

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 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 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 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.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables 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 online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC 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 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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-8322-4664-1

**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.**

FOREWORD

This amendment has been prepared by subcommittee 77B: High frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

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

CDV	Report on voting
77B/762/CDV	77B/773/RVC

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

The committee has decided that the contents of this amendment and the base publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.

Introduction to the amendment

Rationale:

The method for testing DC products in the current revision of IEC61000-4-5 is causing many field related problems for test labs and manufacturers. Many products will not power up through the power CDN in the standard and in some cases may be damaged by the inductance that is necessary to apply the surge (see 77B/734/DC for further information).

The DC./DC converter problem is related to the switching of the converter which produces a voltage drop at the decoupling inductors on one hand and oscillations produced by the EUT impedance in combination with the source on the other hand. Measurements were performed using different brands of CDNs with a device known to show that problem as an EUT. The result shows different oscillations and signal forms of the voltage at the EUT for different CDNs. According to the outcome, the use of a CDN with a higher current rating (i.e. smaller decoupling inductivity) can solve the problem. At the meeting of SC77B/MT12 in Akishima, Japan on August 26, 2016, it was decided to add a statement into 7.3 allowing surge tests with higher current rated CDNs and to add a new Annex I to explain the problem in detail.

7.3 Test setup for surges applied to EUT power ports

Add, between the second and the third paragraph, the following new paragraph:

In case, where an EUT having DC/DC input converters cannot power up through the appropriate current-rated CDN, it is permitted to use a higher current-rated CDN with ratings up to and including 125 A, which fulfills the specifications according to its current rating given in Table 4. In such case, the use of this higher rated CDN shall be described in the test report. Annex I includes further information regarding this special case.

Annexes

Add, after Annex H, the following new Annex I:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-5:2014/AMD1:2017

Annex I **(informative)**

Issues relating to powering EUTs having DC/DC converters at the input

I.1 General

As industry mandates energy saving equipment design, especially in classic data server 'farms' and central office locations that can contain hundreds or thousands of server/router communications equipment running continuously, the equipment manufacturers are re-designing their equipment to be more efficient and less wasting of energy in the form of heat dissipation. One of the largest wasteful components has been the power supply. By designing the equipment power supplies to operate from DC voltage and then converting the nominal input voltage to the voltages required by the circuits of the system, vast amounts of energy can be conserved when using modern switching design controlled by microprocessor technologies to only draw power from the source when actually needed by the loading circuits. Larger storage capacitors formerly used to store energy between conduction cycles are being eliminated or reduced dramatically. The result is that the input current of such DC/DC power supplies is no longer true direct current. It has become pulsed current. The frequency of this pulsed current is often a problem when passing through the inductor used in the decoupling network of the CDNs. The inductance of the decoupling network was selected to provide very low reactance to DC and AC power line frequencies typically up to 50 Hz or 60 Hz. As frequency increases, so does the inductive reactance. Thus, for a surge impulse having 1,2 μ s rise time and 50 μ s duration, the reactance becomes very high and effectively attenuates the surge impulse from passing through to the source supply connected to the CDN. The surge impulse is therefore 'steered' to the EUT output of the CDN. The frequency of the input current pulses of DC/DC converters is evolving to faster and faster speeds to more effectively increase efficiency. As these switching supply technologies are evolving to use PWM (pulse width modulation) techniques, the input current of these supplies is becoming a complex waveform actually containing many frequencies and their harmonics (due to the square wave nature of the pulses). As a result, the decoupling inductor, through which this current flows to its source, cannot pass these rapid changes in current. Its high reactance to these high frequency transitions causes the voltage supplied to the EUT to drop instantaneously. Because the EUT supply has little capacitance to 'hold up' voltage to its loads, its output voltage drops. This can cause the load equipment circuitry to stop working or to perform erratically. The DC/DC supply has rapidly responding circuitry so it immediately attempts to draw more current from its source. It would change its PWM (duty cycle) to increase current from the source. This change effectively changes the frequency of the chopped current through the decoupling inductor which can further reduce instantaneous voltage to the EUT or increase it depending upon frequency effect of the PWM, and the cycle starts over again.

Another issue for active DC/DC converters is that the presence of an inductance between the DC power source and the DC/DC converter input can cause self-oscillations due to the dynamic voltage/current ratio of the input signal. dI/dV is negative for small excursions from the nominal voltage, and for some converters this in combination with the gain/phase properties of the converter control loop can cause unwanted self-oscillation. The stability margin of the DC/DC converter in combination with the surge CDN is in general not known by the testing laboratory.

While the switch to EUT power supplies is evolving to employ more energy efficient DC power inputs to such telecommunications EUT equipment, test laboratories should acquire DC power supplies to supply power to the inputs of the CDNs used for compliance testing to power up those EUT products. Modern technology has also changed the world of laboratory DC power supplies. Today these supplies also use switching mode technologies and have very sophisticated circuitry employed to keep their output voltage and current constant under a variety of changing loads while also reducing wasted energy in the form of heat, unlike the aging linear power supply technologies. This circuitry can pose a problem when powering up devices having DC/DC converters on their inputs due to the changing current and complex

current waveforms caused by the switching frequencies of those DC/DC converters. The DC source supplies might not be able to cope with such rapid changes in load. Also their output impedance, when coupled to the CDN decoupling inductance and load inductance of the EUT, could make them susceptible to oscillation. Additionally, many of these DC supplies cannot tolerate or cope with the effect of any residual surge impulses passing through the decoupling network and can be damaged. Test engineers should really study and understand the limitations of such supplies as used for compliance testing to ensure their suitability for such applications.

I.2 Considerations for remediation

If a cause has not been found for the EUT not to power up through the CDN, the next step is to determine if the issue is due to the decoupling inductance limiting voltage to the EUT or whether the source DC supply is unable to maintain its output voltage, is oscillating or a combination of both. These are not always simple tasks to determine. Simultaneously viewing the input voltage and line current to the EUT with a dual channel oscilloscope can reveal whether there are oscillations or switching frequency spikes affecting the input voltage to the EUT. It is essential to have knowledge of all switching frequencies of the EUT supply as well as its minimum and maximum input voltage levels. If the waveform is complex (containing numerous frequencies at different amplitudes) suspect contamination from the DC source supply, such as its own switching frequencies and noise generations. Often it is required to eliminate sources of frequency contamination one step at a time, such as changing source DC power supply or even eliminating source DC supply by substituting storage batteries (e.g. automobile batteries work well) to attain the proper input voltage and current ratings. If the issue is an oscillation and believed to be caused by the decoupling inductance, then inserting a resistor-diode circuit in series with the source input to the CDN as shown in Figure I.1 can dampen or eliminate the oscillation. If it is damped enough so that the voltage does not exceed the EUT DC/DC power supply's minimum and maximum tolerances, then this should be sufficient to allow the EUT to power up and to perform the surge testing. As every EUT supply and source DC supply is different, it requires some intelligent experimentation to attain the optimal value of resistance for the optimum damping. Being placed on the input to the CDN, this circuit will not affect waveform parameters as specified in this document. Sometimes changing to a larger current-rated CDN (with lower decoupling inductance) is needed in addition to adding the damping circuit shown in Figure I.1.

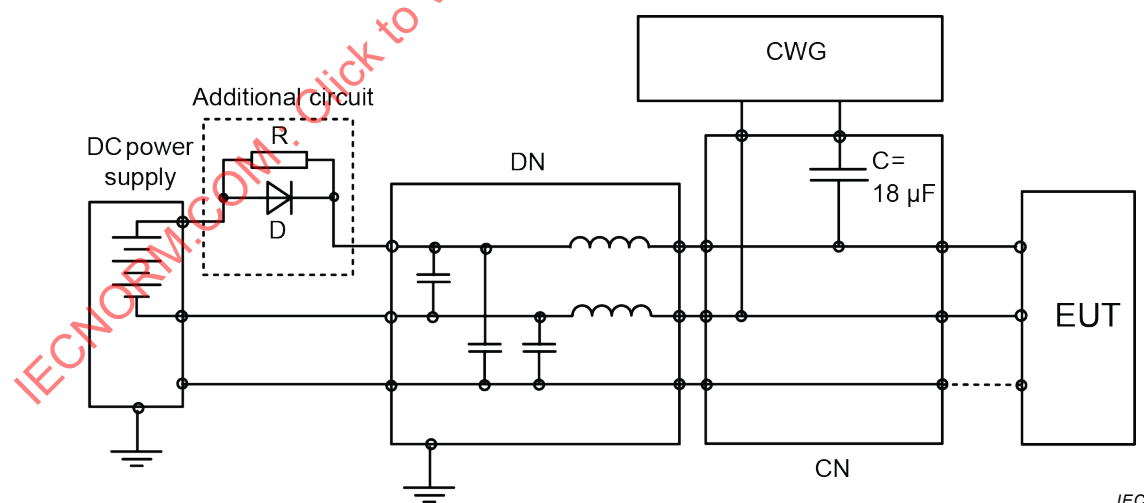


Figure I.1 – Example of adding a damping circuit to the CDN for DC/DC converter EUTs

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le sous-comité 77B:Phénomènes haute fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
77B/762/CDV	77B/773/RVC

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

Le comité a décidé que le contenu de cet amendement et de la publication de base 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 à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

Introduction à l'amendement

Justification:

La méthode utilisée pour les essais des produits en c.c dans la version actuelle de l'IEC 61000-4-5 est à l'origine de nombreux problèmes liés aux champs auxquels sont confrontés les laboratoires d'essai et les constructeurs. Beaucoup de produits ne démarreront pas avec les RCD de puissance dont il est question dans la présente norme et dans certains cas ils pourront être endommagés par l'inductance qui est nécessaire pour appliquer l'onde de choc (voir le document 77B/734/CD pour avoir plus d'informations).

Le problème d'un convertisseur c.c/c.c est lié à sa commutation qui produit une chute de tension au niveau des inductances de découplage d'une part et aux oscillations générées par l'impédance de l'EUT en combinaison avec la source d'autre part. Les mesures ont été réalisées en utilisant différentes marques de RCD avec un dispositif présentant notoirement ce problème comme EUT. Le résultat montre des oscillations et des formes de signal de la tension au niveau de l'EUT différentes pour des RCD différents. D'après le résultat, l'utilisation d'un RCD avec des valeurs assignées de courant plus élevées (c'est-à-dire avec une inductance de découplage plus faible) peut résoudre le problème. Lors de la réunion de la MT12 du SC77B à Akishima, au Japon, le 26 août 2016, il a été décidé de faire un ajout en 7.3 permettant les essais d'onde de choc avec des RCD ayant une valeur assignée de courant plus élevée et d'ajouter une nouvelle Annexe I pour expliquer le problème en détail.

7.3 Montage d'essai pour les ondes de choc appliquées aux accès d'alimentation de l'EUT

Ajouter, entre le deuxième et le troisième alinéa, le nouvel alinéa suivant:

Dans le cas où un EUT équipé de convertisseurs d'entrée c.c/c.c ne peut pas démarrer avec le RCD ayant une valeur assignée de courant appropriée, il est autorisé d'utiliser un RCD ayant une valeur assignée de courant supérieure avec des caractéristiques de courant jusqu'à 125 A inclus, qui satisfait aux spécifications des caractéristiques de courant données dans le Tableau 4. Dans un tel cas, l'utilisation de ce RCD avec une valeur assignée de courant supérieure doit être décrite dans le rapport d'essai. L'Annexe I contient des informations complémentaires concernant ce cas particulier.

Annexes

Ajouter, après l'Annexe H, la nouvelle Annexe I suivante:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-5:2014/AMD1:2017

Annexe I (informative)

Problèmes concernant l'alimentation des EUT équipés de convertisseurs c.c/c.c. en entrée

I.1 Généralités

Dans la mesure où l'industrie demande la conception de matériels permettant de réaliser des économies d'énergie, en particulier dans les parcs de serveurs de données classiques et dans les sièges sociaux qui peuvent regrouper des centaines voire des milliers d'équipements de communication tels que des serveurs et des routeurs fonctionnant de manière continue, les constructeurs de matériels sont en train de revoir la conception de leurs produits afin qu'ils soient plus efficaces et qu'ils gaspillent moins d'énergie sous la forme de dissipation de chaleur. C'est l'alimentation qui est à l'origine du gaspillage d'énergie le plus important. Le choix qui consiste à concevoir les alimentations des matériels pour qu'elles fonctionnent à partir d'une tension continue et à convertir ensuite la tension d'entrée nominale pour obtenir les tensions exigées par les circuits du système permet d'économiser de grandes quantités d'énergie lorsqu'on utilise des systèmes de commutation modernes contrôlés par des technologies mettant en œuvre des microprocesseurs; dans cette configuration, la puissance fournie par la source est strictement limitée aux besoins réels des circuits en charge. Les condensateurs de stockage de grande capacité qui étaient auparavant utilisés pour stocker l'énergie entre les cycles de conduction sont progressivement éliminés ou leur nombre est réduit de manière très importante. Il en résulte que le courant d'entrée de telles alimentations c.c/c.c. n'est plus un véritable courant continu. Il est devenu un courant pulsé. La fréquence de ce courant pulsé constitue souvent un problème lors du passage du courant à travers l'inductance utilisée dans le réseau de découplage des RCD. L'inductance du réseau de découplage a été choisie pour assurer une très faible réactance aux fréquences des lignes d'alimentation en c.c et en c.a typiquement jusqu'à 50 Hz ou 60 Hz. La réactance inductive augmente avec la fréquence. Ainsi, pour une impulsion d'onde de choc avec un temps de montée de 1,2 μ s et une durée de 50 μ s, la réactance prend une valeur très élevée et atténue efficacement l'impulsion d'onde de choc qui traverse l'alimentation source branchée sur le RCD. L'impulsion d'onde de choc est par conséquent conduite vers la sortie EUT du RCD. La fréquence des impulsions des courants d'entrée des convertisseurs c.c/c.c évolue vers des vitesses de plus en plus rapides afin d'accroître l'efficacité de manière plus performante. Avec l'évolution des technologies d'alimentation par commutation utilisant les techniques de modulation à largeur d'impulsions (MLI), le courant d'entrée de ces alimentations devient une forme d'onde complexe contenant en fait de nombreuses fréquences et leurs harmoniques (ceci étant dû à la nature des ondes des impulsions qui sont carrées). Par conséquent, l'inductance de découplage que ce courant traverse en direction de sa source ne peut pas traiter ces variations rapides de courant. Sa réactance élevée à ces transitions haute fréquence causée instantanément la chute de la tension fournie à l'EUT. La tension de sortie de l'alimentation de l'EUT chute car celle-ci a une capacité limitée pour maintenir la tension à ses charges. Ceci peut causer l'arrêt du fonctionnement ou un fonctionnement erratique des circuits de l'équipement de charge. L'alimentation c.c/c.c possède des circuits qui répondent rapidement, ainsi elle essaie immédiatement de tirer plus de courant de sa source. Le fait d'augmenter le courant provenant de la source modifierait sa MLI (cycle de fonctionnement). Ce phénomène modifie effectivement la fréquence du courant découpé qui traverse l'inductance de découplage qui peut encore réduire la tension instantanée vers l'EUT ou l'augmenter en fonction de l'effet de la fréquence de la MLI et le cycle recommence.

Il se pose un autre problème pour les convertisseurs c.c/c.c actifs car la présence d'une inductance entre la source de puissance c.c et l'entrée du convertisseur c.c/c.c peut causer des oscillations auto-entretenues dues au rapport courant/tension dynamique du signal d'entrée. dI/dV est négatif pour les excursions de faible valeur par rapport à la tension nominale et, pour certains convertisseurs, ceci combiné aux propriétés gain/phase de la boucle de commande du convertisseur peut causer une oscillation auto-entretenu non désirée. La marge de stabilité du convertisseur c.c/c.c en combinaison avec le RCD d'onde de choc n'est en général pas connue par le laboratoire d'essai.

Tandis que la tendance pour les alimentations d'EUT évolue vers l'utilisation de blocs d'alimentation en courant continu avec un meilleur rendement énergétique pour de tels équipements EUT de télécommunication, il convient que les laboratoires d'essai acquièrent des alimentations en courant continu pour alimenter en entrée les RCD utilisés pour les essais de conformité. Les technologies modernes sont également à l'origine de changements dans le monde des alimentations en courant continu des laboratoires. A l'heure actuelle, ces alimentations utilisent également les technologies de commutation de mode et intègrent des circuits très sophistiqués utilisés pour maintenir à un niveau constant leur tension et leur courant de sortie en présence de différentes charges qui subissent des variations, tout en réduisant aussi l'énergie gaspillée sous la forme de chaleur contrairement aux technologies d'alimentation linéaire vieillissantes. Ces circuits peuvent poser un problème lorsqu'ils démarrent des dispositifs équipés de convertisseurs c.c/c.c en entrée en raison des modifications du courant et des formes d'onde de courant complexes causées par les fréquences de commutation de ces convertisseurs c.c/c.c. Les alimentations sources en courant continu pourraient ne pas pouvoir résister aux variations de charges rapides. Leur impédance de sortie pourrait aussi les rendre sensibles aux oscillations, lorsqu'il y a couplage avec l'inductance de découplage du RCD et l'impédance de charge de l'EUT. De plus, de nombreuses alimentations en courant continu ne peuvent pas tolérer ou gérer l'effet de toute impulsion d'onde de choc résiduelle traversant le réseau de découplage et peuvent être endommagées. Il convient que les ingénieurs d'essai étudient réellement et comprennent les limitations de telles alimentations quand elles sont utilisées pour les essais de conformité afin de s'assurer qu'elles sont adaptées à de telles applications.

I.2 Points à corriger

Si la raison pour laquelle l'EUT ne démarre pas par l'intermédiaire du RCD n'a pas été identifiée, l'étape suivante consiste à déterminer si le problème est dû à la tension limite de l'inductance de découplage vers l'EUT ou si l'alimentation en courant continu de la source n'est pas capable de maintenir sa tension de sortie, si elle est en oscillation ou bien s'il s'agit d'une combinaison de ces deux phénomènes. Ceci n'est pas toujours simple à déterminer. La visualisation simultanée de la tension d'entrée et du courant de ligne vers l'EUT avec un oscilloscope à deux voies peut révéler si des oscillations ou des impulsions brèves de fréquences de commutation affectent la tension d'entrée vers l'EUT. Il est essentiel de connaître toutes les fréquences de commutation de l'alimentation de l'EUT ainsi que ses niveaux de tension d'entrée minimum et maximum. Si la forme d'onde est complexe (qu'elle contient de nombreuses fréquences à différentes amplitudes), envisager une contamination provenant de l'alimentation de la source en courant continu telle que ses propres fréquences de commutation et générations de bruits. Il est souvent nécessaire d'éliminer les sources de contamination de fréquences étape par étape, comme en modifiant l'alimentation en courant continu de la source ou même en éliminant l'alimentation en courant continu de la source en lui substituant des batteries de stockage (les batteries automobiles conviennent bien par exemple) pour atteindre les caractéristiques assignées correctes de tension et de courant d'entrée. Si le problème provient d'une oscillation censée être causée par l'inductance de découplage, alors le fait d'insérer un circuit résistance-diode en série avec l'entrée de source vers le RCD comme représenté à la Figure I.1 peut atténuer ou éliminer l'oscillation. Si l'amortissement est suffisant pour que la tension ne dépasse pas les tolérances minimale et maximale de l'alimentation c.c/c.c de l'EUT, alors ceci devrait être suffisant pour permettre à l'EUT de démarrer et de réaliser les essais d'onde de choc. Dans la mesure où chaque alimentation d'EUT et chaque alimentation en courant continu source est différente, une expérimentation intelligente est nécessaire pour atteindre la valeur optimale de résistance pour l'amortissement optimal. Placé à l'entrée du RCD, ce circuit n'affectera pas les paramètres de forme d'onde comme cela est spécifié dans le présent document. Parfois, il est nécessaire d'avoir recours à un RCD à courant plus élevé (avec une inductance de découplage plus faible) en plus de l'ajout du circuit d'amortissement représenté à la Figure I.1.