

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials –
Part 412: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air
bomb**

**Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux
non-métalliques –
Partie 412: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique –
Vieillissement dans une bombe à air**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials –
Part 412: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air
bomb**

**Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux
non-métalliques –
Partie 412: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique –
Vieillissement dans une bombe à air**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

J

ICS 29.035.01; 29.060.20

ISBN 978-2-88912-974-4

**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.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Test method	6
4.1 General.....	6
4.2 Apparatus.....	6
4.3 Sample and test pieces preparation.....	6
4.4 Ageing procedure	7
4.5 Measurements.....	7
4.6 Expression of the result.....	7
5 Test report.....	8
Bibliography.....	9

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-412:2012

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRIC AND OPTICAL FIBRE CABLES –
TEST METHODS FOR NON-METALLIC MATERIALS –****Part 412: Miscellaneous tests –
Thermal ageing methods – Ageing in an air bomb**

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 60811-412 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

This Part 412 of IEC 60811 cancels and replaces 8.2 of IEC 60811-1-2:1985, which is withdrawn. Full details of the replacements are shown in Annex A of IEC 60811-100:2012.

There are no specific technical changes with respect to the previous edition, but see the Foreword to IEC 60811-100:2012.

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

FDIS	Report on voting
20/1296/FDIS	20/1345/RVD

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

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

This part of IEC 60811 shall be used in conjunction with IEC 60811-100.

A list of all the parts in the IEC 60811 series, published under the general title *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials*, can be found on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-412:2012

INTRODUCTION

The IEC 60811 series specifies the test methods to be used for testing non-metallic materials of all types of cables. These test methods are intended to be referenced in standards for cable construction and for cable materials.

NOTE 1 Non-metallic materials are typically used for insulating, sheathing, bedding, filling or taping within cables.

NOTE 2 These test methods are accepted as basic and fundamental and have been developed and used over many years principally for the materials in all energy cables. They have also been widely accepted and used for other cables, in particular optical fibre cables, communication and control cables and cables for ships and offshore applications.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-412:2012

ELECTRIC AND OPTICAL FIBRE CABLES – TEST METHODS FOR NON-METALLIC MATERIALS –

Part 412: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air bomb

1 Scope

This Part 412 of IEC 60811 gives the procedure for ageing in an air bomb, which typically applies to crosslinked and thermoplastic compounds used for insulating and sheathing materials.

2 Normative references

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

IEC 60811-100:2012, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 100: General*

IEC 60811-501, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 501: Mechanical tests – Tests for determining the mechanical properties of insulating and sheathing compounds*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60811-100 apply.

4 Test method

4.1 General

This part of IEC 60811 shall be used in conjunction with IEC 60811-100.

Unless otherwise specified, tests shall be carried out at room temperature.

4.2 Apparatus

The ageing is realized in an air bomb which can be filled with air, which shall be free from oil and moisture, to a pressure of $(0,55 \pm 0,02)$ MPa.

4.3 Sample and test pieces preparation

A sample of cable or sheath, removed from the cable, or samples of core, cut into pieces of sufficient length, shall be taken, preferably from positions close to that from which the samples for the tensile tests without ageing are taken, in accordance with IEC 60811-501.

Test pieces, dumb-bell or tubular, shall be prepared according to IEC 60811-501.

4.4 Ageing procedure

This test shall be carried out not less than 16 h after the extrusion or cross-linking, if any, of the insulating or sheathing compounds.

Compounds of obviously different compositions shall not be tested at the same time in the same air bomb.

Five test pieces shall be placed in the air bomb at ambient temperature without touching each other and shall be kept in the bomb at the temperature and for the time specified for the material in the relevant standard for the type of cable.

The test pieces shall not occupy more than one-tenth of the effective capacity of the bomb.

The bomb shall be filled with air, which shall be free from oil and moisture, to a pressure of $(0,55 \pm 0,02)$ MPa.

As soon as the ageing period is completed, the pressure shall be released gradually so as to reach atmospheric pressure in not less than 5 min, in order to avoid formation porosity in the test pieces.

The test pieces shall then be removed from the bomb and left at ambient temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h.

4.5 Measurements

Determination of the mechanical properties on aged dumb-bell and/or tubular test pieces obtained directly after ageing shall then be carried out in accordance of IEC 60811-501.

4.6 Expression of the result

Calculate the tensile strength and the elongation at break, according to the definitions given in IEC 60811-501.

If required by the standard for the material in the relevant standard for the type of cable, the values found for the aged test pieces shall be calculated, as variation compared to the untreated test pieces according to the following formulae:

$$V_T = \frac{T_E - T_U}{T_U} \times 100 \quad (1)$$

$$V_E = \frac{E_E - E_U}{E_U} \times 100 \quad (2)$$

where

V_T is the variation of the tensile strength in per cent;

T_E is the tensile strength of aged test piece;

T_U is the tensile strength of untreated test piece;

V_E is the variation of the elongation at break in per cent;

E_E is the elongation at break of aged test piece in per cent;

E_U is the elongation at break of untreated test piece in per cent.

The untreated test piece shall be kept at ambient temperature.

The value and the variation between the median value obtained for the aged test pieces and the median value of the values obtained for the untreated test pieces (see IEC 60811-501), expressed as a percentage of the latter shall not exceed the percentage specified in the standard for the material in the relevant standard for the type of cable.

5 Test report

The test report shall be in accordance with that given in IEC 60811-100.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-412:2012

Bibliography

IEC 60811-1-2:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Two – Thermal ageing methods* (withdrawn)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-412:2012

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	11
INTRODUCTION.....	13
1 Domaine d'application	14
2 Références normatives	14
3 Termes et définitions	14
4 Méthode d'essai	14
4.1 Généralités.....	14
4.2 Appareillage	14
4.3 Préparation des échantillons et des éprouvettes.....	14
4.4 Procédure de vieillissement.....	15
4.5 Mesures	15
4.6 Expression du résultat.....	15
5 Rapport d'essai	16
Bibliographie.....	17

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-412:2012

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES ÉLECTRIQUES ET À FIBRES OPTIQUES –
MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX NON-MÉTALLIQUES –****Partie 412: Essais divers –
Méthodes de vieillissement thermique –
Vieillissement dans une bombe à air**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60811-412 a été établie par le comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

La présente Partie 412 de la CEI 60811 annule et remplace 8.2 de la CEI 60811-1-2:1985, qui est supprimée. L'ensemble des informations relatives aux remplacements figure dans l'Annexe A de la CEI 60811-100:2012.

Aucune modification technique n'a été effectuée par rapport à l'édition précédente; voir cependant l'avant-propos de la CEI 60811-100:2012.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20/1296/FDIS	20/1345/RVD

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

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

La présente partie de la CEI 60811 doit être utilisée conjointement avec la CEI 60811-100.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60811, publiées sous le titre général *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-412:2012

INTRODUCTION

La série CEI 60811 précise les méthodes à employer pour les essais des matériaux non-métalliques sur tous les types de câbles. Ces méthodes d'essai seront citées en référence dans les normes relatives à la construction des câbles et aux matériaux des câbles.

NOTE 1 Les matériaux non-métalliques sont généralement utilisés pour l'isolation, le gainage, le matelassage, le remplissage ou l'enrubannage des câbles.

NOTE 2 Ces méthodes d'essai sont reconnues comme fondamentales; elles ont été développées et utilisées durant de nombreuses années, principalement pour les matériaux dans tous les câbles de distribution d'énergie. Elles ont aussi été largement reconnues et utilisées pour d'autres types de câbles, en particulier les câbles à fibres optiques, les câbles de communication et de commande, ainsi que les câbles utilisés à bord des navires et dans les applications offshore.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-412:2012

CÂBLES ÉLECTRIQUES ET À FIBRES OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX NON-MÉTALLIQUES –

Partie 412: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique – Vieillissement dans une bombe à air

1 Domaine d'application

La présente Partie 412 de la CEI 60811 donne la méthode pour le vieillissement dans une bombe à air, qui s'applique généralement aux mélanges réticulés et thermoplastiques utilisés dans les matériaux d'isolation et de gainage.

2 Références normatives

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

CEI 60811-100:2012, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 100: Généralités*

CEI 60811-501, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 501: Essais mécaniques – Détermination des propriétés mécaniques des mélanges pour enveloppes isolantes et gaines*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60811-100 s'appliquent.

4 Méthode d'essai

4.1 Généralités

La présente partie de la CEI 60811 doit être utilisée conjointement avec la CEI 60811-100.

Les essais doivent être effectués à la température ambiante, sauf spécification contraire.

4.2 Appareillage

Le vieillissement est réalisé dans une bombe à air pouvant être remplie d'un air qui doit être exempt d'huile et d'humidité, en portant la pression à $(0,55 \pm 0,02)$ MPa.

4.3 Préparation des échantillons et des éprouvettes

On doit prélever une longueur suffisante d'échantillon de câble ou de gaine prélevée sur le câble ou d'échantillons de conducteur, de préférence au voisinage immédiat de ceux prélevés en vue des essais de traction sans vieillissement, conformément à la CEI 60811-501.

Les éprouvettes, en forme d'haltère ou tubulaires, doivent être préparées conformément à la CEI 60811-501.

4.4 Procédure de vieillissement

Cet essai doit être réalisé au moins 16 h après l'extrusion ou la réticulation, s'il y a lieu, des mélanges d'isolation ou de gainage.

Des mélanges de compositions chimiques nettement différentes ne doivent pas être soumis aux essais en même temps dans la même bombe à air.

Cinq éprouvettes doivent être placées dans la bombe à air à la température ambiante, sans qu'elles se touchent, et doivent être maintenues dans la bombe à la température et pendant le temps spécifiés pour le matériau dans la norme applicable au type de câble considéré.

Les éprouvettes ne doivent pas occuper un volume de plus du dixième de la capacité effective de la bombe.

La bombe doit être remplie d'un air devant être exempt d'huile et d'humidité, en portant la pression à $(0,55 \pm 0,02)$ MPa.

Aussitôt après la période de vieillissement, on doit laisser tomber graduellement la pression, en 5 min au moins, jusqu'à la pression atmosphérique, afin d'éviter la formation de porosités dans les éprouvettes.

Les éprouvettes doivent ensuite être retirées de la bombe et laissées, pendant 16 h au moins, à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe.

4.5 Mesures

La détermination des propriétés mécaniques sur les éprouvettes en forme d'haltère et/ou tubulaires vieilles doit être réalisée juste après le vieillissement conformément à la CEI 60811-501.

4.6 Expression du résultat

Calculer la résistance à la traction et l'allongement à la rupture, conformément aux définitions données dans la CEI 60811-501.

Si cela est exigé par la norme relative aux matériaux indiquée dans la norme applicable au type de câble considéré, les valeurs trouvées pour les éprouvettes soumises au vieillissement doivent être calculées comme une variation par rapport aux éprouvettes non traitées, et conformément aux formules suivantes:

$$V_T = \frac{T_E - T_U}{T_U} \times 100 \quad (1)$$

$$V_E = \frac{E_E - E_U}{E_U} \times 100 \quad (2)$$

où

V_T est la variation de la résistance à la traction, en pourcentage;

T_E est la résistance à la traction de l'éprouvette soumise au vieillissement;

T_U est la résistance à la traction de l'éprouvette non traitée;

V_E est la variation de l'allongement à la rupture, en pourcentage;