 jours, à température ambiante de référence (25 °C). A la fin de cette période, l'énergie doit être mesurée conformément à 8.4.2, et les résultats enregistrés. La perte d'énergie doit être déclarée comme étant la perte due à l'autodécharge pour cette période de repos.

Pour mesurer la perte permanente due à l'autodécharge, charger complètement le système de batterie après cet essai et procéder de nouveau à la décharge conformément à 8.4.2 à la température ambiante de référence. Ensuite, la perte d'énergie doit être déclarée.

Un dispositif externe peut s'avérer nécessaire au maintien de la batterie dans son état opérationnel. Dans ce cas, il convient d'inclure la consommation d'énergie dans le calcul de l'autodécharge.

Cet essai peut être effectué à d'autres périodes de repos et à d'autres températures ambiantes. Les valeurs préférentielles pour les autres durées sont deux jours et cinq jours. Les valeurs préférentielles pour d'autres températures ambiantes sont -20 °C et $+40\text{ °C}$. Si l'essai d'autodécharge doit être réalisé à d'autres températures, la capacité de la batterie à ces températures doit en premier lieu être établie en procédant aux essais décrits en 8.4.2 et 8.4.3, à ces températures ambiantes.

Les essais pour mesurer les caractéristiques de l'autodécharge du système de batterie peuvent être réalisés sur un sous-système du système de batterie complet. Dans ce cas, toute charge parasite affectant la batterie doit être simulée et ajustée pour qu'elle soit représentative de celle affectant un système de batterie complet.

8.8 Conditions extrêmes d'utilisation

8.8.1 Décharge continue à la puissance maximale délivrée par le véhicule

Il est possible d'utiliser le véhicule continuellement à haute puissance dans de nombreuses conditions. Il peut s'agir, par exemple, de la montée d'une longue côte et/ou d'un long remorquage d'un autre véhicule (ou les deux).

La batterie doit être pleinement chargée de façon normale, puis déchargée à la puissance maximale du véhicule, établie lors du cycle d'essais standard (voir 8.3.2). Le courant et la tension doivent être enregistrés continuellement. L'essai doit être arrêté lorsque l'une des limites imposées par le fabricant de la batterie est atteinte. Pendant l'essai, la durée pendant laquelle la puissance maximale peut être maintenue, ainsi que la courbe puissance/temps autorisée par le système de gestion de la batterie (si la décharge peut se poursuivre à puissance réduite) doit être enregistrée.

8.8.2 Recharge à puissance régénérative maximale en fonction de l'état de charge

L'utilisation normale d'un véhicule en ville ne permet pas le maintien d'une puissance régénérative de haut niveau. Cela n'est pas forcément le cas lorsque le véhicule est remorqué ou lorsqu'il est utilisé en dehors des villes. La pire condition est normalement quand on demande à une batterie d'accepter une puissance régénérative maximale alors qu'elle est pleinement chargée. Le système de gestion de batterie, s'il est présent, empêcherait une telle éventualité en signalant et imposant au système de conduite du véhicule une réduction de la puissance régénérative. Le fabricant du véhicule doit être informé des exigences de l'interface avant d'effectuer un tel essai.

Le cycle d'essai de référence doit être utilisé pour décharger la batterie à un niveau spécifique de décharge: 0 % (ou la valeur minimale admise par le système de gestion de la batterie), 25 %, 50 %, 75 % ou la valeur maximale admise par le système de gestion de la batterie. Le système de batterie doit alors être soumis à la puissance de freinage régénérative maximale de ce cycle d'essai de référence (voir 8.3.2) pendant 15 min. Le courant, la tension et la température doivent être enregistrés en continu. L'essai doit prendre fin lorsque les limites du véhicule ou que l'une des limites imposées par le fabricant de la batterie est atteinte.

Pendant l'essai, la durée pendant laquelle la puissance régénérative maximale peut être maintenue, ainsi que la courbe puissance/temps autorisée par le système de gestion de la batterie, si on permet à la décharge de continuer à une puissance réduite, doivent être enregistrées.

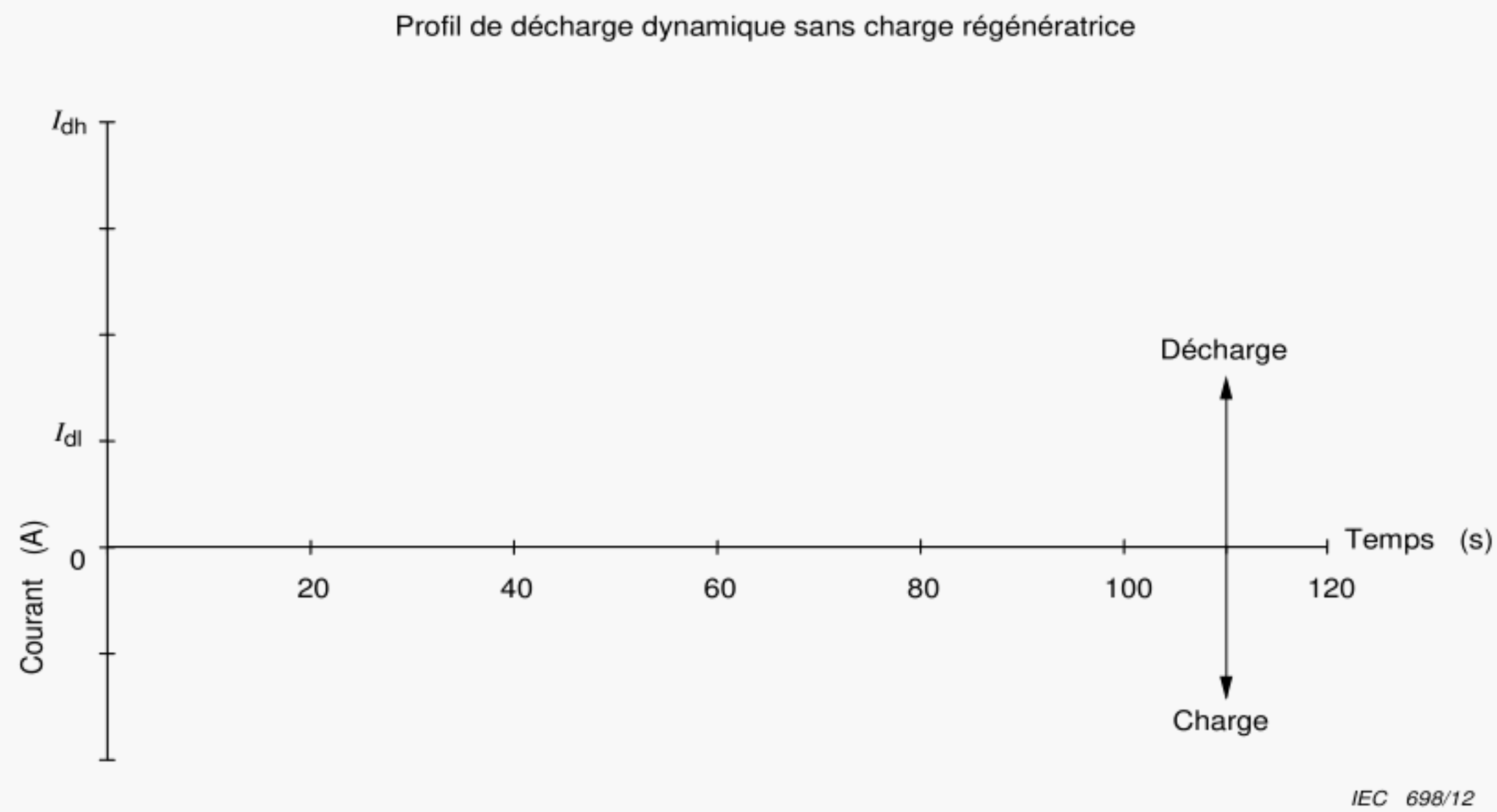


Figure 1 – Profil d'essai sans charge régénératrice

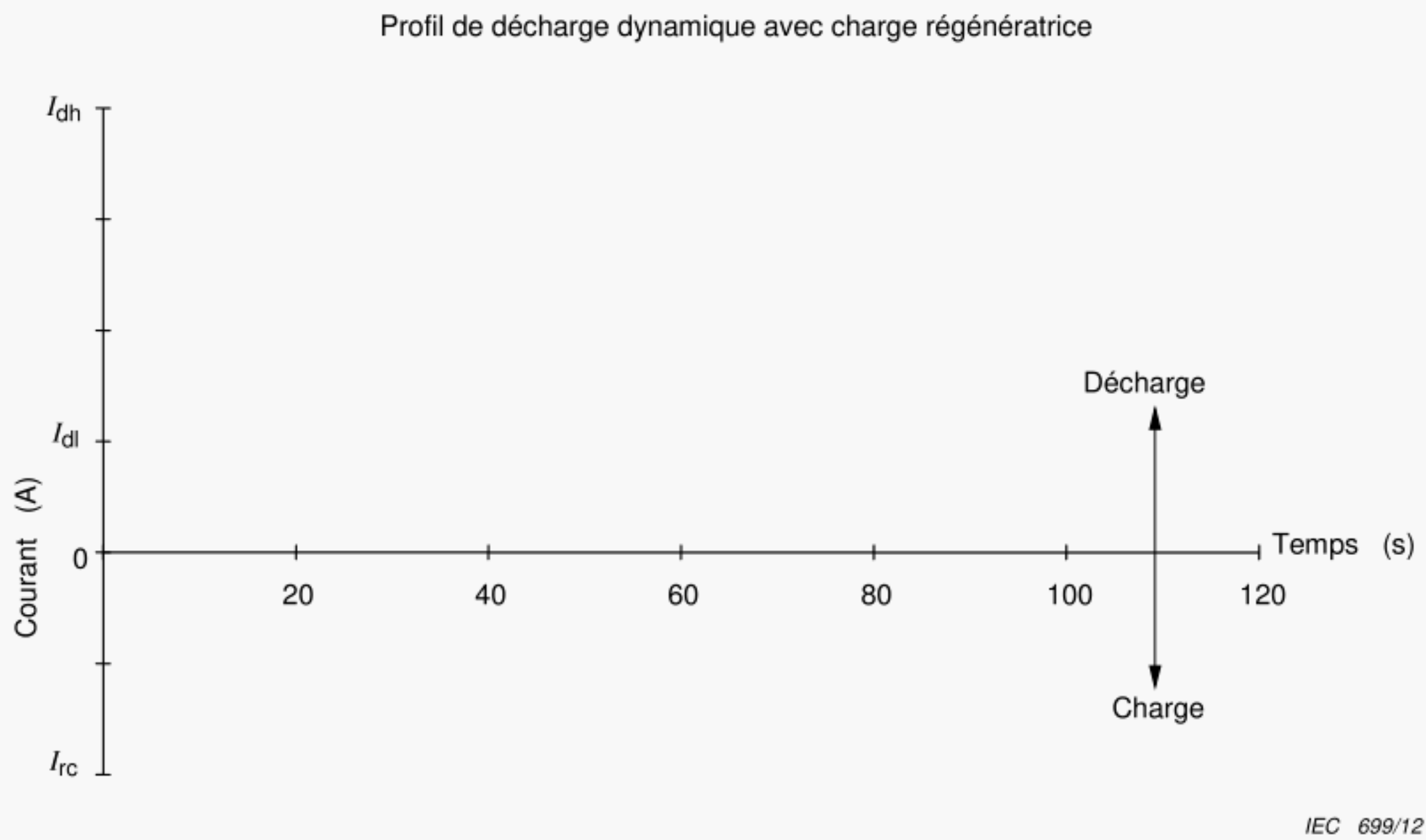


Figure 2 – Profil d'essai avec charge régénératrice

Tableau 1 – Liste des paramètres pour les conditions d'essai

Paramètre		Plomb	Ni/Cd	Ni/MH	Sodium ^a
Tension nominale	U_n (V)	2,0	1,2	1,2	2,6
Tension finale à la décharge I_3	U_3 (V)	1,68	1,0	1,0	2,2
Tension finale à la décharge I_5	U_5 (V)	1,7	1,0	1,0	2,2
Tension finale à la décharge I_1	U_1 (V)	1,6	1,0	1,0	1,7
Tension finale à la décharge $I_{0,5}$	$U_{0,5}$ (V)	1,5	0,9	0,9	
Température ambiante de référence d'essai	T (°C)	25	25	25	25
λ – correction de température	5 h	0,006	0	0	0
λ – correction de température	3 h	0,006 5	0	0	0
λ – correction de température	1 h	0,007	0	0	0
λ – correction de température	0,5 h	0,01 ^b	0	0	0
^a Les valeurs de tension à utiliser dans l'essai peuvent être définies par le fabricant.					
^b Voir la CEI 60254-1.					

Tableau 2 – Liste des paramètres de charge/décharge

Paramètre		Plomb	Ni/Cd	Ni/MH	Sodium ^a
Phase de décharge courant haut	I_{dh} (A)	$5,2 \times I_3$	$5,2 \times I_3$	$5,2 \times I_3$	$5,2 \times I_3$
Phase de décharge courant bas	I_{dl} (A)	$1,3 \times I_3$	$1,3 \times I_3$	$1,3 \times I_3$	$1,3 \times I_3$
Phase de charge régénératrice	I_{rc} (A)	$2,6 \times I_3$	$2,6 \times I_3$	$2,6 \times I_3$	$2,6 \times I_3$
^a Les valeurs de tension à utiliser dans l'essai peuvent être définies par le fabricant.					

Tableau 3 – Liste des valeurs DST pour un microcycle, dont la puissance maximale est 24 kW

Palier N°	Durée s	Puissance %	Puissance kW	Palier N°	Durée s	Puissance %	Puissance kW
1	16	0,0	0,0	11	12	–25,0	–6,0
2	28	–12,5	–3,0	12	8	+12,5	+3,0
3	12	–25,0	–6,0	13	16	0,0	0,0
4	8	+12,5	+3,0	14	36	–12,5	–3,0
5	16	0,0	0,0	15	8	–100,0	–24,0
6	24	–12,5	–3,0	16	24	–62,5	–14,7
7	12	–25,0	–6,0	17	8	+25,0	+6,0
8	8	+12,5	+3,0	18	32	–25,0	–6,0
9	16	0,0	0,0	19	8	+50,0	+12,0
10	24	–12,5	–3,0	20	44	0,0	0,0
Les valeurs citées pour les puissances régénératives sont celles requises pour satisfaire au profil de puissance DST. Afin d'éviter une surcharge dangereuse, la puissance réelle délivrée à la batterie peut être, dans certains cas, limitée par le système de gestion de la batterie.							

**Tableau 4 – Liste des valeurs DST pour un microcycle
pour un véhicule à performances élevées**

Palier N°	Durée s	Puissance kW	Palier N°	Durée s	Puissance kW
1	16	0,0	11	12	–6,0
2	28	–3,0	12	8	+3,0
3	12	–6,0	13	16	0,0
4	8	+3,0	14	36	–3,0
5	16	0,0	15	8	–100,0
6	24	–3,0	16	24	–14,7
7	12	–6,0	17	8	+6,0
8	8	+3,0	18	32	–6,0
9	16	0,0	19	8	+50,0
10	24	–3,0	20	44	0,0

Annexe A (normative)

Procédures d'essai des batteries Ni-MH utilisées pour la propulsion des véhicules électriques hybrides

A.1 Généralités

La présente Annexe décrit les procédures d'essai de performance et de durée de vie des batteries Ni/MH (éléments) utilisées pour la propulsion des véhicules électriques hybrides.

Dans cette annexe, les batteries Ni-MH sont des batteries au nickel-métal-hydrure étanches: il s'agit de batteries étanches utilisant de l'hydroxyde de nickel à l'électrode positive, un alliage de stockage d'hydrogène à l'électrode négative, et une solution aqueuse alcaline (hydroxyde de potassium comme électrolyte, par exemple). Les batteries étanches sont celles qui peuvent maintenir leur condition d'étanchéité et ne pas laisser échapper du gaz ou du liquide lorsqu'elles sont chargées ou déchargées électriquement dans la plage de température spécifiée par le fabricant. Ces batteries sont équipées d'un mécanisme de dégagement des gaz destiné à éviter toute pression interne dangereusement élevée.

A.2 Conditions générales d'essai

A.2.1 Température d'essai

Si cela n'a pas été par ailleurs défini, avant chaque essai l'élément ou la batterie doit être stabilisé à la température d'essai pendant une durée spécifiée au Tableau A.1.

Tableau A.1 – Température de la batterie et période de repos avant l'essai

Température de la batterie au début de l'essai °C	Période de repos avant le début de l'essai h
45	16 – 24
25	1 – 4
0	16 – 24
-20	16 – 24

A.2.2 Mesures de la température

La température de l'élément doit être mesurée à l'aide d'un dispositif de mesure de la température de surface pouvant fournir une définition d'échelle et une précision d'étalonnage équivalentes à celles de 4.1.1.1. Il convient de mesurer la température à un emplacement qui reflète au plus près la température de l'élément. La température peut être mesurée en d'autres emplacements appropriés, si nécessaire.

Des exemples de mesure de la température sont présentés à la Figure A.1. Les instructions de mesure de la température spécifiées par le fabricant doivent être respectées.

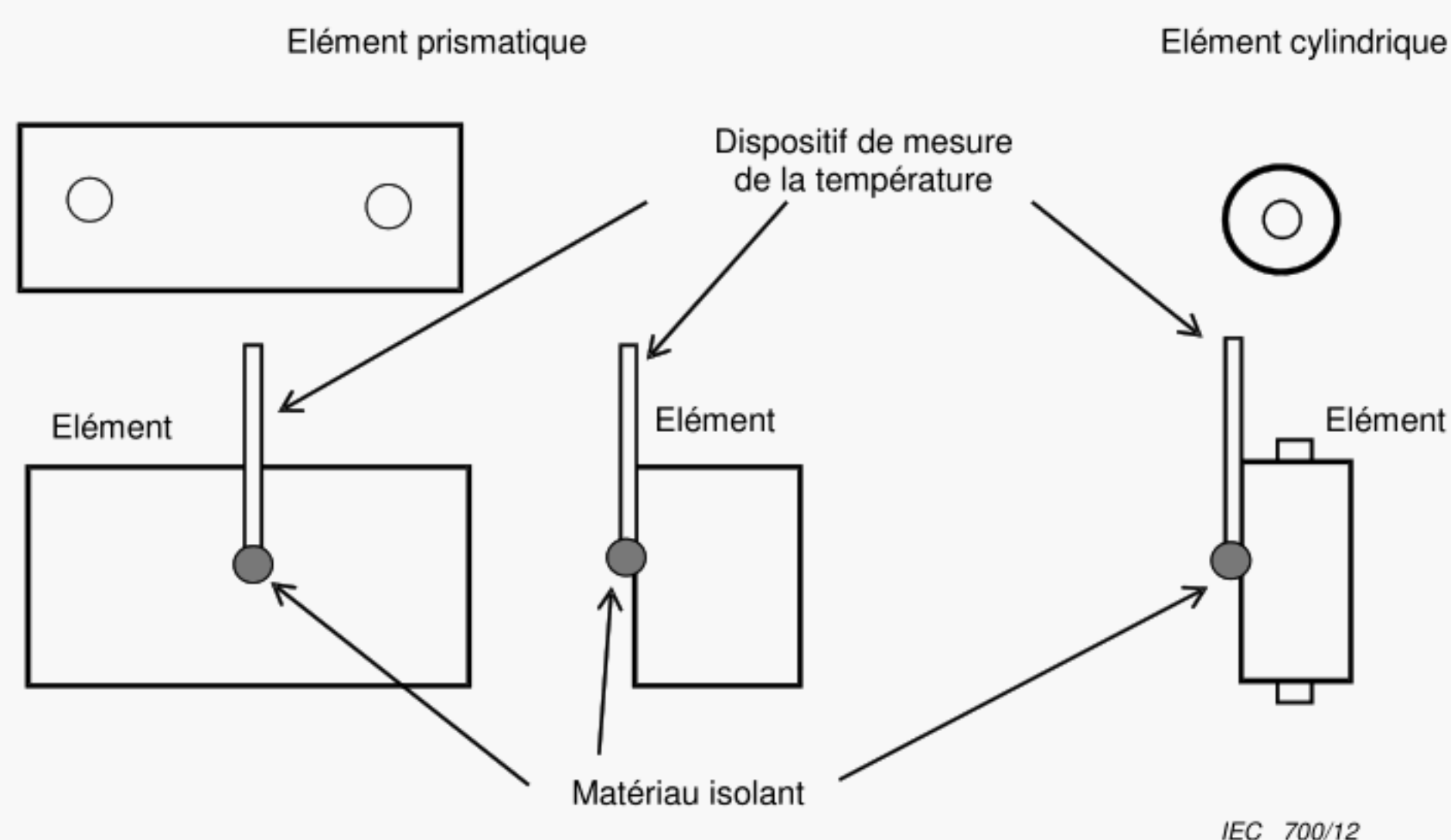
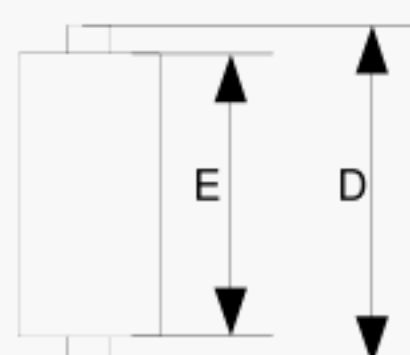


Figure A.1 – Exemple de mesure de la température de l'élément

A.2.3 Mesure des dimensions

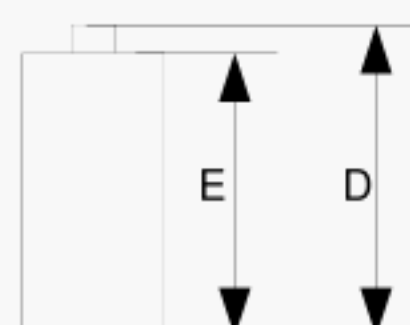
La dimension maximale de la largeur totale, épaisseur ou diamètre et longueur d'un élément doit être mesurée avec trois chiffres significatifs conformément aux tolérances de 4.1.4.

Des exemples de dimension maximale sont présentés aux Figures A.2a) à A.2d).



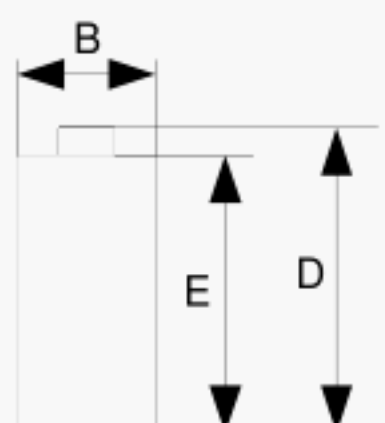
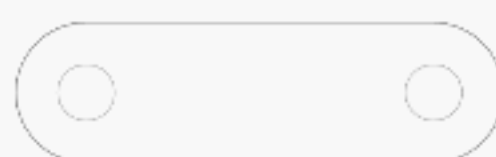
IEC 701/12

Figure A.2a) – Élément cylindrique (a)



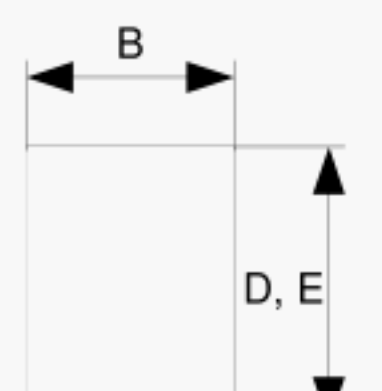
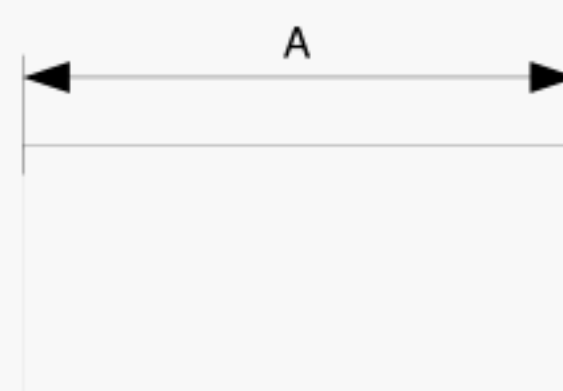
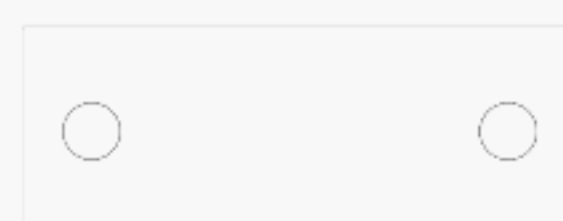
IEC 702/12

Figure A.2b) – Élément cylindrique (b)



IEC 703/12

Figure A.2c) – Élément prismatique (a)



IEC 704/12

Figure A.2d) – Élément prismatique (b)

Légende

- A est la largeur totale;
- B est l'épaisseur totale;
- C est le diamètre;
- D est la longueur totale (terminaux inclus);
- E est la longueur totale (terminaux exclus).

Figure A.2 – Exemples de dimension maximale d'élément

A.3 Mesure électrique

A.3.1 Généralités

Pendant chaque essai, la tension, le courant et la température doivent être enregistrés.

A.3.2 Conditions générales de charge

Sauf indication contraire dans la présente norme, et avant de procéder à l'essai de mesure électrique, l'élément doit être chargé comme suit.

Avant la charge, l'élément doit être déchargé à $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ à courant constant $1/3 I_t$ (A) jusqu'à une tension de fin de décharge spécifiée par le fabricant. Ensuite, l'élément doit être chargé selon la méthode déclarée par le fabricant à $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

A.3.3 Capacité

La capacité de l'élément doit être mesurée conformément à la procédure ci-dessous.

Etape 1 – L'élément doit être chargé conformément à A.3.2.

Après la recharge, la température de l'élément doit être stabilisée conformément à A.2.

Etape 2 – L'élément doit être déchargé à courant constant comme spécifié dans le Tableau A.2 et Tableau A.3 à -20 °C , 0 °C , 25 °C et 45 °C jusqu'à la tension de fin de décharge comme spécifié dans le Tableau A.4. La limite supérieure du courant de décharge doit être 200 A. La tension de fin de décharge est exprimée comme étant le produit de la tension de fin de décharge d'un élément par le nombre d'éléments.

Tableau A.2 – Courant de décharge à la température de batterie de 25 °C

Classification de la capacité assignée de la batterie Ah	Courant de décharge A			
Moins de 20	$1/3 I_t$	$1 I_t$	$5 I_t$	$10 I_t$
20 ou plus	$1/3 I_t$	$1 I_t$	$2 I_t$	$5 I_t$

Tableau A.3 – Courant de décharge aux températures de la batterie de -20 °C , 0 °C et 45 °C

Classification de capacité la assignée de la batterie Ah	Courant de décharge A	
Moins de 20	$1/3 I_t$	$5 I_t$
20 ou plus	$1/3 I_t$	$2 I_t$

Tableau A.4 – Tension de fin de décharge

	Température de la batterie $^{\circ}\text{C}$			
	45	25	0	-20
Courant de décharge (A)	Tension de fin de décharge V			
$1/3 I_t$	1,0	1,0	1,0	0,9
$1 I_t$	—	0,9	—	—
$2 I_t$	Tension spécifiée par le fabricant			
$5 I_t$				
$10 I_t$				

La méthode de désignation du courant d'essai I_t est définie dans la CEI 61434.

Etape 3 – Mesurer la durée de décharge jusqu'à ce que la tension de fin de décharge soit atteinte, puis calculer la capacité de l'élément exprimée en Ah avec trois chiffres significatifs.

A.3.4 Ajustement de l'état de charge

Les éléments d'essai doivent être chargés comme indiqué ci-dessous. L'ajustement de l'état de charge est la procédure à suivre pour préparer les éléments aux différents états de charge pour les essais de la présente Annexe.

Etape 1 – L'élément doit être chargé conformément à A.3.2.

Etape 2 – L'élément doit être maintenu à $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ conformément à A.2.1.

Etape 3 – L'élément doit être déchargé à courant constant $1/3\ I_t$ (A) à $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant $(100 - n)/100 \times 1\text{ h}$, où n est l'état de charge (%) à ajuster pour chaque essai.

A.4 Energie

A.4.1 Méthode d'essai

La densité d'énergie massique (Wh/kg) et la densité d'énergie volumique (Wh/l) des éléments à un courant de décharge de $1/3\ I_t$ (A) doivent être déterminées conformément à la procédure ci-dessous.

a) Mesure de la masse

La masse de l'élément doit être mesurée avec trois chiffres significatifs au maximum.

b) Mesure de la dimension

La dimension de l'élément doit être mesurée comme indiqué en A.2.3.

c) Mesure de la capacité

La capacité de l'élément doit être déterminée conformément à A.3.3.

d) Calcul de la tension moyenne

La valeur de la tension moyenne pendant la décharge dans l'essai de capacité ci-dessus doit être obtenue en intégrant la tension de décharge dans le temps et en divisant le résultat par la durée de décharge. La tension moyenne est calculée de manière simple par la méthode suivante: les tensions de décharge U_1, U_2, \dots, U_n sont notées toutes les 5 s à partir du début de la décharge, les tensions coupant la tension de fin de décharge en moins de 5 s étant ignorées. La tension moyenne U_{avr} est alors calculée de manière simplifiée par la Formule (A.1) à trois chiffres significatifs en arrondissant le résultat.

$$U_{avr} = \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_n}{n} \quad (\text{A.1})$$

NOTE Les valeurs fournies par les dispositifs de mesure peuvent être utilisées, si une précision suffisante peut être obtenue.

A.4.2 Calcul de la densité d'énergie

A.4.2.1 Densité d'énergie par unité de masse

La densité d'énergie massique doit être calculée à l'aide de la Formule (A.2) et de la Formule (A.3) avec trois chiffres significatifs, en arrondissant le résultat.

$$W_{ed} = C_d U_{avr} \quad (\text{A.2})$$

où

W_{ed} est l'énergie électrique de l'élément (Wh);

C_d est la capacité déchargée (Ah) à $1/3 I_t$ (A);

U_{avr} est la tension moyenne pendant la décharge (V).

$$\rho_{ed} = \frac{W_{ed}}{m} \quad (A.3)$$

où

ρ_{ed} est la densité d'énergie massique (Wh/kg);

W_{ed} est l'énergie électrique de l'élément (Wh);

m est la masse de l'élément (kg).

A.4.2.2 Densité d'énergie par unité de volume

La densité d'énergie volumique doit être calculée à l'aide de la Formule (A.4) avec trois chiffres significatifs, en arrondissant le résultat.

$$\rho_{evlmd} = \frac{W_{ed}}{V} \quad (A.4)$$

où

ρ_{evlmd} est la densité d'énergie volumétrique (Wh/l);

W_{ed} est l'énergie électrique de l'élément (Wh);

V est le volume de l'élément (l).

Le volume de l'élément prismatique doit être donné par le produit des hauteurs (hors terminaux), largeur et longueur totales de l'élément. Celle des éléments cylindriques doit être donnée par le produit de la section transversale cylindrique et de la longueur totale (hors terminaux).

A.5 Densité de puissance et densité de puissance régénérative

A.5.1 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé conformément à la procédure suivante.

a) Mesure de la masse

La masse de l'élément doit être mesurée avec trois chiffres significatifs au maximum.

b) Mesure de la dimension

La dimension de l'élément doit être mesurée comme indiqué en A.2.3.

c) Essai de caractéristique courant-tension

Les caractéristiques courant-tension doivent être déterminées en mesurant la tension à la fin de l'impulsion de 10 secondes, lorsqu'un courant constant est déchargé et chargé dans les conditions spécifiées ci-après.

- 1) L'état de charge doit être ajusté à 20 %, 50 % et 80 %, conformément à la procédure indiquée en A.3.4, et la température de l'élément au début de l'essai doit être de $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

Pour tester l'élément à $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, $0\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ et $-20\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, l'état de charge doit être ajusté à 50 % uniquement.

- 2) L'élément est chargé ou déchargé à chaque valeur de courant correspondant au niveau de capacité assignée respectif conformément au Tableau A.5 et au Tableau A.6, et la tension est mesurée à la fin de l'impulsion de 10 secondes. La limite supérieure de courant de charge et de décharge doit être de 200 A. La plage de courant de charge et de décharge doit être spécifiée par le fabricant, et l'intervalle de mesurage standard doit

être de 1 s. Si la tension après 10 s dépasse la limite inférieure de tension de décharge ou la limite supérieure de tension de charge, les données de mesure doivent être ignorées.

**Tableau A.5 – Courant de charge et de décharge
aux températures de la batterie 0 °C, 25 °C et 45 °C**

Classification de la capacité assignée de la batterie Ah	Courant de charge et de décharge A			
Moins de 20	$1/3 I_t$	$1 I_t$	$5 I_t$	$10 I_t$
20 ou plus	$1/3 I_t$	$1 I_t$	$2 I_t$	$5 I_t$

**Tableau A.6 – Courant de charge et de décharge
à la température de batterie de –20 °C**

Courant de charge et de décharge A		
$1/3 I_t$	$1 I_t$	$2 I_t$

- 3) Des interruptions de 10 min doivent être prévues. Toutefois, si la température de l'élément après 10 min ne se stabilise pas dans un intervalle de 2 K, il est autorisé de continuer à la refroidir ; comme alternative, la durée de l'interruption est étendue et la stabilisation dans un intervalle de 2 K est contrôlée. La procédure suivante de charge ou de décharge est alors exécutée.
- 4) L'essai est réalisé conformément au schéma présenté dans la Figure A.3.

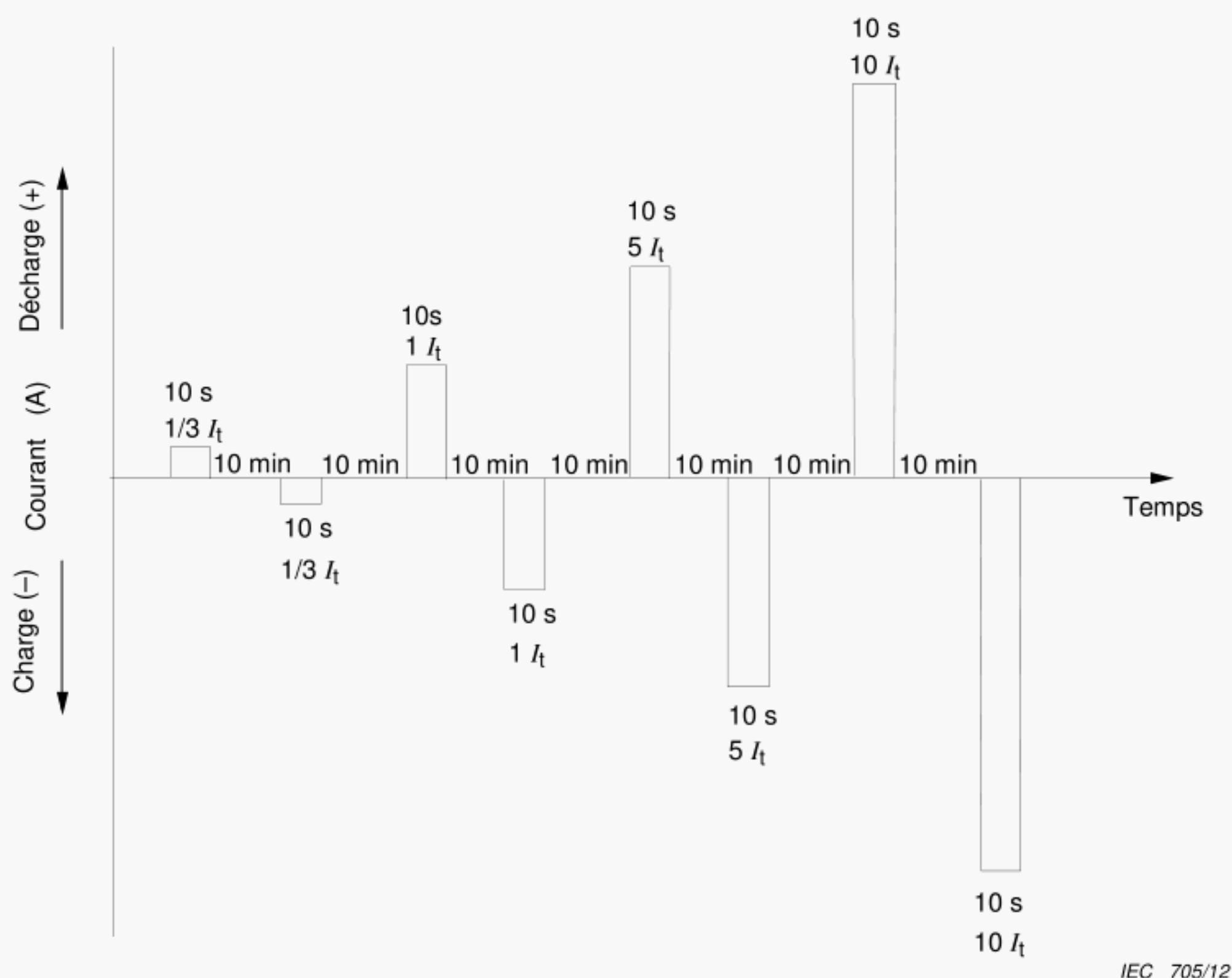


Figure A.3 – Ordre d’essai du test de la caractéristique courant-tension (exemple de batteries dont la capacité assignée est inférieure à 20 Ah)

A.5.2 Calcul de la densité de puissance

A.5.2.1 Courant de décharge

Lorsque la densité de puissance est calculée pour 20 %, 50 % et 80 % d’état de charge de la capacité assignée, le courant de décharge I_d , est obtenu comme indiqué à la Figure A.4, en utilisant les caractéristiques courant-tension obtenues en reportant la tension à la 10^{ème} s lors de la décharge à courant constant pendant le test de caractéristique courant-tension décrit en A.5.1. La caractéristique courant-tension est extrapolée par la méthode des moindres carrés, et la valeur du courant correspondant à la limite inférieure de tension de décharge est calculée à 3 chiffres significatifs. La valeur doit être présentée comme étant le courant de décharge I_d dans le calcul de densité de puissance.

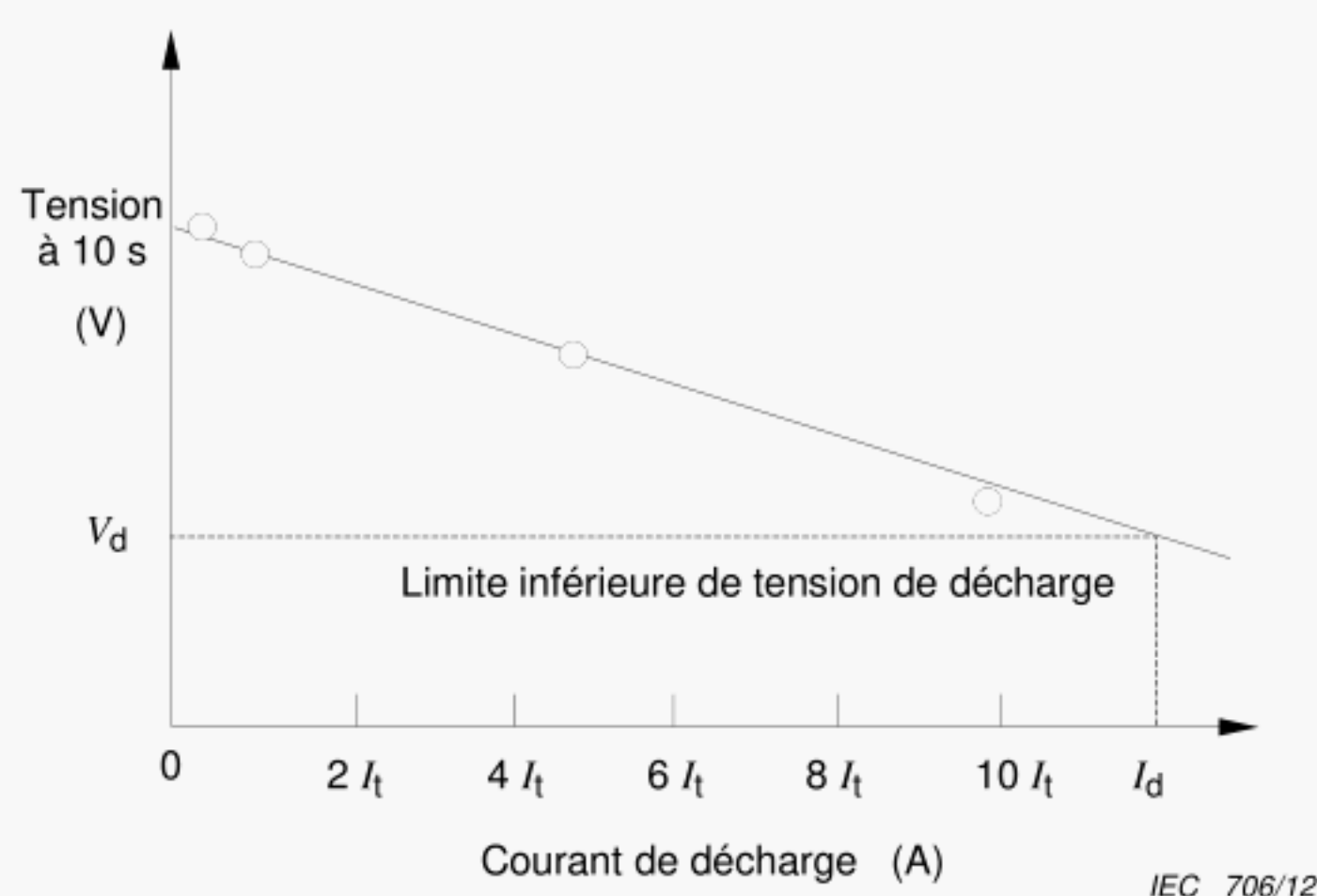


Figure A.4 – Méthode permettant d’obtenir le courant de décharge I_d lors du calcul de la densité de puissance

A.5.2.2 Puissance

La puissance doit être calculée conformément à la Formule (A.5) et arrondie à 3 chiffres significatifs.

$$W_d = V_d \times I_d \quad (\text{A.5})$$

où

W_d est la puissance (W);

V_d est la limite inférieure de tension de décharge (V);

I_d est le courant de décharge obtenu à partir du calcul de la densité de puissance (A).

A.5.2.3 Densité de puissance par unité de masse

La densité de puissance massique est calculée par la Formule (A.6) et arrondie à 3 chiffres significatifs.

$$P_d = \frac{W_d}{M} \quad (\text{A.6})$$

où

P_d est la densité de puissance (W/kg);

W_d est la puissance (W);

M est le poids de l’élément (kg).

A.5.2.4 Densité de puissance par unité de volume

La densité de puissance volumétrique doit être calculée par la Formule (A.7) et arrondie à 3 chiffres significatifs.

$$P_{dv} = \frac{W_d}{V_1} \quad (\text{A.7})$$

où

P_{dv} est la densité de puissance volumétrique (W/l);

W_d est la puissance (W);

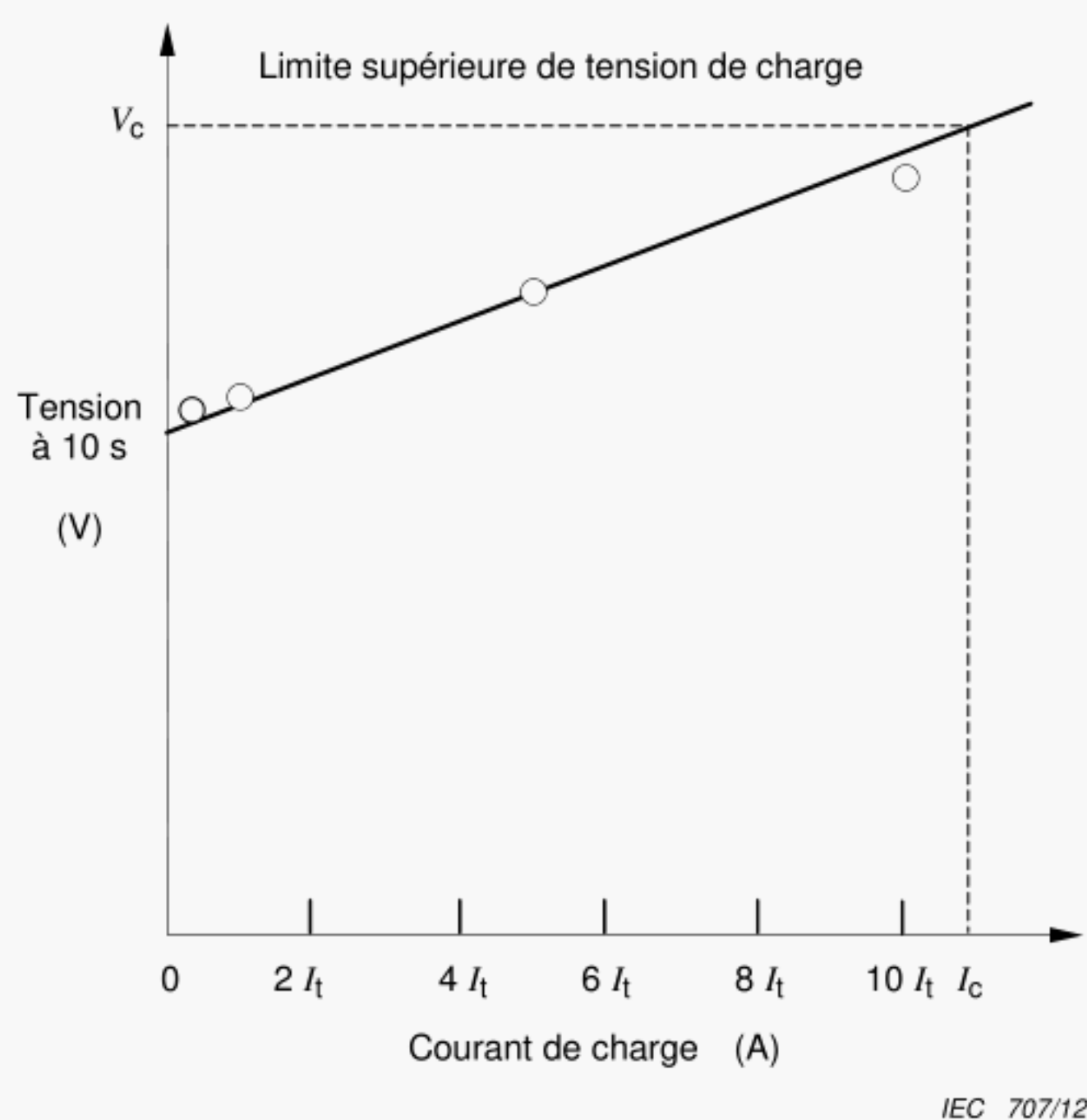
V_1 est le volume de l'élément (l).

Le volume de l'élément prismatique est donné par le produit de sa hauteur totale (hors terminaux), largeur et longueur. Celle d'un élément cylindrique est donnée par le produit de la section transversale du cylindre et de sa longueur totale (hors terminaux).

A.5.3 Calcul de la densité de puissance régénérative

A.5.3.1 Courant de charge

Lorsque la densité de puissance régénérative est calculée pour 20 %, 50 % et 80 % d'état de charge de la capacité assignée, le courant de charge I_d , est obtenu comme indiqué à la Figure A.5, en utilisant les caractéristiques courant-tension obtenues en positionnant la tension à la 10^{ème} s lors de la charge à courant constant pendant le test de caractéristique courant-tension décrit en A.5.1. La caractéristique courant-tension est extrapolée par la méthode des moindres carrés, et la valeur du courant correspondant à la limite supérieure de tension de charge est calculée à 3 chiffres significatifs au maximum. Cette valeur doit être présentée comme étant le courant de charge I_d dans le calcul de densité de puissance régénérative.



IEC 707/12

Figure A.5 – Méthode d'obtention du courant de charge I_c lors du calcul de la densité de puissance régénérative

A.5.3.2 Puissance régénérative

La puissance régénérative est calculée conformément à la Formule (A.8) et arrondie à trois chiffres significatifs.

$$W_c = V_c \times I_c \quad (\text{A.8})$$

où

W_c est la puissance régénérative (W);

V_c est la limite supérieure de tension de charge (V);

I_c est le courant de charge obtenu à partir du calcul de la densité de puissance régénérative (A).

A.5.3.3 Densité de puissance régénérative par unité de masse

La densité de puissance régénérative par unité de masse doit être calculée par la Formule (A.9) et arrondie à trois chiffres significatifs.

$$P_c = \frac{W_c}{M} \quad (\text{A.9})$$

où

P_c est la densité de puissance régénérative (W/kg);

W_c est la puissance régénérative (W);

M est le poids de l'élément (kg).

A.5.3.4 Densité de puissance régénérative par unité de volume

La densité de puissance régénérative volumétrique est calculée par la Formule (A.10) et arrondie à trois chiffres significatifs.

$$P_{cv} = \frac{W_c}{V_1} \quad (\text{A.10})$$

où

P_{cv} est la densité de puissance régénérative volumétrique (W/l);

W_c est la puissance régénérative (W);

V_1 est le volume de l'élément (l).

Le volume d'une batterie prismatique est donné par le produit de sa hauteur totale (hors terminaux), largeur et longueur et celle d'une batterie cylindrique est donnée par le produit de la section transversale du cylindre et de sa longueur totale (hors terminaux).

A.6 Résistance interne en courant continu

A.6.1 Méthode d'essai

Les caractéristiques courant-tension doivent être déterminées en mesurant la tension à la fin de l'impulsion de 10 secondes, lorsqu'un courant constant est déchargé et chargé conformément à A.5.1. L'état de charge doit être ajusté à 50 %, et la température de l'élément au début de l'essai doit être de $-20\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, $0\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ et $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

A.6.2 Calcul de la résistance interne

La caractéristique courant-tension générée par les valeurs individuelles du courant de charge et de décharge (A) et les tensions correspondantes est extrapolée à l'aide de la méthode des moindres carrés. La valeur absolue de la résistance interne R_d (à la sortie) est déterminée comme étant la pente de la ligne approximative générée par la méthode des moindres carrés de la Figure A.6. De plus, la valeur absolue de la résistance interne R_c (à l'entrée) est déterminée comme étant la pente de la ligne approximative générée par la méthode des moindres carrés de la Figure A.7. Le résultat est obtenu en arrondissant au troisième chiffre.

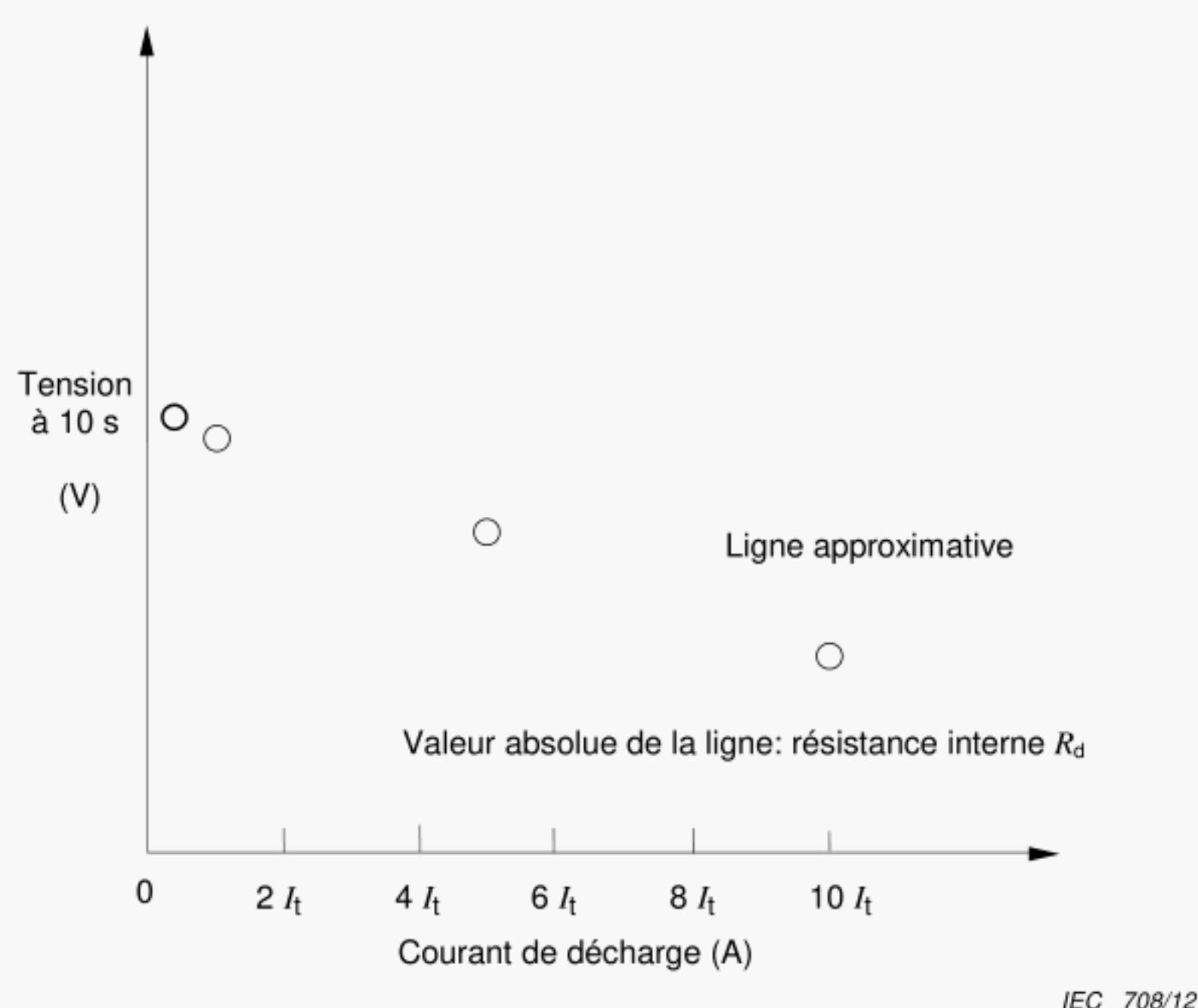


Figure A.6 – Méthode d'obtention de la résistance interne à la sortie

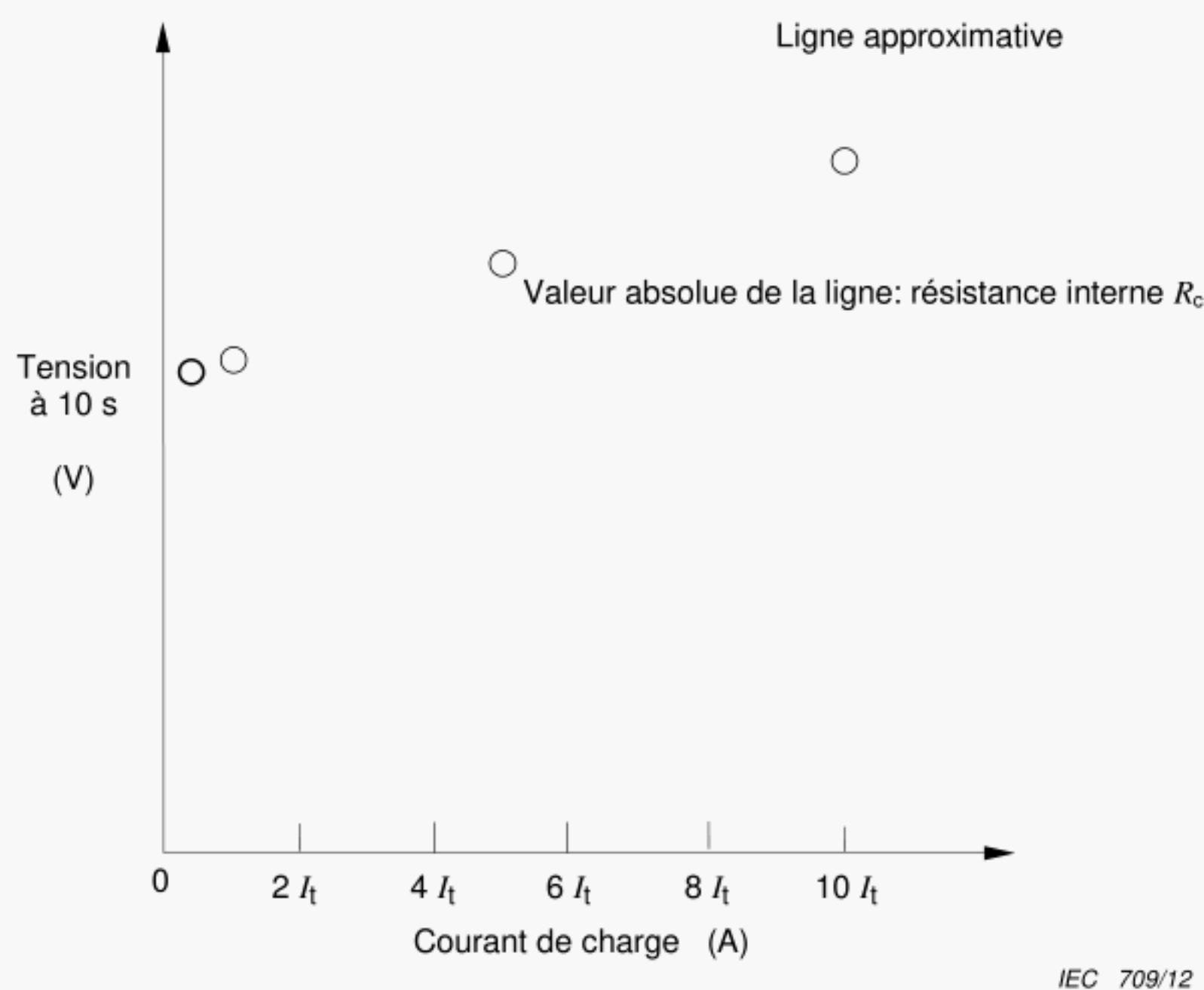


Figure A.7 – Méthode d'obtention de la résistance interne à l'entrée

A.7 Maintien de la charge

Les caractéristiques de maintien de la charge de l'élément à 50 % d'état de charge doivent être déterminées conformément à la procédure ci-dessous.

Etape 1 – L'élément doit être chargé conformément à A.3.2.

Etape 2 – L'élément doit être déchargé à 50 % d'état de charge conformément à la méthode spécifiée en A.3.4. Ensuite, l'élément doit être stabilisé à $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ conformément au Tableau A.1.

Etape 3 – Décharger l'élément jusqu'à la tension de fin de décharge, à un courant de décharge de $1/3 I_t$ (A) et à $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. Cette capacité de décharge est C_b .

Etape 4 – Répéter les étapes 1 et 2.

Etape 5 – L'élément doit être stocké pendant 28 jours à température ambiante $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. La batterie doit être maintenue à une température ambiante de $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ dans les 4 heures qui suivent l'ajustement de l'état de charge, et la température ambiante avant le début de la décharge dans les 24 heures, mais pas moins de 16 heures, doit être de $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

Etape 6 – Décharger l'élément à courant constant de $1/3 I_t$ à $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ jusqu'à la tension de fin de décharge, puis mesurer la capacité de l'élément. Cette capacité de décharge est C_r .

Le rapport de maintien de charge doit être calculé conformément à la Formule (A.11).

$$R = \frac{C_r}{C_b} \times 100 \quad (\text{A.11})$$

où

- R est le rapport de maintien de charge (%);
- C_r est la capacité de l'élément après le stockage (Ah);
- C_b est la capacité de l'élément avant le stockage (Ah).

A.8 Durée de vie

A.8.1 Généralités

Les performances de durée de vie de l'élément doivent être déterminées par les méthodes d'essai suivantes.

A.8.2 Mesure des performances initiales

Avant l'essai de cycle de charge et de décharge, mesurer la capacité et la puissance comme performances initiales de l'élément.

– Capacité

L'essai de capacité doit être réalisé deux fois conformément à A.3.3, et la quantité d'électricité de la deuxième décharge de l'élément doit être mesurée à $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

– Puissance

La puissance doit être mesurée conformément à A.5, à $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, 50 % d'état de charge.

A.8.3 Cycle de charge et de décharge

a) Température

La température ambiante doit être de $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. Au début du cycle de charge et de décharge, la température de l'élément doit être de $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

b) Ajustement de l'état de charge avant le cycle de charge et de décharge

Les éléments doivent être maintenus à une température de $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, et être ajustée à 50 % de l'état de charge dans un intervalle de 16 h à 24 h, conformément à A.3.4.

c) Cycle de charge et de décharge

Un seul cycle est déterminé comme étant la répétition du modèle de la Figure A.8 et du Tableau A.7 ou de la Figure A.9 et du Tableau A.8.

Le cycle doit être continuellement répété pendant 5 000 cycles. Ensuite, mesurer les performances de l'élément (voir A.8.3 d)).

Le cycle de charge et de décharge doit être réalisé par l'intermédiaire du profil donné par la Figure A.8 et le Tableau A.7 ou la Figure A.9 et le Tableau A.8. Lors de la correction de l'écart de l'état de charge pendant le cycle de charge et de décharge, le 42^{ème} pas de courant du profil indiqué dans le Tableau A.7 ou le Tableau A.8 peut être ajusté à $\pm 2 I_t$ (A) ou ± 200 W/kg.

Après un repos de 5 s au maximum à la fin de chaque cycle, l'élément doit être chargé et ajusté à 50 % d'état de charge à courant constant de $1/3 I_t$ (A).

L'essai doit être interrompu si la tension atteint la limite supérieure ou inférieure spécifiée par le fabricant pendant le cycle ou si le nombre total de cycles atteint 5 000 pendant l'essai de A.8.3 b) et c), outre la stipulation de A.8.3 e), les performances de l'élément devant être mesurées à ce stade (voir A.8.3 d)).

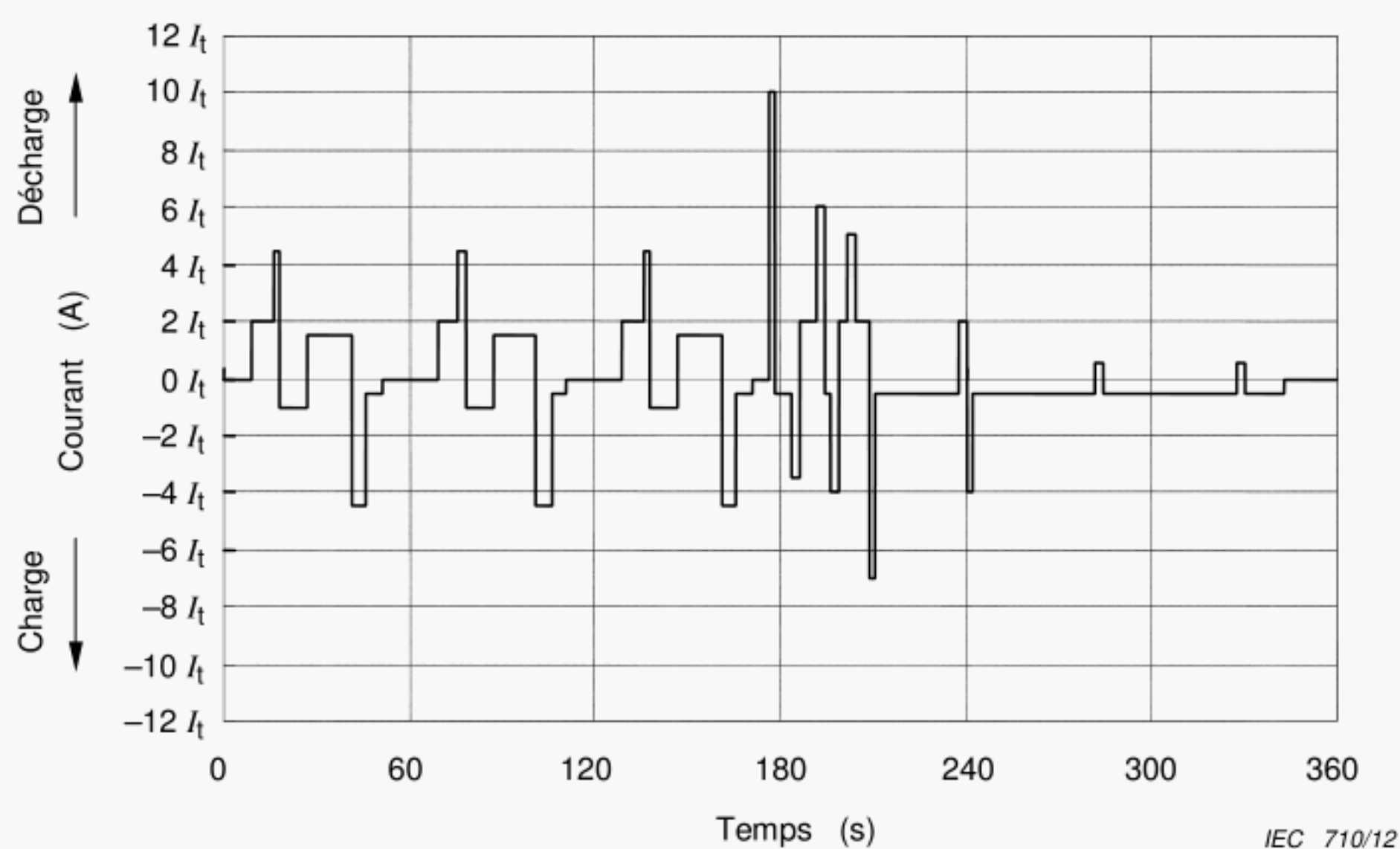


Figure A.8 – Profil du courant pour le cycle d'essai VEH

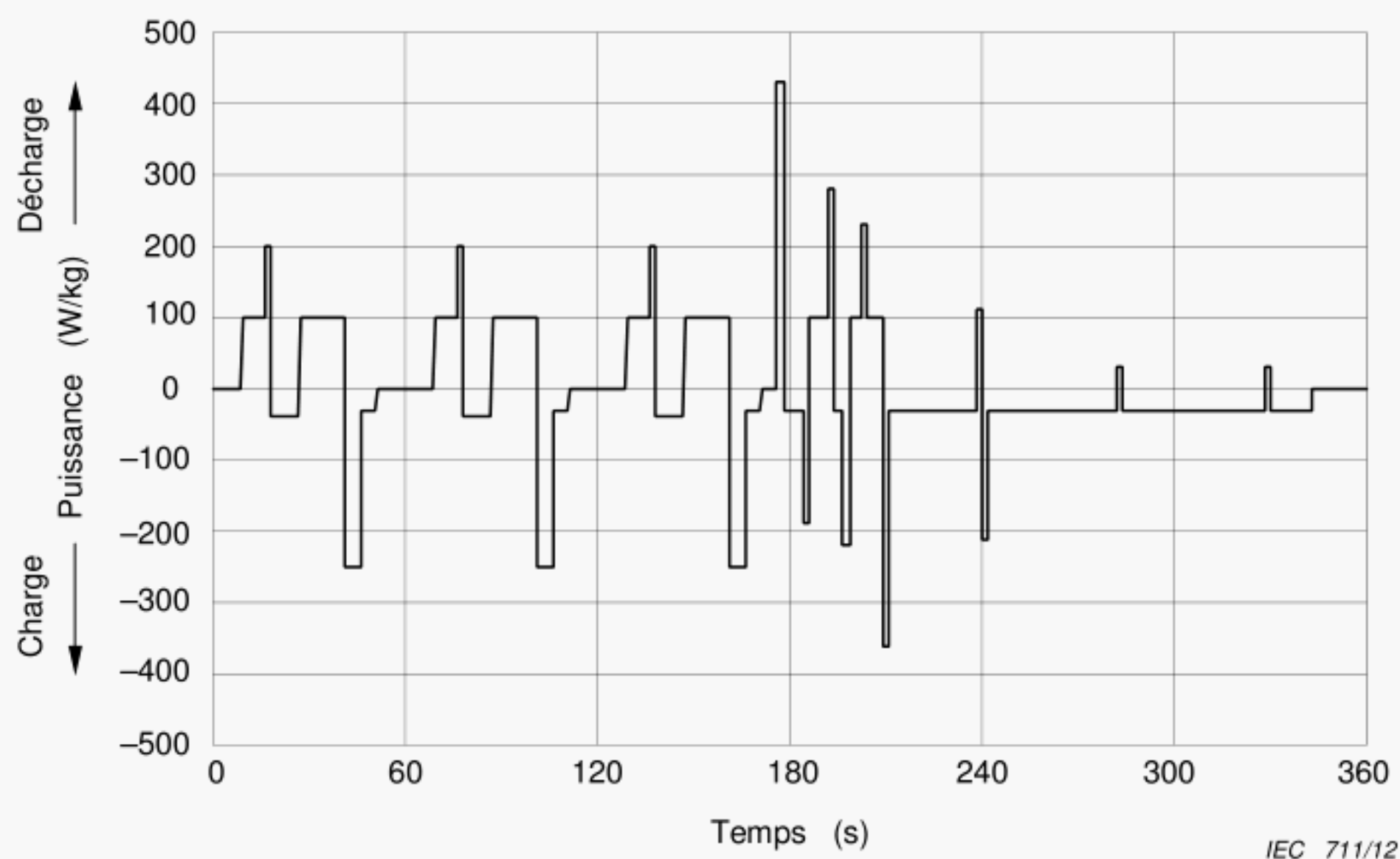


Figure A.9 – Profil de puissance pour le cycle d'essai VEH

Tableau A.7 – Profil du courant pour le cycle d'essai VEH

Nombre séquentiel	Durée s	Courant A	Nombre séquentiel	Durée s	Courant A
1	9	0,0 I_t	22	5	0,0 I_t
2	7	+2,0 I_t	23	2	+10,0 I_t
3	2	+4,5 I_t	24	6	−0,5 I_t
4	9	−1,0 I_t	25	2	−3,5 I_t
5	14	+1,5 I_t	26	6	+2,0 I_t
6	5	−4,5 I_t	27	2	+6,0 I_t
7	5	−0,5 I_t	28	2	−0,5 I_t
8	18	0,0 I_t	29	3	−4,0 I_t
9	7	+2,0 I_t	30	3	+2,0 I_t
10	2	+4,5 I_t	31	2	+5,0 I_t
11	9	−1,0 I_t	32	5	+2,0 I_t
12	14	+1,5 I_t	33	2	−7,0 I_t
13	5	−4,5 I_t	34	27	−0,5 I_t
14	5	−0,5 I_t	35	2	+2,0 I_t
15	18	0,0 I_t	36	2	−4,0 I_t
16	7	+2,0 I_t	37	40	−0,5 I_t
17	2	+4,5 I_t	38	2	+0,5 I_t
18	9	−1,0 I_t	39	44	−0,5 I_t
19	14	+1,5 I_t	40	2	+0,5 I_t
20	5	−4,5 I_t	41	13	−0,5 I_t
21	5	−0,5 I_t	42	17	0,0 I_t
NOTE La décharge est indiquée comme étant positive.					

Tableau A.8 – Profil de puissance pour le cycle d'essai VEH

Nombre séquentiel	Durée s	Puissance W/kg	Nombre séquentiel	Durée s	Puissance W/kg
1	9	0	22	5	0
2	7	+100	23	2	+430
3	2	+200	24	6	–30
4	9	–40	25	2	–190
5	14	+100	26	6	+100
6	5	–250	27	2	+280
7	5	–30	28	2	–30
8	18	0	29	3	–220
9	7	+100	30	3	+100
10	2	+200	31	2	+230
11	9	–40	32	5	+100
12	14	+100	33	2	–360
13	5	–250	34	27	–30
14	5	–30	35	2	+110
15	18	0	36	2	–210
16	7	+100	37	40	–30
17	2	+200	38	2	+30
18	9	–40	39	44	–30
19	14	+100	40	2	+30
20	5	–250	41	13	–30
21	5	–30	42	17	0
NOTE La décharge est indiquée comme étant positive.					

d) Mesure périodique des performances

A l'issu de chaque 5 000 cycles, les performances de l'élément doivent être mesurées comme spécifié en A.8.2. La durée de cycle cumulée pour chaque mesure de performance doit également être reportée.

e) Fin de l'essai

L'essai de durée de vie doit être terminé lorsque l'une des conditions suivantes est satisfaite.

Condition A – L'essai de A.8.3 c) est répété 6 fois.

Condition B – Lorsque l'une des performances mesurées en A.8.3 d) diminue à moins de 80 % de la valeur initiale.

Condition C – Lorsque la tension supérieure ou inférieure est atteinte pendant le cycle de charge et de décharge, et qu'un cycle n'est pas terminé malgré la reprise de l'essai après A.8.3 d).

La durée de vie de l'élément est le nombre total de cycles à la fin de l'essai. Cela n'inclut pas l'essai de performance mentionné en A.8.3 d).

Bibliographie

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

CEI 60254-1, *Batteries d'accumulateurs de traction au plomb – Partie 1: Exigences générales et méthodes d'essais*

CEI 60359, *Appareils de mesure électriques et électroniques – Expression des performances*

CEI 62660-1:2010, *Éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules routiers électriques – Partie 1: Essais de performance*

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

ISO 12405-1:2011, *Véhicules routiers à propulsion électrique – Spécifications d'essai pour packs et systèmes de batterie de traction aux ions lithium – Partie 1: Applications à haute puissance*

ISO 12405-2:2011, *Véhicules routiers à propulsion électrique – Spécifications d'essai pour des installations de batterie de traction aux ions lithium – Partie 2: Applications à haute énergie (à publier)*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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