

RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT

CEI
IEC

TR 62060

Première édition
First edition
2001-09

**Accumulateurs –
Systèmes de surveillance des batteries
d'accumulateurs au plomb stationnaires –
Guide d'application**

**Secondary cells and batteries –
Monitoring of lead acid stationary batteries –
User guide**

IECNORM.COM : Click to view the PDF of IEC TR 62060:2001



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TR 62060:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT

CEI
IEC

TR 62060

Première édition
First edition
2001-09

**Accumulateurs –
Systèmes de surveillance des batteries
d'accumulateurs au plomb stationnaires –
Guide d'application**

**Secondary cells and batteries –
Monitoring of lead acid stationary batteries –
User guide**

© IEC 2001 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

e-mail: inmail@iec.ch

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	5
1 Domaine d'application et objet	12
2 Documents de référence	12
3 Définitions.....	12
4 Caractéristiques souhaitées par les utilisateurs.....	14
4.1 Autonomie	14
4.2 Défaillance soudaine.....	14
4.3 Durée de vie résiduelle	14
4.4 Etat de fonctionnement	16
5 Fonctionnement de la surveillance	16
5.1 Collecte des données et alarmes	16
5.2 Précision des caractéristiques	16
6 Caractéristiques.....	18
6.1 Température	18
6.1.1 Généralités	18
6.1.2 Aspects particuliers.....	18
6.1.3 Analyse des données mesurées.....	20
6.2 Courant de floating	20
6.2.1 Généralités	20
6.2.2 Aspects particuliers – Composantes continues.....	22
6.2.3 Mesure et analyse des données.....	24
6.3 Tension de floating	26
6.3.1 Généralités	26
6.3.2 Aspects particuliers.....	26
6.3.3 Mesure et analyse des données – Arbre de décision.....	28
6.4 Résistance ou conductance en courant alternatif/continu	30
6.4.1 Généralités	30
6.4.2 Aspects particuliers.....	30
6.4.3 Mesure et analyse des données.....	32
6.5 Caractéristiques de décharge en ligne (à décharge constante)	36
6.5.1 Généralités	36
6.5.2 Aspects particuliers.....	38
6.5.3 Mesure des données – Arbre de décision de mesure	38
6.5.4 Analyse des données	40
6.6 Caractéristiques de décharge en ligne (à régime variable)	44
6.6.1 Généralités	44
6.6.2 Aspects particuliers – Risques présentés par les essais en ligne	44
6.6.3 Arbre de décision de mesure des données.....	44
6.6.4 Analyse des données	46

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	
1 Scope and object	13
2 Reference documents	13
3 Definitions	13
4 Desirable user characteristics.....	15
4.1 Autonomy time	15
4.2 Sudden failure.....	15
4.3 Residual life span.....	15
4.4 State of operation.....	17
5 Monitoring overview	17
5.1 Data collection and alarms	17
5.2 Accuracy for the characteristics.....	17
6 Characteristics	19
6.1 Temperature	19
6.1.1 General considerations.....	19
6.1.2 Specific considerations.....	19
6.1.3 Data measurement analysis.....	21
6.2 Float current	21
6.2.1 General considerations.....	21
6.2.2 Specific consideration – DC components	23
6.2.3 Data measurement and analysis.....	25
6.3 Float voltage	27
6.3.1 General considerations.....	27
6.3.2 Specific considerations.....	27
6.3.3 Data measurement and analysis – Decision tree.....	29
6.4 AC/DC resistance or conductance	31
6.4.1 General considerations.....	31
6.4.2 Specific considerations.....	31
6.4.3 Data measurement and analysis.....	33
6.5 On-line discharge characteristics (constant load).....	37
6.5.1 General considerations.....	37
6.5.2 Specific considerations.....	39
6.5.3 Data measurement – Measurement decision tree.....	39
6.5.4 Data analysis	41
6.6 On-line discharge characteristics (varying load).....	45
6.6.1 General considerations.....	45
6.6.2 Specific considerations – Risks of on-line testing.....	45
6.6.3 The data measurement decision tree.....	45
6.6.4 Data analysis	47

7	Durée de vie résiduelle	48
7.1	Prédictions de vie en fonction de la température	48
7.1.1	Généralités	48
7.2	Prédictions de vie en fonction du courant de floating	50
7.2.1	Généralités sur la composante continue.....	50
7.2.2	Prédiction pour la composante continue.....	50
7.3	Prédictions de vie en fonction de la résistance ou de la conductance en courant alternatif/continu	52
7.3.1	Généralités	52
7.3.2	Prédiction pour les éléments étanches à soupapes	52
7.4	Prédictions de vie en fonction de la décharge en ligne.....	52
7.4.1	Généralités	52
7.4.2	Prédiction	52
	Figure 1 – Logigramme – Collecte des données et alarmes.....	54
	Figure 2 – Logigramme – Collecte des données et prédictions de durée de vie	56
	Figure 3 – Arbre de décision – Mesures de température et analyse des données	58
	Figure 4 – Arbre de décision – Mesure du courant de floating et analyse des données.....	60
	Figure 5 – Arbre de décision – Mesure de tension de floating et analyse des données	62
	Figure 6 – Arbre de décision – Analyse des données et mesures de résistance/de conductance.....	66
	Figure 7 – Arbre de décision – Analyse des données et mesure en décharge constante.....	70
	Figure 8 – Arbre de décision – Analyse des données et mesure en décharge variable	74
	Figure 10 – Prévisions de vie en fonction de la résistance en courant alternatif/continu pour les éléments étanches à soupapes.....	78
	Figure 11 – Prévisions de vie en fonction de la décharge en ligne pour les éléments ouverts et étanches à soupapes.....	78

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62060:2001

7	Residual life span.....	49
7.1	Temperature/time predictions	49
7.1.1	General considerations.....	49
7.2	Float current/time predictions	51
7.2.1	General considerations for d.c. component	51
7.2.2	Prediction for d.c. component	51
7.3	AC/DC resistance or conductance/time predictions.....	53
7.3.1	General considerations.....	53
7.3.2	Prediction for VRLA cells.....	53
7.4	Online discharge/time predictions.....	53
7.4.1	General considerations.....	53
7.4.2	Prediction.....	53
	Figure 1 – Flow chart – Data collection and alarms	55
	Figure 2 – Flow chart – Data collection and life prediction	57
	Figure 3 – Decision tree – Temperature measurement and data analysis.....	59
	Figure 5 – Decision tree – Float voltage measurement and data analysis	63
	Figure 6 – Decision tree – AC/DC resistance or conductance measurements and data analysis.....	67
	Figure 7 – Decision tree – Constant load discharge measurements and data analysis	71
	Figure 8 – Decision tree – Varying load discharge measurements and data analysis.....	75
	Figure 9 – Float current/time life predictions for VLA and VRLA cells.....	77
	Figure 10 – AC/DC resistance/time life predictions for VLRA cells.....	79
	Figure 11 – On-line discharge/time life predictions for both VLA and VRLA cells.....	79

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ACCUMULATEURS – SYSTÈMES DE SURVEILLANCE DES BATTERIES D'ACCUMULATEURS AU PLOMB STATIONNAIRES – GUIDE D'APPLICATION

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, spécifications techniques, 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 du présent rapport technique 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI 62060, qui est un rapport technique, a été établie par le comité d'études 21 de la CEI: Accumulateurs.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
21/481/CDV	21/527/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SECONDARY CELLS AND BATTERIES –
MONITORING OF LEAD ACID STATIONARY BATTERIES – USER GUIDE**

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 specifications, 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 technical report may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art"

IEC 62060, which is a technical report, has been prepared by IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
21/481/CDV	21/527/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report 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.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2003-12. A cette date, la publication sera

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

Ce document, purement informatif, ne doit pas être considéré comme une Norme internationale.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62060:2001

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2003-12. At this date, the publication will be

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

This document which is purely informative is not to be regarded as an International Standard.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62060:2001

INTRODUCTION

La surveillance des batteries d'accumulateurs au plomb stationnaires de type ouvert (VLA) par des techniques manuelles s'est développée au fil de l'expérience accumulée pendant plus de 70 années de service opérationnel. Les méthodes traditionnelles de surveillance s'appuient sur un historique bien établi, mais elles reposent principalement sur des observations visuelles et des mesures de nature non électrique, qui nécessitaient une interprétation par des spécialistes et, en fin de compte, le vrai critère de référence est constitué par l'essai de capacité de décharge.

Les méthodes manuelles de surveillance des batteries d'accumulateurs de type ouvert restent valables de nos jours. Cependant, les coûts d'expertise sont très élevés et certains utilisateurs sont moins enclins à accepter la réalisation d'un essai de capacité sur site. Dans le cas des batteries d'accumulateurs au plomb stationnaires étanches à soupapes (VRLA), dont l'emploi se répand de plus en plus, il n'est plus possible de procéder à des observations et mesures visuelles, et les seules mesures électriques qui peuvent encore être prises (en excluant l'essai de capacité) permettent moins d'interprétations que les mesures analogues sur les batteries d'accumulateurs ouvertes.

Dans ce contexte, ce rapport technique fournit des informations et conseils sur les techniques permettant de réaliser la surveillance à distance de tous les types de batteries d'accumulateurs au plomb stationnaires. Ce rapport n'ayant qu'un but de conseil et d'information, il n'est pas publié en tant que Norme mais en tant que rapport technique et, à ce titre, ne peut donc servir de document de référence pour fixer des exigences de performances.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62060:2001

INTRODUCTION

The monitoring of vented lead-acid (VLA) stationary batteries by manual techniques has developed with experience gained over 70 years of operational service. While the traditional methods of monitoring have a reliable record, most of the investigations relied on non-electrical visual observations and measurements which required expert interpretation and, ultimately, the discharge capacity test was the final reference criterium.

Manual techniques of monitoring VLAs are still valid today, however the costs of the investigations are very high, and to some operators the prospect of an on-site capacity test is less acceptable. In the case of the valve regulated lead-acid (VRLA) stationary batteries now being increasingly used, the opportunity for visual observations and measurements is no longer possible, and the remaining electrical measurements that can be taken (capacity test excluded) have less interpretative meaning than similar measurements with VLAs.

Given this background, this technical report provides advisory information on techniques for the remote monitoring of all types of lead-acid stationary batteries. Because this report is advisory in content, and for information only, it is not published as a Standard but as a technical report and, as such, cannot be used as a reference document for performance requirements.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62060:2001

ACCUMULATEURS – SYSTÈMES DE SURVEILLANCE DES BATTERIES D'ACCUMULATEURS AU PLOMB STATIONNAIRES – GUIDE D'APPLICATION

1 Domaine d'application et objet

Le présent rapport technique est applicable aux batteries d'accumulateurs au plomb, de type ouvert ou étanche à soupapes, destinées à être utilisées en poste fixe.

Le présent rapport technique a pour objet:

- d'aider les utilisateurs à choisir les méthodes qui leur permettront d'obtenir suffisamment d'informations pour déterminer l'état de santé d'une batterie d'accumulateurs au plomb stationnaire en service;
- d'atteindre ce but par la description de caractéristiques qui peuvent être mesurées électriquement et interrogées à distance à intervalles réguliers;
- d'indiquer la sensibilité et la fiabilité des données mesurées et de fournir à l'utilisateur des méthodes d'interprétation;
- de fournir aux utilisateurs de bonnes caractéristiques opérationnelles et des règles de conduite générales.

NOTE Dans la version française, lorsque le terme «batterie» est utilisé, il doit être compris comme «batterie d'accumulateurs». Lorsque le terme «élément» est utilisé, il doit être compris comme «élément d'accumulateur».

2 Documents de référence

CEI 60896 (toutes les parties), *Batteries stationnaires au plomb*

ETS 300 132-2, *Equipment Engineering (EE) – Power supply interface at the input to telecommunications equipment – Part 2: Operated by direct current (dc)* (publié en anglais seulement)

ETS 300 253, *Equipment Engineering (EE) – Earthing and bonding of telecommunication equipment in telecommunication centres* (publié en anglais seulement)

ETS 300 386-1, *Equipment Engineering (EE) – Telecommunication network equipment – Electro-Magnetic Compatibility (EMC) requirements – Part 1: Product family overview, compliance criteria and test levels* (publié en anglais seulement)

3 Définitions

Pour les besoins du présent rapport technique, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

batterie ou élément VLA

batterie ou élément au plomb de type ouvert

3.2

batterie ou élément VRLA

batterie ou élément au plomb étanche à soupapes

SECONDARY CELLS AND BATTERIES – MONITORING OF LEAD ACID STATIONARY BATTERIES – USER GUIDE

1 Scope and object

This technical report is applicable to lead-acid vented and valve regulated batteries, for use in stationary battery applications.

The object of this technical report is:

- to assist users in the selection of methods to obtain sufficient information to indicate the state of health of an operating stationary lead-acid battery;
- to achieve this by describing characteristics that can be electrically measured and remotely interrogated on a regular basis;
- to indicate the sensitivity and reliability of the measured data and to provide the user with methods of interpretation;
- to provide users with good operating characteristics and general guidelines.

2 Reference documents

IEC 60896 (all parts), *Stationary lead-acid batteries*

ETS 300 132-2, *Equipment Engineering (EE) – Power supply interface at the input to telecommunications equipment – Part 2: Operated by direct current (dc)*

ETS 300 253, *Equipment Engineering (EE) – Earthing and bonding of telecommunication equipment in telecommunication centres*

ETS 300 386-1, *Equipment Engineering (EE) – Telecommunication network equipment – Electro-Magnetic Compatibility (EMC) requirements – Part 1: Product family overview, compliance criteria and test levels*

3 Definitions

For the purpose of this technical report, the following definitions apply:

3.1

VLA cell or battery

vented lead-acid cell or battery

3.2

VRLA cell or battery

valve regulated lead-acid cell or battery

3.3

décharge en ligne

décharge d'une batterie dans le circuit qui lui est raccordé, en réduisant la tension du chargeur de telle sorte qu'il ne fournisse aucun courant à la charge

3.4

durée de vie résiduelle

durée de vie restante, utile, d'une batterie en service

3.5

résistance en courant continu

quotient de la tension continue de l'accumulateur par le courant continu de l'accumulateur mesuré avec une méthode à courant continu

3.6

résistance en courant alternatif

composante résistive réel de l'impédance de l'accumulateur

3.7

impédance

quotient de la composante fondamentale de la tension de l'accumulateur par le courant sinusoïdal de l'accumulateur mesuré avec une méthode à courant alternatif

4 Caractéristiques souhaitées par les utilisateurs

4.1 Autonomie

Pour l'utilisateur, l'aptitude de la batterie à fournir la puissance annoncée pendant la durée de vie spécifiée est une caractéristique fondamentale. Le moyen le plus direct pour vérifier cette aptitude consiste à réaliser un essai de capacité, mais en fait celui-ci ne permettra que d'établir l'autonomie de la batterie au moment où est réalisé l'essai.

En revanche, cet essai de capacité n'est pas souhaitable dans le cadre d'un système de surveillance, et des estimations de l'autonomie devront être déduites des essais de décharge ou des caractéristiques de résistance ou de conductance en courant continu/alternatif.

4.2 Défaillance soudaine

Le risque de défaillance soudaine de l'accumulateur est tout aussi important pour l'utilisateur. Ce type de défaillance est essentiellement dû à l'apparition, soit d'un court-circuit, soit d'un circuit ouvert dans l'accumulateur. Ces situations peuvent être détectées par des variations de tension, de courant, de température ou de résistance en courant continu/alternatif, en fonction du temps. Il convient cependant de noter qu'une défaillance soudaine peut très bien passer inaperçue en floating, mais se manifester lors d'une décharge ultérieure.

4.3 Durée de vie résiduelle

La durée de vie résiduelle est probablement la caractéristique la plus difficile à évaluer. Cependant, la détermination de la durée de vie résiduelle est très importante sur le plan de la sécurité et pour identifier le moment optimal pour remplacer la batterie.

Des indications sur la durée de vie résiduelle peuvent être déduites d'enregistrements réguliers des valeurs de résistance ou de conductance en courant continu/alternatif, et de la réalisation d'essais de décharge. Par ailleurs, en connaissant la durée de vie réelle de la batterie dans des conditions normalisées, il est possible d'estimer la vie résiduelle sur la base des données de temps en fonction de la température.

3.3

online discharge

discharge of a battery through its connected load by reducing the charger voltage such that the charger supplies no current to the load

3.4

residual life span

remaining period of useful life of a battery in service

3.5

d.c. resistance

quotient of direct battery voltage by direct battery current as measured by d.c. techniques

3.6

a.c. resistance

the real resistive component of the battery impedance

3.7

impedance

quotient of the fundamental component of the battery voltage by the sinusoidal battery current as measured by a.c. techniques

4 Desirable user characteristics

4.1 Autonomy time

The capability of the battery to give its design run time at the claimed power level is a very important characteristic for the user. The direct way to determine this capability is to perform a capacity test, but this will only establish the autonomy time capability at the time of the test.

Capacity testing is however undesirable in a monitoring environment, and estimates of autonomy will have to be derived from load tests or a.c./d.c. resistance or conductance characteristics.

4.2 Sudden failure

The risk of sudden failure of the battery is equally important to the user. The most common source of sudden failure arises from either a short circuit or an open circuit in the battery. These conditions may be detected from changes of voltage, current, temperature and a.c./d.c. resistance, against time. It should be noted however that sudden failure may not be detected in the float condition but may become apparent in any subsequent discharge.

4.3 Residual life span

Residual life span is probably the most difficult user characteristic to evaluate. However, quantifying residual life span is very important for security purposes and identifying the optimum time for battery replacement.

Indications of residual life span can be derived from regularly recorded a.c./d.c. resistance or conductance data and load tests. In addition, knowing the actual life span of the battery under standard conditions, it is possible to estimate residual life span using time – temperature data.

4.4 Etat de fonctionnement

L'état de fonctionnement prouve à l'utilisateur que la batterie fonctionne dans les plages de tolérance définies. Les informations de surveillance nécessaires pour déterminer l'état de fonctionnement de la batterie peuvent être obtenues de la tension, du courant de charge et de la température de la batterie.

5 Fonctionnement de la surveillance

5.1 Collecte des données et alarmes

Les caractéristiques facilement utilisables pour la surveillance sont au nombre de six, et cinq d'entre elles peuvent être utilisées à des fins d'alarme. Etant donné les liens d'interdépendance entre les différentes caractéristiques, il a été établi une séquence d'interrogation des caractéristiques qui facilitera l'interprétation ultérieure.

Cette séquence est représentée dans la figure 1, où l'on constate que une «décharge opérationnelle» ne génère pas d'alarme, mais peut fournir des informations intéressantes après une situation d'urgence.

La séquence d'événements menant à la collecte des données et à la prévision de la vie résiduelle est illustrée par le logigramme de la figure 2.

5.2 Précision des caractéristiques

Le tableau 1 contient les unités de mesure des caractéristiques utilisées dans ce guide, ainsi que les niveaux de précision souhaitables qui leur sont associés.

Tableau 1 – Unités de mesure, caractéristiques et précision recommandée

Caractéristiques	Unités	Précision recommandée
Temps	h ou min	±1 s par jour
Température	°C	±0,5 K
Tension	V	±0,5 %
Intensité	A	±0,5 %
Résistance en courant alternatif/continu	Ω	±1,0 %
Conductance	S	±1,0 %
Courant alternatif/continu	A	±0,5 %
Tension alternative/continue	V	±0,5 %
Tension de floating de la batterie	V	±0,5 %
Tension de floating par élément	V	±0,5 %
Courant de floating	mA	±0,5 %
Durée de vie	Années ou mois	±0,25 %
Capacité	Ah	±1,0 %
Temps de décharge	h ou min	±0,5 %

4.4 State of operation

The state of operation establishes for the user that the battery is operating within agreed parameters. The necessary monitor information required to determine the state of battery operation can be obtained from battery voltage, battery charge current and battery temperature.

5 Monitoring overview

5.1 Data collection and alarms

There are six practical characteristics that can be used for monitoring purposes, and five of the characteristics can be used for alarm purposes. Because there is interdependence between the performance of the characteristics, there is a recommended sequence of interrogation for the characteristics that will assist subsequent interpretation.

This sequence is shown in figure 1 where it can be seen that an “operational discharge” does not provide an alarm condition, but can provide useful post emergency monitoring data.

The sequence of events leading to data collection and life prediction is provided by the flow chart in figure 2.

5.2 Accuracy for the characteristics

The units of measurement associated with the characteristics used in this guide are shown together with their desirable levels of accuracy in table 1.

Table 1 – Characteristics, units of measurement and recommended accuracy

Characteristics	Units	Recommended accuracy
Time	h or min	±1 s per day
Temperature	°C	±0,5 K
Voltage	V	±0,5 %
Current	A	±0,5 %
AC/DC resistance	Ω	±1,0 %
Conductance	S	±1,0 %
AC/DC current	A	±0,5 %
AC/DC voltage	V	±0,5 %
Battery float voltage	V	±0,5 %
Cell float voltage	V	±0,5 %
Float current	mA	±0,5 %
Life	Years or months	±0,25 %
Capacity	Ah	±1,0 %
Discharge time	h or min	±0,5 %

6 Caractéristiques

6.1 Température

6.1.1 Généralités

La température constitue un paramètre critique pour les batteries étanches à soupapes et ouvertes. Les paramètres de température exposés ci-dessous s'appliquent tous aux deux types de batteries, à l'exception de la consommation d'eau, qui ne concerne que les batteries ouvertes.

6.1.2 Aspects particuliers

6.1.2.1 Influence sur la capacité disponible de la batterie

La capacité disponible d'une batterie est influencée par la température de celle-ci. Pour pouvoir prendre en compte plusieurs températures (dans une plage de 10 °C à 30 °C), on applique normalement une compensation de la capacité de 0,6 % par degré Celsius (voir aussi la série CEI 60896). Ce coefficient de compensation de capacité peut être beaucoup plus élevé pour des décharges à fort courant.

6.1.2.2 Influence sur la durée de vie de la batterie

La durée de vie d'une batterie est, en règle générale, définie à 20 °C et elle est influencée par la température en exploitation. Plus la température est élevée, plus la durée de vie diminue. On estime que pour une élévation de température constante de 10 °C, la durée de vie sera réduite environ de 50 %.

6.1.2.3 Influence sur l'état de charge de la batterie

Pour maintenir une batterie stationnaire à pleine charge, une tension continue est appliquée à ses bornes, afin de compenser les effets d'autodécharge. L'autodécharge de la batterie est influencée par la température et s'accroît progressivement avec celle-ci.

6.1.2.4 Influence sur le courant de charge de la batterie

A une tension constante donnée, l'intensité du courant de floating qui circule dans une batterie à pleine charge croît progressivement avec la température de la batterie. Lorsque cette dernière est supérieure à la normale, il est recommandé d'envisager de réduire l'intensité du courant fournie à l'élément ou à la batterie monobloc en floating, en réglant le niveau de sortie du chargeur (par exemple en réduisant sa tension). Cette procédure permet non seulement d'accroître la longévité de la batterie, mais aussi de réduire le risque d'emballement thermique. Dans de tels cas, il convient de se reporter aux recommandations du fabricant de la batterie.

6.1.2.5 Influence des courants d'ondulation sur la température de la batterie

Les courants d'ondulation produisent de la chaleur à l'intérieur de la batterie, ce qui entraîne une élévation de sa température de fonctionnement.

6.1.2.6 Influence sur la consommation d'eau

La consommation d'eau et la fréquence des remises à niveau dépendent de la conception de la batterie, des conditions d'exploitation et de la température. Plus cette dernière est élevée, plus les niveaux demandent à être refaits fréquemment.

6 Characteristics

6.1 Temperature

6.1.1 General considerations

The temperature is a critical parameter for VRLA and VLA batteries. The following temperature parameters all apply to both VRLA and VLA batteries with the exception of the influence on water consumption, which relates only to VLA batteries.

6.1.2 Specific considerations

6.1.2.1 Influence on available battery capacity

Available battery capacity is influenced by the battery temperature. In order to accommodate for various temperatures (10 °C to 30 °C), a capacity compensation of 0,6 % per degree Celsius is normally applied (see also IEC 60896 series). For high rate discharges, the capacity compensation coefficient can be considerably larger.

6.1.2.2 Influence on battery life span

The battery life span is normally specified at 20 °C and is influenced by the operating temperature. Elevated temperatures lead to a shortening of useful battery life. For a constant temperature increase of 10 °C, the life is expected to be reduced by approximately 50 %.

6.1.2.3 Influence on battery charge state

In order to maintain a fully charged stationary battery, a d.c. voltage is applied across the battery to compensate for the effect of self-discharge. The battery self-discharge is influenced by the temperature and increases progressively with temperature.

6.1.2.4 Influence on battery charge current

At a given constant voltage, the float current passing through a fully charged stationary battery increases progressively with increasing battery temperature. Where the battery temperature is higher than normal, consideration should be given to reduce the float charge current into the cell or monobloc battery by adjusting the output of the charger (e.g. by reducing the voltage). This procedure can not only assist in prolonging battery life, but it also reduces the risk of thermal run-away. In such circumstances, reference should be made to the battery manufacturer's recommendations.

6.1.2.5 Influence of ripple currents on battery temperature

Ripple currents generate heat within the battery resulting in an increase of battery operating temperature.

6.1.2.6 Influence on water consumption

The rate of water consumption and the frequency of water service intervals depend on the battery design, operating conditions and temperature. Increasing temperatures demand frequent water servicing.

6.1.3 Analyse des données mesurées

6.1.3.1 Arbre de décision

La figure 3 expose la procédure mise en œuvre pour la mesure des températures et l'analyse ultérieure des données collectées. Les termes utilisés sont explicités ci-après.

6.1.3.2 Différence de température dans l'accumulateur: «A»

Une mauvaise conception de l'installation des batteries ou la défaillance d'une batterie peuvent entraîner des variations de température considérables dans une branche d'éléments de batterie. Lorsque la différence entre la température maximale et minimale d'un élément ou d'une batterie monobloc dépasse la valeur A (en degrés Celsius), les performances électriques de la batterie risquent d'être réduites. Ainsi, par exemple, si une batterie d'accumulateurs est disposée en plusieurs niveaux, la différence de température entre les éléments du bas et ceux du haut peut atteindre plusieurs degrés. Il appartient au fabricant de batteries de stipuler les différences de température acceptables au sein d'une même batterie.

6.1.3.3 Différence de température entre la batterie et l'environnement: «B»

Lorsqu'une différence «B» (en degrés Celsius) entre la température moyenne de la batterie et la température ambiante persiste (>24 h), un risque d'emballement thermique ou de défaillance d'autres fonctions de la batterie existe. Cette caractéristique ne s'applique que lors du fonctionnement en floating et non pendant les phases de décharge.

6.1.3.4 Température élevée de la batterie: «C»

A des températures de batteries supérieures à C (en degrés Celsius), il existe un risque d'emballement thermique. Pour réduire ce risque, il importe de ventiler correctement l'installation de batteries.

6.1.3.5 Tableau des valeurs pour les termes A à C

Le tableau 2 fournit des valeurs types. Il convient de demander les valeurs exactes au fabricant des batteries.

Tableau 2 – Valeurs types des termes A à C (en degrés Celsius)

Terme	Type				
	Ouvert Sb > 3 %	Ouvert 0,5 % < Sb < 3 %	Ouvert Sans Sb	Etanche à soupapes AGM	Etanche à soupapes Gel
A	5	5	5	5	5
B	5	5	5	5	5
C	45	45	45	40	40

NOTE «Sb» est le symbole chimique de l'antimoine. AGM = Absorbed Glass Mat.

6.2 Courant de floating

6.2.1 Généralités

6.2.1.1 Courant de floating – Composante continue

Il existe trois modes différents d'exploitation, ce qui donne des plages d'intensité différentes. Des exemples sont présentés dans le tableau 3, où C_N représente la capacité de décharge 10 h pour une tension finale de 1,80 V par élément (V_{pe}).

6.1.3 Data measurement analysis

6.1.3.1 Decision tree

The procedure for making temperature measurements and the subsequent analysis of the data generated is shown in figure 3. An explanation of the terms used is given in the following text.

6.1.3.2 Temperature difference in the battery: “A”

A poor design of a battery installation or a faulty battery can cause considerable temperature variations within a string of cells. When the difference between the maximum cell or monobloc battery temperature and the minimum cell or monobloc temperature exceeds *A* (in degrees Celsius), there is a risk of reducing the battery electrical performance. If, for example, a battery is mounted in several tiers, there may be a battery temperature difference of several degrees between the upper and the lower units. The battery manufacturer shall state what temperature differences are accepted within a battery.

6.1.3.3 Difference between battery and ambient temperature: “B”

For a persistent (>24 h), average temperature difference “*B*” (in degrees Celsius), between the battery temperature and the ambient temperature, there is a risk of thermal run-away or other faulty functions in the battery. This characteristic applies only to the float charge operation and does not apply to the discharge operation.

6.1.3.4 High battery temperature: “C”

For battery temperatures above *C* (in degree Celsius), there is a risk of thermal run-away. In order to reduce this risk, a battery installation should be provided with appropriate cooling.

6.1.3.5 Table of values for terms *A* to *C*

Typical values are given in table 2. Specific values should be obtained from the battery manufacturer.

Table 2 – Typical values for terms *A* to *C* (in degrees Celsius)

Term	Type				
	VLA Sb > 3 %	VLA 0,5 % < Sb < 3 %	VLA Sb free	VRLA AGM	VRLA Gel
<i>A</i>	5	5	5	5	5
<i>B</i>	5	5	5	5	5
<i>C</i>	45	45	45	40	40

NOTE “Sb” is the chemical symbol for antimony. AGM = Absorbed Glass Mat.

6.2 Float current

6.2.1 General considerations

6.2.1.1 Float current – DC component

There are three different modes of operation giving different current ranges. Examples are shown in table 3, where C_N represents the capacity at the 10 h rate to an end voltage of 1,80 V per cell (Vpc).

Tableau 3 – Modes de fonctionnement et plages de courant types

Mode de fonctionnement	Plage de courant
Recharge	1 A/100 Ah à 50 A/100 Ah C_N
Charge en floating	0,01 A/100 Ah à 1 A/100 Ah
Décharge	1 A/100 Ah à 600 A/100 Ah C_N

On peut constater que les plages couvrent cinq ordres de grandeur d'intensité (de 0,01 A à 600 A par 100 Ah) et, qu'en conséquence, il est difficile de mesurer les faibles courants de floating, entre 0,01 A et 0,1 A par 100 Ah en n'utilisant qu'un seul et même shunt pour toute l'étendue de mesure. A des valeurs de courant de floating extrêmement faibles, aucune indication fiable de son intensité ou de son sens de circulation ne peut être attendu.

6.2.1.2 Courant de floating – Composante alternative (courant d'ondulation superposé)

Le courant d'ondulation (la composante alternative) est produit par le chargeur et/ou par la charge (par exemple un onduleur) et il se superpose au courant continu de floating.

Ce courant d'ondulation ne contribue pas à la charge de la batterie; il ne produit que de la chaleur supplémentaire. Un fort courant d'ondulation superposé à un courant continu pratiquement nul va entraîner une décharge et une détérioration de la batterie au plomb.

6.2.2 Aspects particuliers – Composantes continues

6.2.2.1 Charge et décharge

Le courant pendant la recharge se situe entre 1 A et 50 A par 100 Ah, et il peut être mesuré avec une précision suffisante. Il est souhaitable, au cours de la décharge, de surveiller la tension de la batterie ou de comparer les tensions partielles de la batterie.

6.2.2.2 Charge en floating

Avant de mesurer et d'évaluer le courant de floating, s'assurer que le mode floating est établi. Il existe pour cela trois méthodes possibles, la dernière étant préférable:

- temps écoulé depuis la fin de la décharge, ou
- temps écoulé après obtention de la tension de dégazage (par exemple la charge à tension constante), ou
- variation d'intensité du courant inférieure à une valeur type de 0,3 A par 100 Ah C_N , entre deux mesures prises à 24 h d'intervalle, soit:

$$[I(t) - I(t + 24 \text{ h})] < 0,3 \text{ A par } 100 \text{ Ah } C_N \quad (1)$$

L'amplitude du courant de floating dépend de la batterie, de la tension de floating, de la température et de l'âge de la batterie. Le tableau 4 donne des valeurs types de courant de floating à 20 °C en début et en fin de vie de la batterie. Les valeurs spécifiques devraient être disponibles chez le fabricant de batteries.

Table 3 – Modes of operation and typical current ranges

Mode of operation	Current range
Recharge	1 A/100 Ah to 50 A/100 Ah C_N
Float charge	0,01 A/100 Ah to 1 A/100 Ah
Discharge	1 A/100 Ah to 600 A/100 Ah C_N

It can be seen that ranges cover up to five magnitudes of current (0,01 A to 600 A per 100 Ah), and therefore the low float currents of 0,01 A to 0,1 A per 100 Ah are difficult to measure when using only one shunt for the whole current range. At extremely low levels of float current, no reliable indication of its value or its direction can be expected.

6.2.1.2 Float current – AC component (super-imposed ripple current)

The ripple current (a.c. component) is generated by the charger and/or by the load (e.g. inverter) and is super-imposed to the d.c. float current.

This ripple current does not contribute to the battery charge; it only generates additional heat. A high super-imposed ripple current and a d.c. current near zero will lead to discharge and deterioration of the lead-acid battery.

6.2.2 Specific consideration – DC components

6.2.2.1 Charging and discharging

The current, during the recharge, ranges from 1 A to 50 A per 100 Ah and can be measured with adequate accuracy. During discharge, supervision of the battery voltage or comparison of partial battery voltages is advisable.

6.2.2.2 Float charge

Before measuring and evaluating the float current, the float charge operation has to be assured. This can be achieved by one of the three following methods, the last method being preferred.

- time elapsed after end of discharge, or
- time elapsed after reaching gassing voltage (e.g. constant voltage charge), or
- change of current less than typically 0,3 A per 100 Ah C_N when measured on two occasions 24 h apart as given by:

$$[I(t) - I(t + 24 \text{ h})] < 0,3 \text{ A per } 100 \text{ Ah } C_N \quad (1)$$

The magnitude of the float current depends on the battery product, the float voltage, the temperature and the age of the battery. Typical float currents at 20 °C at the start and the end of battery life are shown in table 4. Specific values should be obtained from the manufacturers.

Tableau 4 – Courants de floating types à 20 °C

Age	Type				
	Ouvert Sb > 3 %	Ouvert 0,5 % < Sb < 3 %	Ouvert Sans Sb	Etanche à soupapes AGM	Etanche à soupapes Gel
Début de vie	30 mA – 60 mA par 100 Ah	10 mA – 30 mA par 100 Ah	10 mA – 20 mA par 100 Ah	20 mA – 60 mA par 100 Ah	10 – 30 mA par 100 Ah
Fin de vie	200 mA – 400 mA par 100 Ah	100 mA – 200 mA par 100 Ah	50 mA – 100 mA par 100 Ah	100 mA – 200 mA par 100 Ah	50 – 100 mA par 100 Ah

NOTE 1 «Sb» est le symbole chimique de l'antimoine. AGM = Absorbed Glass Mat.
NOTE 2 Les valeurs de capacités sont C10 à 1,80 Vpe.

6.2.3 Mesure et analyse des données

6.2.3.1 Arbre de décision

La figure 4 montre la procédure mise en œuvre pour la mesure des courants de floating et l'analyse ultérieure des données collectées. Les équations utilisées sont explicitées ci-après.

6.2.3.2 Correction de température du courant de floating continu

Si la température moyenne de la batterie (T_{AV}) s'écarte de 20 °C, on peut réaliser la correction approchée suivante:

$$I_{fl}(20\text{ °C}) = I_{fl}(T_{AV})/2(T_{AV} - 20\text{ °C})/10\text{ °C} \quad (2)$$

où I_{fl} est la valeur mesurée du courant de floating.

6.2.3.3 Niveaux d'alarme pour le courant de floating continu

Un dysfonctionnement de la batterie peut se produire lorsque le courant de floating dépasse les valeurs données dans le tableau 4. Il en résulte un accroissement des pertes d'eau, une perte excessive de la matière active, l'apparition de courts-circuits internes et un dégagement de chaleur trop important, qui peut entraîner un emballement thermique. Le niveau d'alarme est déterminé par l'équation ci-dessous, où I_{fl} est la valeur mesurée du courant de floating et $I_{fl,max}$ la valeur maximale du courant de floating recommandée par le fabricant.

$$I_{fl} - I_{fl,max} > 0 \quad (3)$$

Le tableau 5 donne des valeurs types de $I_{fl,max}$. Il convient de demander les valeurs exactes au fabricant.

Tableau 5 – Valeurs types pour $I_{fl,max}$ à 20 °C

Valeur maximale	Type				
	Ouvert Sb > 3 %	Ouvert 0,5 % < Sb < 3 %	Ouvert Sans Sb	Etanche à soupapes AGM	Etanche à soupapes Gel
$I_{fl,max}$	500 mA/100 Ah	250 mA/100 Ah	150 mA/100 Ah	200 mA/100 Ah	150 mA/100 Ah

NOTE 1 Lors de la mesure des courants de floating, il faut prendre garde aux courants de décharge à fort débit, pour la conception et la précision des shunts.
NOTE 2 «Sb» est le symbole chimique de l'antimoine. AGM = Absorbed Glass Mat.

Table 4 – Typical float currents at 20 °C

Age	Type				
	VLA Sb > 3 %	VLA 0,5 % < Sb < 3 %	VLA Sb free	VRLA AGM	VRLA Gel
Start of life	30 mA – 60 mA per 100 Ah	10 mA – 30 mA per 100 Ah	10 mA – 20 mA per 100 Ah	20 mA – 60 mA per 100 Ah	10 mA – 30 mA per 100 Ah
End of life	200 mA – 400 mA per 100 Ah	100 mA – 200 mA per 100 Ah	50 mA – 100 mA per 100 Ah	100 mA – 200 mA per 100 Ah	50 mA – 100 mA per 100 Ah

NOTE 1 "Sb" is the chemical symbol for antimony. AGM = Absorbed Glass Mat.
NOTE 2 The capacity values are C10 to 1,80 Vpc.

6.2.3 Data measurement and analysis

6.2.3.1 Decision tree

The procedure for making float current measurements and the subsequent analysis of the data generated is shown in figure 4. An explanation of the equations used is given in the following text.

6.2.3.2 Temperature correction of d.c. float values

If the average battery temperature (T_{AV}) deviates from 20 °C, the following approximate correction can be made:

$$I_{fl}(20\text{ °C}) = I_{fl}(T_{AV})/2(T_{AV} - 20\text{ °C})/10\text{ °C} \quad (2)$$

where I_{fl} is the measured float current.

6.2.3.3 Alarm levels for d.c. float currents

When the float current exceeds the values in table 4, a malfunction of the battery may occur. This results in increased water loss, excessive shedding of active material, the promotion of internal short circuits and excessive heat evolution, which may cause thermal run-away. The alarm level is given by the following equation where I_{fl} is the measured float current, and $I_{fl,max}$ is the maximum float current recommended by the manufacturer.

$$I_{fl} - I_{fl,max} > 0. \quad (3)$$

Typical values for $I_{fl,max}$ are shown in table 5. Specific values should be obtained from the manufacturer.

Table 5 – Typical values for $I_{fl,max}$ at 20 °C

Maximum value	Type				
	VLA Sb > 3 %	VLA 0,5 % < Sb < 3 %	VLA Sb free	VRLA AGM	VRLA Gel
$I_{fl,max}$	500 mA/100 Ah	250 mA/100 Ah	150 mA/100 Ah	200 mA/100 Ah	150 mA/100 Ah

NOTE 1 When measuring float currents, care must be taken for high rate discharge currents regarding shunt design and accuracy.
NOTE 2 "Sb" is the chemical symbol for antimony. AGM = Absorbed Glass Mat.

6.2.3.4 Courant d'ondulation maximal

En floating, il convient que le courant d'ondulation effectivement superposé, aux fréquences supérieures à 30 Hz, soit limité à I_{\max} , où:

$$(I_{\text{eff}} - I_{\max}) > 0 \quad (4)$$

avec

$$I_{\max} = 5 \text{ A par } 100 \text{ Ah}$$

$$\text{et } I_{\text{eff}} = \sqrt{\sum_{n=1}^k I_n^2}$$

où

n est un nombre entier;

k est le nombre d'harmoniques;

I_n est le courant alternatif aux fréquences >30 Hz.

NOTE Il convient d'éviter les courants d'ondulation alternatifs de fréquence inférieure à 30 Hz.

6.3 Tension de floating

6.3.1 Généralités

La surveillance des tensions par élément ou monobloc des batteries au plomb peut être intégrée comme composante dans la stratégie de surveillance de ce type de batteries.

La valeur des tensions par élément ou monobloc reflète la polarisation des plaques (électrodes) positives et négatives, la concentration de l'électrolyte et, par conséquent, la nature et l'amplitude possible des réactions se produisant au niveau de chaque électrode.

L'utilisation de ces valeurs pour la surveillance de la disponibilité opérationnelle des batteries au plomb est cependant conditionnée au respect d'un certain nombre d'exigences préalables auxquelles il est nécessaire de satisfaire avant qu'un jugement puisse être établi.

Ces exigences préalables sont:

- l'amplitude et de la direction du courant circulant dans la batterie,
- la température et de sa répartition dans la batterie,
- le temps écoulé depuis l'installation et depuis la dernière décharge, et
- les détails de construction de la batterie au plomb.

C'est pourquoi il est nécessaire de lier les données de tension quant à leur teneur et validité, aux paramètres ci-dessus.

Il appartient au fabricant de la batterie de fournir les valeurs relatives «A-B-C-D-E-F» de l'arbre de décision pour la surveillance de la tension de floating, comme indiqué à la figure 5. Cependant, si les valeurs pour les paramètres A à F ne sont pas disponibles auprès du fabricant, les valeurs types du tableau 6 peuvent être utilisées.

6.3.2 Aspects particuliers

L'idéal serait de surveiller la tension de chaque élément ou batterie monobloc. Il est également possible d'obtenir des informations adéquates en surveillant des branches symétriques d'éléments.

6.2.3.4 Maximum ripple current

Under float conditions, the super-imposed effective ripple current at frequencies >30 Hz should be limited to I_{\max} , where:

$$(I_{\text{rms}} - I_{\text{max}}) > 0 \quad (4)$$

with

$$I_{\text{max}} = 5 \text{ A per } 100 \text{ Ah}$$

$$I_{\text{rms}} = \sqrt{\sum_{n=1}^k I_n^2}$$

where

n is an integer number;

k is the number of harmonic frequencies;

I_n are the a.c. currents at frequencies >30 Hz.

NOTE AC ripple currents with frequencies <30 Hz should be avoided.

6.3 Float voltage

6.3.1 General considerations

The monitoring of the cell or monobloc voltages of lead-acid batteries can be used as a component of the surveillance strategy of such batteries.

The value of the cell or monobloc voltages reflects the polarization of the positive and negative plates (electrodes), the concentration of the electrolyte and, therefore, the nature and possible magnitude of reactions occurring at each electrode.

The use of these values for the monitoring of the operative readiness of lead-acid batteries is however submitted to a set of preconditions which need to be fulfilled before making a judgement.

Such preconditions are:

- a) magnitude and direction of the current flowing through the battery,
- b) the temperature and its distribution within the battery,
- c) time elapsed since installation and last discharges, and
- d) the construction details of the lead-acid battery.

As a consequence, the information and the validity of the voltage data have to be tied to the above parameters.

The relative values "A-B-C-D-E-F" of the float voltage monitoring decision tree shown in figure 5 should be supplied by the manufacturer of the battery. However, if values for parameters A to F are not available from the manufacturer, then typical values from table 6 may be used.

6.3.2 Specific considerations

Ideally, each single cell or monobloc voltage should be monitored. Some suitable information can still be obtained provided that symmetrical strings of cells can be monitored.

Il est recommandé de prendre toutes les précautions propres à éviter l'apparition de tensions dangereuses et de courts-circuits au niveau et dans les câbles de mesure. Chacun d'entre eux doit être équipé de fusibles rapides ou de résistances en courant alternatif/continu de limitation d'intensité. Une isolation retardant la propagation des flammes, à faible dégagement de fumée ou de gaz et résistant aux acides peut, dans certaines circonstances, être requise pour les câbles de mesure.

Il convient que le point de mesure soit situé le plus près possible de la borne de l'élément ou du monobloc et que possibilité d'une corrosion par l'électrolyte dans certains agencements de batteries soit prise en compte.

Les mesures de tension doivent être réalisées sans terre commune. Dans le cas où ces mesures de tension provoqueraient un débit significatif de la batterie ($I > 100 \mu A$), il est recommandé de prendre toutes les précautions appropriées pour éviter la décharge de la batterie dans un support en circuit ouvert.

6.3.3 Mesure et analyse des données – Arbre de décision

La figure 5 indique la procédure mise en œuvre pour la mesure des tensions de floating et l'analyse ultérieure des données collectées. Les valeurs types des paramètres *A* à *F* sont données dans le tableau 6, où:

- A* est le temps écoulé depuis le dernier cycle de décharge/recharge (en jours);
- B* est la plage de tensions de floating spécifiée pour la branche de batterie (en pourcentage de volts);
- C* est le temps minimal passé en floating avant la première mesure significative (en jours);
- D* est la plage de tensions de floating spécifiée pour les éléments constituant la branche (en volts);
- E* est la limite inférieure de tension de floating spécifiée pour les éléments (en volts);
- F* est la limite supérieure de tension de floating spécifiée pour les éléments (en volts).

Tableau 6 – Valeurs types des paramètres *A* à *F*

Paramètre	Ouvert Sb > 3 %	Ouvert 0,5 % < Sb < 3 %	Ouvert Sans Sb	Etanche à soupapes AGM	Etanche à soupapes Gel
<i>A</i>	7 jours	7 jours	7 jours	14 jours	14 jours
<i>B</i>	±1 %	±1 %	±1 %	±1 %	±1 %
<i>C</i>	90 jours	90 jours	90 jours	180 jours	180 jours
<i>D</i> (élément)	±40 mV	±40 mV	±40 mV	±100 mV	±100 mV
<i>D</i> (monobloc)	±√ <i>n</i> × 40 mV	±√ <i>n</i> × 40 mV	±√ <i>n</i> × 40 mV	±√ <i>n</i> × 100 mV	±√ <i>n</i> × 100 mV
<i>E</i> (élément)	-50 mV	-50 mV	-50 mV	-130 mV	-130 mV
<i>E</i> (monobloc)	-√ <i>n</i> × 50 mV	-√ <i>n</i> × 50 mV	-√ <i>n</i> × 50 mV	-√ <i>n</i> × 130 mV	-√ <i>n</i> × 130 mV
<i>F</i> (élément)	+100 mV	+100 mV	+100 mV	+150 mV	+150 mV
<i>F</i> (monobloc)	+√ <i>n</i> × 100 mV	+√ <i>n</i> × 100 mV	+√ <i>n</i> × 100 mV	+√ <i>n</i> × 150 mV	+√ <i>n</i> × 150 mV

NOTE 1 (1 ± √*n* × 100 mV) est la valeur pour une batterie monobloc constituée de *n* éléments en série.

NOTE 2 «Sb» est le symbole chimique de l'antimoine. AGM = Absorbed Glass Mat.

Appropriate precautions should be taken in order to avoid dangerous voltages and short-circuits at and through the sensing leads. Fast fuses or current-limiting resistors shall be inserted into each sensing lead. Flame retardant/low smoke and fume or acid resistant insulation may under certain circumstances be required for the sensing leads.

The points of measurement should be located as close as possible to the cell or monobloc terminal, and accommodate the possibility of electrolyte corrosion with certain battery constructions.

The voltage measurements shall be carried out without a common ground. In the case where the voltage measurements cause a significant current flow from the battery ($I > 100 \mu\text{A}$), then appropriate steps should be taken to avoid the discharge of the battery in an open-circuit stand.

6.3.3 Data measurement and analysis – Decision tree

The procedure for making float voltage measurements and the subsequent analysis of the data generated is shown in figure 5. Typical values for the parameters *A* to *F* are given in table 6, where:

- A* is the time period elapsed following the last discharge/recharge cycle (in days);
- B* is the specified float voltage range for the “battery” string (in percentage of volts);
- C* is the minimum float operation time before first relevant measurement (in days);
- D* is the specified float voltage range for the units in the string (in volts);
- E* is the specified lower limit float voltage for the units (in volts);
- F* is the specified upper limit float voltage for the units (in volts).

Table 6 – Typical values for parameters *A* to *F*

Parameter	VLA Sb > 3 %	VLA 0,5 % < Sb < 3 %	VLA Sb free	VRLA AGM	VRLA Gel
<i>A</i>	7 days	7 days	7 days	14 days	14 days
<i>B</i>	±1 %	±1 %	±1 %	±1 %	±1 %
<i>C</i>	90 days	90 days	90 days	180 days	180 days
<i>D (cell)</i>	±40 mV	±40 mV	±40 mV	±100 mV	±100 mV
<i>D (monobloc)</i>	± $\sqrt{n} \times 40$ mV	± $\sqrt{n} \times 40$ mV	± $\sqrt{n} \times 40$ mV	± $\sqrt{n} \times 100$ mV	± $\sqrt{n} \times 100$ mV
<i>E (cell)</i>	–50 mV	–50 mV	–50 mV	–130 mV	–130 mV
<i>E (monobloc)</i>	– $\sqrt{n} \times 50$ mV	– $\sqrt{n} \times 50$ mV	– $\sqrt{n} \times 50$ mV	– $\sqrt{n} \times 130$ mV	– $\sqrt{n} \times 130$ mV
<i>F (cell)</i>	+100 mV	+100 mV	+100 mV	+150 mV	+150 mV
<i>F (monobloc)</i>	+ $\sqrt{n} \times 100$ mV	+ $\sqrt{n} \times 100$ mV	+ $\sqrt{n} \times 100$ mV	+ $\sqrt{n} \times 150$ mV	+ $\sqrt{n} \times 150$ mV
NOTE 1 (1 ± $\sqrt{n} \times 100$ mV) is the value for a monobloc containing <i>n</i> cells in series.					
NOTE 2 “Sb” is the chemical symbol for antimony. AGM = Absorbed Glass Mat.					

6.4 Résistance ou conductance en courant alternatif/continu

6.4.1 Généralités

La résistance et la conductance en courant alternatif/continu d'un élément varient en fonction de son état et de la capacité disponible. Ces deux paramètres peuvent donc être utilisés pour surveiller l'état de santé de l'élément et suivre son profil de vieillissement.

La résistance et la conductance en courant alternatif/continu varient en fonction de la conception de l'élément et du lot de fabrication, et varient aussi d'un fabricant à l'autre. Il en découle que des essais de corrélation sont nécessaires pour déterminer le profil de la résistance ou de la conductance en courant alternatif/continu de tout type ou modèle d'élément.

Les essais de corrélation font apparaître une large plage de variation (jusqu'à $\pm 15\%$) de la capacité pour une même valeur de résistance ou de conductance en courant alternatif/continu, même entre éléments d'un même modèle. La surveillance par le biais de la résistance ou de la conductance en courant alternatif/continu peut donc s'avérer inadéquate pour déterminer avec précision le moment où un produit atteint une valeur précise de capacité, par exemple 80 % de la valeur nominale. En revanche, elle peut permettre de détecter les éléments défaillants avant qu'ils ne provoquent la défaillance de la batterie. Par ailleurs, le report des valeurs de résistance/de conductance en courant alternatif/continu en fonction du temps, destiné à élaborer un profil large de vieillissement des éléments ou des batteries en service, peut permettre de prévoir le moment où les éléments nécessitent d'être remplacés.

La surveillance par la résistance ou la conductance en courant alternatif/continu peut donc être employée pour déduire un profil de vie, en reportant les variations de résistance/de conductance en fonction du temps, au fur et à mesure du vieillissement de l'élément.

Il convient que les instruments de mesure de résistance/de conductance en courant alternatif/continu utilisés pour la surveillance des batteries en service tiennent compte de l'effet de l'ondulation alternative sur la lecture.

Il convient de n'employer ce moyen de surveillance que sur des éléments totalement chargés en floating.

En général, les mesures de résistance/de conductance en courant alternatif/continu peuvent être utilisées pour surveiller l'état de santé et la réactivité des éléments constitutifs d'une batterie au plomb. Les résultats ne sont pas aussi précis que ceux fournis par un essai de décharge, mais ils peuvent être employés pour éviter une défaillance de la batterie. Autre avantage, la surveillance par mesure de résistance/de conductance en courant alternatif/continu n'expose pas la charge du système à des risques pendant la réalisation des essais, et elle ne laisse pas la batterie déchargée (ce qui nécessiterait une recharge).

6.4.2 Aspects particuliers

6.4.2.1 Corrélation de la résistance ou conductance en courant alternatif/continu avec l'état de l'élément

La réalisation des essais de corrélation implique la mesure de la valeur de la résistance ou de la conductance en courant alternatif/continu, immédiatement suivie de la décharge de l'élément à courant constant, afin d'en déterminer la capacité. Pour obtenir des résultats fiables, il convient de réaliser ces essais de corrélation sur un échantillon d'éléments représentant un vaste éventail d'âges.

Il est probable que la corrélation sera différente pour chaque type, taille et origine de batterie.

6.4 AC/DC resistance or conductance

6.4.1 General considerations

The a.c./d.c. resistance or conductance of a cell varies with its condition and available capacity. AC/DC resistance or conductance can therefore be used to monitor the state of health of a cell and to follow its ageing profile.

AC/DC resistance or conductance varies with cell design, production batch, as well as between manufacturers; for this reason, correlation tests are required to determine the a.c./d.c. resistance or conductance profile for any given cell design or type.

Correlation produces a broad band variation in capacity (up to $\pm 15\%$) for the same a.c./d.c. resistance or conductance value, even between cells of the same design. AC/DC resistance or conductance monitoring can therefore not accurately determine when a product has reached a precise capacity value, e.g. 80 % of nominal, but can be successfully used to find faulty cells before they cause a battery failure. In addition, by plotting a.c./d.c. resistance or conductance values against time to produce a broad ageing profile for cells or batteries in service, it may be possible to predict when cells need to be replaced.

AC/DC resistance conductance monitoring can therefore be used to derive a life profile by plotting the change in a.c./d.c. resistance or conductance against time, as a cell ages.

AC/DC resistance or conductance measuring instruments used to monitor on-line batteries should accommodate the effect of a.c. ripple on the readings.

AC/DC resistance or conductance should only be used on fully float-charged cells.

In general, a.c./d.c. resistance or conductance testing can be used to successfully monitor the health and resilience of units making up a lead-acid battery. The results are not as accurate as those achieved by discharge testing, but can be used to prevent battery failure. AC/DC resistance or conductance testing also has the advantage of not putting the system load at risk whilst carrying out the tests; neither does it leave the battery empty, requiring a recharge.

6.4.2 Specific considerations

6.4.2.1 AC/DC resistance or conductance correlation with cell condition

Correlation tests should be conducted by measuring the a.c./d.c. resistance or conductance value and immediately discharging the cell at constant current to derive its available capacity. Correlation should be carried out on a wide age spread of cells to achieve good results.

Correlation is likely to be different for each different battery type, size and manufacture.

Pour obtenir de bons résultats:

- a) il convient que les éléments soient complètement chargés en floating;
- b) il convient que la résistance ou la conductance en courant alternatif/continu soit mesurée avec les éléments chargés en floating, s'il s'agit d'un système de surveillance en service;
- c) il convient que la résistance ou la conductance en courant alternatif/continu soit mesurée par le biais de la même méthode et en utilisant le même modèle d'instrument.

Pour que les relevés soient significatifs, il est essentiel de toujours utiliser les mêmes points de contacts fiables et de vérifier que la batterie est toujours soit débranchée soit branchée sur le circuit externe.

NOTE Il convient de noter que certains circuits externes risquent de ne pas permettre le relevé de mesures significatives sur la batterie.

Il convient que la décharge se fasse au même rythme et jusqu'à la même tension finale que stipulé par les paramètres dimensionnants du système d'alimentation.

Il convient que les valeurs de résistance ou de conductance en courant alternatif/continu soient reportées en fonction de la capacité disponible dans l'élément, déterminée par l'essai de décharge. Il est recommandé que cette capacité disponible s'exprime en pourcentage de la capacité nominale.

6.4.2.2 Exigences en matière de niveau de bruit du système

De nombreux systèmes stipulent les niveaux de bruit maximaux sur les alimentations continues, les exigences en termes de métallisation ou mise à la masse, et les exigences de CEM (compatibilité électromagnétique). Le cas échéant, il convient que les essais de résistance ou de conductance en courant alternatif/continu satisfassent à ces exigences.

Ainsi, les normes suivantes sont applicables aux systèmes de télécommunications: ETS 300 132-2, ETS 300 253 et ETS 300 386-1.

6.4.3 Mesure et analyse des données

6.4.3.1 Arbre de décision des mesures

La procédure de mesure de la résistance ou de la conductance en courant alternatif/continu est indiquée sur la figure 6a.

NOTE Dans le texte qui suit, les nombres entre parenthèses renvoient à la figure 6a.

Il est recommandé de ne pas débiter l'essai en présence d'alarmes du système d'alimentation (2), sous peine d'aboutir à des résultats erronés. Il convient que l'alarme du système d'alimentation intègre toutes les alarmes des arbres de décision relatifs à la température, à l'intensité du courant de floating et à la tension de floating, détaillées en 6.1, 6.2 et 6.3. C'est l'alarme d'intensité du courant de floating, $I_{fl} - I_{fl,max} > 0$, (voir 6.2.3.3) qui indique la pleine charge de la batterie.

Il convient que le courant alternatif d'essai injecté (6) soit d'amplitude constante pendant toute la durée de l'essai, et de même amplitude et fréquence pour tous les essais réalisés sur le même produit. L'injection du courant alternatif d'essai peut être réalisée pour l'ensemble de la branche de batterie ou pour chaque élément à tour de rôle.

L'amplitude du courant alternatif de chaque élément et celle du courant alternatif d'essai sont mesurées (7), puis pour chaque élément on calcule (8) la résistance en courant alternatif/continu Z ou la conductance C . Il convient de corriger les valeurs obtenues pour tenir compte de la température de la batterie, selon les instructions du fabricant.

To achieve good results:

- a) cells should be fully float charged;
- b) the a.c./d.c. resistance or conductance should be measured with the cells on float charge if on-line monitoring is to be used;
- c) a.c./d.c. resistance or conductance should be measured by the same method and using the same model of instrument.

Care shall be taken to consistently use the same reliable points of contact and to see that the battery is consistently connected or disconnected to the external circuit.

NOTE It should be noted that some external circuits may not allow meaningful readings to be taken on the battery.

The discharge should be carried out at the same rate and to the same end voltage as the power system design parameters.

The value of a.c./d.c. resistance or conductance should be plotted against the available capacity of the cell as determined by the discharge. The available capacity should be expressed as a percentage of nominal capacity.

6.4.2.2 System noise level requirements

Many systems specify the maximum noise levels present on the d.c. supplies, the system earthing/bonding requirements and EMC requirements. On-line a.c./d.c. resistance or conductance testing should comply with these requirements where they exist.

For instance, for telecommunication systems, the following standards apply: ETS 300 132-2, ETS 300 253 and ETS 300 386-1.

6.4.3 Data measurement and analysis

6.4.3.1 Measurement decision tree

The procedure for making a.c./d.c. resistance or conductance measurements is shown in figure 6a.

NOTE The following figures in brackets refer to figure 6a.

The test should not be started if any power system alarms are showing (2), as erroneous results may be obtained. The power system alarm should include all alarms from the temperature, float current, and float voltage decision trees mentioned in 6.1, 6.2 and 6.3. The float current alarm $I_{fl} - I_{fl,max} > 0$, (see 6.2.3.3) determines that the battery is fully charged.

The injected a.c. test current (6) should be a constant magnitude for the duration of the test and should be the same magnitude and frequency for all tests carried out on the same product. The a.c. test current may be injected through the battery string or through each unit independently.

The magnitude of each unit a.c. voltage and the magnitude of the a.c. test current are measured (7) and the unit a.c./d.c. resistance Z or conductance C is calculated for each cell (8). The values should be corrected for battery temperature, as defined by the instrument manufacturer.

S'il s'agit d'un essai initial (9), les valeurs de résistance et de conductance en courant alternatif/continu sont mémorisées en tant que résistance en courant alternatif/continu initiale Z_i et conductance initiale C_i (11). Elles serviront ultérieurement de valeurs de référence permettant de comparer les performances de la batterie à mesure de son vieillissement. Dans le cas d'un essai de fonctionnement, les valeurs sont mémorisées comme valeurs d'essai de résistance (Z_t) / de conductance (C_t) en courant alternatif/continu (10).

Une fois tous les éléments mesurés, l'injection du courant d'essai est coupée (12) et les données sont évaluées (13).

6.4.3.2 Arbre de décision de l'analyse

La procédure d'analyse des données produites par les mesures de résistance ou de conductance en courant alternatif/continu est indiquée à la figure 6b.

NOTE Dans le texte qui suit, les nombres entre parenthèses renvoient à la figure 6b.

Les valeurs moyennes des éléments sont calculées pour chaque branche, afin d'élaborer un indice de résistance/conductance en courant alternatif/continu Z/C (13.2), qui exprime la performance de chaque batterie en termes de résistance/de conductance en courant alternatif/continu. Si Z dépasse un seuil fixé Z_{max} % ou si C tombe en dessous d'un plancher fixé C_{min} % (13.3), une alarme est déclenchée (13.4).

Les valeurs de chacun des éléments sont ensuite vérifiées et comparées (13.5) à la moyenne.

6.4.3.3 Indice de résistance/de conductance en courant alternatif/continu de la batterie

L'indice de résistance ou de conductance de la batterie donne une estimation de la performance de cette dernière. En règle générale, la résistance en courant alternatif/continu d'une batterie croît à mesure que la batterie vieillit, tandis qu'en sens inverse sa conductance chute. L'indice de résistance ou de conductance en courant alternatif/continu de la batterie peut être calculé comme indiqué ci-dessous en comparant ses valeurs de résistance ou de conductance au cours de son vieillissement avec ces mêmes valeurs relevées sur la batterie à l'état neuf.

Le calcul type de l'indice de résistance en courant alternatif/continu d'une batterie est:

$$Z \% = (Z_{tav}) / (Z_{iav}) \times 100$$

où

$$Z_{iav} = (Z_{1i} + Z_{2i} + Z_{3i} + \dots + Z_{ni}) / n;$$

$$Z_{tav} = (Z_{1t} + Z_{2t} + Z_{3t} + \dots + Z_{nt}) / n.$$

Le calcul type de l'indice de conductance d'une batterie est:

$$C \% = (C_{tav}) / (C_{iav}) \times 100$$

où

$$C_{iav} = (C_{1i} + C_{2i} + C_{3i} + \dots + C_{ni}) / n;$$

$$C_{tav} = (C_{1t} + C_{2t} + C_{3t} + \dots + C_{nt}) / n.$$

Toute variation de la résistance ou de la conductance en courant alternatif/continu est indicatrice d'une variation de performances de la batterie; aussi, il est possible d'utiliser un seuil maximal de la résistance en courant alternatif/continu, en pourcentage, (Z_{max} %), ou un seuil minimal de la conductance (C_{min} %) pour déclencher une alarme.

If the test is an initial test (9), the a.c./d.c. resistance or conductance is stored as the initial a.c./d.c. resistance Z_i / conductance C_i values (11) to be used later as a base against which to compare battery performance as the battery ages. If the test is a performance test, the values are stored as test a.c./d.c. resistance (Z_t) / conductance (C_t) values (10).

Once all units have been measured, the test current is stopped (12) and the data evaluated (13).

6.4.3.2 Analysis decision tree

The procedure for analysing the data from the a.c./d.c. resistance or conductance measurements is shown in figure 6b.

NOTE The following figures in brackets refer to figure 6b.

The unit average values are calculated for each string and are used to generate a battery a.c./d.c. resistance or conductance index, Z/C (13.2) which expresses the a.c./d.c. resistance or conductance performance of the battery. If Z exceeds a pre-set value of Z_{\max} % or C falls below a pre-set value C_{\min} % (13.3), an alarm is set off (13.4).

Individual units are checked (13.5) for deviation against the average.

6.4.3.3 Battery a.c./d.c. resistance or conductance index

The battery a.c./d.c. resistance or conductance index is an estimate of the performance of the battery. Generally as a battery ages, its a.c./d.c. resistance rises and its conductance falls. The battery a.c./d.c. resistance or conductance index may be calculated as follows by comparing the a.c./d.c. resistance or conductance values as the battery ages to values measured when the battery was new.

The typical battery a.c./d.c. resistance index calculation is:

$$Z \% = (Z_{\text{tav}}) / (Z_{\text{iav}}) \times 100$$

where

$$Z_{\text{iav}} = (Z_{1i} + Z_{2i} + Z_{3i} + \dots + Z_{ni}) / n;$$

$$Z_{\text{tav}} = (Z_{1t} + Z_{2t} + Z_{3t} + \dots + Z_{nt}) / n.$$

The typical battery conductance index is:

$$C \% = (C_{\text{tav}}) / (C_{\text{iav}}) \times 100$$

where

$$C_{\text{iav}} = (C_{1i} + C_{2i} + C_{3i} + \dots + C_{ni}) / n;$$

$$C_{\text{tav}} = (C_{1t} + C_{2t} + C_{3t} + \dots + C_{nt}) / n.$$

A change in a.c./d.c. resistance or conductance indicates a change in battery performance and a maximum percentage level for a.c./d.c. resistance (Z_{\max} %) or a minimum level for conductance (C_{\min} %) can be used to generate an alarm.

L'indice de résistance ou de conductance peut, quant à lui, servir à élaborer un profil de vieillissement.

Il n'est généralement pas aisé de choisir un seuil d'alarme pour déterminer à quel moment une batterie a atteint la fin de sa vie, définie par un niveau égal à 80 % de la capacité nominale annoncée. Pour certaines fabrications et certains types de batterie, la corrélation de la résistance ou de la conductance en courant alternatif/continu avec la capacité est insuffisamment précise à 80 % de la capacité nominale, et de fausses alarmes pourraient en résulter. Il est donc conseillé de retenir au départ une valeur inférieure, par exemple 60 % de la capacité nominale. A mesure que s'accumuleront, d'une part, l'expérience opérationnelle et, d'autre part, les essais de corrélation menés sur les batteries au cours de leur vieillissement, il sera possible de choisir des seuils se rapprochant progressivement du niveau de 80 % de la capacité annoncée.

6.4.3.4 Lien entre performance individuelle et résistance/conductance en courant alternatif/continu

L'éventail des performances des divers éléments, et donc l'éventail des valeurs de résistance ou de conductance en courant alternatif/continu s'élargit à mesure que vieillit la batterie. Par ailleurs, dans les ensembles importants, un élément faible peut être négligé par l'élaboration de l'indice de résistance en courant alternatif/continu. En conséquence, si les valeurs de résistance ou de conductance d'un élément sortent d'une plage de tolérance prédéterminée par rapport à la moyenne de l'ensemble, cela peut être indicatif d'une défaillance, ou d'un besoin d'examen plus approfondi.

En conséquence, il convient que la résistance en courant alternatif/continu de chaque élément Z_n soit:

$$Z_n < (Z_{av} + Z_y)$$

ou que chaque conductance C_n soit telle que:

$$C_n > (C_{av} - C_y)$$

où

$$Z_{av} = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n) / n;$$

n est le nombre d'éléments;

Z_y est la limite, exprimée en pourcentage;

$$C_{av} = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n) / n;$$

C_y est la limite, exprimée en pourcentage.

Les valeurs de Z et C dépendant du type de produit, de la méthode et du matériel utilisés, et de l'autonomie minimale de la batterie, il convient que ces valeurs soient définies par le fournisseur et l'utilisateur final.

6.5 Caractéristiques de décharge en ligne (à décharge constante)

6.5.1 Généralités

La décharge constante est définie comme étant une décharge de valeur constante, peu susceptible d'évoluer au cours de la vie de la batterie. Il peut s'agir d'une décharge résistive constante, d'un courant constant ou d'une puissance constante.

Le moyen le plus précis pour déterminer la capacité disponible offerte par une batterie consiste à la décharger. Cette opération permet de déterminer l'autonomie offerte par la batterie, son état général et les effets du vieillissement. Les résultats de la décharge peuvent également être utilisés pour estimer la durée de vie résiduelle dans le cadre de caractéristiques de vieillissement normales. La méthode de décharge exposée ci-après utilise la

The a.c./d.c. resistance or conductance index can be used to generate an ageing profile.

It is usually not practical to choose an alarm level to determine when the battery has reached the end of life, defined as 80 % of its published capacity. With some makes and types of battery, the correlation of a.c./d.c. resistance or conductance with capacity is not sufficiently accurate at 80 % of nominal capacity and some false alarms may be generated. It is therefore recommended that initially a lower value corresponding to say 60 % of the published capacity be chosen. With experience of use and correlation tests conducted on batteries as they age, it may be possible to choose alarm levels closer to the corresponding 80 % of the published capacity.

6.4.3.4 Unit performance related to a.c./d.c. resistance or conductance

The spread of unit performance and hence a.c./d.c. resistance or conductance generally widens as the battery ages. Also, in large strings, a low individual unit may be missed by generation of the a.c./d.c. resistance index. Hence, if a unit a.c./d.c. resistance or conductance goes outside pre-set limits compared to a percentage of the string average, it may indicate a fault or that further investigation is worthwhile.

Therefore, each unit a.c./d.c. resistance Z_n should be:

$$Z_n < (Z_{av} + Z_y)$$

or each conductance C_n should be:

$$C_n > (C_{av} - C_y)$$

where

$$Z_{av} = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n) / n;$$

n is the number of units;

Z_y is the limit, expressed as a percentage;

$$C_{av} = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n) / n;$$

C_y is the limit, expressed as a percentage.

As values of Z and C are dependent on product type, method, equipment used and minimum battery autonomy, these values should be defined by the supplier and the end-user.

6.5 On-line discharge characteristics (constant load)

6.5.1 General considerations

Constant load is defined as a load of constant value where the load is unlikely to change throughout the life of the battery. It can be constant resistive, constant current or constant power.

Discharging a battery is the most accurate way of determining the available capacity. This operation will show the available autonomy time, general state of health of the battery and the affects of ageing. The results of the discharge can also be used to estimate the remaining life span for normal ageing characteristics. The method of discharge defined in this subclause uses the system load and compares working performance against the initial performance when

puissance raccordée, et compare les performances en fonctionnement aux performances initiales enregistrées à l'état neuf. Il est supposé que l'utilisation reste constante ou n'évolue que rarement au cours de la vie de la batterie. L'estimation la plus fine sera obtenue par une décharge de la batterie poussée jusqu'à la tension minimale de dimensionnement du système, ou presque jusqu'à cette valeur.

Cette méthode d'essai n'est pas conçue comme un essai de réception, celui-ci pouvant exiger davantage de précision dans la mesure des performances de la batterie.

La réalisation d'un essai de décharge en ligne n'est pas sans risque:

- a) risque de défaillance du système, en cas de défaillance soudaine de la batterie au cours de l'essai;
- b) risque de temps de disponibilité réduit, en cas de défaillance de l'alimentation secteur avant que la batterie soit complètement rechargée, c'est à dire lorsqu'elle est vide.

L'essai en ligne sera donc programmé pour avoir lieu en heures creuses (faible trafic) ou pendant les arrêts programmés du système. Il est également possible de collecter et comparer des données provenant de réelles décharges de secours, étalées dans le temps.

6.5.2 Aspects particuliers

6.5.2.1 Risque de défaillance soudaine de la batterie au cours de l'essai

Il n'existe pas de garantie absolue contre ce type de défaillance, mais pour réduire le risque, il convient de ne pas procéder à cet essai si l'intensité ou la tension de floating sont hors tolérances. Ces limites sont définies en 6.2 et 6.3. Cependant, dans certaines configurations de défaut, par exemple en cas de corrosion d'une barre de groupe, la batterie peut tomber en panne sous charge sans aucun signe avant-coureur. Si un tel risque est inacceptable, la capacité de reprise d'un système d'alimentation peut être protégée de deux manières différentes:

- a) par la mise en parallèle de deux branches de batterie ou plus;
- b) par l'utilisation d'un chargeur doté d'un dispositif permettant d'abaisser la tension de charge, de façon à entamer une décharge plutôt qu'une coupure. Si la tension est amenée à la tension minimale du circuit ou à proximité, l'essai de décharge de la batterie se poursuivra et on évitera une défaillance du système d'alimentation en cas de défaillance irrémédiable de la batterie au cours de l'essai, car le système d'alimentation est «repris» par le chargeur.

6.5.2.2 Risque de panne du secteur pendant la recharge

Il convient d'évaluer ce risque en tenant compte des conditions locales, de la fiabilité du réseau public et du temps nécessaire à la recharge de la batterie. Pour une batterie totalement déchargée, un rythme de recharge de 0,1 C_{10} A rétablira 50 % de la capacité de la batterie en 5 h. On peut, au besoin, choisir une tension de fin de décharge (EODV) légèrement supérieure à la tension minimale du système d'alimentation, de telle sorte que la batterie ne sera pas totalement «vidée» au cours de l'essai. On peut, par exemple, choisir une tension telle qu'un groupe électrogène, éventuellement disponible, ait le temps de démarrer. Cependant, en règle générale, plus la tension de fin de décharge est proche de la tension minimale du système d'alimentation, plus les résultats seront significatifs.

Une autre solution consisterait à réaliser un essai hors ligne de la batterie, mais généralement le temps d'indisponibilité de la batterie, dans ces conditions d'essai, est supérieur à celui d'un essai en ligne.

6.5.3 Mesure des données – Arbre de décision de mesure

La figure 7a donne la procédure de mesure de décharge en décharge constante.

NOTE Dans le texte qui suit, les nombres entre parenthèses renvoient aux figures 7a et 7b.

new. It assumes the load remains constant or changes infrequently during the battery life. The most accurate assessment will be obtained by discharging the battery to, or close to, the design minimum system voltage.

This test method is not intended as an acceptance test where more accurate battery performance measurements may be required.

An on line discharge test carries some risks:

- a) risk of system failure should the battery fail suddenly during the test;
- b) risk of reduced standby time should the public power supply fail before the battery is fully recharged, i.e. when it is empty.

However, an on-line test could be programmed to take place when traffic is light or during planned system down times, and data can also be gathered and compared over a period of time from real emergency discharges.

6.5.2 Specific considerations

6.5.2.1 Risk of sudden battery failure during test

There is no absolute guarantee against sudden failure but to reduce the risk, the test should be prevented if the float current and float voltage are out of limits. The limits are defined in 6.2 and 6.3. However, certain fault conditions, such as group bar corrosion, can cause the battery to fail under load without prior indication. If the risk of such a failure is unacceptable, there are two ways in which the resilience of the power system can be protected:

- a) by two or more battery strings in parallel;
- b) by using charging equipment which has a facility to lower the charging voltage so as to instigate a discharge instead of switching off. If the voltage is reduced to or close to the minimum system voltage, the battery discharge test will proceed and a system failure will be prevented if the battery fails catastrophically during the test, the system being "caught" by the charging equipment.

6.5.2.2 Risk of public power supply failure during recharge

The risk of public power supply failure during recharge should be assessed knowing the local conditions, the reliability of the public power supply and the time required to recharge the battery. For a fully discharged battery, a recharge rate of $0,1 C_{10}$ A will restore 50 % of the capacity of the battery in 5 h. If necessary, an end of discharge voltage (EODV) can be chosen which is slightly above the minimum system voltage so that the battery will not be fully "emptied" during the test. For instance, a voltage could be chosen to allow enough time for a standby generator to start, if one is available. Generally, the closer the EODV is to the minimum system voltage, the more meaningful are the discharge results.

The alternative is to test the battery off-line, but generally a battery tested off-line is unavailable for a longer time than a battery tested on-line.

6.5.3 Data measurement – Measurement decision tree

The procedure for making constant load discharge measurements is shown in figure 7a.

NOTE The following figures in brackets refer to figures 7a and 7b.

A titre de précaution pour la décharge dans un circuit connecté, l'essai ne peut pas être démarré en présence d'alarmes du système d'alimentation (2). Ces alarmes englobent toutes celles provenant des arbres de décision relatifs à la température, à l'intensité et à la tension de floating, qui figurent en 6.1, 6.2 et 6.3. C'est l'alarme du courant de floating ($I_{fl} - I_{fl,max} > 0$) (voir 6.2.3.3) qui détermine la pleine charge de la batterie.

L'intensité du courant débité dans le circuit est mesurée (4) à la tension d'utilisation normale du système d'alimentation et elle est mémorisée, de telle façon que toute évolution de la puissance débitée puisse être signalée (15.2).

L'essai de décharge est lancé (5) et, normalement, il se poursuit jusqu'à ce que la tension du circuit atteigne la tension de fin de décharge (EODV) (10). Au cours de l'essai sont mesurés et mémorisés (6) les tensions du circuit complet et de chaque élément, les courants d'utilisation dans chaque branche de batterie et le temps de décharge. Si, à tout moment au cours de la décharge, l'intensité dans une branche de batterie tombe à 0 A (7), ou si la tension de n'importe lequel des éléments tombe en dessous de la tension minimale recommandée par le fabricant (8), l'alarme est déclenchée (9) et les données sont mémorisées.

Dans le cas d'un premier essai (3), le temps nécessaire pour que la tension du système tombe à la tension de fin de décharge est mémorisé en tant que temps de décharge initiale, t_{id} . Cette valeur servira ensuite de base de comparaison des performances de la batterie à mesure qu'elle vieillit. Si la décharge constitue un essai de performances, le temps de décharge est mémorisé comme temps de décharge d'essai, t_{td} (14). Les valeurs mémorisées de t_{id} et de t_{td} sont corrigées pour une température de 20 °C, conformément aux instructions du fabricant. Les valeurs mémorisées sont ensuite évaluées (15) pour juger des performances de la batterie.

Lors de l'évaluation des données, les temps de décharge servent à élaborer un indice de batterie, BI (15.3), qui exprime les performances de la batterie sous forme d'un pourcentage de ses performances à l'état neuf, telles qu'elles ont été mesurées au cours de l'essai initial. Si BI tombe en dessous d'une valeur prédéfinie, BI_{min} % (15.4), une alarme est déclenchée (15.5).

Il est possible de pousser l'analyse plus loin pour trouver les éléments faibles. Les tensions de chacun des éléments sont comparées à la tension moyenne des éléments mesurée à la fin de la décharge (15.7), et tout dépassement des limites fixées entraîne le déclenchement d'une alarme (15.8). Si plusieurs batteries sont reliées en parallèle et si elles sont du même âge et du même type (15.10 et 15.11), l'intensité instantanée dans chaque branche de batterie est comparée (15.13) et une alarme est déclenchée dès lors qu'une des branches s'écarte de la moyenne de plus d'une valeur prédéfinie.

6.5.4 Analyse des données

6.5.4.1 Arbre de décision d'analyse

La figure 7b illustre la procédure d'analyse des données recueillies lors des mesures de décharge à décharge constante. Les paramètres utilisés sont l'indice de batterie, BI , les tensions unitaires U et l'intensité de partage de charge I_s .

6.5.4.2 Indice de batterie

L'indice de batterie est un indicateur numérique de l'état de santé d'une batterie, et exprime, en pourcentage, l'autonomie actuelle par rapport à l'autonomie à l'état neuf.

$$BI \% = t_{td} / t_{id} \times 100$$

To provide safeguards for discharging to connected load, the test cannot be started if any power system alarms are showing (2). These include all alarms from the temperature float current and float voltage decision trees in 6.1, 6.2 and 6.3. The float current alarm ($I_{fl} - I_{fl,max} > 0$) (see 6.2.3.3) determines that the battery is fully charged.

The load current is measured (4) at normal system working voltage and is stored so that any change in connected load can be notified (15.2).

The discharge test is commenced (5) and normally continues until the system voltage falls to the end of discharge voltage (EODV) (10). During the discharge, the system and unit voltages, load currents in each battery string, and discharge time are measured and stored (6). If, at any time during the discharge, a battery string current falls to 0 A (7) or any unit voltage falls below the manufacturer's recommended minimum voltage (8), the alarm is set off (9) and data stored.

If the test is an initial test (3) the time taken for the system voltage to fall to EODV is stored at the initial discharge time t_{id} and is used later as a base against which to compare battery performance as the battery ages. If the discharge is a performance test, the discharge time is stored as test discharge time t_{td} (14). The value of t_{id} or t_{td} stored are corrected for a temperature of 20 °C as per the manufacturer's instructions. Stored data is evaluated (15) to indicate battery performance.

During data evaluation, the discharge times are used to generate a battery index, BI (15.3) which expresses the performance of the battery as a percentage of its performance when new as measured during the initial test. If BI falls below a pre-set value BI_{min} % (15.4), an alarm is set off (15.5).

Further checks can be made to find weak units. Individual unit voltages are compared to the average unit voltage measured at the end of the discharge (15.7) and, if outside pre-set limits, an alarm is set off (15.8). If there is more than one battery in parallel and they are of the same age and type (15.10 and 15.11), the instantaneous current of each battery string is compared (15.13) and an alarm generated if any battery string current deviates from the average by a pre-set amount.

6.5.4 Data analysis

6.5.4.1 Analysis decision tree

The procedure for analysing the data from the constant load discharge measurements is shown in figure 7b. The parameters used are battery index BI , unit voltages U , and the load share current I_s

6.5.4.2 Battery index

The battery index is a numerical measure of the condition of the battery and expresses the achieved autonomy time as a percentage of the autonomy time when new.

$$BI\% = t_{td} / t_{id} \times 100$$

où

BI est l'indice de batterie;

t_{td} est le temps nécessaire à la tension de batterie, lors de la première décharge (à l'état neuf) avec une charge connectée, pour tomber à la tension de fin de décharge;

t_{id} est le temps nécessaire à la tension de batterie, au cours d'un essai de décharge dans la même charge connectée, pour tomber à la tension de fin de décharge.

Une diminution de BI signale donc une chute de performances, et une valeur minimale BI_{min} peut être fixée comme seuil de déclenchement d'une alarme lorsque les performances tombent à un pourcentage défini conjointement par l'utilisateur et le fabricant.

NOTE Dans de nombreuses installations, la batterie est surdimensionnée par rapport aux besoins, et l'autonomie offerte par la batterie peut être plus importante que le besoin de secours du système d'alimentation. Il est donc important, lors de l'évaluation des performances de la batterie, de comparer celles-ci à ses performances annoncées, et non au temps de secours exigé par le système.

Quand une batterie perd plus de 20 % de sa capacité, elle entre dans une phase de détérioration rapide où ses performances deviennent imprévisibles.

6.5.4.3 Tensions unitaires

Une batterie peut parfaitement satisfaire à l'essai d'autonomie et pourtant comprendre certains éléments faibles qui nécessitent un examen plus approfondi, possible uniquement en contrôlant chacune des tensions d'élément et du monobloc. La dispersion des performances et donc des tensions des divers éléments au cours de la décharge peut aussi s'amplifier à mesure que vieillit la batterie. En conséquence, à l'issue de la décharge, aucune tension unitaire ne devrait être hors tolérances, par rapport à la moyenne pour la branche. Les limites préétablies de tolérances sont déduites des données du fabricant.

Il convient donc que la tension d'un élément soit:

$$(U_{av} - U_y) < U_n < (U_{av} + U_y)$$

où

U_n est la tension d'un élément;

n est le nombre d'éléments dans la branche;

$U_{av} = (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n) / n$ volts;

U_y est la limite de tension.

NOTE Lorsque plusieurs batteries sont exploitées en parallèle, une batterie contenant des éléments faibles débitera moins de courant qu'une batterie en bon état (voir courant de partage de charge ci-dessous). Cela peut masquer les différences de tension entre les éléments.

6.5.4.4 Courant de partage de décharge

Lorsque plusieurs batteries sont exploitées en parallèle, la tension aux bornes de chaque batterie doit rester identique au cours d'une décharge (en supposant des raccordements de même longueur et induisant une même chute de tension) et, pour des batteries de même performances et de même résistance en courant alternatif/continu, c'est-à-dire de même type, classe, âge et conception, il doit en être de même du courant de partage de charge. Une batterie qui comporte des éléments à faibles performances présentera un profil de tension de décharge plus bas qu'une batterie en bon état et, si elle est raccordée en parallèle avec une batterie en bon état, elle fournira un plus faible pourcentage du courant débité dans la charge.

where

BI is the battery index;

t_{td} is the time taken during the initial discharge to connected load (when new) for the battery voltage to fall to EODV;

t_{id} is the time taken during test discharge to the same connected load for the battery voltage to fall to EODV.

A fall in BI will therefore indicate a fall in performance, and a minimum value BI_{min} can be set to generate an alarm when the performance falls to a percentage value defined by the user and the manufacturer.

NOTE In many installations, the battery is oversized for its required duty, and the battery autonomy time may be longer than the required system standby time. When assessing the battery performance it is therefore important to measure the performance of the battery against its published performance and not against the standby time required by the system.

When the battery loses more than 20 % of its capacity, it enters a phase of rapid deterioration where the performance becomes unpredictable.

6.5.4.3 Unit voltages

Although a battery may pass its autonomy test, some units may be weak and warrant further investigation this can only be determined by monitoring all cell and monobloc voltages. The spread of unit performance and hence voltage during discharge may also widen as the battery ages. Hence, at the end of discharge, no unit voltage should be outside pre-set limits compared to the string average. These pre-set limits can be obtained from the manufacturer's data.

Therefore, a unit voltage should be:

$$(U_{av} - U_y) < U_n < (U_{av} + U_y)$$

where

U_n is the unit voltage;

n is the number of units in the string;

$U_{av} = (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n) / n$ volts;

U_y is the voltage limit.

NOTE Where two or more batteries are operated in parallel, a battery containing low performance cells will supply less current than a healthy battery (see load share current below). This may mask differences in cell voltages.

6.5.4.4 Load share current

Where two or more batteries are operated in parallel, the terminal voltage of each battery shall remain equal during a discharge (assuming connectors of equal length and volt drop) and for batteries of the same performance and a.c./d.c. resistance, i.e. same type, rating, age and design, they shall also share load current. A battery containing low performance cells will have a lower voltage discharge profile than a healthy battery and, when connected in parallel with a healthy battery, will supply a smaller percentage of the load current.

Ainsi, en cas d'exploitation de batteries similaires en parallèle, le partage de charge peut être utilisé pour détecter une sous-performance, en comparant la différence entre l'intensité maximale et l'intensité minimale dans la branche à l'intensité totale dans la charge:

$$(I_{S,max} - I_{S,min}) / I_L < f$$

où

$I_{S,max}$ est l'intensité maximale dans la branche;

$I_{S,min}$ est l'intensité minimale dans la branche;

I_L est l'intensité totale de décharge;

f est le facteur de partage de décharge.

NOTE Sur certains systèmes, la disposition et la longueur des câbles peuvent influencer sur le partage de décharge et il convient donc de les prendre en compte pour la détermination de f .

Pour préserver le système d'alimentation au cours de la décharge, il est recommandé que celle-ci soit interrompue si l'intensité dans n'importe quelle branche tombe à zéro.

6.5.4.5 Analyse des données

Les valeurs et limites applicables pour la tension en fin de décharge, U_y et f , dépendant du type de produit, de la vitesse de décharge et des besoins du système utilisateur, il convient que l'utilisateur et le fabricant établissent conjointement ces paramètres.

6.6 Caractéristiques de décharge en ligne (à régime variable)

6.6.1 Généralités

Une décharge à régime variable est définie comme ayant un régime qui évolue au cours de la décharge ou d'une décharge à l'autre.

Il n'est pas possible d'obtenir une évaluation juste de l'état d'une batterie en procédant à sa décharge à régime variable. Il n'est pas possible de déterminer l'autonomie d'une batterie dans des conditions de décharge variable et, de même, les valeurs des tensions de la batterie et des éléments, mesurées dans ces conditions, ne sont pas significatives. Cependant, un essai d'autonomie peut révéler des problèmes graves, tels que la présence d'éléments en court-circuit ou présentant de très mauvaises performances.

La batterie est déchargée pendant le temps maximal d'autonomie pour laquelle elle est conçue. La tension de la batterie, le courant qu'elle débite, et les tensions des éléments, sont surveillés en permanence. Dès lors que l'un des paramètres tombe en dessous des seuils prédéfinis, l'essai est abandonné ou une alarme est déclenchée.

En résumé, du fait de la nature de la charge, cet essai ne détermine pas le véritable état de santé de la batterie ou la capacité qu'elle offre réellement. Il convient donc de ne l'intégrer que dans un système de surveillance plus vaste. De même, il n'est pas possible d'obtenir des profils de vieillissement des batteries à l'aide d'une décharge variable.

6.6.2 Aspects particuliers – Risques présentés par les essais en ligne

Les recommandations de 6.5.2, concernant la réalisation de l'essai à décharge constante, s'appliquent également à l'essai à décharge variable.

6.6.3 Arbre de décision de mesure des données

La figure 8a illustre la procédure de réalisation des mesures de décharge à régime variable.

NOTE Dans le texte qui suit, les nombres entre parenthèses renvoient aux figures 8a et 8b.

Therefore where similar batteries are operated in parallel, load share can be used to indicate poor performance by comparing the difference between the maximum string current and the minimum string current, as a proportion of the overall load current.

$$(I_{S,max} - I_{S,min}) / I_L < f$$

where

$I_{S,max}$ is the maximum string current;

$I_{S,min}$ is the minimum string current;

I_L is the total load current;

f is the load share factor.

NOTE In some systems, layout and cable length may affect load share and should be taken into account when setting f .

To safeguard the power system during the discharge, if any string current falls to zero the discharge should be aborted.

6.5.4.5 Data analysis

As values and limits of EODV, U_y and f are dependent upon product type, discharge rate and user system requirements, these values should be defined by the user and the manufacturer.

6.6 On-line discharge characteristics (varying load)

6.6.1 General considerations

Varying load is defined as a load which varies during the discharge or between discharges.

Discharging a battery using a varying load will not give an accurate assessment of the state of health of the battery. It is not possible to determine the autonomy time for a battery under variable load conditions and, likewise, battery and unit voltage values taken during such a discharge are not very meaningful. However, an autonomy test may reveal serious problems, such as shorted or very low capacity cells.

The battery is discharged for a maximum of the design autonomy time and the battery voltage, battery current and unit voltages are monitored throughout. If any of the parameters fall below pre-set values, the test is aborted, or alarms are set.

In summary, because of the nature of the load, this test does not determine the true health or available capacity of a battery. It should only be included as part of a fuller supervision system. It is also not possible to obtain ageing profiles for batteries using a varying load.

6.6.2 Specific considerations – Risks of on-line testing

The recommendations for constant load testing of 6.5.2 apply equally to varying load testing.

6.6.3 The data measurement decision tree

The procedure for making varying load discharge measurements is shown in figure 8a.

NOTE The following figures in brackets refer to figures 8a and 8b.

A titre de précaution pour la décharge dans un circuit connecté, l'essai ne peut pas être démarré en présence d'alarmes du système d'alimentation (2). Ces alarmes englobent toutes celles provenant des arbres de décision relatifs à la température, au courant et à la tension de floating, qui figurent en 6.1, 6.2 et 6.3. C'est l'alarme du courant de floating ($I_{fl} - I_{fl,max} > 0$) (voir 6.2.3.3) qui détermine la pleine charge de la batterie.

L'essai de décharge est démarré (5) et il se poursuit normalement pendant un certain temps $t_{d,min}$ (12). Si, à tout moment pendant l'essai, la tension du système tombe à la valeur de tension de fin de décharge (10), ou si la tension unitaire d'un élément quelconque, U_n , tombe en dessous de la valeur minimale recommandée par le fabricant (8), ou si une branche de batterie est incapable de débiter (7), l'essai est interrompu (9a), ou des alarmes sont déclenchées (9) et les données sont mémorisées.

Au cours de l'essai, l'intensité du courant délivré au système est mesurée et intégrée de façon à donner un relevé en ampères-heures (11).

Si l'essai de décharge va à son terme, soit jusqu'à $t_{d,min}$, la batterie peut être considérée en bon état de fonctionnement.

Il est possible de procéder à des vérifications supplémentaires pour détecter les éléments faibles. Si, à l'issue de l'essai, la tension unitaire U_n de certains éléments est tombée en dessous de la tension moyenne par élément correspondant à la tension minimale du système (14.2), une alarme est déclenchée (14.3). Les tensions de chacun des éléments sont également comparées à la tension moyenne par élément mesurée en fin de décharge (14.4) et une alarme est déclenchée (14.5) dès lors que les limites prédéfinies sont dépassées.

6.6.4 Analyse des données

6.6.4.1 Arbre de décision d'analyse

La figure 8b illustre la procédure d'analyse des données de mesure de décharge à régime variable. Les paramètres utilisés sont les tensions unitaires des éléments, U , et la tension du système, U_s .

6.6.4.2 Temps de décharge

NOTE Dans le texte qui suit, les nombres entre parenthèses renvoient à la figure 8b.

Pour obtenir de meilleurs résultats, il convient de fixer un temps de décharge ($t_{d,min}$) égal à la valeur de secours du système, telle qu'elle découle de sa conception. Il est cependant possible, si l'utilisateur ne veut pas risquer une décharge totale de la batterie (voir 6.5.2), de procéder à une décharge plus courte. Si $t_{d,min}$ ne peut être atteint, il se peut que la batterie soit défaillante, et des essais supplémentaires peuvent être demandés. Cependant, il convient de consulter également le relevé en ampères-heures en cas de surcharge subie par le système.

6.6.4.3 Tension en fin de décharge

Si la tension du système U_s tombe à la tension minimale admissible pour le système avant que le temps de décharge défini soit écoulé, une mauvaise performance de la batterie est signalée (10). En pratique, il convient que la tension en fin de décharge soit définie de telle sorte que le système de commande ait le temps de remettre le système chargeur en circuit avant que ne soit atteinte la tension minimale admissible pour le système (voir 6.5.2).

6.6.4.4 Tensions unitaires

Tout élément qui, à la fin de la décharge, présente une tension inférieure à la tension minimale moyenne du système, peut être considéré comme suspect et nécessite d'être soumis à un examen complémentaire (14.2).

To provide safeguards for discharging to connected load, the test cannot be started if any power system alarms are showing (2). These include all alarms from the temperature, float current and float voltage decision tree in 6.1, 6.2 and 6.3. The float current alarm ($I_{fl} - I_{fl, \max} > 0$) (see 6.2.3.3) determines that the battery is fully charged.

The discharge test is commenced (5) and normally continues for a defined time period $t_{d, \min}$ (12). If, at any time during the test, the system voltage falls to the end of discharge voltage (EODV) (10) or any unit voltage, U_n , falls below the manufacturer's recommended minimum voltage (8), or a battery string current fails to supply current (7), the test is aborted (9a) or the alarms are set (9) and data stored.

During the test, the system load current is measured and integrated to give an ampere hours log (11).

If the discharge test is completed, i.e. until complete time $t_{d, \min}$, the battery can be assumed to be functional.

Further checks can be made to find weak units. If, at the end of the test, any unit's voltage U_n , has fallen below the average unit voltage for the minimum system voltage (14.2), an alarm is generated (14.3). Individual unit voltages are also compared to the average unit voltage measured at the end of the discharge (14.4) and, if outside pre-set limits, an alarm is set off (14.5).

6.6.4 Data analysis

6.6.4.1 The analysis decision tree

The procedure for analysing the data from the varying load discharge measurements is shown in figure 8b. The parameters used are unit voltages, U , and the system voltage, U_s .

6.6.4.2 Discharge time

NOTE The following figures within brackets refer to figure 8b.

For best results the discharge time ($t_{d, \min}$) should be set to the system design standby time. However, if the user does not wish to risk full discharge of the battery (see 6.5.2) then the discharge may be carried out for less time. If $t_{d, \min}$ is not achieved, the battery may be faulty and further testing is required. However, the ampere-hour log should also be consulted in case the system has been overloaded.

6.6.4.3 End of discharge voltage (EODV)

If the system voltage U_s falls to the minimum allowable system voltage before the discharge time is complete, then low battery performance is indicated (10). In practice, an end of discharge voltage (EODV) should be defined which allows time for the control system to reconnect the charging system before the minimum allowable system voltage is reached (see 6.5.2).

6.6.4.4 Unit voltages

At end of discharge, any unit below the average minimum system voltage level may be suspect and require further investigation (14.2).

Donc, il convient que la tension unitaire de chaque élément U_n soit $> U_{s,\min}$ V

où

U_n est la tension unitaire de l'élément;

$U_{s,\min}$ est la tension minimale admissible pour le système/ n ;

n est le nombre d'éléments dans la branche.

La dispersion des performances des éléments et de leurs tensions pendant la décharge peut s'amplifier à mesure que la batterie vieillit. En conséquence, à la fin de la décharge, il est recommandé qu'aucune tension unitaire ne se trouve en dehors de limites prédéfinies, par rapport à la moyenne de la branche (14.4).

Donc, il convient que la tension unitaire de chaque élément soit:

$$(U_{av} - U_y) < U_n < (U_{av} + U_y)$$

où

$U_{av} = (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n) / n$ volts;

n est le nombre d'éléments dans la branche;

U_y représente les limites de tension.

NOTE Lorsque plusieurs batteries sont exploitées en parallèle, une batterie contenant des éléments faibles débitera moins de courant qu'une batterie en bon état (voir courant de partage de charge en 6.5.4.4). Cela peut masquer les différences de tension entre les éléments.

6.6.4.5 Valeurs de l'analyse des données

Dans la mesure où les valeurs et limites applicables pour la tension en fin de décharge, U_y et f , dépendent du type de produit, de la vitesse de décharge et des besoins du système utilisateur, il est recommandé que ces paramètres soient établis conjointement par l'utilisateur et le fabricant.

7 Durée de vie résiduelle

Le présent article a pour objet de comparer et mettre en vis-à-vis l'évolution des caractéristiques dans le temps et, le cas échéant, de les comparer avec les évolutions temporelles d'autres caractéristiques, afin d'évaluer l'état actuel de santé d'une branche de batterie et d'estimer sa durée de vie résiduelle.

Cette méthode d'interprétation suppose implicitement que la base de données a été constituée par les méthodes exposées à l'article 6, et que les données ont été régulièrement relevées depuis la date de mise en service. Les observations, formulées en 5.2, dans la présentation de la surveillance, sont également supposées prises en compte.

7.1 Prédications de vie en fonction de la température

7.1.1 Généralités

Si l'existence d'une relation entre la température et la durée de vie opérationnelle d'un système électrochimique est établie, elle peut alors être utilisée pour déterminer la durée de vie résiduelle à partir des informations tirées des arbres de décision des figures 2 et 3. Supposons, par exemple, que l'on adopte les hypothèses suivantes:

- a) la relation entre la température et la durée de vie veut que celle-ci diminue de moitié à chaque accroissement de température de 10 °C;
- b) les événements thermiques enregistrés sont de durée constante sur 12 mois;
- c) la durée de vie initiale d'un produit fiable à 20 °C est connue et égale à X années, par exemple.

Therefore, the individual unit voltage U_n should be $> U_{s,\min}$ V

where

U_n is the individual unit voltage;

$U_{s,\min}$ is the minimum allowable system voltage/n;

n is the number of units in the string.

The spread of unit performance and voltage during discharge may widen as the battery ages. Hence, at the end of discharge, no unit voltage should be outside pre-set limits compared to the string average (14.4).

Therefore, a unit voltage should be:

$$(U_{av} - U_y) < U_n < (U_{av} + U_y)$$

where

$U_{av} = (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n) / n$ volts;

n is the number of units in string;

U_y is the voltage limits.

NOTE Where two or more batteries are operated in parallel, a battery containing low performance cells will supply less current than the healthy battery (see 6.5.4.4, load share current). This may mask differences in cell voltages.

6.6.4.5 Data analysis values

As values and limits of EODV, U_y , and f are dependent on product type, discharge rate and user system requirements, these values should be defined by the user and the manufacturer.

7 Residual life span

The object of this clause is to compare and contrast a characteristic's data with time and, where appropriate, with similar time functions of other characteristics, with a view to assessing the current state of health of a battery string, and to estimating the remaining life span.

This method of interpretation assumes implicitly that the base data has been obtained using the methods in clause 6 and that the data has been obtained on a regular basis starting with the date of entry into service. It also assumes the observations, outlined in 5.2, of the monitoring overview.

7.1 Temperature/time predictions

7.1.1 General considerations

If a relationship is known to operate between temperature and life of an electrochemical system, then this can be used to estimate life remaining from data provided by the decision trees, shown in figures 2 and 3. As an example, if it is assumed that:

- a) the temperature/life relationship is half life for every 10 °C;
- b) the recorded temperature events have equal time duration over 12 months;
- c) a reliable product design life at 20 °C is known, say X years.

Il est alors possible de calculer une durée de vie prévue.

Prédiction

En considérant que 25 % des relevés sont effectués à 25 °C d'une part et à 35 °C d'autre part, et que les 50 % restants sont effectués à 30 °C, la durée de vie équivalente à 20 °C peut être calculée comme suit:

25 % d'une année à 25 °C divisé par 0,71	=	0,35 année à 20 °C
50 % d'une année à 30 °C divisé par 0,5	=	1,00 année à 20 °C
25 % d'une année à 35 °C divisé par 0,35	=	0,71 année à 20 °C
100 % d'une année à ce profil de température	=	2,06 années à 20 °C
Vie estimée au profil de température	=	X (vie de conception) / 2,06 années
La vie restante est la vie estimée moins un an	=	$(X / 2,06) - 1$

7.2 Prédiction de vie en fonction du courant de floating

7.2.1 Généralités sur la composante continue

Cette caractéristique ne peut pas être utilisée pour l'analyse au niveau de chaque élément ou de chaque batterie monobloc des batteries de technologie ouverte ou étanche à soupapes. Il s'agit donc d'une caractéristique moyenne par branche de batterie, qui est directement affectée par la température de celle-ci. Il faut donc comparer les données de durée de vie en fonction du courant de floating aux données de durée de vie en fonction de la température (6.1) et il convient d'appliquer des facteurs de correction à la valeur du courant de floating pour ramener ces valeurs à une température de référence commune (20 °C par exemple).

Les données de durée de vie en fonction du courant de floating compensé donnent une indication quantitative de l'état de la batterie, mais elles indiquent le niveau de stabilité du courant de floating pour les deux technologies. La courbe de durée de vie en fonction du courant de floating est tirée de la caractéristique du courant de floating (6.2) grâce à la fonction de surveillance (5.2).

7.2.2 Prédiction pour la composante continue

Les variations au cours du temps de l'intensité du courant de floating continu compensé reflètent les modifications électrochimiques qui se produisent dans les éléments ou les batteries monoblocs de la branche de batterie. Cela est illustré par la figure 9a pour les éléments ouverts et par la figure 9b pour les éléments étanches à soupapes.

L'intensité du courant s'exprime sous forme d'un rapport du courant de floating continu, celui-ci étant égal au courant de floating mesuré le jour « N » (I_N) divisé par le courant de floating au début du jour 1 (I_1). Ce rapport est donc I_N / I_1 .

Dans la figure 9a, les valeurs correspondant respectivement aux limites «enquête» et «défaillance» peuvent être obtenues à partir de 6.2. On constate que normalement, le rapport du courant continu de floating pour les éléments ouverts devrait croître progressivement pendant les premiers 75 % de leur durée de vie, puis beaucoup plus rapidement dans les derniers 25 %.

Dans le cas de la figure 9b, les éléments étanches à soupapes présentent un profil de rapport de courant continu différent. La valeur de ce rapport croît progressivement jusqu'à 50 % de la vie. Il est alors utile de procéder à une enquête. Cependant, au-delà de ce point maximal, les valeurs devraient décliner jusqu'à atteindre un minimum au moment de la défaillance.

NOTE 1 Les deux interprétations supposent que les tensions de floating restent constantes.

NOTE 2 Les systèmes à tension de floating compensée en température ne peuvent pas employer cette technique.

Then a predicted life can be calculated.

Prediction

Given that 25 % of the readings are at 25 °C and 35 °C, and the remaining 50 % of the readings are at 30 °C, then the equivalent duration at 20 °C can be calculated as follows:

25 % of one year at 25 °C divided by 0,71	= 0,35 years at 20 °C
50 % of one year at 30 °C divided by 0,5	= 1,00 year at 20 °C
25 % of one year at 35 °C divided by 0,35	= 0,71 years at 20 °C
100 % of one year at this temperature profile	= 2,06 years at 20 °C
The estimated life to the temperature profile	= X (design life) / 2,06 years
The life remaining is the estimated life minus one year	= $(X / 2,06) - 1$

7.2 Float current/time predictions

7.2.1 General considerations for d.c. component

This characteristic cannot be used for analysis on an individual cell or monobloc basis for either VLA or VRLA technologies. It is therefore an average battery string characteristic which is directly affected by the temperature of the battery string. Float current/time data therefore must be compared to temperature/time data (6.1) and compensation factors should be applied to the float current value to bring those values to a common temperature reference (for example 20 °C).

The compensated float current time data is quantitatively indicative of battery health but indicates the level of float current stability of both technologies. The float current time plot is obtained from the float current characteristic (6.2) via the monitoring overview (5.2).

7.2.2 Prediction for d.c. component

Changes in the d.c. compensated float current with time will reflect electrochemical changes taking place within the cells or monoblocs of the battery string. This is illustrated in figure 9a for VLA cells and in figure 9b for VRLA cells.

The current is expressed as the ratio of the d.c. float current, where the ratio is equal to the measured float current at day "N" (I_N) divided by initial float current on day "1" (I_1). The ratio is therefore I_N / I_1 .

In figure 9a, values for the "investigate" limit and the "fail" limit can be obtained from 6.2. It can be seen that the normal expectation for the float current d.c. ratio on VLA cells would be to see a gradual increase over the first 75 % of its life, but increasing at a much faster rate over the remaining 25 %.

In figure 9b, the VRLA has a different d.c. ratio profile. The value of the d.c. ratio increases gradually until 50 % of its life has been completed. At this point, it is useful to make an investigation. However, following this maximum point, subsequent ratio values should decline, reaching a minimum value at the point of failure.

NOTE 1 Both interpretations assume that float voltage values remain constant.

NOTE 2 Float voltage systems compensated for temperature cannot use this technique.

7.3 Prédications de vie en fonction de la résistance ou de la conductance en courant alternatif/continu

7.3.1 Généralités

Les valeurs de la résistance et de la conductance en courant alternatif/continu varient en fonction de la température et il importe de les compenser pour les ramener à une température de référence (20 °C, par exemple). La caractéristique de durée de vie en fonction de la résistance en courant alternatif/continu compensée montre l'accroissement de la valeur moyenne de la résistance en courant alternatif/continu des éléments d'une branche de batterie, ce qui peut être un signe avant-coureur de l'approche de la fin de vie. La conductance est la réciproque de la résistance en courant alternatif/continu, donc, à mesure que la branche de batterie approche de la fin de sa vie, la conductance diminue.

7.3.2 Prédiction pour les éléments étanches à soupapes

La figure 10 présente un profil typique de durée de vie en fonction de la résistance en courant alternatif/continu pour des éléments étanches à soupapes.

Toutes les valeurs de résistance en courant alternatif/continu mesurées sont divisées par sa valeur initiale et le rapport est reporté en fonction du temps.

La courbe a un peu l'allure d'une «baignoire» et une enquête est généralement nécessaire quand la résistance en courant alternatif/continu revient vers sa valeur initiale. La panne n'est généralement plus très loin, ce qui se traduit par une augmentation rapide de la résistance en courant alternatif/continu. Bien entendu, le contraire s'applique aux mesures de conductance.

7.4 Prédications de vie en fonction de la décharge en ligne

7.4.1 Généralités

En traçant la courbe du courant de décharge en fonction du temps, on obtient immédiatement la capacité disponible à un instant donné. Maintenant, si l'on reporte les valeurs de capacité en fonction du temps de fonctionnement, la courbe obtenue peut servir à prédire la fin de vie. Cette caractéristique est utilisable aussi bien sur les éléments ouverts que sur les éléments étanches à soupapes. La valeur de la capacité initiale est fixée à 100 % et toutes les valeurs mesurées par la suite s'expriment en pourcentage de cette valeur initiale.

7.4.2 Prédiction

Une courbe typique de capacité en fonction du temps de fonctionnement est présentée à la figure 11. Une enquête serait nécessaire au niveau du coude de la courbe, celui-ci étant rapidement suivi par la défaillance de l'élément, ce qu'indique la chute rapide de capacité (en pourcentage) par rapport au temps.

7.3 AC/DC resistance or conductance/time predictions

7.3.1 General considerations

AC/DC resistance or conductance values vary with temperature and compensation should be made to those values to bring them to a common reference (for example 20 °C). The compensated a.c./d.c. resistance/time characteristic indicates the increase of the a.c./d.c. resistance mean value of the cell components of a battery string, and this can indicate the approaching end of life condition. Conductance is the reciprocal of a.c./d.c. resistance as the battery string approaches end of life, thus its conductance will reduce in value.

7.3.2 Prediction for VRLA cells

A typical a.c./d.c. resistance/time profile for VRLA cells is shown in figure 10.

All the measured values of a.c./d.c. resistance are divided by the initial value and the ratio is plotted against time.

The curve tends to be shaped like a “bath tub” and investigation is generally required when the a.c./d.c. resistance re-approaches its initial value, failure follows fairly quickly, and is indicated by a rapid increase in the a.c./d.c. resistance value. Needless to say, the converse agreement applies to conductance measurements.

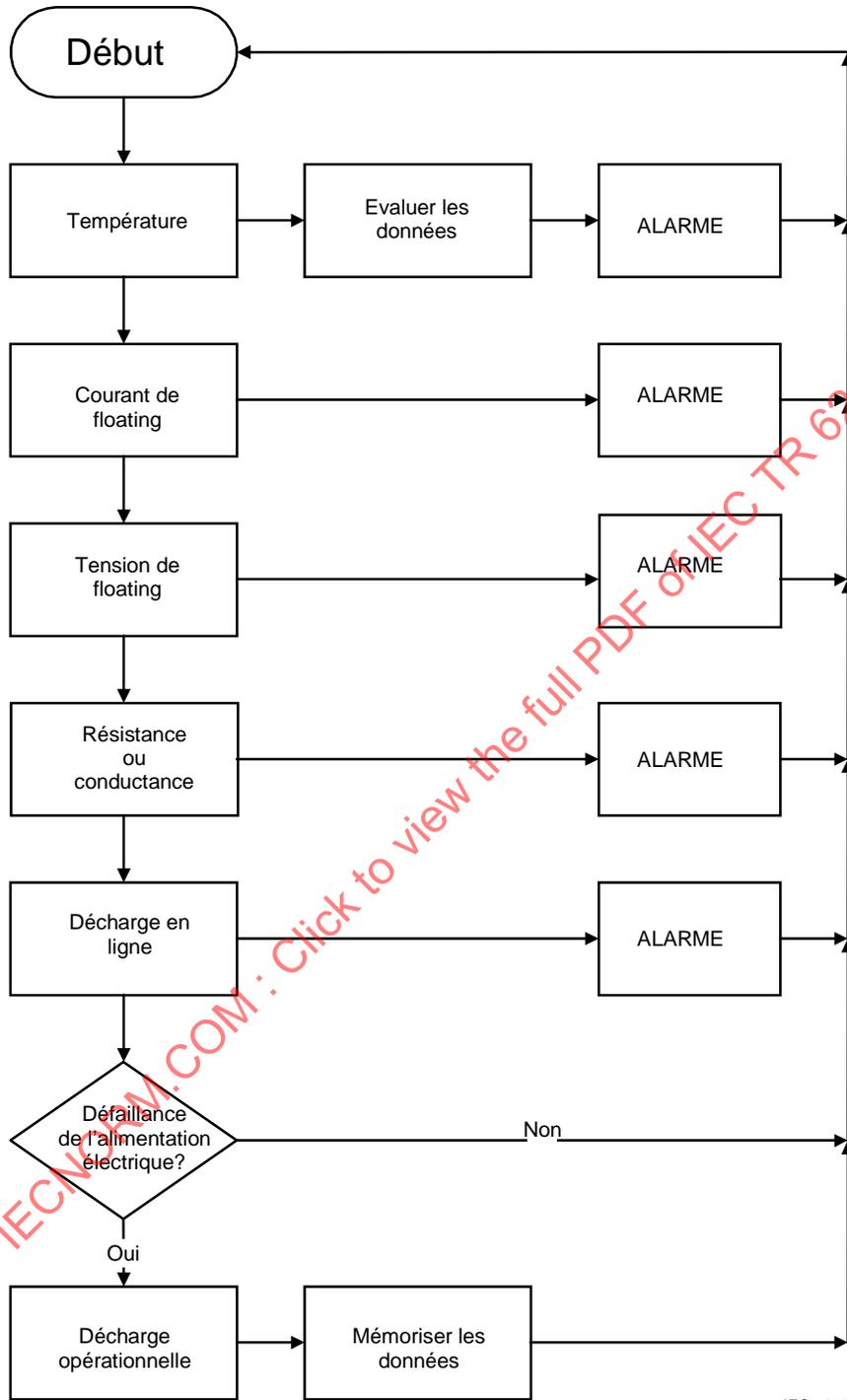
7.4 Online discharge/time predictions

7.4.1 General considerations

The discharge current when plotted against time gives an immediate indication of the available capacity at that instant in time. If the capacity values are then plotted against operational time, the resultant curve can be used to predict the end of life. This characteristic can be used for both VLA and VRLA cells. The initial capacity value is set to 100 % and subsequent measured values are expressed as a percentage of the initial value.

7.4.2 Prediction

A typical capacity/operational time is shown in figure 11. Investigation would be required at the knee of the curve and this is quickly followed by cell failure, indicated by rapid reduction in percentage capacity against time.



IEC 1764/01

Figure 1 – Logigramme – Collecte des données et alarmes

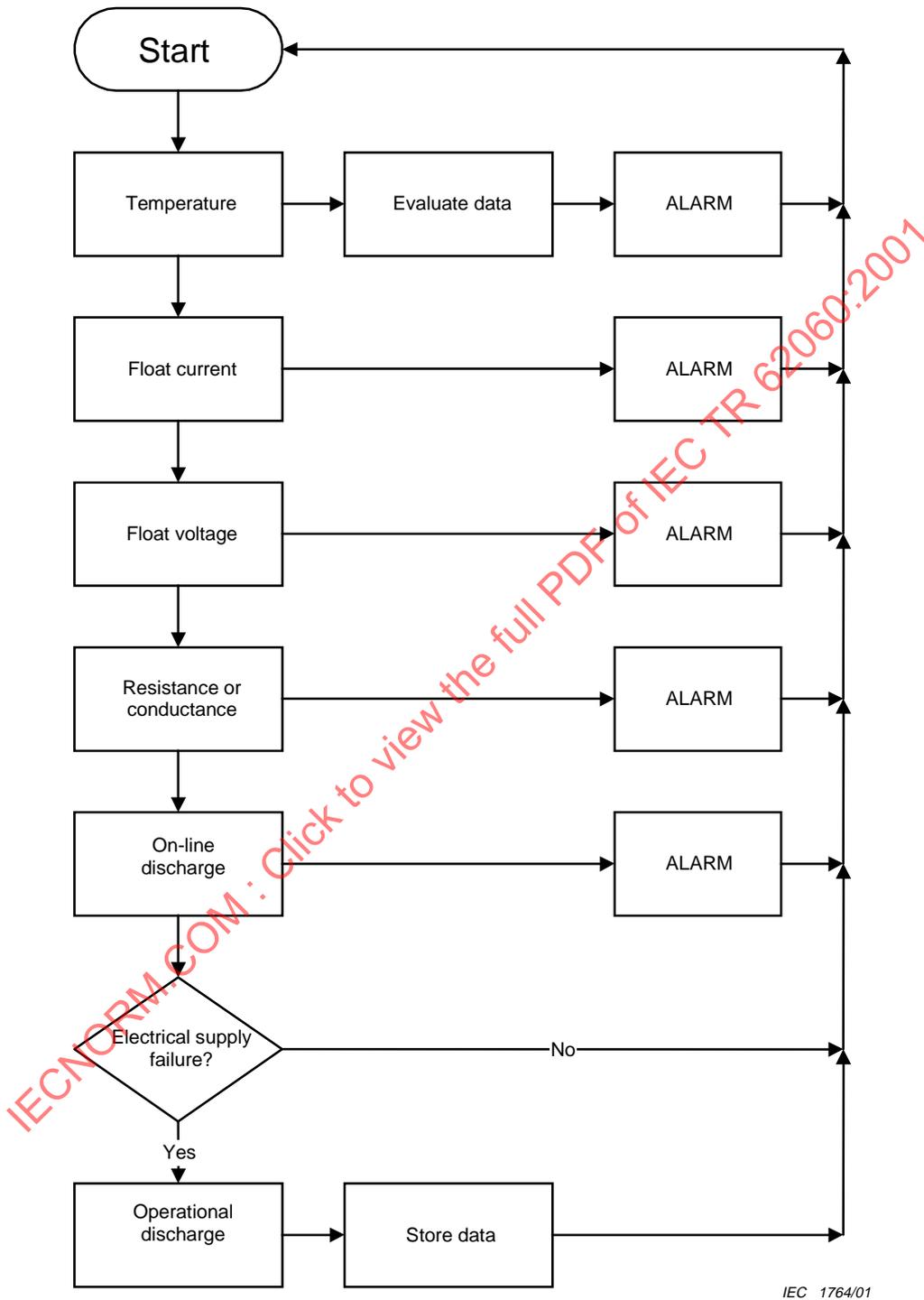
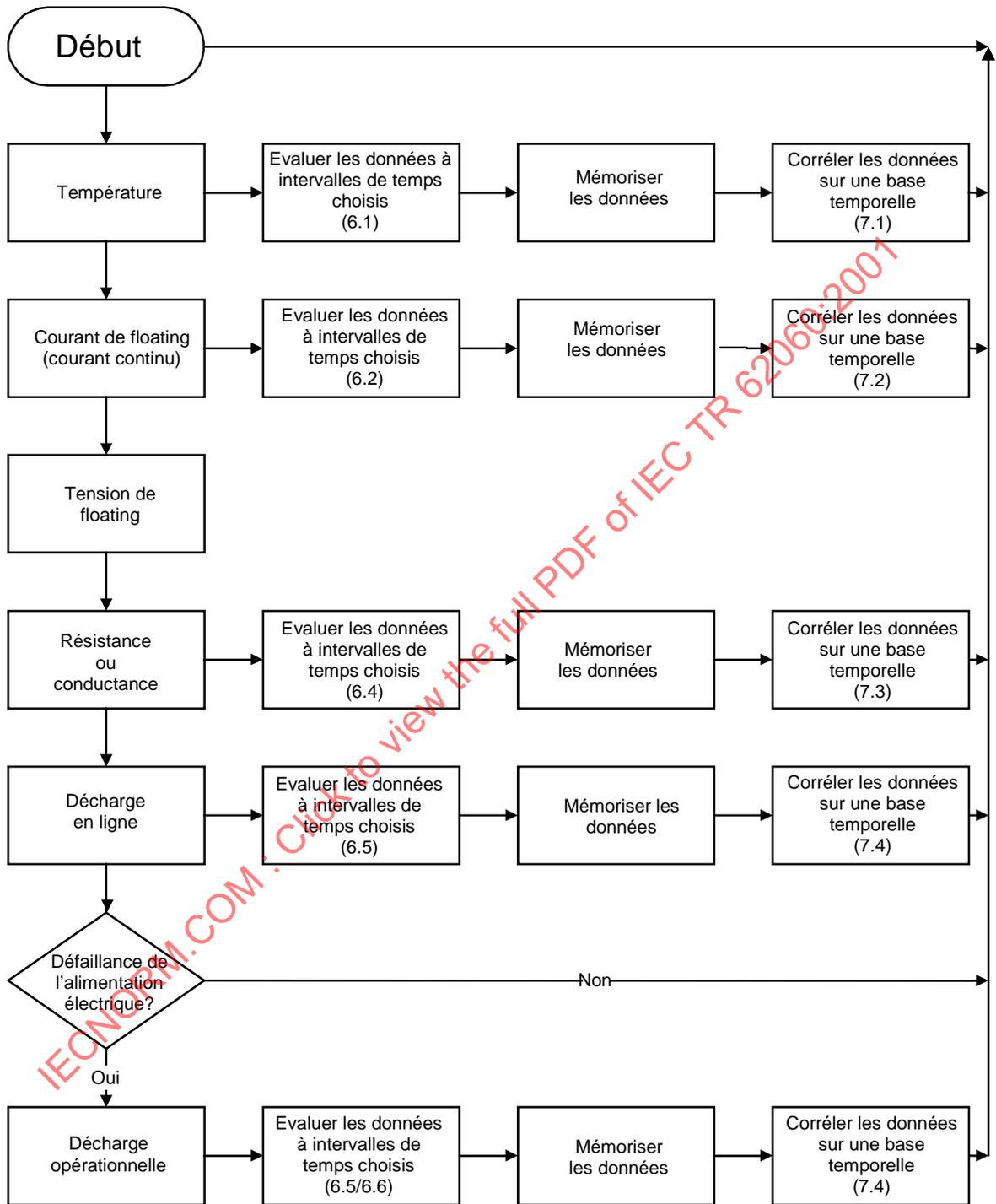
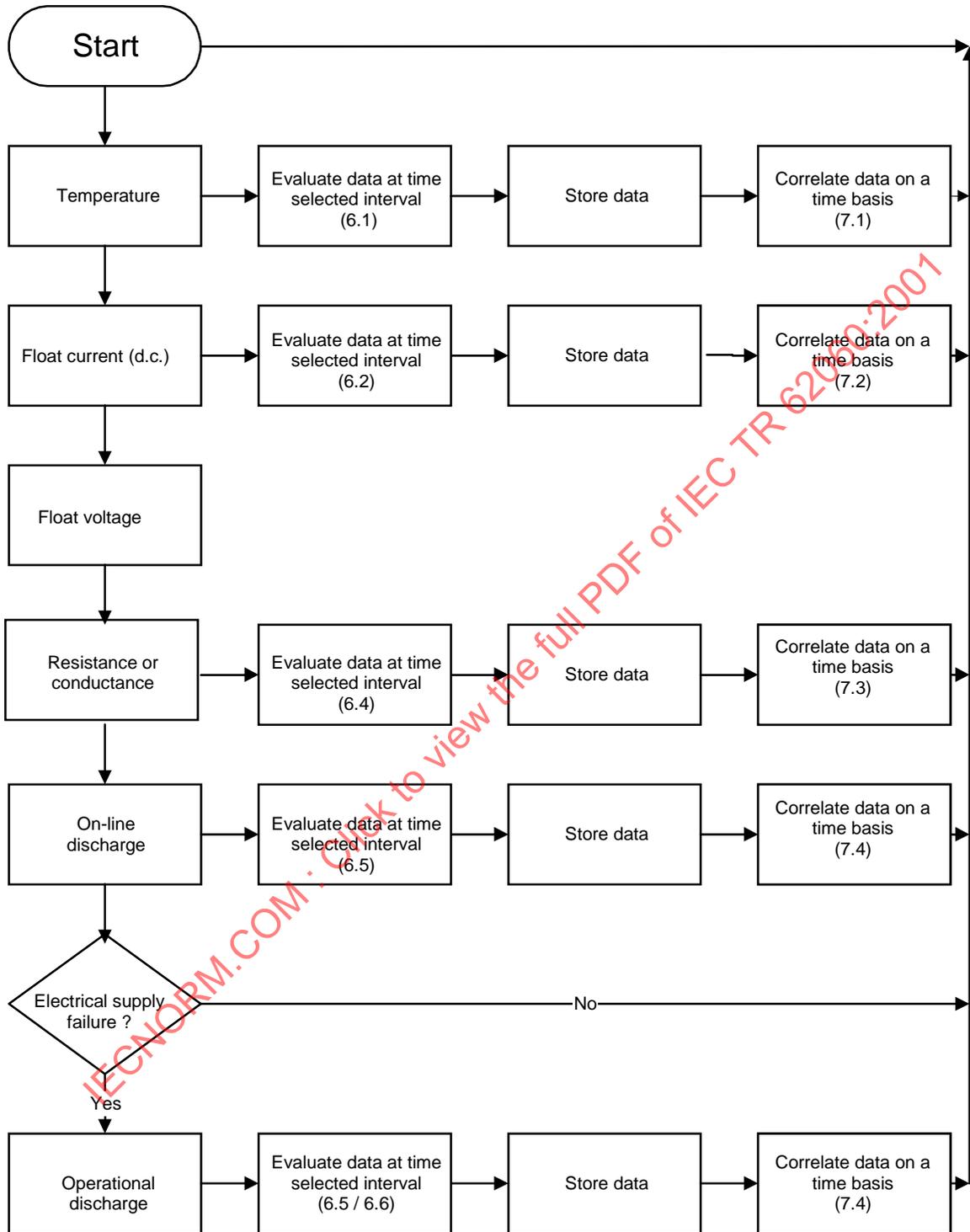


Figure 1 – Flow chart – Data collection and alarms



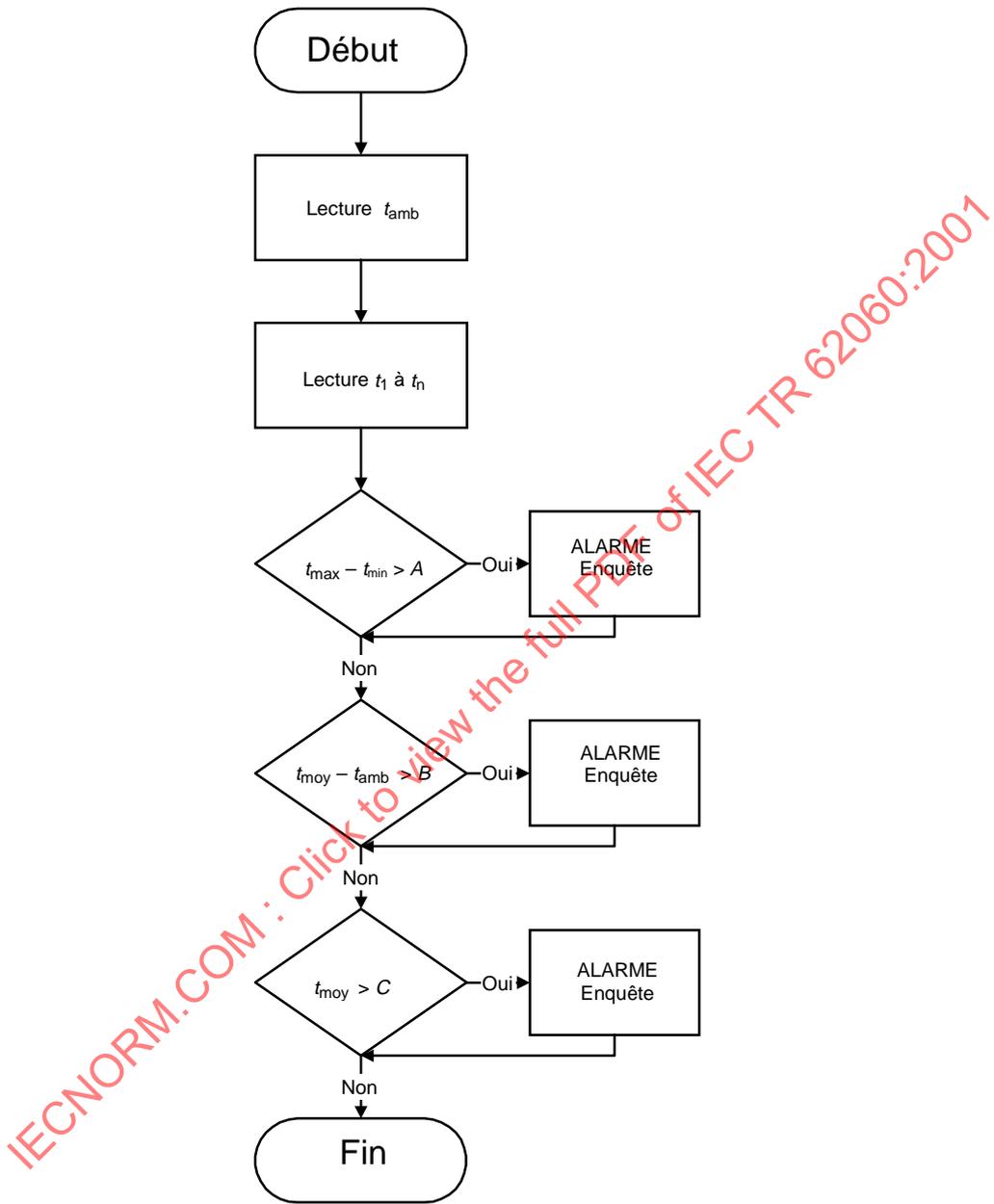
IEC 1765/01

Figure 2 – Logigramme – Collecte des données et prédictions de durée de vie



IEC 1765/01

Figure 2 – Flow chart – Data collection and life prediction



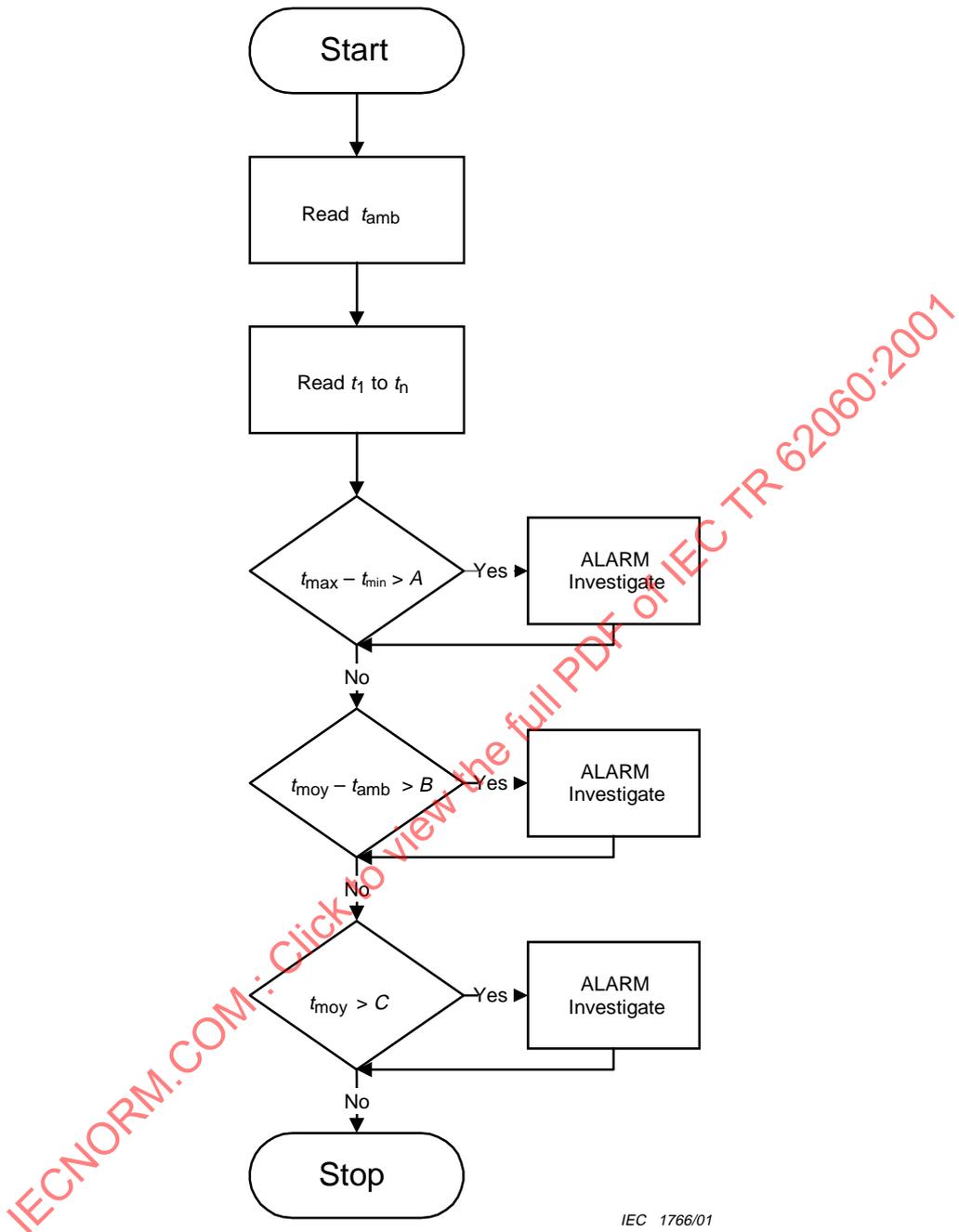
IEC 1766/01

Légende

t_{amb} température près de la batterie et, éventuellement, dans l'armoire
 t_1 à t_n températures d'éléments ou de blocs (deux valeurs au minimum)

t_{max} température maximale d'élément ou de bloc
 t_{min} température minimale d'élément ou de bloc
 t_{moy} température moyenne de la batterie $(t_1 + t_2 + .. t_n)/n$

Figure 3 – Arbre de décision – Mesures de température et analyse des données



IEC 1766/01

Key

t_{amb} ambient temperature next to the battery and inside the cabinet, if applicable
 t_1 to t_n cell or bloc temperatures (two values at least)

t_{max} maximum cell or bloc temperature
 t_{min} minimum cell or bloc temperature
 t_{avg} average battery temperature $(t_1 + t_2 + \dots + t_n) / n$

Figure 3 – Decision tree – Temperature measurement and data analysis

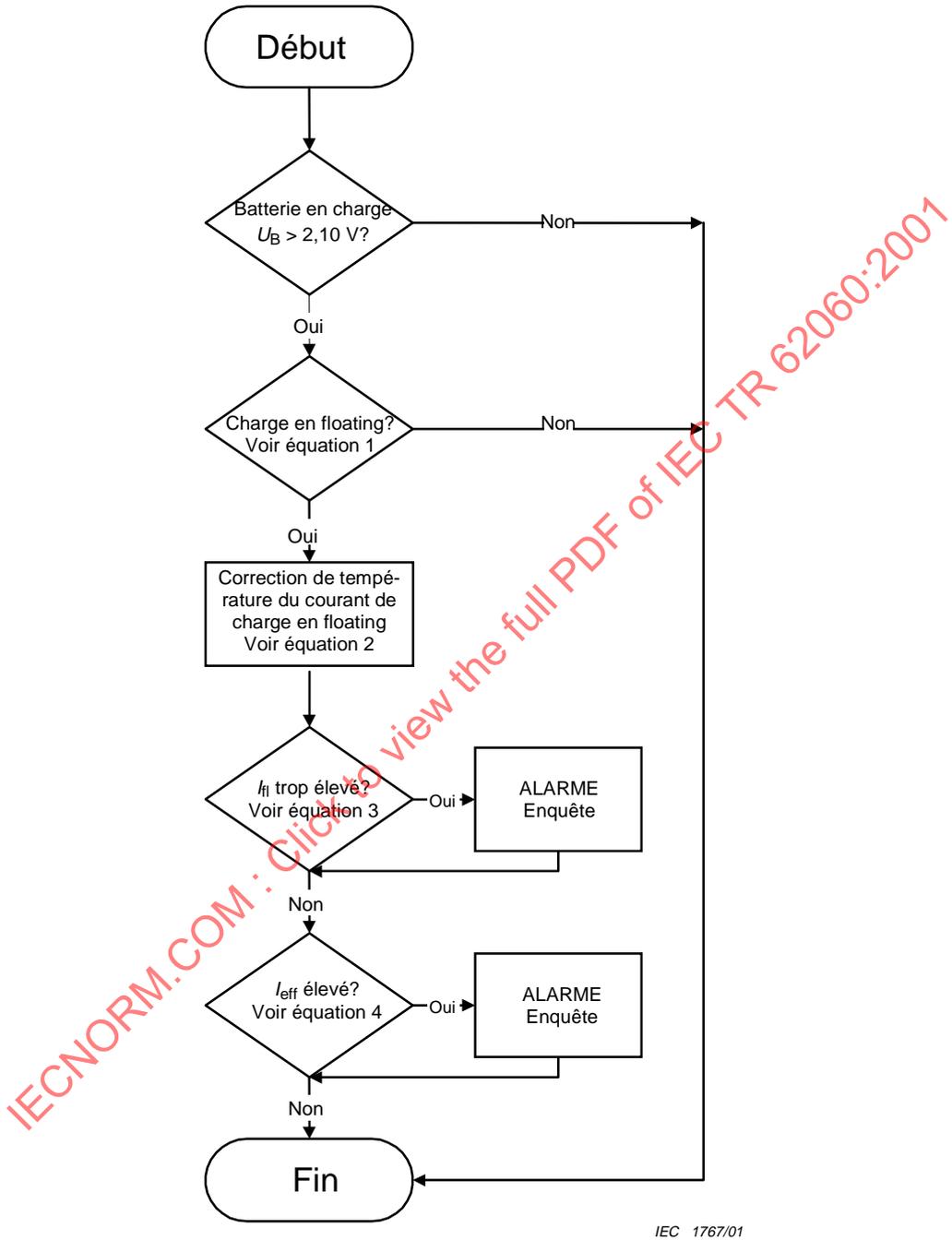
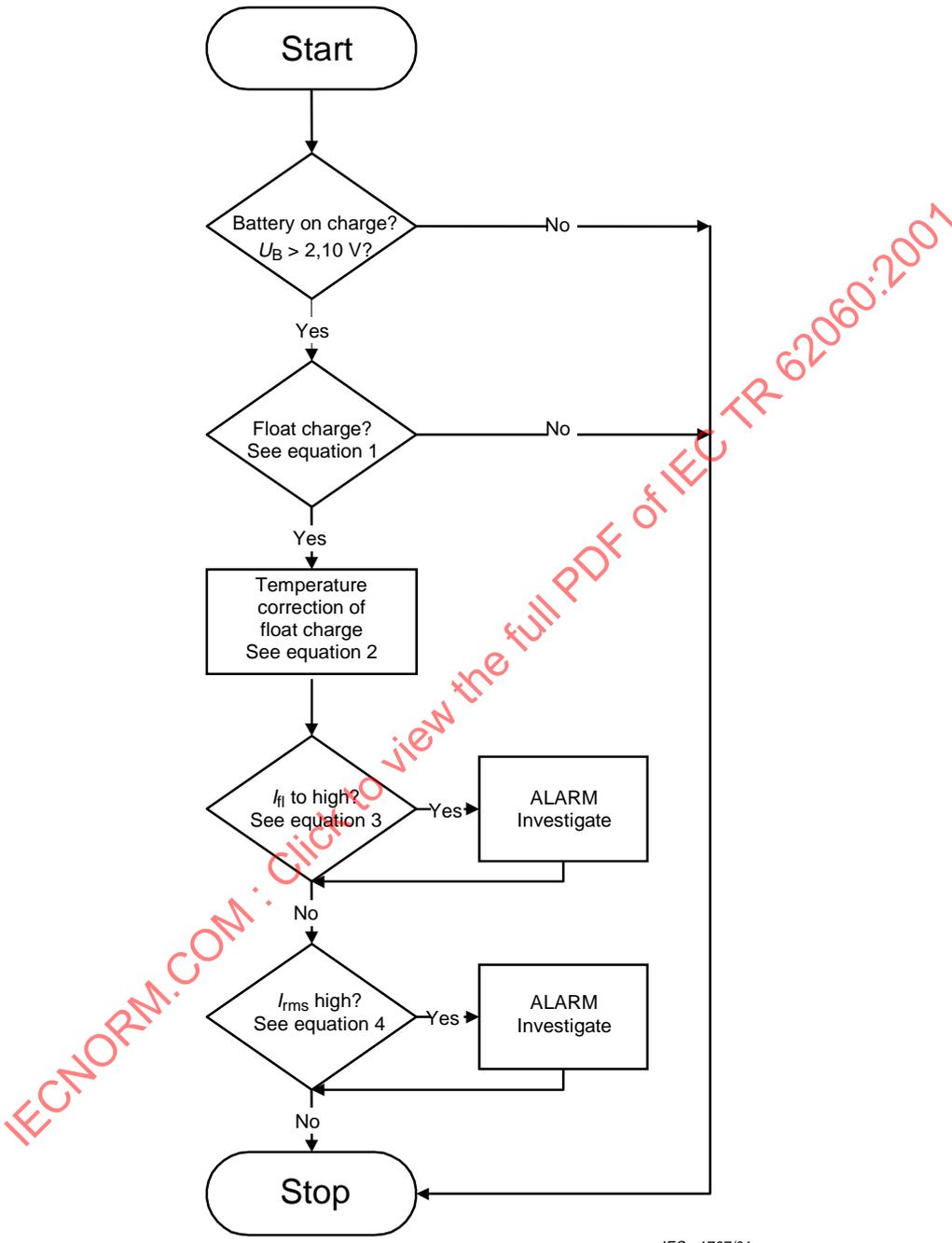
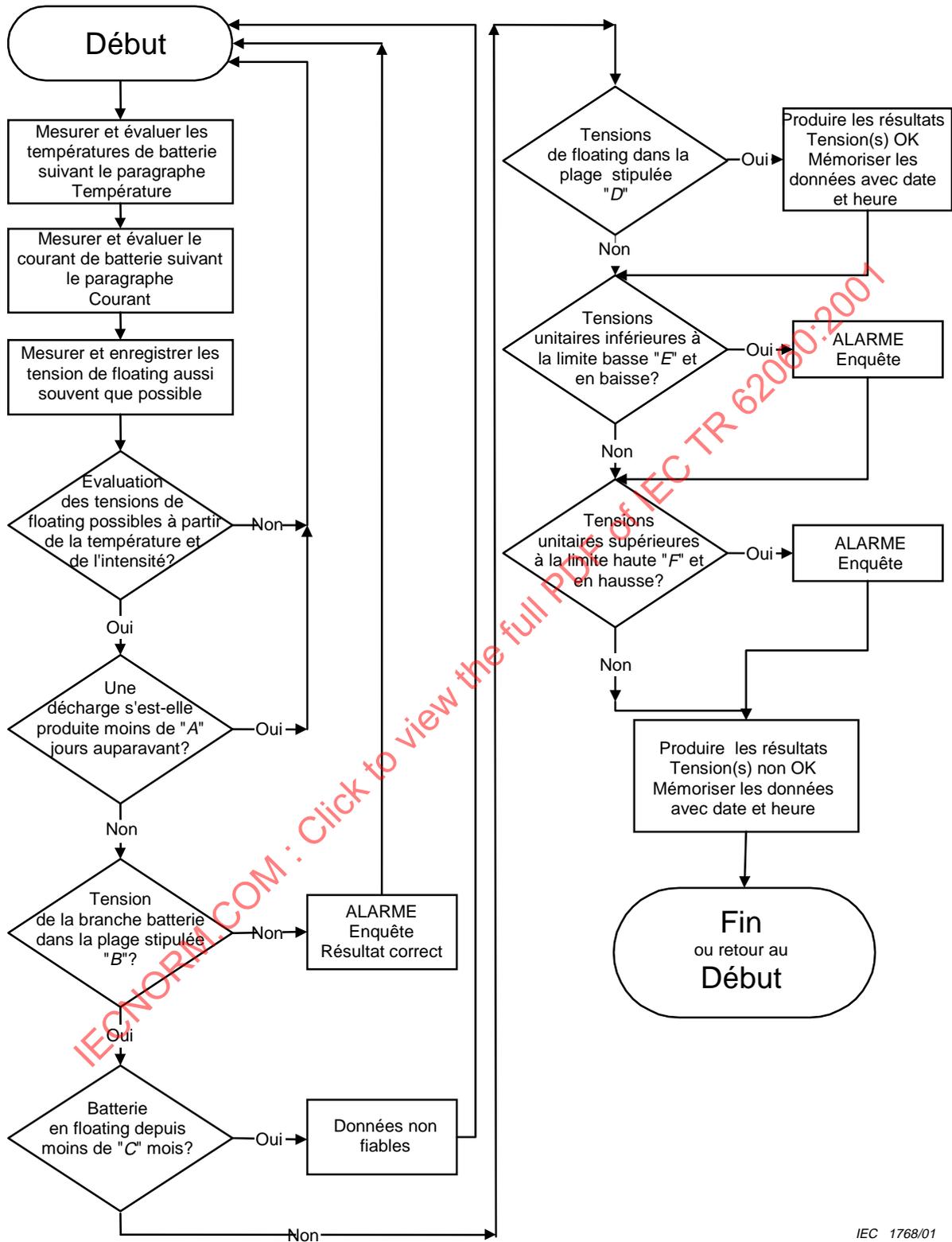


Figure 4 – Arbre de décision – Mesure du courant de floating et analyse des données



IEC 1767/01

Figure 4 – Decision tree – Float current measurement and data analysis



IEC 1768/01

Figure 5 – Arbre de décision – Mesure de tension de floating et analyse des données

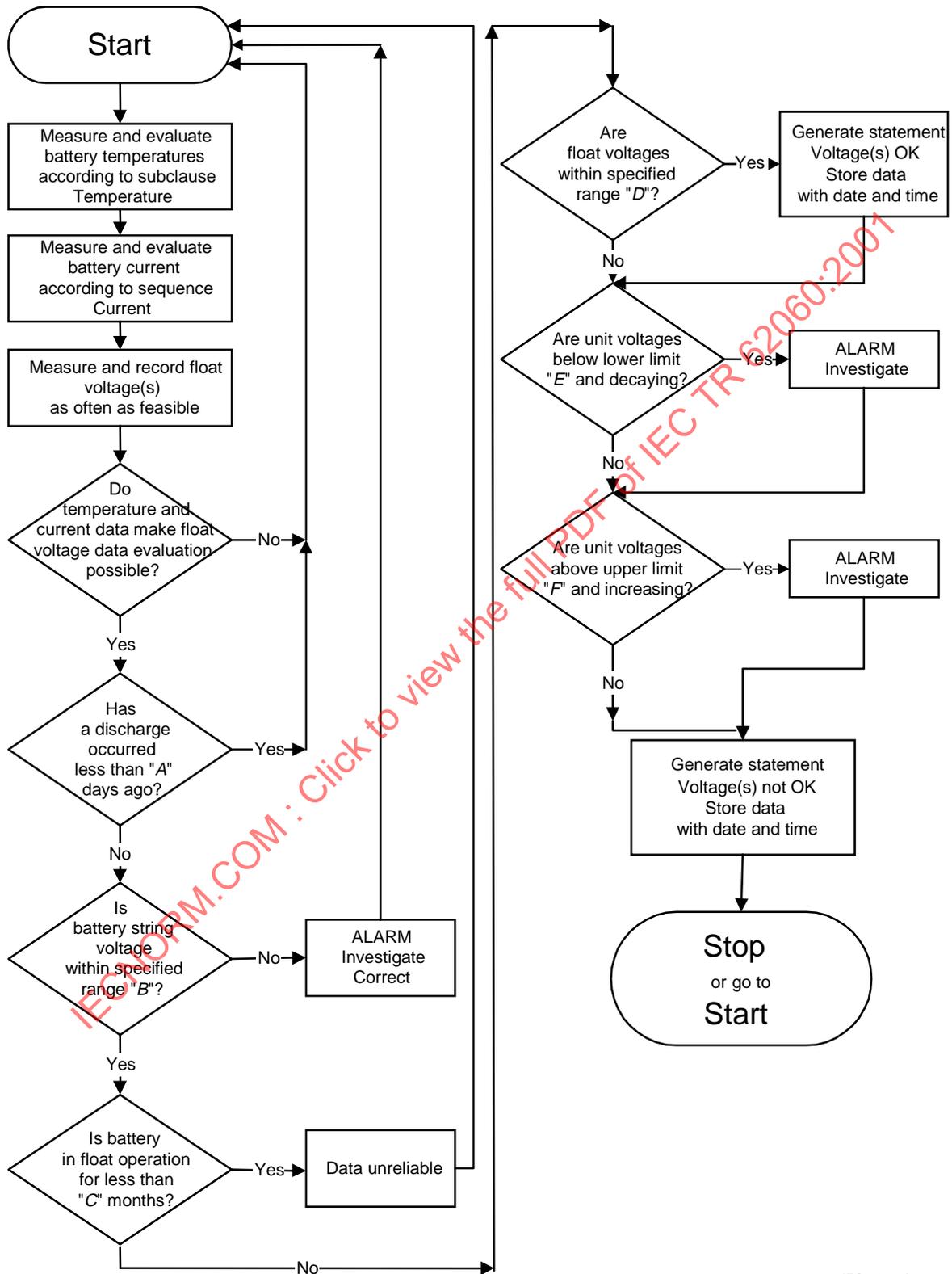


Figure 5 – Decision tree – Float voltage measurement and data analysis