

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61982-3**

Première édition  
First edition  
2001-06

---

---

**Accumulateurs pour la propulsion  
des véhicules routiers électriques –**

**Partie 3:  
Essais de performance et de durée de vie  
(véhicules pour utilisation urbaine,  
compatibles avec la circulation)**

**Secondary batteries for the propulsion  
of electric road vehicles –**

**Part 3:  
Performance and life testing  
(traffic compatible, urban use vehicles)**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61982-3:2001

## 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](http://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](http://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](http://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](mailto: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](http://www.iec.ch))
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/catlg-e.htm](http://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](http://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](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

61982-3

Première édition  
First edition  
2001-06

---

---

**Accumulateurs pour la propulsion  
des véhicules routiers électriques –**

**Partie 3:  
Essais de performance et de durée de vie  
(véhicules pour utilisation urbaine,  
compatibles avec la circulation)**

**Secondary batteries for the propulsion  
of electric road vehicles –**

**Part 3:  
Performance and life testing  
(traffic compatible, urban use vehicles)**

© 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

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

N

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	4
INTRODUCTION .....	6
1 Domaine d'application .....	8
2 Définitions .....	8
3 Hypothèses de départ .....	10
4 Essai de décharge de référence .....	10
4.1 Profil du micro-cycle de référence .....	10
4.2 Ajustement en fonction de la performance de véhicule, si nécessaire .....	12
4.3 Essai de sélection de la batterie .....	12
5 Conditions d'essais des batteries .....	14
5.1 Sélection de la batterie et préparation pour les essais .....	14
5.2 Essais sur la batterie .....	14
5.2.1 Procédure d'essai .....	14
5.2.2 Précision des mesures .....	16
5.2.3 Détermination de l'énergie embarquée de la batterie .....	16
5.2.4 Energie embarquée de référence .....	16
5.2.5 Essais de durée de vie .....	16
5.2.6 Détermination de la puissance maximale et de la résistance interne de la batterie .....	18
5.2.7 Essais de charge .....	20
5.2.8 Essais de décharge partielle .....	20
5.2.9 Plage de la tension d'utilisation .....	22
5.2.10 Mesure de l'auto-décharge .....	22
5.2.11 Essais de perte de capacité en stockage .....	22
5.3 Modifications du cycle d'essais .....	22
5.3.1 Généralités .....	22
5.3.2 Essais pour déterminer les effets du vieillissement sur la batterie .....	22
5.3.3 Essais pour déterminer les effets de la température ambiante .....	24
6 Conditions extrêmes d'utilisation .....	24
6.1 Généralités .....	24
6.2 Décharge continue à la puissance maximale délivrée par la chaîne de traction .....	24
6.2.1 Introduction .....	24
6.2.2 Procédure d'essai .....	24
6.3 Recharge à puissance régénérative maximale en fonction de l'état de charge .....	24
6.3.1 Introduction .....	24
6.3.2 Procédure d'essai .....	26
6.4 Essais thermiques .....	26
6.4.1 Cycle thermique .....	26
6.4.2 Pertes thermiques .....	26

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	9
2 Definitions.....	9
3 Initial assumptions.....	11
4 Reference test cycle.....	11
4.1 Basic current discharge micro-cycle.....	11
4.2 Adjustment for vehicle performance, if required.....	13
4.3 Battery screening test.....	13
5 Conditions for battery testing.....	15
5.1 Battery selection and preparation for test.....	15
5.2 Battery testing.....	15
5.2.1 Test procedure.....	15
5.2.2 Maximum allowable deviations.....	17
5.2.3 Determination of battery energy content.....	17
5.2.4 Benchmark energy content.....	17
5.2.5 Life testing.....	17
5.2.6 Determination of maximum power and battery resistance.....	19
5.2.7 Charging tests.....	21
5.2.8 Partial discharge testing.....	21
5.2.9 Operating voltage range.....	23
5.2.10 Measurement of self discharge.....	23
5.2.11 Capacity loss testing.....	23
5.3 Test cycle modifiers.....	23
5.3.1 General.....	23
5.3.2 Tests to determine effects of battery age.....	23
5.3.3 Tests to determine effects of ambient temperature.....	25
6 Operational extremes of use.....	25
6.1 General.....	25
6.2 Continuous discharge at maximum drive system power.....	25
6.2.1 Introduction.....	25
6.2.2 Test procedure.....	25
6.3 Recharge at maximum regenerative power as a function of state of charge.....	25
6.3.1 Introduction.....	25
6.3.2 Test procedure.....	27
6.4 Thermal tests.....	27
6.4.1 Thermal cycling.....	27
6.4.2 Thermal losses.....	27

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### ACCUMULATEURS POUR LA PROPULSION DES VÉHICULES ROUTIERS ÉLECTRIQUES –

#### Partie 3: Essais de performance et de durée de vie (véhicules pour utilisation urbaine, compatibles avec la circulation)

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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 de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61982-3 a été établie par le comité d'études 21 de la CEI: Accumulateurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
21/535/FDIS	21/538/RVD

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

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

Le comité a décidé que cette publication ne sera pas modifiée avant 2006. A cette date, la publication sera

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## SECONDARY BATTERIES FOR THE PROPULSION OF ELECTRIC ROAD VEHICLES –

### Part 3: Performance and life testing (traffic compatible, urban use vehicles)

#### 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 International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61982-3 has been prepared by IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries

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

FDIS	Report on voting
21/535/FDIS	21/538/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

The committee has decided that this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

## INTRODUCTION

Les cycles d'essais utilisés dans les normes CEI existantes pour les essais des accumulateurs de traction ont été développés afin d'établir que des batteries de même type atteignent un niveau de performance acceptable. Les niveaux de puissance ont été basés sur la capacité en ampère-heure de la batterie (W/Ah). Les essais réalisés sur un petit nombre d'éléments permettent normalement d'étendre les résultats sur toute une batterie à condition d'être dans les mêmes conditions de température. Ces essais ont spécifiquement exclu la comparaison des différents couples électrochimiques pour une même utilisation. Les essais ne sont pas conçus pour donner des informations sur la capabilité en puissance, l'acceptance de charge et les effets de décharge partielle en fonction de l'âge de la batterie, sa température, son état de charge, etc. Par conséquent, ces normes sont d'un intérêt limité lors de la sélection de batteries de traction quand différents types de batteries dont les caractéristiques peuvent varier largement sont choisis pour fournir de l'énergie à un même véhicule électrique.

L'industrie du véhicule électrique a développé des procédures d'essais qui correspondent plus précisément à l'utilisation de la batterie dans le véhicule. Les niveaux de puissance ont été basés sur la masse de la batterie (W/kg) en prenant l'hypothèse que le ratio masse de la batterie sur masse du véhicule reste constant. Ces essais ont donné des résultats satisfaisants dans le passé parce que les batteries avaient des caractéristiques similaires et que les véhicules avaient des performances relativement modestes. La situation actuelle est tout à fait différente pour plusieurs raisons:

- 1) Les performances de véhicules sont constamment en augmentation et la différence entre la puissance maximale et la puissance moyenne devient de plus en plus grande. Une batterie de traction moderne sera assujettie à délivrer une puissance très élevée par rapport à sa capacité nominale.
- 2) Un même véhicule électrique peut offrir plusieurs options. Il peut être équipé soit d'une batterie standard ayant une autonomie limitée, soit d'une batterie hautement énergétique ayant une longue autonomie, soit d'un système hybride pour ceux qui veulent satisfaire tout leur besoin de transport avec un seul véhicule. Dans tous ces cas, la puissance délivrée de la batterie sera identique, mais le dimensionnement de la batterie sera différent. Dans le cas d'un véhicule hybride, la charge régénérative devient un facteur important dans le bilan énergétique global.
- 3) Un freinage par récupération de haute puissance, similaire au niveau amplitude à la puissance délivrée par la chaîne de traction, peut être produit par les systèmes de conduite. Dans le passé, l'utilisation d'un couple élevé de régénération n'était pas permise suite au risque d'une perte de contrôle du véhicule sur les surfaces glissantes. Les véhicules électriques modernes utilisent désormais un freinage avec ABS et un système actif de contrôle de la chaîne de traction éliminant de ce fait ces risques de perte d'adhérence.
- 4) Les chaînes de traction sophistiquées maintiennent une puissance constante en augmentant le courant pour compenser la chute de tension supplémentaire à la fin de la décharge (et à d'autres moments du cycle de décharge, si nécessaire).
- 5) Beaucoup de batteries font maintenant partie d'un système global qui inclut un système électronique de gestion de la batterie (BMS), ainsi qu'un contrôle de la température. Dans de tels cas, les caractéristiques de la batterie peuvent être définies par le système de gestion de la batterie et non par le couple électrochimique lui-même car le BMS protège la batterie lors d'une utilisation extrême. Il est donc essentiel d'évaluer la performance du système entier, incluant les effets du BMS.
- 6) Les fabricants de véhicules et leurs clients sont intéressés par le comportement du système de la batterie aux conditions extrêmes d'utilisation et pas seulement aux conditions normales de fonctionnement.
- 7) La température ambiante peut excéder 50 °C ou être en dessous de -30 °C. Il sera souhaité que le système de la batterie fonctionne dans ces conditions et pendant des périodes indéfinies.

Les essais de cette norme sont destinés à fournir ces informations.

## INTRODUCTION

The test cycles used in existing IEC standards for traction battery testing have been developed to confirm that batteries of the same type reach an acceptable standard of performance. The power levels have been based on the ampere hour capacity of the battery (W/Ah). The test procedures normally allow the results to be derived from tests on a small number of cells, in a constant temperature environment. The tests have specifically excluded the comparison of different battery electrochemistries for the same duty. The tests are not designed to give information about power capability, charge acceptance and partial discharge effects as a function of age, temperature, state of charge, etc. As a result, the standards are of limited use for traction battery selection when different battery types, whose characteristics can vary widely, could be chosen to power the same electric vehicle.

The electric vehicle community has developed test cycles that reflect the actual operation of the battery in the vehicle more closely. The power levels have been based on the weight of the battery (W/kg), on the assumption that the proportion of battery weight to vehicle weight will be constant. The tests have given satisfactory results in the past since batteries have had similar characteristics and vehicles have had relatively modest performance. The situation is now quite different for a number of reasons:

- 1) Vehicle performances are increasing and the difference between the peak power and the average power is becoming greater. A modern traction battery will be subjected to high peak powers in relation to its nominal capacity.
- 2) The same electric vehicle may be offered in one of a number of optional specifications. These could include a low-range option with a standard battery; a long-range option with a premium, high-energy battery and a hybrid option for those who wish to satisfy all their transport needs with a single vehicle. In all these cases, the power taken from the battery will be identical but the battery "size" will be quite different. In the case of the hybrid, there may be a significant charging component superimposed on the discharge.
- 3) High power regenerative braking, similar in magnitude to the drive power, can be developed by the drive systems. In the past, the use of high regenerative torque has not been permissible since there was a risk of loss of control on slippery surfaces. Many modern electric vehicles use anti-lock braking systems, in conjunction with active drive system control, to prevent this possibility.
- 4) Sophisticated drive systems will maintain constant power by increasing the current to compensate for additional voltage drop at the end of discharge (and at other points in the discharge cycle, if appropriate).
- 5) Many batteries are now part of a system that includes an electronic battery management system (BMS) and temperature control. In such cases, the characteristics of the battery system may be determined by the BMS as it protects the battery against extremes of use, and not by the electrochemistry of the battery itself. It is therefore essential to assess the actual performance of the complete system including the effects of the BMS.
- 6) Vehicle manufacturers and customers are interested in the behaviour of the battery system at the extremes of operation and not just at the normal conditions of operation.
- 7) The ambient temperature may be in excess of 50 °C or below -30 °C. The battery system will be expected to operate for indefinite periods under these conditions.

The tests of this standard can be used to provide this information.

# ACCUMULATEURS POUR LA PROPULSION DES VÉHICULES ROUTIERS ÉLECTRIQUES –

## Partie 3: Essais de performance et de durée de vie (véhicules pour utilisation urbaine, compatibles avec la circulation)

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61982 s'applique aux essais de performance et de durée de vie des systèmes d'accumulation d'énergie électrique pour les véhicules électriques routiers pour utilisation urbaine, compatibles avec la circulation, conçus pour le transport de passagers ou de biens dans les centres villes. Pour les besoins de cette norme, le système d'accumulation d'énergie électrique est défini comme un système rechargé électriquement bien que certaines de ces procédures d'essai puissent être appliquées aux piles à combustible et à d'autres systèmes «mécaniquement» rechargeables. Même si des procédures d'essais spécifiques à des systèmes d'accumulation d'énergie électrique utilisés dans certains types de véhicules électriques hybrides seront développées séparément, les procédures de cette norme peuvent aussi leur être applicables.

La présente partie de la CE 61982 ne s'applique pas aux véhicules pour utilisation spéciale tels que les véhicules de transport en commun, les véhicules de ramassage d'ordures, les scooters ou les grands véhicules commerciaux. Les normes relatives aux procédures d'essai pour des systèmes d'accumulation d'énergie destinées à ces types de véhicule seront développées plus tard comme supplément à cette norme.

Les procédures d'essai sont définies en fonction des exigences du véhicule et sans aucune référence sur la nature du système d'énergie embarquée sur lequel les essais sont effectués. Ces essais permettront une comparaison directe des performances de différents systèmes d'énergie pour une même utilisation. Ils permettront également de comparer les performances d'une même source d'énergie mais de capacité différente pour une même utilisation.

Il y a lieu de noter que trois essais sont fondamentaux, à savoir l'essai de capacité (autonomie du véhicule), l'essai de puissance (performance du véhicule) et l'essai de durée de vie. Tous les autres essais sont facultatifs. Les résultats du programme d'essais seront présentés sous la forme de «niveau de performance atteint» et non pas sous la forme «réussite/échec».

NOTE Dans cette norme, les mots «batterie» ou «système de batterie» sont à considérer comme synonymes des mots «système d'accumulation d'énergie électrique» car il existe de nombreuses façons qui permettent d'accumuler de l'énergie électrique sans utiliser des couples électrochimiques.

### 2 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61982, les définitions suivantes s'appliquent:

#### 2.1

##### **véhicule de route compatible avec la circulation**

véhicule ayant suffisamment de performance pour lui permettre de s'insérer dans la circulation routière des villes

NOTE Les détails des exigences d'accélération et de vitesse restent à définir.

#### 2.2

##### **valeur de l'énergie embarquée de référence**

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

## SECONDARY BATTERIES FOR THE PROPULSION OF ELECTRIC ROAD VEHICLES –

### Part 3: Performance and life testing (traffic compatible, urban use vehicles)

#### 1 Scope

This part of IEC 61982 is applicable to performance and life testing of electrical energy storage systems for general purpose, traffic compatible, light urban use electric road vehicles that are designed for transportation of passengers or goods in city centre driving. For the purposes of this standard, the electrical energy storage system is defined as one that is recharged electrically though some of the test procedures may be applicable to fuel cells and other “mechanically” rechargeable systems. The test procedures may also be applicable to electrical energy storage systems used in some types of hybrid-electric vehicle though detailed consideration of electrical energy storage systems for hybrid vehicles will be addressed separately.

This part of IEC 61982 is not applicable to systems for specialist vehicles such as public transport vehicles, refuse collection vehicles, scooters or large commercial vehicles. Standards relating to the test procedures for energy storage systems for these vehicles will be developed later as a supplement to this standard.

The test procedures are defined as a function of the vehicle requirements and without reference to the actual composition of the electrical energy storage system under test. They will allow direct comparison between the performance of different types of electrical energy storage systems when used for the same duty. They will also allow direct comparison between the performances of the same type of electrical energy storage system with different capacities, when used for the same duty.

Note that there are three fundamental tests i.e., tests for capacity (range), power (performance), and life. All other tests are optional. The results from the test programme are presented in the form of “performance achieved” and not in the form of “pass/fail”.

NOTE Throughout this standard, the words “battery” or “battery system” are to be regarded as synonymous with the words “electrical energy storage system” since there are a number of ways in which electrical energy can be stored without the use of electrochemistry.

#### 2 Definitions

For the purposes of this part of IEC 61982, the following definitions apply:

##### 2.1

##### **traffic compatible road vehicle**

a vehicle having sufficient performance to enable it to maintain its position in the normal traffic flow that is found in urban areas

NOTE The details of acceleration and speed requirements remain to be defined.

##### 2.2

##### **benchmark energy content**

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

### 3 Hypothèses de départ

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

Vitesse moyenne en ville: 30 km/h.

Consommation énergétique de la batterie: 100 Wh/tonne × km.

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

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

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

Pourcentage maximal de la masse de la batterie par rapport la masse totale du véhicule en pleine charge: 30 %.

Autonomie maximale exigée pour un véhicule urbain: 150 km.

### 4 Essai de décharge de référence

#### 4.1 Profil du micro-cycle de référence

Le profil du micro-cycle de référence est basé sur l'essai de stress dynamique (Dynamic Stress Test ou DST), établi par le United States Advanced Battery Consortium (USABC), celui-ci étant lui-même basé sur le cycle d'essais Simplified Federal Urban Driving Cycle (SFUDS). L'analyse des durées des paliers et des niveaux de puissances pour chaque palier de ce micro-cycle montre que pour une puissance moyenne de décharge de 3 kW, la puissance maximale au palier 15 doit être fixée à 24 kW. Une liste complète des 20 paliers du micro-cycle avec une puissance maximale de 24 kW est donnée dans le tableau 1. Les puissances de décharge sont enregistrées comme des valeurs négatives. Les tolérances pour ce cycle sont données en 5.2.2.

**Tableau 1 – Liste des valeurs DST pour un micro-cycle, dont la puissance maximale est 24 kW**

Palier N°	Durée s	Puissance %	Puissance kW
1	16	0,0	0,0
2	28	-12,5	-3,0
3	12	-25,0	-6,0
4	8	+12,5	+3,0
5	16	0,0	0,0
6	24	-12,5	-3,0
7	12	-25,0	-6,0
8	8	+12,5	+3,0
9	16	0,0	0,0
10	24	-12,5	-3,0
11	12	-25,0	-6,0
12	8	+12,5	+3,0
13	16	0,0	0,0
14	36	-12,5	-3,0
15	8	-100,0	-24,0
16	24	-62,5	-14,7
17	8	+25,0	+6,0
18	32	-25,0	-6,0
19	8	+50,0	+12,0
20	44	0,0	0,0

### 3 Initial assumptions

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

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

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

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

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

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

### 4 Reference test cycle

#### 4.1 Basic current discharge micro-cycle

The basic current discharge micro-cycle is based on the Dynamic Stress Test (DST) established by the United States Advanced Battery Consortium (USABC), in turn based on the earlier Simplified Federal Urban Driving Cycle (SFUDS) test cycle. Analysis of the step durations for this micro-cycle and the percentage powers for each step indicates that, for an average discharge power of 3 kW, the micro cycle shall be scaled so that the peak power in step 15 is 24 kW. A full listing of the 20 step, DST micro-cycle with a peak power of 24 kW is given in table 1 below. Discharge powers are recorded as negative values. Tolerances for this cycle are given in 5.2.2.

**Table 1 – List of DST values for one micro-cycle, where the peak power is 24 kW**

Step No.	Duration s	Power %	Power kW	Step No.	Duration s	Power %	Power kW
1	16	0,0	0,0	11	12	-25,0	-6,0
2	28	-12,5	-3,0	12	8	+12,5	+3,0
3	12	-25,0	-6,0	13	16	0,0	0,0
4	8	+12,5	+3,0	14	36	-12,5	-3,0
5	16	0,0	0,0	15	8	-100,0	-24,0
6	24	-12,5	-3,0	16	24	-62,5	-14,7
7	12	-25,0	-6,0	17	8	+25,0	+6,0
8	8	+12,5	+3,0	18	32	-25,0	-6,0
9	16	0,0	0,0	19	8	+50,0	+12,0
10	24	-12,5	-3,0	20	44	0,0	0,0

NOTE Les valeurs citées pour les puissances régénératives sont celles requises pour satisfaire au profil de puissance DST. Afin d'éviter une surcharge dangereuse, la puissance réelle délivrée à la batterie peut être, dans certains cas, limitée par le système de gestion de la batterie.

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

#### 4.2 Ajustement en fonction de la performance de véhicule, si nécessaire

La consommation d'énergie d'un véhicule ayant des performances élevées peut être plus grande que celle d'un véhicule à performances moindres mais, du fait des contraintes liées à la circulation, la différence au niveau de la consommation d'énergie sera petite lors d'une utilisation normale en ville. Cependant, en accord avec le fabricant de la batterie et le fabricant du véhicule, l'essai de décharge peut être modifié pour refléter le fait qu'un véhicule ayant des performances élevées sollicitera plus la batterie. Pour adapter la procédure à un type de véhicule, les valeurs des paliers 15 (puissance de décharge maximale) et 19 (puissance maximale de régénération) du micro-cycle de référence doivent être ajustées en magnitude mais pas en durée afin de simuler la puissance réelle fournie par la chaîne de traction du véhicule. Une batterie destinée à équiper un véhicule performant aura ces valeurs de puissance augmentées tandis que la même batterie pour un véhicule plus basique verra ces valeurs réduites. Les niveaux de puissance et les temps des autres paliers resteront inchangés. Un exemple de micro-cycle adapté pour essayer une batterie d'un véhicule à performances élevées avec une masse (pour les besoins de l'essai) de 1 tonne est donné au tableau 2. Dans cet exemple, la puissance maximale en décharge de la chaîne de traction est 100 kW et la puissance maximale de régénération est de 50 kW.

**Tableau 2 – Liste des valeurs DST pour un micro-cycle pour un véhicule à performances élevées**

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

#### 4.3 Essai de sélection de la batterie

Le choix correct d'une batterie pour les essais est une procédure itérative qui dépend du niveau de relation entre le fournisseur de batterie et le fabricant de véhicule. Cela s'intensifie lors du déroulement des essais. Un exemple de procédure de sélection initiale d'une batterie est décrit ci-dessous.

- a) Le fabricant du véhicule doit définir les niveaux de puissance de la chaîne de traction en décharge et en freinage régénératif.
- b) Le fabricant de la batterie doit fournir un échantillonnage représentatif de la batterie pour évaluation, en utilisant le profil du micro-cycle de référence. Celui-ci est modifié, si nécessaire, pour refléter la capacité réelle de la chaîne de traction en décharge et en freinage régénératif.

NOTE The values quoted for regenerative power are those required to satisfy the DST power profile. In order to prevent serious overcharging, the actual power delivered to the battery may, in some circumstances, be limited by the battery management system.

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

#### 4.2 Adjustment for vehicle performance, if required

The energy consumption of a high performance vehicle can be higher than that of a low performance vehicle although, because of the traffic constraints, the difference in energy consumption will be small in normal town use. The battery test procedure may be made vehicle specific, subject to agreement between the battery manufacturer and the vehicle manufacturer, to reflect the fact that a high performance vehicle will put extra demands on the battery. In order to make the procedure vehicle specific, steps 15 (maximum discharge power) and 19 (maximum regenerative power) of the basic micro-cycle profile shall be adjusted in magnitude but not duration, to equal the actual power capability of the vehicle drive system. A battery system being tested for use in a high performance vehicle will have the peak values increased, while a battery system for a low performance vehicle will have them reduced. The magnitude and duration of the other steps will remain unchanged. An example of a micro-cycle adapted to test the battery for a high performance vehicle with a test weight of one tonne is shown in table 2. In this example, the maximum power capability of the drive system is 100 kW and the maximum regenerative power is 50 kW.

Table 2 – List of DST values for one micro-cycle, adapted for a high performance vehicle

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

#### 4.3 Battery screening test

Selection of the correct battery for test is an iterative process that depends on the level of understanding between the battery supplier and the car manufacturer. This will increase as the tests proceed though. As a guide to initial battery selection, the following test procedure may be adopted.

- a) The vehicle manufacturer shall determine the power requirements for the drive system, both in drive and in regenerative braking.
- b) The battery manufacturer shall supply a representative sample of the battery for evaluation using the basic current discharge profile modified, if required, to reflect the actual power capabilities of the drive system both in driving and regenerative braking.

- c) Le fabricant de la batterie doit fournir un système de gestion de la batterie qui sera connecté au banc d'essai ou donner les limites de la batterie à l'essai.
- d) Au moins un essai complet de capacité doit être effectué sur l'échantillon représentatif afin de permettre une évaluation par calcul de l'autonomie du véhicule après l'essai.
- e) Les essais doivent être répétés en gardant le même profil de puissance et en utilisant des batteries de même conception mais de masses différentes.
- f) Un graphique montrant l'autonomie calculée du véhicule en fonction de la masse de la batterie doit être établi.

Cela permettra au fabricant du véhicule et au fabricant de la batterie d'évaluer si la batterie convient pour l'application en déterminant son facteur limitant avant d'entamer un programme d'essai complet.

## 5 Conditions d'essais des batteries

### 5.1 Sélection de la batterie et préparation pour les essais

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

NOTE 1 A titre d'exemple seulement pour le choix de la batterie, il est recommandé que sa masse maximale soit limitée à 30 % de la masse totale du véhicule en pleine charge ou que sa capacité ne fournisse pas une autonomie supérieure à 150 km.

NOTE 2 Si la préparation de la batterie est un facteur important et fréquent pour le bon fonctionnement du véhicule, cela peut être un inconvénient majeur pour ce type particulier de batterie. Par exemple, les batteries qui fonctionnent à une température élevée peuvent avoir besoin d'une seule période de chauffage pendant 24 h ou plus, et d'autres, similaires aux piles à combustible, peuvent avoir besoin d'une période de chauffage avant chaque utilisation.

NOTE 3 La préparation des batteries pour des essais n'est pas une nouveauté; plusieurs cycles peuvent être effectués sur les éléments et batteries afin d'obtenir l'assurance d'une capacité convenable.

Il est possible d'effectuer des essais de sélection sur des modules de la batterie complète, pourvu que le fonctionnement du système de gestion de la batterie et les conditions thermiques soient simulés. Ces modules doivent avoir la même capacité que la batterie complète et une tension nominale d'au moins 12 V.

### 5.2 Essais sur la batterie

#### 5.2.1 Procédure d'essai

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

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

- c) The battery manufacturer shall supply a battery management system (BMS) to interface with the test bench, or list the relevant limitations of the battery under test.
- d) One or more complete capacity tests shall be conducted on the representative sample to allow an assessment of the vehicle range to be made by calculation following the test.
- e) The tests shall be repeated, maintaining the same power profile using batteries of the same basic design but having different weights.
- f) A graph shall be prepared showing the calculated range of the vehicle as a function of battery weight.

This will allow the vehicle manufacturer and the battery manufacturer to assess the suitability of the battery for the application, by determining the power limiting size of the battery, before embarking on a comprehensive test programme.

## 5 Conditions for battery testing

### 5.1 Battery selection and preparation for test

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

NOTE 1 As a guide to selection only, the maximum weight should be limited to 30 % of the total laden vehicle weight or the battery capacity should be chosen such that the anticipated range is limited to 150 km.

NOTE 2 If battery preparation is a significant and frequent factor in the operation of the vehicle system, this may be a major disadvantage of that particular battery. As a specific example, batteries which operate at an elevated temperature may require a one-off heat-up period of 24 h or more and others, with similarities to fuel cells, may require a "warm up" period before each use.

NOTE 3 Preparation of batteries for test is not new; cells and batteries may be conditioned for a number of cycles to ensure that an acceptable capacity is being delivered.

It is acceptable to carry out screening tests on sub-units of the complete battery provided that the operation of the battery management system and the thermal conditions are simulated. The battery sub-unit under screening test shall have the same capacity as the full battery and shall have a nominal voltage of at least 12 V.

### 5.2 Battery testing

#### 5.2.1 Test procedure

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

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

### 5.2.2 Précision des mesures

La précision générale de valeurs contrôlées (ou mesurées), relatives aux valeurs spécifiées (ou réelles), doit être entre les tolérances suivantes:

Température:	$\pm 2$ °C
Puissance:	$\pm 2$ % de la valeur exigée
Temps:	$\pm 1$ % de la valeur exigée
Taux de variation de puissance:	$\leq 1$ s d'une valeur de puissance établie à l'autre.

Le passage d'un niveau de puissance à un autre pendant le micro-cycle doit être telle que le point milieu de la transition effective soit au point spécifié pour la transition.

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

### 5.2.3 Détermination de l'énergie embarquée de la batterie

L'énergie embarquée de la batterie doit être mesurée en utilisant l'essai de décharge de référence décrit à l'article 4. La batterie doit être déchargée en continu en répétant le micro-cycle de décharge de référence aux niveaux de puissances établis. La décharge doit être arrêtée à la fin du micro-cycle quand la batterie ne peut plus fournir la puissance exigée ou quand le système de gestion de la batterie l'impose. La raison de la fin de l'essai doit être donnée dans le rapport d'essais. Un enregistrement continu de la tension du système de batterie doit être effectué pendant l'essai. Les valeurs du cycle d'essais utilisées, le nombre total de micro-cycles, l'énergie fournie pendant les périodes de décharge et l'énergie remise pendant les périodes de freinage récupératif doivent être enregistrés et déclarés. L'énergie embarquée de la batterie doit être déclarée comme le rendement net de l'énergie, c'est-à-dire la différence entre l'énergie fournie et l'énergie remise.

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

### 5.2.4 Energie embarquée de référence

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

### 5.2.5 Essais de durée de vie

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

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

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

### 5.2.2 Maximum allowable deviations

The overall accuracy of controlled (or measured) values, relative to the specific (or actual) values, shall be within the following tolerances:

Temperature:	$\pm 2$ °C
Power:	$\pm 2$ % of required value
Time:	$\pm 1$ % of required value
Power slew rate:	$\leq 1$ s from one value of steady power to the next.

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

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

### 5.2.3 Determination of battery energy content

The battery energy content shall be measured using the reference test cycle described in clause 4. The battery shall be tested continuously by repeating the basic current discharge micro-cycle at the agreed power levels. The test shall be terminated at the end of the micro-cycle when the battery is no longer able to deliver the required power or when the discharge is terminated by the battery management system. The reason for test termination shall be declared in the test records. A continuous record of battery system voltage shall be made during the test. The test cycle values that were used, the total number of micro-cycles, the total watt-hours (Wh) removed during the discharge portions of the test and the total Wh returned during the simulated regenerative braking portions of the test shall be recorded and declared. The battery energy content shall be declared as the net Wh output i.e., the difference between the total Wh removed and the total Wh returned.

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

### 5.2.4 Benchmark energy content

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

### 5.2.5 Life testing

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

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

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

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

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

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

### 5.2.6 Détermination de la puissance maximale et de la résistance interne de la batterie

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

La résistance de la batterie est donnée par:

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

La tension de circuit ouvert est donnée par:

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

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

$$I_{\text{pk}} = \frac{2V_{\text{oc}}}{3R_{\text{batt}}}$$

et la puissance maximale par:

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

où

$R_{\text{batt}}$  est la résistance de batterie calculée;

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

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

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

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

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

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

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

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

### 5.2.6 Determination of maximum power and battery resistance

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

The battery resistance is given by :

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

The open circuit voltage is given by :

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

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

$$I_{\text{pk}} = \frac{2V_{\text{oc}}}{3R_{\text{batt}}}$$

and the maximum power by :

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

where

$R_{\text{batt}}$  is the calculated battery resistance;

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

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

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

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

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

## 5.2.7 Essais de charge

### 5.2.7.1 Rendement de charge pendant l'utilisation normale

Le rendement de la charge doit être calculé en enregistrant l'énergie fournie et l'énergie remise à la batterie pendant chaque cycle de décharge/charge, ou pendant des cycles de décharge/charge sélectionnés du programme d'essais de durée de vie. La mesure du rendement de charge doit inclure les consommations associées à l'éventuelle utilisation de systèmes de gestion de la batterie. Cette mesure doit également inclure les consommations provenant des charges d'entretien ou d'égalisation nécessaires pendant le programme d'essais de durée de vie.

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

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

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

### 5.2.7.2 Charge rapide

Les essais pour déterminer l'aptitude de la batterie à accepter des charges rapides peuvent être réalisés sur des modules de la batterie complète.

Les modules de la batterie doivent être préparés de la même manière que pour une batterie complète et la valeur de leur énergie embarquée confirmée. La batterie doit être déchargée jusqu'à la fin du micro-cycle représentant 60 % de la valeur de l'énergie embarquée (soit 40 % d'état de charge) puis rapidement rechargées jusqu'à 80 % d'état de charge selon les instructions du fabricant de la batterie. La batterie doit être alors soumise à l'essai de décharge de référence pour la décharger pleinement afin d'évaluer l'efficacité de la charge rapide à réinjecter de l'énergie. La méthode de charge rapide, l'énergie remise à la batterie pendant cette charge rapide et l'énergie disponible doivent être déclarées.

### 5.2.7.3 Freinage régénératif

Le rendement de charge de la batterie pendant les phases normales de récupération doit être évalué en inspectant les valeurs de tension et de courant pendant l'essai de mesure de durée de vie de l'énergie embarquée. Les évaluations doivent être faites en notant le courant et la tension pendant les périodes qui simulent le freinage régénératif. Les conditions pour lesquelles le courant est réduit par le système de gestion de la batterie ou de l'équipement d'essai afin d'éviter de dépasser les conditions d'utilisation de la batterie doivent être déclarées.

## 5.2.8 Essais de décharge partielle

Les essais pour mesurer les effets de décharge partielle peuvent être réalisés sur des modules de la batterie complète.

La batterie ou les modules de la batterie doivent être déchargés jusqu'à la fin du micro-cycle représentant 20 % de la valeur de l'énergie embarquée (soit 80 % d'état de charge) et ensuite rechargés de façon normale. Cet essai doit être répété 20 fois à raison d'un cycle d'essai par jour. La batterie doit ensuite être soumise à un essai de capacité selon 5.2.3. La valeur de capacité obtenue doit être enregistrée et déclarée. L'essai de capacité peut être répété jusqu'à 5 fois de suite afin d'évaluer s'il y a des effets de récupération de la capacité. Dans ce cas, la capacité mesurée doit être enregistrée et déclarée après chaque essai de capacité.

## 5.2.7 Charging tests

### 5.2.7.1 Charge efficiency during normal operation

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

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

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

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

### 5.2.7.2 Rapid charging

Tests to determine the ability of the battery system to accept rapid charge may be made on sub-modules of the complete battery.

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

### 5.2.7.3 Regenerative braking

The charge acceptance capabilities of the battery during normal regenerative braking shall be assessed by inspection of voltage and current measured during the benchmark capacity testing cycles of the life test programme. Assessment shall be made by noting the current and voltage during the periods that simulate regenerative braking. The conditions under which the current was reduced by the battery management system or the test equipment, to avoid the operating voltage limits of the battery from being exceeded, shall be declared.

## 5.2.8 Partial discharge testing

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

The battery or sub-module shall be discharged to the end of the micro-cycle representing 20 % of the benchmark capacity i.e., to 80 % SOC, and then recharged in the normal way. This test shall be repeated a total of 20 times at a rate of one test cycle per day. The battery shall then be subjected to the battery capacity test of 5.2.3, and the battery capacity recorded and declared. The battery capacity test may be repeated up to 5 times, to assess any capacity recovery effects. In this case, the measured capacity after each test shall be recorded and declared.

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

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

### 5.2.9 Plage de la tension d'utilisation

La tension minimale pendant la décharge et la tension maximale pendant les phases de régénération doivent être enregistrées pour chaque micro-cycle pendant l'essai de mesure de la capacité de la batterie dans le programme de durée de vie (voir 5.2.3). Ces valeurs doivent être déclarées comme la plage de la tension d'utilisation pour le micro-cycle considéré.

### 5.2.10 Mesure de l'auto-décharge

Les essais pour mesurer les caractéristiques de l'auto-décharge du système de batteries peuvent être réalisés sur des modules de la batterie complète. Dans ce cas, toute consommation parasite affectant la batterie doit être simulée et ajustée aux nombres de modules essayés pour qu'elle soit représentative de celle affectant une batterie complète.

L'essai pour mesurer l'autodécharge, si nécessaire, doit être effectué immédiatement après les essais de capacité dans le programme des essais de durée de vie.

La batterie doit être pleinement chargée de manière normale puis mise au repos déconnectée de toute source extérieure d'énergie pendant 30 jours. A la fin de cette période, la capacité doit être mesurée en utilisant l'essai de capacité de la batterie (voir 5.2.3) et les résultats enregistrés. La perte de capacité doit être déclarée comme perte due à l'auto-décharge pour cette période de repos.

Cet essai peut être effectué à d'autres périodes de repos et à d'autres températures ambiantes. Les valeurs préférentielles pour les autres périodes de repos sont deux jours et cinq jours et  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  pour les valeurs de température ambiante. Dans le cas où l'essai d'auto-décharge est effectué à d'autres températures, la capacité de la batterie à ces températures doit être préalablement établie selon les essais décrits en 5.2.3 et 5.2.4.

### 5.2.11 Essais de perte de capacité en stockage

Certaines batteries peuvent perdre de façon permanente de la capacité, suite à une période de repos sans utilisation. Les détails de la procédure d'essais permettant de déterminer cette perte de capacité permanente sont à l'étude.

## 5.3 Modifications du cycle d'essais

### 5.3.1 Généralités

Il convient que le programme complet d'essais sur la batterie soit préalablement clairement établi entre le fournisseur de batterie et l'utilisateur. Ainsi, le nombre approprié de batteries ou de modules de batterie peut être préparé pour le programme d'essais.

### 5.3.2 Essais pour déterminer les effets du vieillissement sur la batterie

Les batteries ou des modules de batterie sur lesquels le programme d'essai a été effectué peuvent être utilisés pour déterminer les effets de son vieillissement sur la valeur de l'énergie embarquée, la puissance maximale, la résistance interne, le rendement de charge à tous régimes, les effets de la décharge partielle, la plage de la tension d'utilisation et l'auto-décharge. Les procédures définies ci-dessus doivent être utilisées et les résultats doivent être déclarés par rapport aux exigences.