

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.220.20; 43.120

ISBN 978-2-8322-6288-7

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Test conditions	8
4.1 General.....	8
4.2 Measuring instruments.....	9
4.2.1 Range of measuring devices.....	9
4.2.2 Voltage measurement.....	9
4.2.3 Current measurement	9
4.2.4 Temperature measurements	9
4.2.5 Other measurements	10
4.3 Tolerance	10
4.4 Thermal stabilization.....	10
5 Dimension measurement	10
6 Mass measurement	12
7 Electrical measurement	12
7.1 General.....	12
7.2 General charge conditions	12
7.3 Capacity	12
7.4 SOC adjustment.....	13
7.5 Power	13
7.5.1 General	13
7.5.2 Test method	13
7.5.3 Calculation of power density.....	14
7.5.4 Calculation of regenerative power density.....	15
7.6 Energy.....	15
7.6.1 General	15
7.6.2 Test method	16
7.6.3 Calculation of energy density.....	16
7.7 Storage test	17
7.7.1 General	17
7.7.2 Charge retention test	17
7.7.3 Storage life test	18
7.8 Cycle life test.....	18
7.8.1 General	18
7.8.2 BEV cycle test	18
7.8.3 HEV cycle test	22
7.9 Energy efficiency test.....	26
7.9.1 General	26
7.9.2 Common tests for BEV and HEV applications	26
7.9.3 Test for cells of BEV application	28
7.9.4 Energy efficiency calculation for cells of HEV application.....	29
Annex A (informative) Selective test conditions.....	31
Annex B (informative) Cycle life test sequence	33

Annex C (informative) Current-voltage characteristic test.....	36
C.1 General.....	36
C.2 Test method.....	36
Bibliography.....	39
Figure 1 – Example of temperature measurement of cell.....	9
Figure 2 – Examples of maximum dimensions of cell	11
Figure 3 – Dynamic discharge profile A for BEV cycle test	20
Figure 4 – Dynamic discharge profile B for BEV cycle test	22
Figure 5 – Discharge-rich profile for HEV cycle test	24
Figure 6 – Charge-rich profile for HEV cycle test.....	25
Figure 7 – Typical SOC swing by combination of two profiles for HEV cycle test	26
Figure B.1 – Test sequence of BEV cycle test.....	34
Figure B.2 – Concept of BEV cycle test.....	35
Figure C.1 – Test order of the current-voltage characteristic test	37
Table 1 – Discharge conditions	12
Table 2 – SOC and temperature condition for power test	13
Table 3 – Dynamic discharge profile A for BEV cycle test	20
Table 4 – Dynamic discharge profile B for BEV cycle test	21
Table 5 – Discharge-rich profile for HEV cycle test	24
Table 6 – Charge-rich profile for HEV cycle test.....	25
Table A.1 – Capacity test conditions	31
Table A.2 – Power test conditions	31
Table A.3 – Cycle life test conditions	31
Table A.4 – Conditions for energy efficiency test for BEV application	32
Table B.1 – Test sequence of HEV cycle test.....	35
Table C.1 – Charge and discharge current for the current-voltage characteristic test	36

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SECONDARY LITHIUM-ION CELLS FOR
THE PROPULSION OF ELECTRIC ROAD VEHICLES –****Part 1: Performance testing****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62660-1 has been prepared by IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) The purpose of each test has been added.
- b) The power test has been revised for clarification, and an informative part of the current-voltage characteristic test has been moved to the new Annex C.

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

FDIS	Report on voting
21/975/FDIS	21/985/RVD

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

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

A list of all the parts in the IEC 62660 series, published under the general title *Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

The commercialization of electric road vehicles including battery, hybrid and plug-in hybrid electric vehicles has been accelerated in the global market, responding to the global concerns on CO₂ reduction and energy security. This, in turn, has led to rapidly increasing demand for high-power and high-energy-density traction batteries. Lithium-ion batteries are estimated to be one of the most promising secondary batteries for the propulsion of electric vehicles. In the light of the rapid spread of hybrid electric vehicles and the emergence of battery and plug-in hybrid electric vehicles, a standard method for testing performance requirements of lithium-ion batteries is indispensable for securing a basic level of performance and obtaining essential data for the design of vehicle systems and battery packs.

This document specifies performance testing for automobile traction lithium-ion cells that basically differ from the other cells including those for portable and stationary applications specified by other IEC standards. For automobile application, it is important to note the usage specificity; i.e. the design diversity of automobile battery packs and systems, and specific requirements for cells and batteries corresponding to each of such designs. Based on these facts, the purpose of this document is to provide a basic test methodology with general versatility, which serves a function in common primary testing of lithium-ion cells to be used in a variety of battery systems.

This document is associated with ISO 12405-4 [1]¹.

IEC 62660-2 [2] specifies the reliability and abuse testing for lithium-ion cells for electric vehicle application.

IEC 62660-3 [3] specifies the safety requirements of lithium-ion cells for electric vehicle application.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

SECONDARY LITHIUM-ION CELLS FOR THE PROPULSION OF ELECTRIC ROAD VEHICLES –

Part 1: Performance testing

1 Scope

This part of IEC 62660 specifies performance and life testing of secondary lithium-ion cells used for propulsion of electric vehicles including battery electric vehicles (BEV) and hybrid electric vehicles (HEV).

NOTE 1 Secondary lithium-ion cell used for propulsion of plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) can be tested by the procedure either for BEV application or HEV application, according to the battery system design, based on the agreement between the cell manufacturer and the customer.

This document specifies the test procedures to obtain the essential characteristics of lithium-ion cells for vehicle propulsion applications regarding capacity, power density, energy density, storage life and cycle life.

This document provides the standard test procedures and conditions for testing basic performance characteristics of lithium-ion cells for vehicle propulsion applications, which are indispensable for securing a basic level of performance and obtaining essential data on cells for various designs of battery systems and battery packs.

NOTE 2 Based on the agreement between the cell manufacturer and the customer, specific test conditions can be selected in addition to the conditions specified in this document. Selective test conditions are described in Annex A.

NOTE 3 The performance tests for the electrically connected lithium-ion cells can be performed with reference to this document.

NOTE 4 The test specification for lithium-ion battery packs and systems is defined in ISO 12405-4 [1].

2 Normative references

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

ISO/TR 8713, *Electrically propelled road vehicles – Vocabulary*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	42
INTRODUCTION.....	44
1 Domaine d'application	45
2 Références normatives	45
3 Termes et définitions	45
4 Conditions d'essai	47
4.1 Généralités	47
4.2 Instruments de mesure	47
4.2.1 Amplitude des dispositifs de mesure	47
4.2.2 Mesure de la tension	47
4.2.3 Mesure du courant.....	47
4.2.4 Mesure de la température	47
4.2.5 Autres mesures	48
4.3 Tolérance	48
4.4 Stabilisation thermique.....	48
5 Mesure des dimensions	48
6 Mesure de la masse	50
7 Mesures électriques	50
7.1 Généralités	50
7.2 Conditions générales de charge.....	50
7.3 Capacité	50
7.4 Ajustement de l'état de charge (SOC)	51
7.5 Puissance	51
7.5.1 Généralités	51
7.5.2 Méthode d'essai	51
7.5.3 Calcul de la densité de puissance.....	52
7.5.4 Calcul de la densité de puissance régénérative	53
7.6 Énergie	53
7.6.1 Généralités	53
7.6.2 Méthode d'essai	54
7.6.3 Calcul de la densité d'énergie.....	54
7.7 Essai de stockage.....	55
7.7.1 Généralités	55
7.7.2 Essai de conservation de la charge	55
7.7.3 Essai de restitution de performance après stockage	56
7.8 Essai de durée de vie en cyclage.....	56
7.8.1 Généralités	56
7.8.2 Essai en cyclage BEV.....	56
7.8.3 Essai en cyclage HEV.....	60
7.9 Essai de rendement en énergie.....	64
7.9.1 Généralités	64
7.9.2 Essais communs aux applications BEV et HEV	64
7.9.3 Essai des éléments en application BEV	66
7.9.4 Calcul du rendement en énergie pour les éléments en application HEV	67
Annexe A (informative) Conditions d'essai sélectives.....	69
Annexe B (informative) Séquence des essais de durée de vie en cyclage	71

Annexe C (informative) Essai des caractéristiques courant-tension.....	74
C.1 Généralités	74
C.2 Méthode d'essai.....	74
Bibliographie.....	77
Figure 1 – Exemple de mesure de la température d'un élément	48
Figure 2 – Exemples de dimensions maximales de l'élément	49
Figure 3 – Profil dynamique de décharge A pour l'essai de durée de vie – BEV	58
Figure 4 – Profil dynamique de décharge B pour l'essai de durée de vie – BEV	60
Figure 5 – Profil à décharge dominante pour l'essai de durée de vie – HEV	62
Figure 6 – Profil à charge dominante pour l'essai de durée de vie – HEV	63
Figure 7 – Variation typique du SOC par combinaison de deux profils pour l'essai de durée de vie – HEV.....	64
Figure B.1 – Séquence des essais de durée de vie relatifs à l'application BEV	72
Figure B.2 – Concept de l'essai de durée de vie relatif à l'application BEV.....	73
Figure C.1 – Ordre des essais des caractéristiques courant-tension	75
Tableau 1 – Conditions de décharge	50
Tableau 2 – SOC et température pour l'essai de puissance	51
Tableau 3 – Profil dynamique de décharge A pour l'essai de durée de vie – BEV.....	58
Tableau 4 – Profil dynamique de décharge B pour l'essai de durée de vie – BEV.....	59
Tableau 5 – Profil à décharge dominante pour l'essai de durée de vie – HEV	62
Tableau 6 – Profil à charge dominante pour l'essai de durée de vie – HEV	63
Tableau A.1 – Conditions d'essai de capacité	69
Tableau A.2 – Conditions d'essai de puissance.....	69
Tableau A.3 – Conditions d'essai de durée de vie en cyclage	69
Tableau A.4 – Conditions d'essai de rendement en énergie relatives à l'application BEV 70	
Tableau B.1 – Séquence des essais de durée de vie relatifs à l'application HEV	73
Tableau C.1 – Courant de charge et de décharge pour l'essai des caractéristiques courant-tension.....	74

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLÉMENTS D'ACCUMULATEURS LITHIUM-ION POUR LA PROPULSION DES VÉHICULES ROUTIERS ÉLECTRIQUES –

Partie 1: Essais de performance

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62660-1 a été établie par le comité d'études 21 de l'IEC: Accumulateurs.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) L'objet de chaque essai a été ajouté.
- b) L'essai de puissance a été révisé pour clarification, et une partie informative de l'essai des caractéristiques courant-tension a été transférée à la nouvelle Annexe C.

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

FDIS	Rapport de vote
21/975/FDIS	21/985/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62660, publiées sous le titre général *Éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules routiers électriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

La commercialisation des véhicules routiers électriques, comprenant les véhicules électriques à batterie, les véhicules électriques hybrides et les véhicules électriques hybrides rechargeables, a été accélérée sur le marché international, répondant ainsi aux préoccupations mondiales concernant la réduction du CO₂ et la sécurité en matière d'énergie. Par voie de conséquence, cela a conduit à une demande rapidement croissante de batteries de traction de forte puissance et de grande densité énergétique. Il est estimé que les batteries lithium-ion sont les accumulateurs les plus prometteurs pour la propulsion des véhicules électriques. Du fait de la diffusion rapide des véhicules électriques hybrides et de l'émergence des véhicules électriques à batterie et hybrides rechargeables, une méthode normalisée d'essai relative aux exigences de performance des batteries lithium-ion est indispensable pour fixer un niveau de performance de base et obtenir des données essentielles pour la conception des systèmes des véhicules et des packs de batteries.

Le présent document spécifie les essais de performance des éléments lithium-ion destinés à la traction automobile qui diffèrent fondamentalement des autres éléments y compris ceux destinés aux applications portatives et fixes spécifiées par d'autres normes IEC. Dans le cas d'une application automobile, il est important de tenir compte de la spécificité d'usage, c'est-à-dire la diversité de conception des packs et des systèmes de batteries pour automobile, ainsi que de la diversité des exigences spécifiques relatives aux éléments et aux batteries correspondant à chacune de ces conceptions. Basé sur ces faits, le but du présent document est de fournir une méthodologie fondamentale d'essai ayant une polyvalence générale, remplissant une fonction d'essais préliminaires communs pour les éléments lithium-ion destinés à être utilisés dans divers systèmes de batteries.

Le présent document est associé à l'ISO 12405-4 [1]¹.

L'IEC 62660-2 [2] spécifie les essais de fiabilité et de traitement abusif des éléments lithium-ion pour application aux véhicules électriques.

L'IEC 62660-3 [3] spécifie les exigences de sécurité des éléments lithium-ion pour application aux véhicules électriques.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

ÉLÉMENTS D'ACCUMULATEURS LITHIUM-ION POUR LA PROPULSION DES VÉHICULES ROUTIERS ÉLECTRIQUES –

Partie 1: Essais de performance

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62660 spécifie les essais de performance et de durée de vie des accumulateurs lithium-ion utilisés pour la propulsion des véhicules électriques, incluant les véhicules électriques à batterie (BEV) et les véhicules électriques hybrides (HEV).

NOTE 1 Les éléments d'accumulateurs lithium-ion pour la propulsion des véhicules électriques hybrides rechargeables (PHEV) peuvent être soumis à l'essai avec la procédure pour application BEV ou pour application HEV, selon la conception des systèmes de batteries, sur la base de l'accord entre le fabricant de l'élément et le client.

Le présent document spécifie les procédures d'essai afin d'obtenir les caractéristiques essentielles des éléments lithium-ion destinés aux applications de propulsion de véhicules; ces caractéristiques concernent la capacité, la densité de puissance, la densité d'énergie, la durée de stockage et la durée de vie.

Le présent document spécifie les procédures d'essai et les conditions normalisées pour effectuer les essais des caractéristiques de performance fondamentales des éléments lithium-ion destinés aux applications de propulsion de véhicules; ces caractéristiques sont indispensables pour fixer un niveau de performance de base et obtenir des données essentielles pour différentes conceptions de systèmes de batteries et de packs de batteries.

NOTE 2 En plus des conditions spécifiées dans le présent document, des conditions d'essai spécifiques, basées sur un accord entre le fabricant de l'élément et le client, peuvent être choisies. Des conditions d'essai sélectives sont décrites à l'Annexe A.

NOTE 3 Les essais de performance des éléments lithium-ion connectés électriquement peuvent être effectués en faisant référence au présent document.

NOTE 4 La spécification d'essai pour les packs et systèmes de batteries est définie dans l'ISO 12405-4 [1].

2 Références normatives

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

ISO/TR 8713, *Véhicules routiers électriques – Vocabulaire*