

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61427

Première édition
First edition
1999-11

**Accumulateurs pour systèmes de conversion
photovoltaïque de l'énergie solaire –
Prescriptions générales et méthodes d'essais**

**Secondary cells and batteries
for solar photovoltaic energy systems –
General requirements and methods of test**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61427:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61427

Première édition
First edition
1999-11

**Accumulateurs pour systèmes de conversion
photovoltaïque de l'énergie solaire –
Prescriptions générales et méthodes d'essais**

**Secondary cells and batteries
for solar photovoltaic energy systems –
General requirements and methods of test**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives.....	6
3 Définitions.....	8
4 Conditions d'utilisation.....	8
4.1 Systèmes photovoltaïque	8
4.2 Accumulateurs	8
4.3 Conditions générales de fonctionnement	10
5 Capacité	16
6 L'endurance en cycles	16
7 Contrôle de la charge	18
8 Conservation de la charge	18
9 Rendement de la charge	18
10 Protection contre les décharges profondes	20
11 Résistance mécanique	20
12 Précision des instruments de mesure	20
13 Préparation des échantillons pour les essais	20
14 Essai de capacité	22
15 Endurance en cycles	22
15.1 Phase A: cyclage peu profond à un faible état de charge	22
15.2 Phase B: cyclage peu profond à un état de charge élevé	22
15.3 Fin de l'essai.....	22
15.4 Consommation d'eau des accumulateurs de type plomb ouvert.....	24
15.5 Prescription.....	24
16 Utilisation recommandée des essais.....	24
16.1 Essai de type	24
16.2 Essai de réception	24
17 Sécurité.....	24
18 Documentation.....	24
Tableau 1 – Valeurs limites pour les conditions de stockage des accumulateurs en application solaire.....	14
Tableau 2 – Valeurs limites pour les conditions de fonctionnement des accumulateurs en application solaire.....	14
Tableau 3 – Capacités typiques des accumulateurs en application solaire.....	16
Tableau 4 – Rendement des accumulateurs en Ah à différents états de charge à 20 °C et pour un cycle à moins de 20 % de la capacité assignée	18
Tableau 5 – Précision des instruments de mesure	20

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Definitions	9
4 Conditions of use	9
4.1 Photovoltaic system	9
4.2 Secondary cells and batteries	9
4.3 General operating conditions	11
5 Capacity	17
6 Endurance in cycles	17
7 Charge control	19
8 Charge retention	19
9 Charge efficiency	19
10 Over-discharge protection	21
11 Mechanical endurance	21
12 Accuracy of measuring instruments	21
13 Preparation and maintenance of test samples	21
14 Capacity test	23
15 Cycle endurance test	23
15.1 Phase A: shallow cycling at low state of charge	23
15.2 Phase B: shallow cycling at high state of charge	23
15.3 End of test condition	23
15.4 Water consumption of vented battery types	25
15.5 Requirements	25
16 Recommended use of tests	25
16.1 Type test	25
16.2 Acceptance test	25
17 Safety	25
18 Documentation	25
Table 1 – Limit values for storage conditions of batteries for solar applications	15
Table 2 – Limit values for operating conditions of batteries for solar applications	15
Table 3 – Typical capacity ratings of batteries in solar applications	17
Table 4 – Battery Ah-efficiency at different states of charge at 20 °C and a cycle depth of less than 20 % of the rated capacity	19
Table 5 – Accuracy of measuring instruments	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ACCUMULATEURS POUR SYSTÈMES DE CONVERSION PHOTOVOLTAÏQUE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE – PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES ET MÉTHODES D'ESSAIS

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61427 a été établie par le comité d'études 21 de la CEI: Accumulateurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
21/477/FDIS	21/484/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 3.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2004-12. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SECONDARY CELLS AND BATTERIES
FOR SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY SYSTEMS –
GENERAL REQUIREMENTS AND METHODS OF TEST**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61427 has been prepared by IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries.

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

FDIS	Report on voting
21/477/FDIS	21/484/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 3.

The committee has decided that this publication remains valid until 2004-12. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

ACCUMULATEURS POUR SYSTÈMES DE CONVERSION PHOTOVOLTAÏQUE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE – PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES ET MÉTHODES D'ESSAIS

1 Domaine d'application

La présente Norme Internationale donne des informations générales relatives aux prescriptions applicables aux accumulateurs utilisés dans les systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire (PV) et sur les méthodes d'essais spécifiques utilisées pour la vérification des performances de l'accumulateur.

Cette Norme Internationale ne contient pas d'informations spécifiques relatives aux dimensions des accumulateurs, aux méthodes de charge ou à la conception des systèmes photovoltaïques.

NOTE La présente norme s'applique aux accumulateurs au plomb et au nickel-cadmium. D'autres systèmes électrochimiques seront inclus dans cette norme dès leur apparition sur le marché.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(486), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 486: Eléments et batteries d'accumulateurs*

CEI 60051-2, *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires – Deuxième partie: Prescriptions particulières pour les ampèremètres et les voltmètres*

CEI 60359, *Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électriques et électroniques*

CEI 60485, *Voltmètres numériques et convertisseurs électroniques analogiques-numériques à courant continu*

CEI 60622, *Eléments individuels parallélépipédiques rechargeables étanches au nickel-cadmium*

CEI 60623, *Eléments individuels parallélépipédiques rechargeables ouverts au nickel-cadmium*

CEI 60721-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités*

CEI 60896-1, *Batteries stationnaires au plomb – Prescriptions générales et méthodes d'essai – Première partie: Batteries au plomb de type ouvert*

CEI 60896-2, *Batteries stationnaires au plomb – Prescriptions générales et méthodes d'essai – Partie 2: Batteries étanches à soupapes*

SECONDARY CELLS AND BATTERIES FOR SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY SYSTEMS – GENERAL REQUIREMENTS AND METHODS OF TEST

1 Scope

This International Standard gives general information relating to the requirements of the secondary batteries used in photovoltaic (PV) solar energy systems and to the typical methods of test used for the verification of battery performances.

This International Standard does not include specific information relating to battery sizing, method of charge or PV system design.

NOTE This standard is applicable to lead-acid and nickel-cadmium cells and batteries. It is intended to amend this standard to include other electrochemical systems when they become available.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEV 60050(486), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 486: Secondary cells and batteries*

IEC 60051-2, *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories – Part 2: Special requirements for ammeters and voltmeters*

IEC 60359, *Expression of the performance of electrical and electronic measuring equipment*

IEC 60485, *Digital electronic d.c. voltmeters and d.c. electronic analogue-to-digital converters*

IEC 60622, *Sealed nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*

IEC 60623, *Vented nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*

IEC 60721-1, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*

IEC 60896-1, *Stationary lead-acid batteries – General requirements and methods of test – Part 1: Vented types*

IEC 60896-2, *Stationary lead-acid batteries – General requirements and methods of test – Part 2: Valve-regulated types*

CEI 61056-1, *Éléments et batteries au plomb portatifs (Types à soupapes) – Partie 1: Prescriptions générales et caractéristiques fonctionnelles – Méthodes d'essai*

CEI/TR2 61836, *Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire – Termes et symboles*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions des termes applicables aux accumulateurs données dans la CEI 60050(486), les définitions des termes spécifiques aux systèmes des générateurs photovoltaïques données dans la CEI 61836, ainsi que les définitions suivantes, s'appliquent.

3.1

cycle opératoire

succession des conditions de fonctionnement auxquelles est soumis un accumulateur. Ceci inclut les facteurs tels que les régimes et conditions de charge et de décharge, la profondeur de décharge, les nombres et types de cycles, les températures et durée d'arrêt en circuit ouvert.

3.2

capacité du cycle opératoire (capacité en cyclage)

capacité requise d'un accumulateur pour répondre aux prescriptions du cycle opératoire

4 Conditions d'utilisation

Cet article précise les conditions de fonctionnement que subissent les accumulateurs pour applications solaires pendant leur utilisation normale. Une telle utilisation «normale» peut ne pas être traditionnellement associée à des accumulateurs.

4.1 Système photovoltaïque

Le système photovoltaïque avec accumulateurs dont traite cette norme peut fournir une puissance constante, variable ou intermittente à l'équipement connecté (charge). Ce système peut inclure les systèmes hybrides ou connectés en réseau. Il peut s'agir de pompes, de réfrigérateurs, de systèmes d'éclairage, de systèmes de communication, etc.

4.2 Accumulateurs

Les accumulateurs utilisés dans les systèmes photovoltaïques sont des types suivants:

- ouverts;
- étanches à soupapes;
- étanches scellés (nickel-cadmium seulement).

Les accumulateurs peuvent normalement être livrés dans les conditions suivantes:

- déchargés vides (accumulateurs au nickel-cadmium seulement);
- chargés remplis;
- chargés secs et vides (accumulateurs au plomb seulement);
- déchargés remplis (accumulateurs au nickel-cadmium seulement).

Le fournisseur d'accumulateurs doit donner des instructions pour la mise en service des accumulateurs.

IEC 60056-1, *Portable lead-acid cells and batteries (Valve-regulated types) – Part 1: General requirements, functional characteristics – Methods of test*

IEC/TR2 61836: *Solar photovoltaic energy systems – Terms and symbols*

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the definitions and terms applicable to secondary cells and batteries as given in IEC 60050(486), those for photovoltaic generator systems as given in IEC 61836 as well as the following definitions apply.

3.1

duty cycle

sequence of operating conditions to which a cell or battery is subjected. This includes factors such as charge and discharge rates and conditions, depth of discharge, numbers and types of cycles, temperatures and length of time in open circuit stand.

3.2

duty cycle capacity

capacity of a cell or battery required to meet the duty cycle requirements

4 Conditions of use

This clause specifies the operating conditions experienced by secondary batteries for solar applications during their normal use. Such "normal" use may not be traditionally associated with secondary cells and batteries.

4.1 Photovoltaic system

The photovoltaic system with batteries referred to in this standard can supply constant, variable or intermittent energy to the connected equipment (load). This system may include hybrid or grid-connected systems. The equipment may be pumps, refrigerators, lighting systems, communication systems, etc.

4.2 Secondary cells and batteries

Secondary cells and batteries used in photovoltaic systems are of the following types:

- vented (flooded);
- valve-regulated;
- gastight sealed (nickel-cadmium only).

The cells and batteries can normally be delivered in the following conditions:

- discharged and drained (nickel-cadmium batteries only);
- charged and filled ;
- dry charged and unfilled (lead-acid batteries only);
- discharged and filled (nickel-cadmium batteries only).

The battery supplier shall give instructions on how to put the batteries into service.

4.3 Conditions générales de fonctionnement

Les accumulateurs en système photovoltaïque typique, dans des conditions climatiques moyennes peuvent se trouver dans les situations détaillées ci-dessous.

4.3.1 Autonomie

L'accumulateur est conçu pour fournir de l'énergie dans des conditions spécifiques pendant des périodes allant de 3 jours à 15 jours sans ou avec un ensoleillement minimal. Certains systèmes sont capables de fournir de l'énergie pour des durées supérieures ou inférieures.

NOTE Lors du calcul de la capacité requise d'un accumulateur, il convient de prendre en considération les paramètres suivants par exemple:

- le cycle saisonnier/journalier requis (il peut y avoir des restrictions sur la profondeur de décharge maximale);
- le temps requis pour accéder au site;
- le vieillissement;
- l'influence de la température;
- l'augmentation future de la consommation en énergie.

4.3.2 Courants de charge et de décharge typiques

Courants de charge produits par le générateur PV:

- a) courant de charge maximal: $I_{20} = C_{20}/20 \text{ h};$
- b) courant de charge moyen: $I_{50} = C_{50}/50 \text{ h}.$

Courant de décharge déterminé par le circuit d'utilisation:

courant de décharge moyen: $I_{120} = C_{120}/120 \text{ h}.$

Selon la conception du système, par exemple pour les systèmes hybrides, le courant de charge et le courant de décharge peuvent varier de façon plus large.

4.3.3 Cycle journalier

L'accumulateur est normalement exposé à un cycle journalier avec:

- a) une charge pendant la journée;
- b) une décharge pendant la nuit.

Une décharge journalière typique peut entraîner une consommation de 2 % à 20 % de la capacité de l'accumulateur.

4.3.4 Cycle saisonnier

L'accumulateur peut être exposé à un cycle saisonnier de l'état de charge selon des conditions de charge moyenne variables comme suit:

- périodes de faible ensoleillement, par exemple pendant l'hiver, causant une faible production d'énergie. L'état de charge de l'accumulateur (capacité disponible) peut descendre à 20 % de la capacité assignée;
- périodes de fort ensoleillement, par exemple en été, ce qui ramènera pratiquement l'accumulateur à des conditions de charge complète. L'accumulateur peut être surchargé.

4.3 General operating conditions

Batteries in a typical PV system operating under average site weather conditions may be subjected to the following conditions, as described below.

4.3.1 Autonomy time

The battery is designed to supply energy under specified conditions for periods of time from 3 days to 15 days without or with minimum solar irradiation. Some systems can have significantly more or less than this time.

NOTE When calculating the required battery capacity, the following items should be considered, e.g.:

- required daily/seasonal cycle (there may be restrictions on the maximum depth of discharge);
- time required to access the site;
- ageing;
- temperature impact;
- future expansion of the load.

4.3.2 Typical charge and discharge currents

Charge currents generated by the PV generator:

- a) maximum charge current: $I_{20} = C_{20}/20 \text{ h}$;
- b) average charge current: $I_{50} = C_{50}/50 \text{ h}$.

Discharge current determined by the load:

average discharge current: $I_{120} = C_{120}/120 \text{ h}$.

Depending on the system design, e.g. for hybrid systems, the charge and the discharge current may vary in a wider range.

4.3.3 Daily cycle

The battery is normally exposed to a daily cycle with:

- a) charging during daylight hours;
- b) discharging during night-time hours.

A typical daily discharge can be in the range of 2 % to 20 % of the battery capacity.

4.3.4 Seasonal cycle

The battery may be exposed to a seasonal cycle of state of charge because of varying average-charging conditions as follows:

- periods with low solar irradiation, for instance during winter causing low energy production. The state of charge of the battery (available capacity) can go down to 20 % of the rated capacity;
- periods with high solar irradiation, e.g. in summer, which will bring the battery up to almost fully charged conditions. The battery can be overcharged.

4.3.5 Période d'état de charge élevé

En été par exemple, l'accumulateur fonctionnera à un état de charge élevé, habituellement entre 80 % et 100 % de la capacité assignée.

La tension maximale de l'accumulateur pendant la période de recharge est normalement limitée par un système régulateur de tension.

NOTE Dans un système «autorégulé», la tension de l'accumulateur n'est pas limitée par un contrôleur de charge mais par les caractéristiques du générateur photovoltaïque.

Le concepteur du système détermine normalement la tension optimale de l'accumulateur permettant de ramener aussi vite que possible l'accumulateur à un état voisin de la pleine charge pendant la période de charge tout en évitant une surcharge excessive. La surcharge augmente la production de gaz, ce qui conduit à une consommation d'eau dans les éléments ouverts. Dans les éléments au plomb étanches à soupapes, la surcharge provoque une augmentation de la production des émissions gazeuses et de la chaleur produite.

Habituellement, la tension maximale de l'élément est limitée à 2,4 V par élément pour les accumulateurs au plomb et à 1,55 V par élément pour les accumulateurs au nickel-cadmium. Certains régulateurs permettent à la tension de l'accumulateur de dépasser ces valeurs pendant une courte période en tant que «charge d'égalisation ou charge élevée». Si la température de fonctionnement s'éloigne de manière significative de 20 °C, il convient de compenser la température. Pour des valeurs spécifiques, il convient de consulter le fabricant.

L'espérance de vie prévue d'un accumulateur dans un système photovoltaïque, même régulièrement maintenu à un état de charge élevé, peut être considérablement inférieure à la durée de vie annoncée pour un accumulateur maintenu en charge en permanence.

4.3.6 Période de faible état de charge prolongé

Pendant les périodes de faible ensoleillement, l'énergie produite par le rayonnement solaire peut ne pas être suffisante pour recharger l'accumulateur. L'état de charge de l'accumulateur baisse alors et le cyclage se fait à un faible état de charge. Un faible ensoleillement sur le panneau solaire peut être le résultat d'une situation géographique donnée, associée à l'hiver, à des périodes d'enneigement et de pluies importantes, à une accumulation de poussières.

4.3.7 Stratification de l'électrolyte

La stratification de l'électrolyte peut survenir dans les accumulateurs au plomb. Dans les accumulateurs au plomb ouverts, la stratification de l'électrolyte peut être évitée grâce à un brassage de l'électrolyte ou à une surcharge périodique en cours d'utilisation et dans les accumulateurs étanches à soupapes, elle peut être évitée en les installant selon les instructions du fabricant.

4.3.8 Transport

Les accumulateurs sont souvent installés dans des sites inaccessibles, au sommet des montagnes ou dans des lieux désertiques, ceci étant deux exemples significatifs. Il arrive dans certains cas qu'aucune route praticable ne permette d'accéder à ces sites.

Les accumulateurs peuvent donc être soumis à des conditions de manutention rudes pendant leur transport jusqu'au site, ce qui n'est normalement pas le cas des installations d'accumulateurs traditionnelles. Il peut être nécessaire d'utiliser un emballage approprié pour protéger les accumulateurs pendant le transport.

4.3.5 Period of high state of charge

During summer for example, the battery will be operated at a high state of charge (SOC), typically between 80 % and 100 % of rated capacity.

A voltage regulator system normally limits the maximum battery voltage during the recharge period.

NOTE In a "self-regulated" PV system, the battery voltage is not limited by a charge controller but by the characteristics of the PV generator.

The system designer normally chooses the maximum battery voltage with regard to the conflicting requirements of "recover to a maximum state of charge (SOC)" as early as possible in the charging season but without substantially overcharging the battery. The overcharge increases the gas production resulting in water consumption in vented cells. In valve-regulated lead-acid cells, the overcharge will cause increased gas emission and heat generation.

Typically the maximum cell voltage is limited to 2,4 V per cell for lead-acid and 1,55 V per cell for nickel-cadmium batteries. Some regulators allow the battery voltage to exceed these values for a short period as an equalising or boost charge. Temperature compensation should be used if the operating temperature deviates significantly from 20 °C. The battery manufacturer should be consulted for specific values.

The expected life-time of a battery in a PV system even at regular high state of charge may be considerably less than the published life of the battery used under continuous float charge.

4.3.6 Period of sustained low state of charge

During periods of low solar irradiation, the energy produced by the solar array may not be sufficient to recharge the battery. The battery state of charge will then decrease and the cycling will take place at a low state of charge. The low solar irradiation on the solar array may be a result of the geographical location combined with the winter periods, heavy clouds, rains or accumulation of dust.

4.3.7 Electrolyte stratification

Electrolyte stratification may occur in lead-acid batteries. In vented lead-acid batteries, electrolyte stratification can be avoided by electrolyte agitation or periodic overcharge whilst in service and in VRLA batteries by operating them according to the manufacturer's instructions.

4.3.8 Transportation

Batteries are often operated in inaccessible sites, mountain tops and desert locations being two obvious examples and there may be no proper road access to the site.

Batteries may therefore be subjected to a degree of rough handling on their journey to the site not normally associated with traditional battery installations. Suitable packing to protect the batteries may be used during transportation.

4.3.9 Stockage

Il convient de toujours s'assurer que les recommandations de stockage des fabricants sont respectées. En l'absence d'information de la part des fabricants, on peut estimer que les conditions climatiques typiques correspondent au tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 – Valeurs limites pour les conditions de stockage des accumulateurs en application solaire

Type d'accumulateurs	Plage de température	Humidité	Période de stockage pour les accumulateurs	
			Avec électrolyte	Sans électrolyte
Plomb	–20 °C à +40 °C	<95 %	Jusqu'à 6 mois	1-2 ans (chargés secs)
Nickel-Cadmium	–40 °C à +50 °C	<95 %	Jusqu'à 6 mois	1-5 ans (vides)

Les accumulateurs chargés remplis nécessitent des recharges périodiques. Pour les fréquences et les méthodes de recharge, il convient de consulter le fabricant d'accumulateur.

Une perte de capacité peut provenir de l'exposition de l'accumulateur à une température et une humidité élevées pendant le stockage.

NOTE La température d'un accumulateur stocké dans un bac au soleil peut monter à 60 °C ou plus pendant la journée. Il convient d'éviter ceci en le mettant à l'ombre ou en le refroidissant.

4.3.10 Température de fonctionnement

Les variations de température auxquelles est soumis un accumulateur sur site pendant le fonctionnement est un facteur important dans le choix d'un accumulateur et de la durée de vie espérée. Voir la CEI 60721-1 pour les définitions des conditions climatiques.

Tableau 2 – Valeurs limites pour les conditions de fonctionnement des accumulateurs en application solaire

Type d'accumulateurs	Plage de température	Humidité
Plomb	–20 °C à +40 °C	<95 %
Nickel-Cadmium	–40 °C à +50 °C	<95 %

NOTE 1 Il convient de consulter le fabricant pour les températures hors de cette plage. Généralement l'espérance de vie d'un accumulateur au plomb est divisée par deux chaque fois que la température dépasse de 10 °C les températures de fonctionnement prescrites par le fabricant. La température a aussi une influence sur les accumulateurs au nickel-cadmium.

NOTE 2 Une température basse réduit les performances de décharge et la capacité des accumulateurs. Pour plus de détails, il convient de consulter le fabricant.

4.3.11 Protection physique

Dans le cas de conditions d'installation défavorables, il est nécessaire de protéger physiquement les accumulateurs par exemple contre les effets

- des températures irrégulières ou extrêmes,
- d'une exposition directe au rayonnement solaire (radiation UV),
- des poussières ou du sable dans l'air,
- des atmosphères explosives,
- d'une importante humidité ou d'une inondation,

4.3.9 Storage

Manufacturers' recommendations for storage should always be observed. In the absence of such information, typical climatic conditions may be assumed to be those shown in table 1.

Table 1 – Limit values for storage conditions of batteries for solar applications

Battery type	Temperature range	Humidity	Storage period for batteries	
			With electrolyte	Without electrolyte
Lead-Acid	–20 °C to +40 °C	<95 %	Up to 6 months	1-2 years (dry charged)
Nickel-Cadmium	–40 °C to +50 °C	<95 %	Up to 6 months	1-5 years (drained)

Filled and charged batteries require periodic recharging. The battery manufacturer should be consulted for intervals and methods of recharge.

A loss of capacity may result from exposure of a battery to high temperature and humidity during storage.

NOTE The temperature of a battery stored in a container in direct sunlight, can rise to 60 °C or more in daytime. Choice of a shaded location or cooling should avoid this risk.

4.3.10 Operating temperature

The temperature range during operation experienced by the battery at the site is an important factor for the battery selection and the expected lifetime. See IEC 60721-1 for definitions of climatic conditions.

Table 2 – Limit values for operating conditions of batteries for solar applications

Battery type	Temperature range	Humidity
Lead-Acid	–20 °C to +40 °C	<95 %
Nickel-Cadmium	–40 °C to +50 °C	<95 %

NOTE 1 The manufacturer should be consulted for temperatures outside this range. Typically the life expectancy for a lead-acid battery will halve for every 10 °C rise in temperature above the manufacturer's recommended operating temperature. Temperature will also have some effect on nickel-cadmium batteries.

NOTE 2 Low temperature will reduce the discharge performance and the capacity of the batteries. For details, the manufacturer should be consulted.

4.3.11 Physical protection

Physical protection shall be provided against consequences of adverse site conditions, for example, against the effects of

- uneven distribution and extremes of temperature,
- exposure to direct sun light (UV radiation),
- air-borne dust or sand,
- explosive atmospheres,
- high humidity and flood water,

- des tremblements de terre,
- des chocs et des vibrations (notamment pendant le transport).

5 Capacité

La principale caractéristique d'un accumulateur est sa capacité à stocker l'énergie électrique. Cette capacité de stockage s'exprime en ampères-heures (Ah) et elle varie avec les conditions d'utilisation (température de l'électrolyte, courant de décharge et tension finale).

Normalement, les fabricants d'accumulateurs au plomb et au nickel-cadmium indiquent une capacité nominale respectivement pour 10 h et 5 h de décharge. La capacité pour un temps de décharge en 240 h et 120 h doit être également précisée par le fabricant puisque ces temps sont communément utilisés dans les applications photovoltaïques.

Tableau 3 – Capacités typiques des accumulateurs en application solaire

Capacité Ah	Courant A	Temps de décharge h	Tension finale	
			Plomb Volts par élément	Nickel-Cadmium Volts par élément
C ₂₄₀	I ₂₄₀	240	1,90	1,00
C ₁₂₀	I ₁₂₀	120	1,85	1,00
C ₁₀	I ₁₀	10	1,80	1,00
C ₅	I ₅	5	1,75	1,00

6 L'endurance en cycles

L'endurance en cycles est l'aptitude de l'accumulateur à supporter des charges et des décharges répétées. Normalement, l'endurance en cycles est donnée pour des cycles avec une profondeur de décharge fixe et avec un accumulateur complètement chargé pour chaque cycle. Les accumulateurs sont normalement caractérisés par le nombre de cycles qu'ils peuvent effectuer avant que la capacité ne soit réduite à la valeur spécifiée dans la norme appropriée.

Les essais d'endurance en cycles sont spécifiés

- dans la CEI 60896-1 pour les batteries stationnaires au plomb (type ouvert),
- dans la CEI 60896-2 pour les batteries stationnaires au plomb (étanches à soupapes),
- dans la CEI 61056-1 pour les batteries au plomb portatives (types à soupapes)
- dans la CEI 60622 pour les éléments étanches au nickel-cadmium,
- dans la CEI 60623 pour les éléments ouverts au nickel-cadmium.

Dans les applications photovoltaïques, l'accumulateur est exposé à un grand nombre de cycles peu profonds mais à un état de charge variable. Les accumulateurs doivent alors être conformes aux exigences de l'essai décrit à l'article 15 qui est une simulation du fonctionnement en système photovoltaïque. Le fabricant doit spécifier le nombre de cycles que les accumulateurs peuvent tenir avant que la capacité ne soit réduite à 80 % de la capacité assignée au cours de l'essai décrit dans l'article 14.

- earthquakes,
- shock and vibration (particularly during transportation).

5 Capacity

The main feature of a secondary cell or battery is its ability to store electrical energy. This storage capacity is expressed in ampere-hours (Ah) and varies with the conditions of use (electrolyte temperature, discharge current and final voltage).

Normally manufacturers of lead-acid batteries and nickel-cadmium batteries publish the rated capacity for 10 h and 5 h discharge, respectively. The capacity for a 240 h and 120 h discharge time shall also be provided by the manufacturer as these times are commonly used in PV applications.

Table 3 – Typical capacity ratings of batteries in solar applications

Capacity	Current	Discharge period	Final voltage	
			Lead-Acid Volts per cell	Nickel-Cadmium Volts per cell
Ah	A	h		
C_{240}	I_{240}	240	1,90	1,00
C_{120}	I_{120}	120	1,85	1,00
C_{10}	I_{10}	10	1,80	1,00
C_5	I_5	5	1,75	1,00

6 Endurance in cycles

The cycle endurance is the ability of a battery to withstand repeated charging and discharging. Normally the cycle endurance is given for cycles with a fixed depth of discharge and with the battery fully charged in each cycle. The batteries are normally characterized by the number of cycles that can be achieved before the capacity has declined to the value specified in the relevant standard.

The established cycle tests are specified in

- IEC 60896-1 for stationary lead-acid batteries (vented types),
- IEC 60896-2 for stationary lead-acid batteries (valve-regulated types),
- IEC 61056-1 for portable lead-acid batteries (valve-regulated types),
- IEC 60622 for sealed nickel-cadmium batteries,
- IEC 60623 for vented nickel-cadmium batteries.

In photovoltaic applications the battery will be exposed to a large number of shallow cycles but at a varying state of charge. The cells or batteries shall therefore comply with the requirements of the test described in clause 15, which is a simulation of the PV system operation. The manufacturer shall specify the number of cycles the cells or batteries can achieve before the capacity has declined to 80 % of the rated capacity when tested in accordance with clause 14.

7 Contrôle de la charge

Une surcharge excessive n'accroît pas l'énergie stockée dans l'accumulateur. Au lieu de cela, la surcharge a une incidence sur la consommation d'eau dans les accumulateurs ouverts et en conséquence sur la fréquence de la maintenance. De plus, les accumulateurs étanches à soupapes peuvent «se dessécher», d'où une perte de capacité ou une surchauffe.

La surcharge peut être contrôlée en utilisant des contrôleurs de charge adéquats.

Les paramètres du régulateur doivent être déterminés en fonction de la conception du générateur photovoltaïque, de la charge, de la température et des valeurs limites de l'accumulateur conformément aux instructions du fabricant.

Les accumulateurs au plomb ou au nickel-cadmium ouverts doivent avoir suffisamment d'électrolyte pour couvrir au moins la période prévue entre chaque visite d'entretien. La surcharge dans les accumulateurs étanches à soupapes doit être soigneusement contrôlée afin d'atteindre la durée de vie optimale.

La consommation d'eau est mesurée pendant l'essai d'endurance en cycles (voir 15.5), et peut être utilisée avec les informations de conception des systèmes pour l'estimation de la fréquence d'entretien.

8 Conservation de la charge

La conservation de la charge est l'aptitude de l'accumulateur à conserver sa capacité pendant une période de «non-charge», c'est-à-dire quand il n'est pas connecté à un système, pendant le transport ou le stockage. Un accumulateur pour application solaire doit montrer une forte capacité à la conservation de la charge. La conservation de la charge doit être établie par le fabricant et doit satisfaire aux prescriptions de la norme correspondante relative à l'accumulateur.

NOTE La conservation de la charge peut influencer sur le temps de stockage et sur l'autonomie.

9 Rendement de la charge

Le rendement de la charge est le rapport de la quantité d'électricité débitée lors de la décharge d'un accumulateur à la quantité d'électricité nécessaire pour rétablir l'état de charge initial dans des conditions spécifiées (voir VET 486-03-09).

NOTE La quantité d'électricité est exprimée en ampères-heures (Ah).

Lorsqu'il n'y a pas de données disponibles du fabricant d'accumulateurs, les rendements indiqués dans le tableau 4 peuvent être pris comme base.

Tableau 4 – Rendement des accumulateurs en Ah à différents états de charge à 20 °C et pour un cycle à moins de 20 % de la capacité assignée

Etat de charge	Rendement accumulateurs au plomb	Rendement accumulateurs au nickel-cadmium
90 %	>85 %	>80 %
75 %	>90 %	>90 %
<50 %	>95 %	>95 %

7 Charge control

Excessive overcharge does not increase the energy stored in the battery. Instead, overcharge affects the water consumption in vented batteries and consequently the service interval. In addition, valve-regulated lead-acid batteries may dry out resulting in a loss of capacity or overheating.

Overcharge can be controlled by use of proper charge controllers.

The parameters of the regulator shall take into account the effects of the PV generator design, the load, the temperature and the limiting values for the battery as recommended by the manufacturer.

Vented lead-acid or nickel-cadmium batteries shall have sufficient electrolyte to cover at least the period between planned service visits. Overcharge in valve-regulated lead-acid batteries shall be carefully controlled to reach optimum lifetime.

The water consumption is measured during the cycle test (see 15.5) and can be used together with the system's design information to estimate the service intervals.

8 Charge retention

The charge retention is the ability of a battery to retain capacity during periods of no charge, i.e. when not connected to a system, during transportation or storage. A battery for solar application shall show a high capability of charge retention. The charge retention shall be stated by the manufacturer and shall meet the requirements of the relevant battery standard.

NOTE Charge retention may affect the permitted storage and autonomy time.

9 Charge efficiency

The charge efficiency is the ratio of the quantity of electricity delivered during the discharge of a cell or battery to the quantity of electricity necessary to restore the initial state of charge under specified conditions (see IEC 486-03-09).

NOTE The quantity of electricity is expressed in amperes-hours (Ah).

Where no data are available from the battery manufacturer, the following efficiencies as given in table 4 may be assumed.

Table 4 – Battery Ah-efficiency at different states of charge at 20 °C and a cycle depth of less than 20 % of the rated capacity

State of charge (SOC)	Efficiency lead-acid cells	Efficiency nickel-cadmium cells
90 %	>85 %	>80 %
75 %	>90 %	>90 %
<50 %	>95 %	>95 %

10 Protection contre les décharges profondes

Les accumulateurs au plomb doivent être protégés contre les décharges profondes, ceci pour éviter la perte de capacité due à une sulfatation irréversible. Ceci peut être réalisé grâce à une coupure à un seuil de tension bas, qui s'effectue lorsque la profondeur de décharge maximale prévue est dépassée (pour la tension finale, voir tableau 3).

Les accumulateurs au nickel-cadmium n'ont normalement pas besoin de ce type de protection.

11 Résistance mécanique

Les accumulateurs pour applications solaires doivent être conçus pour résister à des contraintes mécaniques pendant le transport et la manutention normale. Un emballage ou une protection supplémentaire peuvent être nécessaires pour des transports hors route.

Un soin particulier doit être pris lors de la manutention des accumulateurs non emballés. Les instructions des fabricants doivent être respectées.

En cas d'exigences spécifiques relatives à des agressions mécaniques telles que les tremblements de terre, chocs et vibrations, il convient de les étudier individuellement ou se référer à la norme correspondante relative à l'accumulateur.

12 Précision des instruments de mesure

Lors des essais sur les accumulateurs, les précisions des paramètres indiquées au tableau 5 doivent être respectées.

Tableau 5 - Précision des instruments de mesure

Paramètres	Précision
Tension	±1 %
Courant	±1 %
Température	±2 °C
Densité de l'électrolyte (accumulateurs ouverts seulement)	±0,005 kg/l
Temps	±0,1 %

La précision des instruments de mesure pendant les essais doit être conforme aux normes de la CEI appropriées:

- CEI 60051-2 et CEI 60485 pour la mesure des tensions;
- CEI 60051-2 et CEI 60359 pour la mesure des courants.

13 Préparation des échantillons pour les essais

Les échantillons pour les essais doivent être préparés selon les procédures suivantes:

- dans la CEI 60896-1 pour les batteries stationnaires au plomb (type ouvert);
- dans la CEI 60896-2 pour les batteries stationnaires au plomb (étanches à soupapes);
- dans la CEI 61056-1 pour les batteries au plomb portatives (types à soupapes);
- dans la CEI 60622 pour les éléments étanches au nickel-cadmium;
- dans la CEI 60623 pour les éléments ouverts au nickel-cadmium.

10 Over-discharge protection

Lead-acid batteries shall be protected against over-discharge to avoid capacity loss due to irreversible sulphation. This can be achieved by a low voltage disconnect that operates when the design maximum depth of discharge is exceeded (for final voltages, see table 3).

Nickel-cadmium batteries do not normally require this type of protection.

11 Mechanical endurance

Batteries for solar application shall be designed to withstand mechanical stresses during normal transportation and handling. Additional packing or protection may be required for off-road conditions.

Particular care shall be taken while handling unpacked batteries. Manufacturer instructions shall be observed.

In case of specific requirements regarding mechanical stresses, such as earthquakes, shock and vibration, these should be individually specified or referred to the relevant product standard.

12 Accuracy of measuring instruments

When testing batteries, the parameters and accuracy values given in table 5, shall apply

Table 5 - Accuracy of measuring instruments

Parameters	Accuracy
Voltage	±1 %
Current	±1 %
Temperature	±2 °C
Electrolyte density (vented batteries only)	±0,005 kg/l
Time	±0,1 %

The accuracy of the measuring instruments when conducting tests shall be in compliance with the relevant IEC standard:

- IEC 60051-2 and 60485 for voltage measurements;
- IEC 60051-2 and 60359 for current measurements.

13 Preparation and maintenance of test samples

Test samples shall be prepared in accordance with the following established procedures in the following standards:

- IEC 60896-1 for stationary lead-acid batteries (vented types);
- IEC 60896-2 for stationary lead-acid batteries (valve-regulated types);
- IEC 61056-1 for portable lead-acid batteries (valve-regulated types);
- IEC 60622 for sealed nickel-cadmium batteries;
- IEC 60623 for vented nickel-cadmium batteries.

Les échantillons pour les essais doivent être préparés selon les instructions du fabricant. Il peut aussi être nécessaire d'inclure dans les essais des conditions particulières affectant le fonctionnement de l'accumulateur sur site.

14 Essai de capacité

Les échantillons pour les essais doivent être préparés en conformité avec les normes applicables indiquées à l'article 13. Les essais de vérification de la capacité doivent être réalisés à deux régimes de décharge différents, soit en 120 h, soit en 5 h ou en 10 h. L'essai de décharge doit être réalisé selon les articles appropriés des normes CEI indiquées à l'article 13. La capacité de chaque élément ou monobloc de l'accumulateur ne doit pas être inférieure à la valeur indiquée par le fabricant.

15 Endurance en cycles

L'essai d'endurance en cycles est une simulation accélérée du fonctionnement de l'accumulateur en système solaire photovoltaïque et doit être effectué en soumettant les accumulateurs à un essai en deux parties, conformément aux indications données suivantes:

Les échantillons pour les essais doivent être préparés en conformité avec les normes en vigueur indiquées à l'article 13 et doivent satisfaire à l'essai de capacité de l'article 14.

Commencer l'essai avec un accumulateur pleinement chargé. Amener l'accumulateur à une température de $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ et la stabiliser pendant 16 h. Maintenir l'accumulateur à $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ pendant toute la durée de l'essai.

15.1 Phase A: cyclage peu profond à un faible état de charge

- Décharger l'accumulateur avec un courant I_{10} A pendant 9 h.
Pour des raisons de sécurité, achever la décharge lorsque la tension finale de 1,5 V est atteinte pour les accumulateurs au plomb et de 0,8 V pour les accumulateurs au nickel-cadmium.
- Recharger avec un courant égal à $1,03 I_{10}$ A pendant 3 h.
- Décharger avec un courant égal à I_{10} A pendant 3 h.
- Répéter les étapes b) et c) 49 fois. Recharger complètement l'accumulateur.

15.2 Phase B: cyclage peu profond à un état de charge élevé

- Décharger l'accumulateur avec un courant $1,25 I_{10}$ A pendant 2 h.
- Recharger avec un courant I_{10} A pendant 6 h jusqu'à la tension maximale de 2,40 V par élément pour les accumulateurs au plomb ou de 1,55 V par élément pour les accumulateurs au nickel-cadmium, sauf indication contraire du fabricant.
- Répéter les étapes a) et b) 100 fois.
- Mesurer la capacité en déchargeant l'accumulateur à $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ au courant $I = I_{10}$ A jusqu'à une tension de fin de décharge de 1,8 V par élément pour les accumulateurs au plomb et de 1,00 V par élément pour les accumulateurs au nickel-cadmium.

Capacité mesurée: $C_{act} = I_{10}t$ (Ah)

15.3 Fin de l'essai

- Répéter les cycles des phases A et B et terminer l'essai quand la capacité réelle déterminée à $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ est inférieure à 80 % de la capacité nominale C_{10} .
- Les valeurs de C_{act} mesurées en 15.2 d) doivent être enregistrées et reportées sur un graphique tous les 150 cycles. Une phase A plus une phase B représentent 150 cycles.

The test sample shall be set up in accordance with the manufacturer's instructions. Any special conditions affecting the operation of the battery on site may also need to be included in the test.

14 Capacity test

Test samples shall be set up in accordance with the applicable standards in clause 13. Tests to verify the capacity shall be performed at two discharge rates, the 120 h rate and either the 5 h or 10 h rate. The discharge test shall be performed according to the relevant clauses in the IEC standards listed in clause 13. The capacity of each cell or monobloc battery shall not be less than the value provided by the manufacturer.

15 Cycle endurance test

The cycle endurance test is an accelerated simulation of the battery operation in a photovoltaic solar system and shall be conducted by submitting the cells or batteries to a two-part test as follows:

Test samples shall be set up in accordance with the applicable standards in clause 13 and shall have passed the capacity test in clause 14.

Start the test with the battery fully charged. Bring the battery to a temperature of $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ and stabilize for 16 h. Maintain the battery at $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ throughout the test.

15.1 Phase A: shallow cycling at low state of charge

- a) Discharge the battery with a current of I_{10} A for 9 h.

Terminate the discharge for safety reasons when a final voltage of 1,5 V for lead-acid and 0,8 V for nickel-cadmium is achieved.

- b) Recharge with a current of $1,03\ I_{10}$ A for 3 h.
- c) Discharge with a current of I_{10} A for 3 h.
- d) Repeat steps b) and c) 49 times. Recharge the battery to the fully charged condition.

15.2 Phase B: shallow cycling at high state of charge

- a) Discharge the battery for 2 h at a current of $I = 1,25\ I_{10}$ A.
- b) Recharge for 6 h at a current of $I = I_{10}$ A and a maximum voltage of 2,40 V per cell for lead-acid batteries and 1,55 V per cell for nickel-cadmium batteries unless otherwise specified by the manufacturer.
- c) Repeat steps a) and b) 100 times.
- d) Measure the capacity by discharging the battery at $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ at a current of $I = I_{10}$ A to a final voltage of 1,80 V per cell for lead-acid batteries and 1,00 V per cell for nickel-cadmium batteries.

Measured capacity: $C_{\text{act}} = I_{10}t$ (Ah)

15.3 End of test condition

- a) Repeat phase A and phase B cycles and terminate the test when the actual capacity determined at $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ is less than 80 % of the rated capacity C_{10} .
- b) The values of C_{act} measured in 15.2 d) shall be recorded and plotted against the number of cycles in 150 cycle increments. One phase A plus one phase B shall be counted as 150 cycles.

15.4 Consommation d'eau des accumulateurs de type plomb ouvert

Pendant l'essai d'endurance en cycles, les éléments doivent être remis à niveau avec de l'eau. La quantité d'eau ajoutée doit être mesurée et enregistrée.

15.5 Prescription

Le nombre de cycles obtenu en fin d'essai ne doit pas être inférieur à celui indiqué par le fabricant.

16 Utilisation recommandée des essais

16.1 Essai de type

L'essai de capacité, l'essai d'endurance en cycles et l'essai mécanique sont des essais de type. Six éléments ou six accumulateurs au minimum doivent être soumis à l'essai de capacité et à l'essai d'endurance en cycles.

16.2 Essai de réception

16.2.1 Essai en usine

L'essai de réception doit être défini entre le client et le fournisseur. La conformité du marquage et de l'étiquetage ou de la capacité peut être vérifiée.

16.2.2 Essai de mise en service

Il est recommandé d'effectuer un essai de capacité pour vérifier l'intégrité du système après son installation.

17 Sécurité

Se référer aux instructions du fabricant pour les procédures à observer pendant l'installation, la mise en service, le fonctionnement, le démontage et l'élimination.

18 Documentation

Se référer à la documentation du fabricant pour le transport, le stockage, la mise en service, la mise en marche, le fonctionnement et l'entretien.

Le fabricant doit préciser, s'il y a lieu, les conditions spéciales relatives à la charge initiale des accumulateurs, quand les panneaux solaires constituent la seule source d'énergie disponible.

15.4 Water consumption of vented battery types

During the cycle endurance test, cells may be topped up with water. The amount of water added shall be measured and reported.

15.5 Requirements

The number of cycles obtained when the test is completed shall be not less than the value stated by the manufacturer.

16 Recommended use of tests

16.1 Type test

The capacity test, the cycle endurance test, and the mechanical test are type tests. A minimum of six cells or monoblocs shall be subjected to the capacity test and to the cycle endurance test.

16.2 Acceptance test

16.2.1 Factory test

The acceptance test shall be agreed between the customer and the supplier. Compliance to marking and labelling or capacity rating may be checked.

16.2.2 Commissioning test

A commissioning test is recommended to prove the integrity of the installed battery system by means of a capacity test.

17 Safety

Refer to the manufacturer's instructions for procedures to be observed during installation, commissioning, operation, taking out of service, and disposal.

18 Documentation

Refer to the manufacturer's documentation for transport and storage, commissioning, putting into service, operation and maintenance.

The manufacturer shall advise if there are special considerations for the initial charging of batteries with only the solar array available as the power source.
