

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
478-3**

Deuxième édition
Second edition
1989-10

**Alimentations stabilisées à sortie
en courant continu**

Troisième partie:
Niveaux de référence et mesure des perturbations
électromagnétiques (PEM) par conduction

Stabilized power supplies, d.c. output

Part 3:
Reference levels and measurement of conducted
electromagnetic interference (EMI)



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 478-3: 1989

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

478-3

Deuxième édition
Second edition
1989-10

**Alimentations stabilisées à sortie
en courant continu**

Troisième partie:

Niveaux de référence et mesure des perturbations
électromagnétiques (PEM) par conduction

Stabilized power supplies, d.c. output

Part 3:

Reference levels and measurement of conducted
electromagnetic interference (EMI)

© CEI 1989 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni
utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé,
électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les
microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized
in any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission
in writing from the publisher

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

J

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4

SECTION 1 - GENERALITES

Articles

1.1 Domaine d'application	6
1.2 Références normatives	6

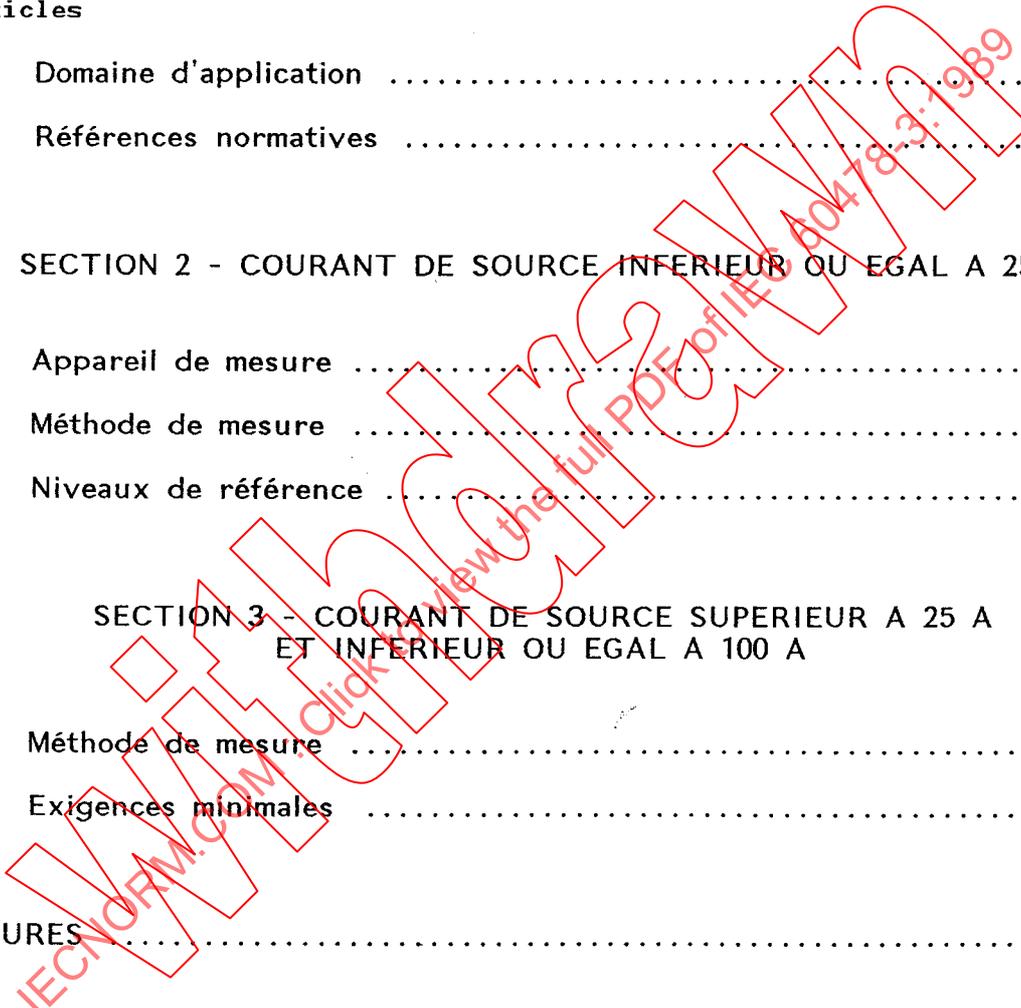
SECTION 2 - COURANT DE SOURCE INFÉRIEUR OU ÉGAL À 25 A

2.1 Appareil de mesure	8
2.2 Méthode de mesure	8
2.3 Niveaux de référence	10

SECTION 3 - COURANT DE SOURCE SUPÉRIEUR À 25 A
ET INFÉRIEUR OU ÉGAL À 100 A

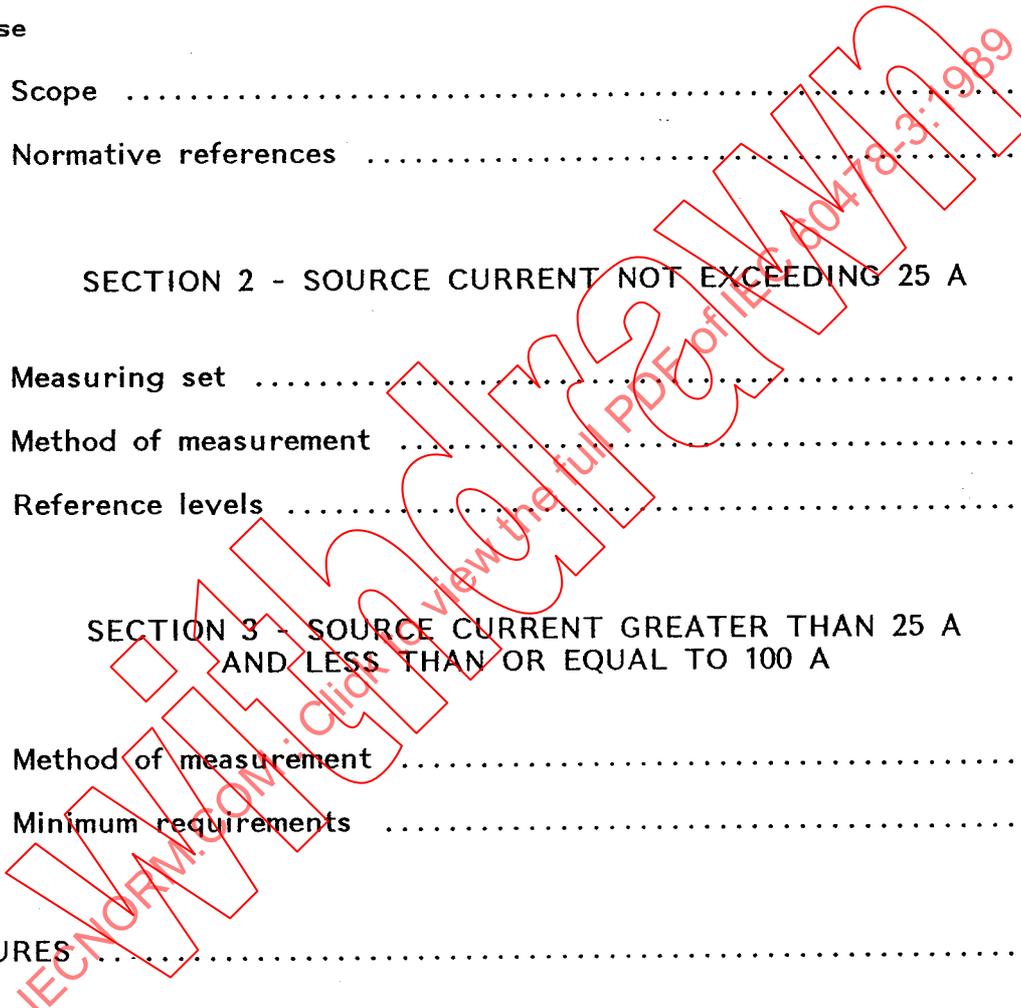
3.1 Méthode de mesure	12
3.2 Exigences minimales	12

FIGURES	14
---------------	----



CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
 SECTION 1 - GENERAL 	
Clause	
1.1 Scope	7
1.2 Normative references	7
 SECTION 2 - SOURCE CURRENT NOT EXCEEDING 25 A 	
2.1 Measuring set	9
2.2 Method of measurement	9
2.3 Reference levels	11
 SECTION 3 - SOURCE CURRENT GREATER THAN 25 A AND LESS THAN OR EQUAL TO 100 A 	
3.1 Method of measurement	13
3.2 Minimum requirements	13
FIGURES	14



COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ALIMENTATIONS STABILISEES A SORTIE EN COURANT CONTINU

Troisième partie: Niveaux de référence et mesure des perturbations électromagnétiques (PEM) par conduction

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes ou sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 22E: Alimentations stabilisées, du Comité d'Etudes n° 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Cette norme constitue la deuxième édition de la CEI 478-3 et remplace la première édition (1976).

Elle fait partie d'une série de publications dont les autres parties sont:

- CEI 478-1 (1974): Première partie: Termes et définitions.
CEI 478-2 (1986): Deuxième partie: Caractéristiques et performances.
CEI 478-4 (1976): Quatrième partie: Essais autres que ceux concernant les perturbations électriques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
22E(BC)20	22E(BC)21

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

STABILIZED POWER SUPPLIES, D.C. OUTPUT

Part 3: Reference levels and measurement
of conducted electromagnetic interference (EMI)

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This standard has been prepared by Sub-Committee 22E: Stabilized power supplies, of IEC Technical Committee No. 22: Power electronics.

This standard forms the second edition of IEC 478-3 and replaces the first edition (1976).

It is one of a publication series consisting of the following other parts:

- IEC 478-1 (1974): Part 1: Terms and definitions.
 IEC 478-2 (1986): Part 2: Rating and performance.
 IEC 478-4 (1976): Part 4: Tests other than radio-frequency interference.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
22E(C0)20	22E(C0)21

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

ALIMENTATIONS STABILISEES A SORTIE EN COURANT CONTINU

Troisième partie: Niveaux de référence et mesure des perturbations électromagnétiques (PEM) par conduction

SECTION 1 - GENERALITES

1.1 Domaine d'application

La présente norme internationale spécifie l'équipement et les techniques de mesure à utiliser pour évaluer les perturbations électromagnétiques (PEM) par conduction produites par les alimentations stabilisées et, plus particulièrement, par les alimentations à découpage.

Elle spécifie également les niveaux de référence, à communiquer par le fabricant, des tensions perturbatrices à fréquence radio-électrique mesurées aux bornes de raccordement de la source d'énergie et du circuit d'utilisation. Ainsi, en ce qui concerne les niveaux d'entrée, l'utilisateur pourra juger de façon adéquate le degré de compatibilité avec l'équipement final projeté et avec les publications du CISPR ou les normes nationales applicables. D'autre part, la connaissance des niveaux de sortie permettra à l'utilisateur une comparaison simple des niveaux de performance entre des produits de fabrications différentes.

Les prescriptions relatives aux mesures de perturbations rayonnées n'ont pas été incluses dans cette norme.

Les techniques de mesure employées suivent les principes généraux contenus dans les publications du CISPR.

La présente norme est principalement applicable aux alimentations pour lesquelles le courant de source requis ne dépasse pas 25 A.

Des prescriptions supplémentaires sont cependant proposées pour les cas où le courant de source dépasse cette valeur.

Les valeurs limites et les essais spécifiés se rapportent à la plage de fréquences 10 kHz à 30 MHz.

Dans le cas d'alimentations stabilisées destinées à des applications spéciales, les prescriptions relatives à l'équipement et aux techniques de mesure doivent être conformes à la présente norme. Si les valeurs limites prescrites ne peuvent être respectées, elles devront faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

1.2 Références normatives

CISPR 16 (1987): Spécification du CISPR pour les appareils et les méthodes de mesure des perturbations radio-électriques.

STABILIZED POWER SUPPLIES, D.C. OUTPUT**Part 3: Reference levels and measurement
of conducted electromagnetic interference (EMI)****SECTION 1 - GENERAL****1.1 Scope**

This international standard specifies the measuring equipment and techniques to be used in assessing the conducted electromagnetic interference (EMI) generated by stabilized power supplies and especially by switched-mode power supplies.

It also specifies the reference levels, to be quoted by the manufacturer, of radio-frequency interference voltages measured at the source terminals and at the load terminals. It is considered that in this way, for the input levels, the user will be able to judge adequately the degree of compatibility with the final equipment projected and the applicable CISPR publications or national standards. On the other hand, for the output levels, the user will be able to make a simple comparison of performance levels among products from different manufacturers.

Requirements for measurements of radiated interference have not been included in this standard.

The techniques employed follow the general principles given in CISPR publications.

This standard relates mainly to power supplies for which the source current required does not exceed 25 A.

However, additional requirements are proposed for cases where the source current required exceeds this value.

The specified limit values and tests relate to the frequency range 10 kHz to 30 MHz.

In the case of power supplies for special applications, the measuring equipment and techniques shall be as described in this standard. When the required limit values cannot be respected, the limits shall be agreed between user and manufacturer.

1.2 Normative references

CISPR 16 (1987): CISPR specification for radio interference measuring apparatus and measurement methods.

SECTION 2 - COURANT DE SOURCE INFERIEUR OU EGAL A 25 A

2.1 Appareil de mesure

L'appareil de mesure des perturbations électromagnétiques, utilisé pour déterminer la conformité aux limites, doit correspondre aux prescriptions du CISPR 16 pour les appareils et les méthodes de mesure des perturbations radioélectriques. Les caractéristiques principales des ensembles de mesure de quasi-crête pour les plages de fréquences comprises entre 10 kHz et 30 MHz figurent dans le tableau 1.

Tableau 1 - Caractéristiques de l'appareillage de mesure des perturbations électromagnétiques de quasi-crête

Caractéristique	Plages de fréquences	
	10-150 kHz	0,15-30 MHz
Bande passante (6 dB)	200 Hz	9 kHz
Constante de temps électrique de charge	45 ms	1 ms
Constante de temps électrique de décharge	500 ms	160 ms
Constante de temps mécanique de l'appareil indicateur	160 ms	160 ms
Réserve de linéarité (amplificateur à fréquence intermédiaire)	24 dB	30 dB
Réserve de linéarité (amplificateur à courant continu)	6 dB	12 dB

2.2 Méthode de mesure

L'alimentation stabilisée en essai doit être reliée à la source par l'intermédiaire d'un réseau fictif de source afin, d'une part, de présenter une impédance déterminée aux bornes du réseau d'énergie correspondant aux points de mesure de la tension perturbatrice et, d'autre part, d'isoler l'alimentation stabilisée du bruit ambiant à radiofréquences provenant du réseau d'énergie. La figure 1 montre le montage pour la mesure des tensions perturbatrices entre chaque conducteur et la terre.

La mesure des tensions perturbatrices à la sortie de l'alimentation s'exécute de préférence avec la charge réelle de l'alimentation. Dans le cas où cette mesure réelle n'est pas possible et que la charge se comporte comme une résistance inductive, il est recommandé d'insérer également, entre cette charge et l'alimentation, le réseau fictif de la figure 1. En cas de mesure sur la charge réelle, sans insertion du

SECTION 2 - SOURCE CURRENT NOT EXCEEDING 25 A

2.1 Measuring set

The electromagnetic interference measuring equipment used to determine compliance with the limit values shall conform with the requirements of CISPR 16 for radio interference measuring apparatus and measurement methods. The main characteristics of quasi-peak measuring sets for the frequency range 10 kHz to 30 MHz are shown in table 1.

Table 1 - Characteristics of quasi-peak radio interference measuring set

Characteristic	Frequency range	
	10-150 kHz	0,15-30 MHz
Bandwidth at 6 dB	200 Hz	9 kHz
Electrical charge time constant	45 ms	1 ms
Electrical discharge time constant	500 ms	160 ms
Mechanical time constant of meter	160 ms	160 ms
Overload factor (i.f. amplifier)	24 dB	30 dB
Overload factor (d.c. amplifier)	6 dB	12 dB

2.2 Method of measurement

The stabilized power supply under test shall be connected to the source through an artificial network to provide a defined impedance across the power feed at the point of measurement of interference voltage and also to provide isolation of the stabilized power supply under test from the ambient radio-frequency noise on the power lines. Figure 1 shows the general form for the measurement of interference voltages between each conductor and earth.

The measurement of the interference voltages on the output terminals is preferably done with the real load of the power supply. If this direct measurement is impossible and when the load behaves like an inductive resistor, it is recommended to insert, between this load and the power supply, the artificial source network of figure 1. In case of measurement on the real load and without the insertion of the optional

réseau fictif de source optionnel à la sortie, chaque conducteur de sortie sera connecté successivement à l'appareil de mesure à l'aide d'une sonde d'impédance minimale de 1,5 kΩ (C supérieur ou égal à 0,01 μF; R supérieur ou égal à 1,5 kΩ).

Le réseau fictif de source est pratiquement conforme à l'annexe E, article E1 du CISPR 16. Les valeurs des paramètres, pour le réseau fictif, diffèrent suivant la gamme de courant.

Les détails du circuit de raccordement de l'appareil de mesure à l'alimentation à l'essai sont représentés à la figure 2. On mesure successivement les tensions perturbatrices sur les bornes d'entrée et de sortie.

En vue de déterminer les conditions de perturbations maximales, les mesures des perturbations électromagnétiques doivent être effectuées dans la plage de variation assignée de la tension de source ainsi que dans la plage de variation assignée du courant de sortie.

2.3 Niveaux de référence

Dans les conditions de mesure et de fonctionnement mentionnées aux articles 2.1 et 2.2, les valeurs limites de la tension perturbatrice pour les alimentations stabilisées peuvent être classées selon quatre niveaux de référence comme indiqué au tableau 2, soit:

- les niveaux A et C couvrant la plage de fréquences 10 kHz à 30 MHz;
- les niveaux B et D couvrant la plage de fréquences 150 kHz à 30 MHz.

Le fabricant doit indiquer quel niveau s'applique pour les bornes de raccordement d'entrée (impératif) et de sortie (optionnel).

Tableau 2 - Niveaux de référence

Plage de fréquences	Niveaux (dB)			
	A	B	C	D
10 kHz	80	-	92	-
20 kHz	74	-	86	-
50 kHz	66	-	78	-
150 kHz	58	66	70	79
150 kHz à 500 kHz	54	66-56	66	79
0,5 MHz à 5 MHz	48	56	60	73
5 MHz à 30 MHz	48	60	60	73

Note.- Les niveaux de référence ne sont pas applicables aux alimentations stabilisées sans filtres, prévues pour être incorporées dans un équipement. On utilisera la lettre "0" pour indiquer l'absence de filtre incorporé.

La figure 3 représente graphiquement le tableau ci-dessus.

artificial source network in the output leads, each output conductor shall be successively connected to the measuring set over a probe with an impedance of 1,5 k Ω minimum (C superior or equal to 0,01 μ F; R superior or equal to 1,5 k Ω).

The artificial mains network complies in practice with Appendix E, sub-clause E1 of CISPR 16. The parameter values for the artificial mains network are a function of the current range.

Circuit details of the connection of the measuring set to the power supply under test are shown in figure 2. The interference voltages are measured successively on the input and output terminals.

In order to determine the conditions for maximum electromagnetic interference the measurements shall be made at supply voltages within the rated source voltage range and throughout the rated load range.

2.3 Reference levels

Under operating and measurement conditions as specified in clauses 2.1 and 2.2, the limit values of the interference voltages for stabilized power supplies can be classified within four reference levels as shown in table 2:

- levels A and C covering the frequency range 10 kHz to 30 MHz;
- levels B and D covering the frequency range 150 kHz to 30 MHz.

The manufacturer shall indicate which particular reference level applies to the input leads (mandatory) and the output leads (optional).

Table 2 - Reference levels

Frequency range	Levels (dB)			
	A	B	C	D
10 kHz	80	-	92	-
20 kHz	74	-	86	-
50 kHz	66	-	78	-
150 kHz	58	66	70	79
150 kHz to 500 kHz	54	66-56	66	79
0,5 MHz to 5 MHz	48	56	60	73
5 MHz to 30 MHz	48	60	60	73

Note.- The reference levels do not apply to stabilized power supplies, without filters, to be incorporated in an equipment. The absence of built-in filters shall be stated with the reference letter "0".

Figure 3 represents graphically this table.

SECTION 3 - COURANT DE SOURCE SUPERIEUR A 25 A ET INFERIEUR OU EGAL A 100 A

3.1 Méthode de mesure

Les détails du circuit d'un réseau fictif de source pour un courant de source ne dépassant pas 100 A sont représentés à la figure 1. L'élément est destiné à être employé avec des appareils de mesure ayant une impédance d'entrée de 50 Ω .

L'appareillage doit être relié comme représenté à la figure 2, la méthode d'essai décrite à l'article 2.2 doit être employée en utilisant l'appareil de mesure décrit à l'article 2.1.

3.2 Exigences minimales

Les limites applicables des perturbations admises ne peuvent être définies de façon rigide. Elles doivent donc, en principe, faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur, ce dernier devant avertir le fabricant si un appareillage installé est sensible au brouillage ou aux perturbations électromagnétiques.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF
With NORMA
478-3:1989

SECTION 3 - SOURCE CURRENT GREATER THAN 25 A AND LESS THAN OR EQUAL TO 100 A

3.1 Method of measurement

Circuit details of an artificial source network for current up to 100 A are shown in figure 1. The unit is designed for use with measuring sets having an input impedance of 50 Ω .

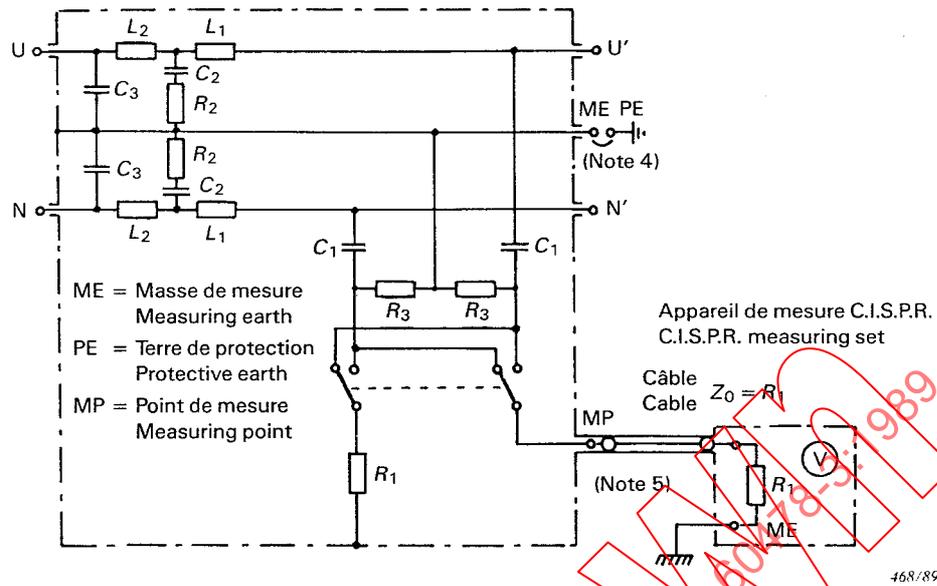
The equipment shall be connected as shown in figure 2 and the test procedure outlined in clause 2.2 shall be used with the measuring equipment described in clause 2.1.

3.2 Minimum requirements

The applicable limits of permissible interference cannot be rigidly defined. These should therefore be the subject of agreement between manufacturer and user, who should notify the manufacturer of any installed equipment which may be susceptible to interference.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF file 478-3:1989

Withdorm



Gamme de courant Current range	≤ 25 A	> 25 A ≤ 100 A
R_1	50 Ω (note 1)	50 Ω (note 1)
R_2	5 Ω	-
R_3	1 000 Ω	-
C_1	0,25 μF (note 2)	0,1 μF
C_2	8 μF	1,0 μF
C_3	2 μF	-
L_1	50 μH (5 Ω)	5 μH (1 Ω)
L_2	250 μH	-

Figure 1 - Réseau fictif de source (monophasé), note 6

Artificial source network (single phase), note 6

NOTES

- 1 Le réseau fictif de source est considéré comme présentant une impédance de 50 ± 10 entre chaque borne du dispositif en essai et la masse de mesure dans la plage de fréquences 10 kHz à 30 MHz.
- 2 Aux plus basses fréquences de la plage 10 kHz à 30 MHz, le condensateur de $0,25 \mu\text{F}$ n'a pas une impédance négligeable. Sauf spécification contraire, la valeur mesurée est celle qui est indiquée par l'appareil de mesure sans correction pour cette impédance.
- 3 Le réseau artificiel de source correspondant à des alimentations triphasées utilise des circuits à branches multiples, chaque branche étant identique à l'une de celles représentées dans le réseau monophasé ci-dessus.
- 4 Si la terre de protection présente d'importantes perturbations, une terre de mesure artificielle peut être créée en insérant une inductance entre PE et ME. La valeur recommandée de cette inductance peut-être celle de L_1 dans la gamme de courant correspondante. On veillera à ce que le point ME reste sur un niveau TBTS.
- 5 Les parties accessibles, par exemple le boîtier du réseau fictif de source, doivent être reliées au plan de masse avec un ruban conducteur de section minimale de 10 mm^2 et avec des fixations multiples démontables uniquement avec outils. Afin d'obtenir une impédance suffisamment faible, le ruban conducteur doit être aussi court que possible et de largeur au minimum égale à un tiers de la longueur.
- 6 Dénommé, dans certaines publications, "Réseau de stabilisation de l'impédance de ligne", RSIL.

NOTES

- 1 The artificial source network is considered to have an impedance of 50 ± 10 between terminal of the device and measuring earth in the frequency range 10 kHz to 30 MHz.
- 2 At the lowest frequencies of the range 10 kHz to 30 MHz, the $0,25 \mu\text{F}$ capacitor does not have a negligible impedance. Unless otherwise specified, the measured value is that shown on the measuring apparatus without correction being made for this impedance.
- 3 The corresponding artificial source network for three-phase supplies uses multiple-arm circuits, each arm being identical with one of those shown in the above single-phase network.
- 4 In case of a very noisy protective earth, an artificial measuring earth can be created by inserting an inductance between PE and ME. The recommended value can be that of L_1 in the corresponding current range. Care must be taken that point ME remains on a SELV level.
- 5 The accessible parts, for example the case of the artificial source network, must be connected to the ground plane with a conducting tape of minimum cross-section of 10 mm^2 and by multiple connections that can be loosened only by a tool. In order to reach a sufficiently low impedance the conducting tape should be as short as possible and at least as wide as one-third of its length.
- 6 In some literature called "Line impedance stabilization network", LISN.