IEC 63287-3

Edition 1.0 2026-08

NORME INTERNATIONALE

Dispositifs à semiconducteurs - Lignes directrices génériques concernant la qualification des semiconducteurs -
Partie 3: Lignes directrices pour les plans de qualification de la fiabilité des modules à semiconducteurs de puissance

ICS 31.080.01

ISBN 978-2-8327-1402-7



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2026 IEC, Geneva, Switzerland

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

IEC Secretariat
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

A propos de l'IEC
La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC
Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform
La recherche avancée permet de trouver des publications IEC 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.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished
Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch
Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org
Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 3
INTRODUCTION 5
1 Domaine d'application 6
2 Références normatives 6
3 Termes et définitions 6
4 Catégories de produits et applications 7
4.1 Classe de qualité par application 7
4.2 Classes de qualité et conditions préalables (exemple) 8
5 Défaillance 9
5.1 Distribution des défaillances 9
5.2 Période de défaillance précoce 10
5.2.1 Description 10
5.2.2 Taux de défaillance précoce 11
5.2.3 Dépistage (réduction des défaillances précoces) 12
5.3 Période de défaillance aléatoire 12
5.3.1 Description 12
5.3.2 Taux de défaillance au cours de la période de défaillance aléatoire 12
5.4 Période de défaillance par usure 13
5.4.1 Description 13
5.4.2 Vérification de la défaillance par usure 13
6 Essai de fiabilité 16
6.1 Méthodes d'essai de fiabilité 16
6.2 Modèles d'accélération pour les essais de fiabilité 18
7 Méthodes d'essai sous contrainte 18
8 Tableau récapitulatif des hypothèses 20
9 Récapitulatif 21
Annexe A (informative) Dépistage des défauts d'oxyde de grille (méthode de mesure et de dépistage du TDDB de l'oxyde de grille) 23
A.1 Généralités 23
A.2 TDDB de l'oxyde de grille 23
A.2.1 TDDB 23
A.2.2 Mécanisme de claquage de l'oxyde de grille 23
A.2.3 Équation d'estimation de la durée de vie du TDDB 24
A.3 Méthode de mesure du TDDB et méthode d'estimation de la durée de vie 25
A.3.1 Généralités 25
A.3.2 Température ambiante, tension de contrainte, effectif d'échantillons et méthode d'essai 25
A.4 Dépistage en tension 27
A.4.1 Généralités 27
A.4.2 Distribution de la tension de claquage de l'oxyde de grille et dépistage 28
A.4.3 Technique de dépistage des transistors de puissance MOSFET 29
A.4.4 Comparaison entre le dépistage en tension et l'essai de déverminage 29
A.4.5 Méthode de calcul du taux de défaillance précoce associé au claquage de l'oxyde de grille 30
A.4.6 Exemple d'estimation de la durée de vie du TDDB en utilisant la méthode de contrainte par échelons de tension 32
Bibliographie 34

Figure 1 – Courbe en baignoire 10
Figure 2 – Procédé d'identification des défaillances sur les lots de fabrication de dispositifs à semiconducteurs de puissance au cours de la période de défaillance précoce 11
Figure 3 – Modèle conceptuel de la défaillance par usure 13
Figure 4 – Modèle conceptuel de l'essai accéléré de fiabilité 14
Figure A.1 – Mécanisme de claquage de l'oxyde de grille 24
Figure A.2 – Relation entre intensité du champ électrique et durée de vie 24
Figure A.3 – Relation entre le temps d'application de la contrainte et le temps avant claquage de l'oxyde de grille 25
Figure A.4 – Tracé du TDDB selon la loi de Weibull 26
Figure A.5 – Relation entre l'intensité du champ électrique $1/E$ et la durée de vie du claquage de l'oxyde de grille t_{BD} 27
Figure A.6 – Relation entre la durée de vie de l'oxyde de grille et le taux de défaillance 28
Figure A.7 – Relation entre la durée de vie de l'oxyde de grille et la probabilité de défaillance cumulée 28
Figure A.8 – Distribution de la tension de claquage de l'oxyde de grille 29
Figure A.9 – Schéma de principe du dépistage en tension de l'oxyde de grille des transistors de puissance MOSFET 29
Figure A.10 – Exemple de tracé de Weibull avant et après dépistage 30
Figure A.11 – Schéma de principe de l'essai en utilisant la méthode de contrainte par échelons de tension 33
Figure A.12 – Exemple d'évaluation du TDDB de dispositifs à semiconducteurs considérés comme étant acceptables lors du dépistage, en utilisant la méthode de contrainte par échelons de tension 33

Tableau 1 – Classes de qualité et conditions préalables 8
Tableau 2 – Méthodes et objet pour l'essai de durée de vie accéléré 17
Tableau 3 – Méthodes d'essai sous contrainte et objectif visé 19
Tableau 4 – Facteurs d'accélération, formules de calcul et valeurs numériques [b] 20
Tableau A.1 – Comparaison entre le dépistage en tension et l'essai de déverminage 30

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

Dispositifs à semiconducteurs - Lignes directrices génériques concernant la qualification des semiconducteurs - Partie 3: Lignes directrices pour les plans de qualification de la fiabilité des modules à semiconducteurs de puissance

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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevet.

L'IEC 63287-3 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
47/3015/FDIS	47/3026/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63287, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs - Lignes directrices génériques concernant la qualification des semiconducteurs*, se trouve 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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

– reconduit,
– supprimé, ou
– révisé.

INTRODUCTION

Lors des essais de qualification, les fournisseurs de dispositifs à semiconducteurs préparent un plan d'essai de fiabilité spécifique, après consultation des utilisateurs de dispositifs à semiconducteurs, afin de réaliser efficacement l'essai de fiabilité.

Les présentes lignes directrices présentent des exemples de méthodes pour préparer des plans d'essai afin de déterminer les conditions d'essai de fiabilité appropriées, basées sur le niveau de qualité exigé dans les environnements de fonctionnement des différentes applications des modules à semiconducteurs de puissance. Des classes ont été spécifiées à titre d'objectif de fiabilité, concernant chacune des applications suivantes: automobile, industrie et électronique grand public. Sur la base du nombre d'heures de fonctionnement annuelles, de la période d'utilisation et d'autres paramètres pris pour hypothèse pour chaque classe, les présentes lignes directrices définissent les méthodes de vérification de la défaillance par usure, et proposent des essais de fiabilité appropriés. Les présentes lignes directrices définissent le concept d'assurance de la qualité, depuis la défaillance précoce jusqu'à la défaillance par usure. Elles présentent également des approches permettant d'assurer de manière appropriée la fiabilité des modules à semiconducteurs de puissance.

Les conditions d'essai et les valeurs du facteur d'accélération données dans les présentes lignes directrices ne sont que des exemples utilisés pour définir les conditions d'essai de fiabilité, afin de vérifier un niveau de qualité exigé.

NOTE Les essais de qualification sont des essais effectués par les fournisseurs des dispositifs à semiconducteurs de puissance, en tenant compte de la qualité exigée par les utilisateurs de leurs produits.

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63287 spécifie des lignes directrices pour un plan de qualification de la fiabilité des modules à semiconducteurs de puissance, visant à définir des objectifs de fiabilité sur toute la durée de vie du produit.

Les modules à semiconducteurs de puissance avec circuits de commande incorporés ne relèvent pas du domaine d'application du présent document. Les boîtiers pressés qui nécessitent une pression externe pour être montés dans un système ne relèvent pas du domaine d'application du présent document, par exemple les dispositifs à compression en forme de disque.

Le présent document n'est pas destiné aux applications médicales, militaires, aéronautiques et astronautiques.

NOTE Tout au long du présent document, le terme module à semiconducteurs de puissance désigne les modules à semiconducteurs de puissance multipuces tels qu'ils sont définis en 3.3.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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).

IEC 63287-1:2021, *Dispositifs à semiconducteurs - Lignes directrices génériques concernant la qualification des semiconducteurs - Partie 1: Lignes directrices concernant la qualification de la fiabilité des circuits intégrés*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

– IEC Electropedia: disponible à l'adresse https://www.electropedia.org/
– ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse https://www.iso.org/obp

3.1
mode de défaillance
classification de la nature d'un phénomène de défaillance qui engendre la défaillance d'un produit

Note 1 à l'article: Une coupure de l'alimentation, un court-circuit, une perte occasionnelle, l'abrasion, la dégradation de caractéristiques, etc., sont des éléments types considérés comme des modes de défaillance.

3.2
mécanisme de défaillance
processus physique, chimique ou autre qui aboutit à un mode de défaillance, lequel entraîne la non-conformité d'un produit aux exigences fonctionnelles