

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

C.I.S.P.R.

Publication 11

Première édition — First edition

1975

Limites et méthodes de mesure des caractéristiques des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à haute fréquence (à l'exclusion des appareils de diathermie chirurgicale) relatives aux perturbations radioélectriques

Limits and methods of measurement of radio interference characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment (excluding surgical diathermy apparatus)



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI et du C.I.S.P.R. est constamment revu par la CEI et par le C.I.S.P.R. afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Pour les termes concernant les perturbations radioélectriques, voir le chapitre 902.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication N7 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Autres publications du C.I.S.P.R.

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications du C.I.S.P.R.

Revision of this publication

The technical content of IEC and C.I.S.P.R. publications is kept under constant review by the IEC and the C.I.S.P.R., thus ensuring that the content reflects current technology.

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

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

For terms on radio interference, see Chapter 902.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Other C.I.S.P.R. publications

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other C.I.S.P.R. publications.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

C.I.S.P.R.

Publication 11

Première édition — First edition

1975

Limites et méthodes de mesure des caractéristiques des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à haute fréquence (à l'exclusion des appareils de diathermie chirurgicale) relatives aux perturbations radioélectriques

Limits and methods of measurement of radio interference characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment (excluding surgical diathermy apparatus)



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Objet	8
3. Définitions	8
4. Limites de perturbation	8
4.1 Généralités	8
4.2 Tensions aux bornes	8
4.3 Rayonnement	10
4.4 Fréquences pour lesquelles le rayonnement n'est pas limité	12
4.5 Fréquences de rayonnement réduit pour les appareils à haute fréquence de chauffage et de collage du bois	12
5. Méthodes de mesure	14
5.1 Gamme de fréquences de 0,15 MHz à 1000 MHz	14
5.2 Gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz	18
5.3 Circuit de charge des appareils au cours des mesures	20
5.4 Mesures de fréquence	24
6. Précautions de sécurité	24
ANNEXE A — Précautions à prendre lors de l'utilisation d'un analyseur de spectre	26
ANNEXE B — Propagation des perturbations produites par les appareils industriels à haute fréquence entre 30 MHz et 300 MHz	28
ANNEXE C — Réseau fictif pour courants de 25 A à 100 A	30
FIGURES	31

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	9
2. Object	9
3. Definitions	9
4. Limits of interference	9
4.1 General	9
4.2 Terminal voltages	9
4.3 Radiation	11
4.4 Free-radiation frequencies	13
4.5 Restricted radiation frequencies for r.f. wood gluing and heating equipment	13
5. Methods of measurement	15
5.1 Frequency range 0.15 MHz to 1000 MHz	15
5.2 Frequency range 1 GHz to 18 GHz	19
5.3 Output circuits to be used during measurements	21
5.4 Frequency measurements	25
6. Safety precautions	25
APPENDIX A — Precautions to be taken in the use of a spectrum analyser	27
APPENDIX B — Propagation of interference from industrial r.f. equipment at frequencies between 30 MHz and 300 MHz	29
APPENDIX C — Artificial mains network for currents between 25 A and 100 A	30
FIGURES	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**LIMITES ET MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES
DES APPAREILS INDUSTRIELS, SCIENTIFIQUES ET MÉDICAUX (ISM)
À HAUTE FRÉQUENCE (À L'EXCLUSION DES APPAREILS
DE DIATHERMIE CHIRURGICALE) RELATIVES AUX PERTURBATIONS
RADIOÉLECTRIQUES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels du C.I.S.P.R. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des sous-comités où sont représentés tous les Comités nationaux et les autres organisations membres du C.I.S.P.R. 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 et les autres organisations membres du C.I.S.P.R.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, le C.I.S.P.R. exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation du C.I.S.P.R., dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation du C.I.S.P.R. et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Sous-Comité B du C.I.S.P.R.: Perturbations dues aux appareils industriels, scientifiques et médicaux.

Elle comprend le contenu technique des publications du C.I.S.P.R. ainsi que celui des Recommandations et des Rapports suivants:

Publication C.I.S.P.R. N°	Recommandation (Rec.) Rapport (Rap.)	Titre	Adopté par l'assemblée plénière du C.I.S.P.R. de	Notes*
1 (1972) et Modification N° 1 (1973) C.I.S.P.R. (Sec.) 953	Paragraphe 4.3	Equipements industriels, scientifiques et médicaux à fréquence radioélectrique		Paragraphes 5.1.2 et 5.1.3.1 Figures 1 et 2 Paragraphe 5.3.1.3
2 (1975) 2 ^{ème} éd.	Paragraphe 4.3	Equipements industriels, scientifiques et médicaux à fréquence radioélectrique		Paragraphes 5.1.3.2 à 5.1.3.5, 5.3.1.1 et figure 1
4 (1967) et Modification N° 1 (1973)	Paragraphe 3.3	Appareils à ondes décimétriques et à hyperfréquences utilisant des fréquences supérieures à 300 MHz		
7B (1975)	Rec. 39/1 (1973)	Valeurs limites des perturbations produites par les appareils ISM à haute fréquence (à l'exception des appareils de diathermie chirurgicale)	West Long Branch (1973)	Paragraphes 4.1 à 4.3

* Paragraphe, annexe ou figure du manuel utilisant la référence indiquée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LIMITS AND METHODS OF MEASUREMENT OF RADIO INTERFERENCE
CHARACTERISTICS OF INDUSTRIAL, SCIENTIFIC AND MEDICAL (ISM)
RADIO-FREQUENCY EQUIPMENT (EXCLUDING SURGICAL
DIATHERMY APPARATUS)**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the C.I.S.P.R. on technical matters, prepared by Sub-Committees on which all the National Committees and other Member Organizations of the C.I.S.P.R. 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 and other Member Organizations of the C.I.S.P.R. in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the C.I.S.P.R. expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the C.I.S.P.R. recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the C.I.S.P.R. recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This publication was prepared by C.I.S.P.R. Sub-Committee B, Interference from Industrial, Scientific and Medical Apparatus.

It comprises the technical content of C.I.S.P.R. publications, Recommendations and Reports listed in the following table.

C.I.S.P.R. Publication No.	Recommendation (Rec.) Report (Rep.)	Heading	Adopted by the C.I.S.P.R. Plenary Meeting held in	Notes*
1 (1972) including Amendment No. 1 (1973) C.I.S.P.R.(Sec.)953	Sub-clause 4.3	Industrial, scientific and medical radio-frequency equipment	West Long Branch (1973)	Sub-clauses 5.1.2 and 5.1.3.1 Figures 1 and 2 Sub-clause 5.3.1.3
2 (1975) 2nd ed.	Sub-clause 4.3	Industrial, scientific and medical radio-frequency equipment		Sub-clauses 5.1.3.2 to 5.1.3.5, 5.3.1.1 and Figure 1
4 (1967) including Amendment No. 1 (1973)	Sub-clause 3.3	UHF and microwave equipment using frequencies above 300 MHz		
7B (1975)	Rec. 39/1 (1973)	Limits of interference from ISM r.f. equipment, including micro- wave equipment for heating and medical purposes but excluding surgical diathermy apparatus		Sub-clauses 4.1 to 4.3

* Sub-clause, appendix or figure using for this manual the given reference.

Publication C.I.S.P.R. N°	Recommandation (Rec.) Rapport (Rap.)	Titre	Adopté par l'assemblée plénière du C.I.S.P.R. de	Notes**
7A (1973) 1 ^{er} complément à la Publ. 7 (1969)	Rec. 42	Fréquence de travail pour appareils à haute fréquence de collage et de chauffage du bois	Leningrad (1970)	Paragraphe 4.4
7B (1975)	Rec. 52 (1973)	Caractéristiques d'un analyseur de spectre utilisé dans une gamme de fréquences de 0,3 GHz à 18 GHz	West Long Branch (1973)	Paragraphe 5.3 et annexe A
7B (1975)	Rec. 53 (1973)	Réseau fictif pour courants de 25 A à 100 A	West Long Branch (1973)	Annexe C
7B (1975)	Rec. 54 (1973)	Valeurs limites et méthodes de mesure du rayonnement émis par les dispositifs à hyper- fréquences destinés au chauffage et à des usages médicaux dans la gamme des fréquences de 1 GHz à 18 GHz	West Long Branch (1973)	Paragraphe 4.2.2, 5.2.2.1 à 5.2.2.4, 5.3.4 et 5.3.5 Article 6
8 (1969) et Modification N° 1 (1973) 1 ^{er} complément à la Publ. 4 (1967)	Rap. 21/1	Perturbations produites par les appareils industriels à haute fréquence	Leningrad (1970)	Annexe B
8B (1975)	Rap. 39/1 (1973)	Mesures du rayonnement d'un appareil ISM en présence de signaux provenant d'émissions radioélectriques	West Long Branch (1973)	Paragraphe 5.1.3.6 et figure 3
7B (1975)	Rec. 46/1 (1973)	Signification des valeurs limites spécifiées par le C.I.S.P.R.	West Long Branch (1973)	Paragraphe 4.1
*C.I.S.P.R. (Sec.) 904	Rapport du GT 2 (octobre 1972)	Rapport du GT 2: Perturbations dus aux appareils ISM, sur les manuels C.I.S.P.R.		Paragraphe 5.1, 5.3.1.2, 5.3.3 et 5.4

* N'existe que sous forme de document de Secrétariat du C.I.S.P.R.

** Paragraphe, annexe ou figure du manuel utilisant la référence indiquée.

C.I.S.P.R. Publication No.	Recommendation (Rec.) Report (Rep.)	Heading	Adopted by the C.I.S.P.R. Plenary Meeting held in	Notes**
7A (1973) First supplement to Publ. 7 (1969)	Rec. 42	Operational frequencies of r.f. wood gluing and heating equipment	Leningrad (1970)	Sub-clause 4.4
7B (1975)	Rec. 52 (1973)	Characteristics of a spectrum analyser for use in the frequency range 0.3 GHz to 18 GHz	West Long Branch (1973)	Sub-clause 5.3 and Appendix A
7B (1975)	Rec. 53 (1973)	Artificial mains networks for currents between 25 A and 100 A	West Long Branch (1973)	Appendix C
7B (1975)	Rec. 54 (1973)	Limits and methods of measure- ment of the radiation from micro- wave equipment for heating and medical purposes in the frequency range 1 GHz to 18 GHz	West Long Branch (1973)	Sub-clauses 4.2.2, 5.2.2.1 to 5.2.2.4, 5.3.4 and 5.3.5 Clause 6
8 (1969) including Amendment No. 1 (1973) First supplement to Publ. 4 (1967)	Rep. 21/1	Interference from industrial r.f. equipment	Leningrad (1970)	Appendix B
8B (1975)	Rep. 39/1 (1973)	Measurement of the radiation of ISM equipment in the presence of signals from radio transmitters	West Long Branch (1973)	Sub-clause 5.1.3.6 and Figure 3
7B (1975)	Rec. 46/1 (1973)	Significance of a C.I.S.P.R. limit	West Long Branch (1973)	Sub-clause 4.1
*C.I.S.P.R.(Sec.)904	Report of the WG 2 (October 1972)	Report of C.I.S.P.R. WG 2: Interference from ISM equipment on C.I.S.P.R. manuals		Sub-clauses 5.1, 5.3.1.2, 5.3.3 and 5.4

* Available as C.I.S.P.R. secretariat document only.

** Sub-clause, appendix or figure using for this manual the given reference.

LIMITES ET MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES DES APPAREILS INDUSTRIELS, SCIENTIFIQUES ET MÉDICAUX (ISM) À HAUTE FRÉQUENCE (À L'EXCLUSION DES APPAREILS DE DIATHERMIE CHIRURGICALE) RELATIVES AUX PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

1. Domaine d'application

1.1 La présente publication concerne le rayonnement d'énergie électromagnétique produit par les appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à haute fréquence susceptibles de brouiller la réception des radio-communications.

1.2 La gamme des fréquences considérées s'étend de 150 kHz à 18 GHz. Les fréquences allouées aux appareils ISM à haute fréquence par l'U.I.T. dans cette gamme sont rappelées, avec les fréquences de 2450 MHz, 5800 MHz et 24125 MHz (voir le tableau III).

2. Objet

Etablir des exigences uniformes pour le déparasitage des appareils ISM, fixer des limites pour le niveau perturbateur, décrire des méthodes de mesure et donner un guide relatif à leur emploi.

3. Définitions

Les définitions contenues dans la Publication 50(902) de la C.E.I.: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), chapitre 902: Perturbations radioélectriques, sont valables pour la présente publication.

4. Limites de perturbation

4.1 Généralités

La signification d'une valeur limite spécifiée par le C.I.S.P.R. est définie dans la Recommandation 46/1. C'est une valeur limite recommandée aux autorités nationales pour qu'elles l'utilisent dans leurs normes nationales, leurs règlements légaux et leurs spécifications officielles. L'emploi de ces valeurs limites est aussi recommandé aux autres organismes internationaux.

Ces valeurs limites ne sont pas applicables aux impulsions de commutation.

Notes. — Dans le cas des émissions non désirées produites par les appareils à hyperfréquences pour le chauffage industriel et les usages médicaux dans la gamme de 0,18 MHz à 1000 MHz, d'autres procédés de mesure peuvent être utilisés à condition que les résultats soient cohérents avec ceux qui découlent des méthodes données dans cette publication (voir aussi la note à la suite du paragraphe 4.3.1).

4.2 Tensions aux bornes

Les valeurs limites sont données dans le tableau I pour la gamme des fréquences de 0,15 MHz à 30 MHz, exception faite pour les fréquences à rayonnement libre permises qui figurent au tableau III du paragraphe 4.4.

TABLEAU I
Valeurs limites des tensions aux bornes

Gamme de fréquences MHz	Valeurs limites (mV)	
	Fours à hyperfréquences de puissance h.f. inférieure ou égale à 5 kW	Tous les autres appareils ISM
0,15 à 0,2	2	3
0,2 à 0,5	2	2
0,5 à 5	1	1
5 à 30	2	1

LIMITS AND METHODS OF MEASUREMENT OF RADIO INTERFERENCE CHARACTERISTICS OF INDUSTRIAL, SCIENTIFIC AND MEDICAL (ISM) RADIO-FREQUENCY EQUIPMENT (EXCLUDING SURGICAL DIATHERMY APPARATUS)

1. Scope

1.1 This publication applies to the radiation of electromagnetic energy from industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment which may cause interference to radio reception.

1.2 The frequency range covered is 150 kHz to 18 GHz. References are made to the frequencies designated for ISM purposes by the I.T.U. in this range and to 2450 MHz, 5800 MHz and 24125 MHz (see Table III).

2. Object

To establish uniform requirements for the radio interference suppression of ISM radio-frequency equipment, to fix limits of interference, to describe methods of measurement and to give guidance to achieve them.

3. Definitions

For the purpose of this publication, the definitions contained in the IEC Publication 50(902), International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), Chapter 902: Radio interference, apply.

4. Limits of interference

4.1 General

The significance of a C.I.S.P.R. limit is defined in Recommendation 46/1. It is a limit which is recommended to national authorities for incorporation in national standards, legal regulations and official specifications. The limit is also recommended for use by other international organizations.

These limits do not apply to switching pulses.

Note. — For spurious emissions generated by microwave equipment for heating and medical purposes in the frequency range 0.15 MHz to 1000 MHz, alternative measuring techniques may be used provided that the results may be correlated with those obtained using the method in this publication (see also the note of Sub-clause 4.3.1).

4.2 Terminal voltages

The limits are given in Table I for the frequency range 0.15 MHz to 30 MHz except for the free-radiation frequencies which are shown in Table III of Sub-clause 4.4.

TABLE I
Terminal voltage limits

Frequency range MHz	Limits (mV)	
	For microwave ovens with r.f. power of 5 kW or less	For all other ISM equipment
0.15 to 0.2	2	3
0.2 to 0.5	2	2
0.5 to 5	1	1
5 to 30	2	1

Ces valeurs limites sont applicables à tous les appareils alimentés sur des réseaux à basse et moyenne tension (100 V-415 V) auxquels des maisons d'habitation peuvent être reliées dans les conditions suivantes:

- i) aux bornes de l'appareil dans le cas d'une mesure sur un terrain d'essai;
- ii) en bordure de l'établissement où l'appareil est utilisé, ou aussi près que possible de celle-ci, dans le cas de mesures non effectuées sur un terrain d'essai.

Note. — Actuellement, on estime qu'il n'est pas nécessaire de fixer des valeurs de tensions perturbatrices au-dessus de 30 MHz quoique les appareils ISM comportent généralement des dispositifs de filtrage de l'alimentation afin de satisfaire aux valeurs limites du rayonnement.

4.3 Rayonnement

Les mesures sur tous les appareils médicaux doivent être faites sur un terrain d'essai. Tous les autres appareils ISM doivent également faire l'objet de mesures effectuées sur un terrain d'essai quand cela est possible dans des conditions raisonnables. S'il ne peut en être ainsi, les appareils doivent satisfaire aux valeurs limites spécifiées pour des mesures qui ne sont pas faites sur un terrain d'essai. On ne doit que mesurer la composante magnétique du champ rayonné dans le cas des fréquences inférieures à 30 MHz. La composante verticale et la composante horizontale du champ doivent être mesurées aux fréquences supérieures à 30 MHz.

4.3.1 Gamme de fréquences de 0,15 MHz à 1000 MHz

Les valeurs limites recommandées par le C.I.S.P.R. pour toutes les fréquences de la gamme de 0,15 MHz à 1000 MHz qui ne figurent pas dans le tableau III sont données dans le tableau II.

TABLEAU II
Valeurs limites du rayonnement, en microvolts/mètre et en décibels ($\mu V/m$)⁺

Gamme de fréquences MHz	Sur un terrain d'essai à une distance de l'appareil de		En dehors du terrain d'essai à une distance de		
	30 m	100 m	30 m de la bordure de l'établissement de l'utilisateur	100 m	300 m de l'appareil
0,15 à 0,285	—	50 (34)	—	50 (34)	Limites à l'étude
0,285 à 0,49	—	250 (48)	—	250 (48)	
0,49 à 1,605	—	50 (34)	—	50 (34)	
1,605 à 3,95	—	250 (48)	—	250 (48)	
3,95 à 30	—	50 (34)	—	50 (34)	
30 à 470	30 (30) dans les bandes de télévision; 500 (54) en dehors de ces bandes	—	30 (30)*	50 (34)**	200 (46)
470 à 1000	100 (40) dans les bandes de télévision; 500 (54) en dehors de ces bandes	—	100 (40)*	—	
		—	500 (54)**	—	

⁺ Les chiffres entre parenthèses correspondent aux niveaux en décibels ($\mu V/m$).

* La conformité à ces valeurs limites n'est exigée que pour les canaux de télévision utilisés à tout moment à l'emplacement considéré.

** Valeurs limites applicables en dehors des canaux de télévision en vigueur actuellement à l'emplacement considéré.

Note. — Les fours à hyperfréquences de puissance nominale inférieure ou égale à 5 kW peuvent être installés dans les maisons d'habitation. Dans ce cas, les valeurs limites du tableau II de ce manuel peuvent être trop élevées pour offrir une protection efficace à la réception des émissions de radiodiffusion sonore ou visuelle. Le C.I.S.P.R. considère que, pour le moment, ces valeurs limites s'appliquent à cette classe d'appareils. Cependant, il est urgent d'étudier des méthodes de mesure de remplacement et leurs valeurs limites. L'emploi des méthodes de mesure effectuées à l'aide d'une pince absorbante analogue à celle utilisée pour les appareils domestiques est envisagé, ainsi que les mêmes valeurs limites.

These limits apply to all equipment which obtains its power supply from low and medium voltage supplies (100 V–415 V) to which dwelling houses may be connected, as follows:

- i) At the terminals of the equipment, if measured on a test site.
- ii) For apparatus not measured on a test site, at or as near as practicable to the boundaries of the premises in which the equipment is used.

Note. — It is at present believed that limits of terminal voltage are not necessary above 30 MHz, though ISM equipment will necessarily incorporate mains filtering in order to meet the limits of radiation.

4.3 Radiation

All medical apparatus shall be tested on a test site. All other ISM equipment shall also be tested on a test site if reasonably practicable. Otherwise, it shall conform to the limits specified for testing not on a test site. For frequencies below 30 MHz, only the magnetic component of the radiated field shall be measured. For frequencies above 30 MHz, both the vertically and horizontally polarized components of the field are to be measured.

4.3.1 Frequency range 0.15 MHz to 1000 MHz

The recommended C.I.S.P.R. limits for all frequencies in the range 0.15 MHz to 1000 MHz, other than those listed in Table III, are given in Table II.

TABLE II
Limits of radiation (in microvolts/metre and decibels ($\mu V/m$))⁺

Frequency range MHz	On test site, at a distance from the equipment of		Not on a test site, at a distance of		
	30 m	100 m	30 m from the boundary of users' premises	100 m	300 m from the equipment
0.15 to 0.285	—	50 (34)	—	50 (34)	Limits under consid- eration
0.285 to 0.49	—	250 (48)	—	250 (48)	
0.49 to 1.605	—	50 (34)	—	50 (34)	
1.605 to 3.95	—	250 (48)	—	250 (48)	
3.95 to 30	—	50 (34)	—	50 (34)	
30 to 470	30 (30) in TV bands; 500 (54) outside these bands	—	30 (30)*	50 (34)**	200 (46)
470 to 1000	100 (40) in TV bands; 500 (54) outside these bands	—	100 (40)* 500 (54)**	—	

⁺ The figures between brackets correspond to the levels in decibels ($\mu V/m$).

* Compliance with these limits is required only for the TV channels in use at any time at the site.

** Limits for use outside the TV channels in use at the time at the site.

Note. — Microwave ovens having rated power of 5 kW or less may be installed in domestic premises. In such cases, the limits of Table II of this manual may be too high to afford adequate protection for the reception of sound and television broadcasting emissions. The C.I.S.P.R. considers that, for the time being, these limits should be applied to this class of equipment while urgent consideration is made of alternative measuring methods and limits, including the possible application of the same limits and methods of use of the absorbing clamp as for domestic appliances.

4.3.2 Gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz

La valeur limite recommandée par le C.I.S.P.R. pour le rayonnement émis par les appareils à hyperfréquences destinés au chauffage industriel et aux usages médicaux pour toutes les fréquences de la gamme de 1 GHz à 18 GHz, à l'exclusion de celles qui figurent dans le tableau III, est de 57 dB(pW) pour la puissance apparente rayonnée relative à un dipôle demi-onde.

Note. — Une bande de fréquences à 12 GHz a été allouée pour la radiodiffusion par satellite, incluant la réception directe dans les habitations particulières. La valeur limite prescrite ne représente pas forcément une protection convenable pour cette opération et il se peut que cette limite demande à être réduite dans cette bande.

4.4 Fréquences pour lesquelles le rayonnement n'est pas limité

Certaines fréquences ont été attribuées par l'Union internationale des Télécommunications (U.I.T.) aux appareils ISM sur lesquelles le rayonnement n'est pas limité (voir le tableau III).

TABLEAU III

*Fréquences attribuées par l'U.I.T. pour les besoins des appareils industriels, scientifiques et médicaux
(article 5 du Règlement des Radiocommunications)*

Fréquence	Tolérance sur la fréquence	Région U.I.T. ou partie de Région dans laquelle la fréquence peut être utilisée	N° de la note de la Table des allocations de fréquences	Notes
<i>kHz</i> 60-80		utilisée seulement en U.R.S.S.	161	
<i>MHz</i> 13,560	± 0,05%	1, 2, 3	217	
27,120	± 0,6%	1, 2, 3	225	
40,68*	± 0,05%	1, 2, 3	236	
433,92	± 0,2%	utilisée seulement en Allemagne, Autriche, Portugal, Suisse et Yougoslavie	321	
915	± 13 MHz	2	340 Spa 2	
2450	± 50 MHz	1, 2, 3	357	La fréquence 2375 ± 50 MHz est attribuée à l'Albanie, la Bulgarie, la Hongrie, la Pologne, la Roumanie, la Tchécoslovaquie et l'U.R.S.S.
5800	± 75 MHz	1, 2, 3	391	
<i>GHz</i> 24,125	± 125 MHz	1, 2, 3	410 C Spa 2	

* En Italie et au Royaume-Uni, la fréquence 40,68 MHz n'est pas attribuée.

4.5 Fréquences de rayonnement réduit pour les appareils à haute fréquence de chauffage et de collage du bois

Le C.I.S.P.R. a mentionné la nécessité d'allouer d'autres fréquences dans la bande de 3 MHz à 6 MHz pour les besoins des appareils de chauffage et de collage du bois. Il est recommandé de prendre en considération l'utilisation dans le cadre national d'une fréquence dans la bande de 3,155 MHz à 3,200 MHz et d'une autre fréquence dans la bande de 6,765 MHz à 7,000 MHz avec, pour chacune d'elles, une tolérance de ± 0,6% et qu'aux fréquences choisies soit toléré un champ de 1 mV/m à 3 mV/m à 300 m de distance de l'appareil.

Note. — L'attention est attirée sur le fait que ces fréquences n'ont été attribuées que dans quelques pays.

4.3.2 Frequency range 1 GHz to 18 GHz

The recommended C.I.S.P.R. limit for radiation from microwave equipment used for heating and medical purposes for all frequencies in the range 1 GHz to 18 GHz, other than those listed in Table III, is 57 dB(pW) ERP referred to a half-wave dipole.

Note. — A band of frequencies at 12 GHz has been allocated for satellite broadcasting including reception of signals directly in individual homes. The limit prescribed may not give adequate protection for this service and it is possible that the limit may have to be reduced in this band.

4.4 Free-radiation frequencies

Certain frequencies are designated by the International Telecommunication Union (I.T.U.) for unrestricted radiation from ISM radio-frequency equipment (see Table III).

TABLE III
*Frequencies designated by I.T.U. for industrial, scientific and medical purposes
(Article 5 of the Radio Regulations)*

Frequency	Frequency tolerance	I.T.U. Region or its part in which frequency may be used	No. of appropriate footnotes to the Table of Frequency Allocations	Notes
<i>kHz</i> 60–80		used only in U.S.S.R.	161	
<i>MHz</i> 13.560	± 0.05%	1, 2, 3	217	
27.120	± 0.6%	1, 2, 3	225	
40.68*	± 0.05%	1, 2, 3	236	
433.92	± 0.2%	used only in Austria, Germany, Portugal, Switzerland and Yugoslavia	321	
915	± 13 MHz	2	340 Spa 2	
2450	± 50 MHz	1, 2, 3	357	The frequency 2375 ± 50 MHz is designated for use in Albania, Bulgaria, Czechoslovakia, Hungary, Poland, Romania and U.S.S.R.
5800	± 75 MHz	1, 2, 3	391	
<i>GHz</i> 24.125	± 125 MHz	1, 2, 3	410 C Spa 2	

* In Italy and the United Kingdom, the frequency 40.68 MHz is not available.

4.5 Restricted radiation frequencies for r.f. wood gluing and heating equipment

The C.I.S.P.R. has indicated the need for additional frequencies in the range 3 MHz to 6 MHz for the use of wood gluing and heating equipment. It is recommended that consideration be given, on a national basis, to using a frequency in the band 3.155 MHz to 3.20 MHz and a frequency in the band 6.765 MHz to 7.0 MHz, both having a tolerance of ± 0.6% and at these selected frequencies the permissible level of radiation should be between 1 mV/m and 3 mV/m when measured at a distance of 300 m from the equipment.

Note. — Attention is drawn to the fact that these frequencies have been allocated to some countries only.

5. Méthodes de mesure

5.1 Gamme de fréquences de 0,15 MHz à 1000 MHz

5.1.1 Appareils de mesure

Les appareils de mesure normalisés sont conformes aux prescriptions des Publications 1, 2 et 4 du C.I.S.P.R. concernant les récepteurs de mesure de quasi-crête. (Publication 1 du C.I.S.P.R. : Spécification de l'appareillage de mesure C.I.S.P.R. pour les fréquences comprises entre 0,15 MHz et 30 MHz; Publication 2 du C.I.S.P.R. : Spécification de l'appareillage de mesure C.I.S.P.R. pour les fréquences comprises entre 25 MHz et 300 MHz; Publication 4 du C.I.S.P.R. : Spécification de l'appareillage de mesure C.I.S.P.R. pour les fréquences comprises entre 300 MHz et 1000 MHz.)

Dans toutes les gammes de fréquences, les appareils de mesure ayant des caractéristiques différentes de celles prescrites dans les Publications 1, 2 et 4 du C.I.S.P.R. peuvent être utilisés, à condition que l'on puisse prouver que les résultats de mesure sont les mêmes que ceux obtenus avec un appareil de mesure C.I.S.P.R. Par exemple, si l'on fait des mesures du rayonnement modulé d'un appareil ISM, il est nécessaire d'utiliser un détecteur capable de fournir une évaluation approximative de la valeur de crête.

L'attention est attirée sur l'intérêt que présente l'emploi d'un récepteur panoramique ou d'un analyseur de spectre, particulièrement si la fréquence de travail varie dans des limites appréciables au cours du cycle de fonctionnement (voir aussi le paragraphe 5.2.1).

Les Publications 1 et 2 du C.I.S.P.R. spécifient les caractéristiques des récepteurs de mesure pour les gammes de fréquences s'étendant de 0,15 MHz à 30 MHz et de 25 MHz à 300 MHz. Il est recommandé de n'effectuer de mesures sur les appareils ISM fonctionnant entre 25 MHz et 30 MHz qu'avec le récepteur de mesure prévu pour les fréquences comprises entre 0,15 MHz et 30 MHz.

Note. — On doit prendre soin de s'assurer que le blindage du récepteur et ses caractéristiques de sélectivité vis-à-vis des fréquences indésirables sont suffisants quand on effectue des mesures sur un appareil de puissance élevée.

5.1.2 Mesures des tensions radioélectriques

La mesure des tensions injectées dans le réseau d'alimentation par l'appareil à l'essai sera faite conformément aux recommandations des paragraphes 2.1 et 2.2 de la Publication 1 du C.I.S.P.R. (1972) en utilisant un réseau en V comportant une impédance de $150 \pm 20 \Omega$ (angle de phase $\pm 20^\circ$) entre chaque conducteur de phase et la terre pour les courants inférieurs ou égaux à 25 A.

Pour les courants dont les intensités se situent entre 25 A et 100 A, on doit employer un réseau fictif conforme aux prescriptions de l'annexe C.

Quand il n'est pas possible d'utiliser les circuits de découplage et les réseaux fictifs, on emploiera la méthode indiquée à la figure 2, page 32. On effectuera les mesures successivement entre chaque conducteur de ligne et une terre appropriée (plaque de terre, conduite d'eau, tuyau métallique). La résistance totale entre ligne et terre sera portée à 1500Ω au moyen d'un condensateur C et d'une résistance convenable. L'erreur sur la précision de la mesure due à un dispositif qui serait utilisé pour protéger le récepteur contre des courants dangereux devra soit être inférieure à 1 dB, soit être comprise dans l'étalonnage.

Note. — Lors des mesures de tensions, il faudra éviter que des tensions parasites ne soient induites dans les cordons d'alimentation par action directe. Si nécessaire, on blindera l'appareil de mesure ainsi que les cordons d'alimentation de l'appareil à l'essai.

5.1.3 Mesure des champs perturbateurs

5.1.3.1 Antenne pour la mesure du champ magnétique aux fréquences inférieures à 30 MHz

L'antenne est un cadre symétrique de dimensions telles qu'il s'inscrive dans un carré de 60 cm de côté, ou un cadre non symétrique de mêmes dimensions et blindé de manière à réduire l'induction électrique. Le cadre est disposé verticalement et doit être orientable autour d'un axe vertical. Son point le plus bas sera à 1 m au-dessus du sol.

Note. — Pour la symétrisation de l'aérien, voir le paragraphe 3.2.3 de la Publication 1 du C.I.S.P.R.

5.1.3.2 Antenne pour la mesure du champ électrique aux fréquences supérieures à 30 MHz

L'antenne doit être conforme à celui qui est prescrit au paragraphe 3.2 de la Publication 2 du C.I.S.P.R. et au paragraphe 2.2 de la Publication 4 du C.I.S.P.R. Le milieu de cet aérien doit se trouver à $3,0 \pm 0,2$ m au-dessus du sol.

Note. — Toutes précautions doivent être prises pour s'assurer que, lorsque la mesure est faite dans des conditions réelles (c'est-à-dire ailleurs que sur un terrain d'essai), l'antenne est ajustée en position et en orientation de façon à obtenir le maximum de réception.

5. Methods of measurement

5.1 Frequency range 0.15 MHz to 1000 MHz

5.1.1 Measuring equipment

The standard measuring equipment shall comply with the requirements of C.I.S.P.R. Publications 1, 2 and 4 for quasi-peak measuring sets. (C.I.S.P.R. Publication 1, Specification for C.I.S.P.R. Radio Interference Measuring Apparatus for the Frequency Range 0.15 MHz to 30 MHz; C.I.S.P.R. Publication 2, Specification for C.I.S.P.R. Radio Interference Measuring Apparatus for the Frequency Range 25 MHz to 300 MHz; C.I.S.P.R. Publication 4, C.I.S.P.R. Measuring Set Specification for the Frequency Range 300 MHz to 1000 MHz.)

In all frequency ranges, measuring sets having characteristics other than those described in C.I.S.P.R. Publications 1, 2 and 4 may be used provided the measured interference values can be proved to be the same as when using the C.I.S.P.R. sets. For example, in making measurements of modulated radiation from ISM equipment, a detector capable of indicating the approximate peak value must be used.

Attention is drawn to the convenience of using a panoramic receiver or a spectrum analyser, particularly if the working frequency changes appreciably during the work-cycle (see also Sub-clause 5.2.1).

C.I.S.P.R. Publications 1 and 2 specify measuring sets for the frequency ranges 0.15 MHz to 30 MHz and 25 MHz to 300 MHz. It is recommended that measurements on ISM equipment over the frequency range 25 MHz to 30 MHz be made only with the measuring set whose frequency range is 0.15 MHz to 30 MHz.

Note. — Care should be taken to ensure that the screening and the spurious response rejection characteristics are adequate when making measurements on high-power equipment.

5.1.2 Measurement of r.f. voltage

Measurements of the r.f. voltage injected into the supply mains shall be made in accordance with the recommendations in Sub-clauses 2.1 and 2.2 of C.I.S.P.R. Publication 1 (1972), using the V-network, consisting of an impedance of $150 \pm 20 \Omega$ (phase angle $\pm 20^\circ$) between each line and earth for currents up to 25 A.

An artificial network according to Appendix C shall be used for currents between 25 A and 100 A.

When isolating and artificial mains networks cannot be used, the method shown in Figure 2, page 32, shall be used. The measurements shall be made between each line and a suitable earth (earth plate, water pipe, metal tube) with a blocking capacitor C and a resistor such that the total resistance between line and earth is 1500Ω . The effect on the accuracy of measurement of any device which may be used to protect the measuring set against dangerous currents shall either be less than 1 dB or be allowed for in calibration.

Note. — When making voltage measurements, care must be taken to avoid spurious voltage being induced into the supply leads by direct pick-up, and it may be necessary to screen the measuring set and the supply leads from the equipment under test.

5.1.3 Radiation measurements

5.1.3.1 Magnetic aerial for frequencies below 30 MHz

The magnetic aerial shall be a balanced loop of dimensions such that it will be completely enclosed by a square having sides 60 cm in length, or an unbalanced loop of the same dimensions with screening to reduce electric pick-up. The aerial shall be supported in a vertical plane and be rotatable about a vertical axis. The lowest point of the loop shall be 1 m above the ground.

Note. — For balance of aerial, see Sub-clause 3.2.3 of C.I.S.P.R. Publication 1.

5.1.3.2 Electric aerial for frequencies above 30 MHz

The aerial shall be as prescribed in Sub-clause 3.2 of C.I.S.P.R. Publication 2 and Sub-clause 2.2 of C.I.S.P.R. Publication 4. The centre of the aerial shall be supported 3.0 ± 0.2 m above the ground.

Note. — Precautions should be taken to ensure that the aerial is adjusted in position and orientation for maximum reception when measurements are being made in an actual location, i.e. not on a test site.

5.1.3.3 Distance de mesure

La distance de mesure pour les mesures faites sur un terrain d'essai normalisé, comptée entre l'axe vertical de la plaque tournante supportant l'appareil à l'essai et l'antenne de mesure, doit satisfaire aux prescriptions du paragraphe 4.3 (voir le tableau II).

L'appareil à l'essai est placé sur la plaque tournante de façon telle que le milieu de la partie rayonnante soit aussi près que possible du centre de rotation.

Les mesures sur les appareils qui ne sont pas soumis aux essais sur un terrain d'essai normalisé ne sont effectuées qu'après l'installation de ceux-ci dans les locaux de l'utilisateur. Dans ce cas, les mesures doivent être effectuées à la distance de la bordure de l'établissement de l'utilisateur prévue dans le tableau II du paragraphe 4.3.

5.1.3.4 Terrain d'essai normalisé

Le terrain d'essai doit être libre de tous objets réfléchissants afin de s'affranchir de l'influence de ceux-ci sur les résultats.

Note. — A titre d'exemple, un terrain d'essai convenable est tel qu'il soit libre de tout objet réfléchissant à l'intérieur d'une ellipse dont le grand axe vaut deux fois la distance entre les foyers et le petit axe, en conséquence $\sqrt{3}$ fois cette distance. L'appareil essayé et l'équipement de mesure sont placés respectivement à l'un et l'autre des foyers. On notera qu'avec une pareille disposition, le chemin de tout rayon réfléchi par un objet situé sur le périmètre de cette ellipse est le double de celui correspondant au passage direct d'un foyer à l'autre.

5.1.3.5 Disposition des appareils et connexion de ceux-ci au réseau

Lors de l'installation de l'appareil sur le terrain d'essai, on doit prendre des précautions en ce qui concerne la disposition des câbles, etc., de manière à s'assurer que des effets indésirables ne se produisent pas. Quand l'appareil est installé sur une plaque tournante, celle-ci doit être effectivement non métallique et sa partie inférieure ne doit pas dépasser une hauteur de 50 cm au-dessus du sol. Toutefois, les foyers à hyperfréquences doivent être placés à une hauteur d'environ 1 m.

Si l'appareil est muni d'une borne de terre spéciale, celle-ci doit être reliée à la terre par un conducteur aussi court que possible. Si l'appareil ne comporte aucune borne de terre, il est essayé avec des connexions normales, c'est-à-dire que toute mise à la terre se fait par l'intermédiaire de l'alimentation. Si l'appareil à l'essai est livré avec un câble souple d'alimentation, la plus grande partie possible de celui-ci doit être sur le sol.

5.1.3.6 Mesures du rayonnement d'un appareil ISM en présence de signaux provenant d'émissions radioélectriques (voir le Rapport 39/1)

La valeur du champ rayonné par un appareil ISM, ayant une fréquence stable telle que la lecture du récepteur de quasi-crête C.I.S.P.R. ne varie pas de plus de $\pm 0,5$ dB pendant les mesures, peut être déduite, avec une précision suffisante, de l'expression ci-après:

$$E_g^{1,1} = E_t^{1,1} - E_s^{1,1} \quad (1)$$

où:

E_g ($\mu\text{V/m}$) = intensité du champ de l'appareil ISM

E_t ($\mu\text{V/m}$) = valeur mesurée

E_s ($\mu\text{V/m}$) = intensité du champ du signal (ou des signaux) qui perturbe(nt) la mesure

La formule est considérée comme valable pour des signaux perturbateurs provenant d'émissions AM ou FM de son et de télévision ayant une amplitude totale atteignant deux fois l'amplitude de la perturbation ISM qui est à mesurer.

Pour faciliter l'emploi de la formule précédente, un abaque est donné à la figure 3, page 33, dont un exemple d'utilisation figure ci-après.

Il est conseillé de limiter l'utilisation de la formule aux cas où le signal perturbateur ne peut être évité. Si la fréquence n'est pas stable et dans le cas où l'on utilise un récepteur panoramique ou un analyseur de spectre, la formule n'est pas applicable.

5.1.3.3 Distance of measurement

For measurements at a standard test site, the distance between the measuring set aerial and the vertical axis of the turntable which supports the equipment under test, shall be as defined in Sub-clause 4.3 (see Table II).

The equipment shall be disposed on the turntable so that the centre of radiation shall be as near as possible to the centre of rotation.

For equipment which is not tested at a standard test site, measurements shall be made after the equipment has been installed in the user's premises. In this case, measurements shall be made at distances from the boundary of the premises as defined in Table II of Sub-clause 4.3.

5.1.3.4 Standard test site

The test site shall be free from reflecting objects so that the results will not be affected.

Note. — As an example, a suitable test site is one which is free from reflecting objects within the perimeter of an ellipse having a major diameter equal to twice the distance between foci and a minor diameter equal to $\sqrt{3}$ times this distance. The appliance under test and the measuring apparatus are placed at each of the foci respectively. It may be noted that the path of the ray reflected from any object on the perimeter of this ellipse will be twice the length of the direct ray path between the foci.

5.1.3.5 Disposition of equipment and its connection to the supply mains

When the equipment is installed at a standard test site, precautions must be taken with the layout of cables, etc., to ensure that spurious effects do not occur. When the equipment is mounted on a turntable, this shall be substantially non-metallic and its floor shall not be higher than 50 cm above ground level. Microwave ovens shall, however, be situated at the height of approximately 1 m.

When the equipment is fitted with a special earthing terminal, this shall be connected to earth by a lead as short as possible. When no earth terminal is fitted, the equipment shall be tested as normally connected, that is, any earthing is obtained through the mains supply. When the equipment under test is supplied with a flexible mains cable, as much of this as possible shall be on the ground.

5.1.3.6 Measurement of the radiation from ISM equipment in the presence of signals from radio transmitters (see Report 39/1)

For ISM equipment having a stable frequency so that reading of C.I.S.P.R. quasi-peak measuring set does not vary more than ± 0.5 dB during measurements, the field strength of the radiation can be calculated sufficiently accurately from the expression:

$$E_g^{1.1} = E_t^{1.1} - E_s^{1.1} \quad (1)$$

where:

E_g ($\mu\text{V/m}$) = field strength from the ISM equipment

E_t ($\mu\text{V/m}$) = measured value

E_s ($\mu\text{V/m}$) = field strength of the signal(s) which disturb(s) the measurement

The formula has been found to be valid for disturbing signals from AM and FM sound and television transmitters having a total amplitude up to twice the amplitude of the ISM interference which is to be measured.

For convenience of use of the above formula, a nomogram is given in Figure 3, page 33, together with an example of its use below.

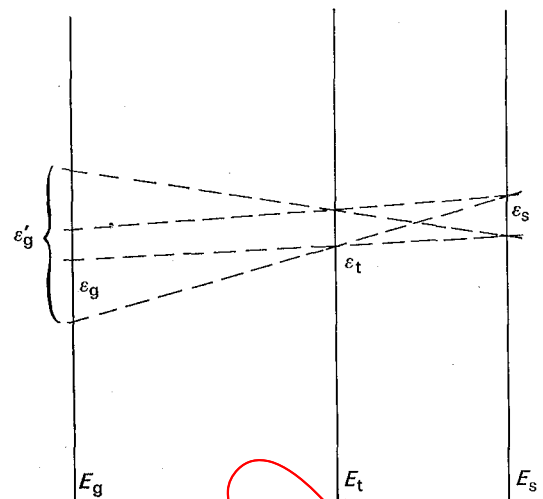
It is advisable to restrict the use of the formula to cases where the disturbing signal cannot be avoided. If the frequency is unstable and where a panoramic receiver or spectrum analyser is used, the formula is not applicable.

$$E_g^{1,1} = E_t^{1,1} - E_s^{1,1}$$

Cet abaque donne la valeur du champ E_g , si E_t et E_s sont connus.

Exemple: Déterminer l'erreur sur E_g , si les erreurs sur E_s et E_t sont connues.

Si l'erreur commise sur E_g paraît trop élevée, il peut être opportun d'effectuer plusieurs mesures en fonction de la distance et de déterminer E_g par extrapolation.



020/75

5.2 Gamme de fréquences de 1 GHz à 18 GHz

5.2.1 Appareils de mesure

Les essais devraient être effectués à l'aide d'un appareillage de mesure conforme aux prescriptions suivantes:

(1) L'analyseur de spectre servant à effectuer les mesures de perturbation dans la gamme de 0,3 GHz à 18 GHz doit avoir les caractéristiques ci-après:

- a) La réponse de l'analyseur de spectre à toute fréquence indésirable doit être au moins inférieure de 40 dB à la réponse à la fréquence instantanée d'accord. Cela peut être obtenu au moyen d'un présélecteur séparé.
- b) Une largeur de bande de $125 \text{ kHz} \pm 25 \text{ kHz}$.
- c) Une atténuation variable à la fois dans les sections à fréquence radioélectrique et à fréquence intermédiaire du récepteur.
- d) Une efficacité d'écran d'au moins 60 dB.
- e) Une durée de balayage pouvant varier d'au moins 0,1 s à 10 s.
- f) Afin de permettre un examen visuel lorsqu'on établit la durée de balayage la plus faible, l'analyseur de spectre doit être muni d'un dispositif de mesure tel qu'un tube à rayons cathodiques à mémoire.

(2) L'analyseur de spectre doit être muni à l'entrée d'un filtre dont l'atténuation doit être au moins de 30 dB à la fréquence de fonctionnement de l'appareil à l'essai, afin de protéger les circuits de l'analyseur. Lorsqu'on effectue une mesure de rayonnement perturbateur faible en présence d'une fondamentale puissante, il peut être nécessaire d'utiliser plusieurs de ces filtres pour les différentes fréquences de fonctionnement.

(3) Les précautions qui doivent être prises dans l'utilisation de l'analyseur de spectre sont données à l'annexe A.

5.2.2 Mesure des champs

5.2.2.1 Dispositif de mesure

L'appareil à essayer est placé sur une plate-forme tournante d'environ 1 m de hauteur. On lui fournit l'alimentation correspondant à sa puissance sous tension nominale.

5.2.2.2 Antenne de réception

Les mesures sont effectuées au moyen d'une antenne directive de petite ouverture capable de fournir des mesures séparées des composantes verticale et horizontale du champ rayonné. La hauteur au-dessus du sol de l'axe de l'antenne est la même que celle du centre approximatif de rayonnement de l'appareil à essayer.

5.2.2.3 Vérification de l'emplacement et étalonnage

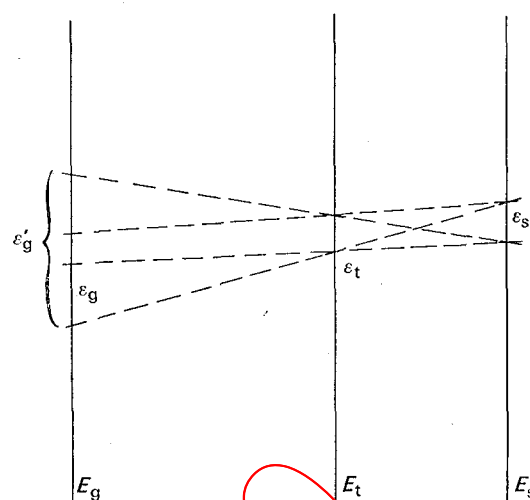
La vérification de l'étalonnage du terrain d'essai est faite par une méthode de substitution de rayonnement. Cela est effectué en deux phases.

$$E_g^{1.1} = E_t^{1.1} - E_s^{1.1}$$

This nomogram gives the value of the field E_g , if E_t and E_s are known.

Example: To estimate the error of E_g , if the errors of E_s and E_t are known.

If the error on E_g seems too high, it may be advisable to make several measurements as a function of the distance and to determine E_g by means of an extrapolation.



020175

5.2 Frequency range 1 GHz to 18 GHz

5.2.1 Measuring equipment

The tests should be made with measuring equipment complying with the following requirements:

(1) A spectrum analyser to measure interference in the range 0.3 GHz to 18 GHz which shall have the following characteristics:

- The spurious response shall be at least 40 dB below the response at the instantaneous tuned frequency. This may be achieved by a separately attached preselector.
- A bandwidth of 125 kHz $\pm$ 25 kHz.
- Variable attenuation in both r.f. and i.f. sections of the receiver.
- A screening effectiveness of at least 60 dB.
- A sweep time capable of being varied at least from 0.1 s to 10 s.
- To permit visual observations while using the slower sweep times, the spectrum analyser should be provided with some form of storage, such as storage type display tube.

(2) A filter shall be provided at the input of the spectrum analyser to give at least 30 dB of attenuation at the operating frequency of the equipment under test, in order to protect the input circuits of the analyser from damage when measuring weak spurious signals in the presence of a strong fundamental. A number of such filters may be required to deal with different operating frequencies.

(3) Precautions which should be taken in the use of the spectrum analyser are given in Appendix A.

5.2.2 Radiation measurements

5.2.2.1 Test arrangement

The apparatus under test shall be placed on a turntable about 1 m high. Power at the nominal voltage shall be supplied.

5.2.2.2 Receiving aerial

The measurements shall be made with a directive aerial of small aperture capable of making separate measurements of the vertical and horizontal components of the radiated field. The height above the ground of the centre line of the aerial shall be the same as the height of the approximate radiation centre of the equipment under test.

5.2.2.3 Site checking and calibration

The calibration checking of the test site shall be made by a radiation-substitution method. This is carried out in two stages.

Premièrement, la conformité du terrain d'essai est déterminée comme suit. Une antenne d'émission est installée dans la position où l'on prévoit de placer le centre approximatif de rayonnement de l'appareil à l'essai (habituellement le centre de son volume). L'antenne d'émission a les mêmes propriétés de rayonnement qu'un dipôle demi-onde. L'antenne de réception doit être placée dans la même position que celle qui est choisie pour les mesures réelles. Ces deux antennes sont placées de manière à avoir la même polarisation qui doit être perpendiculaire à la droite fictive qui les joint. Les essais sont effectués dans les plans de polarisation horizontal et vertical.

Le terrain d'essai est considéré comme convenant à l'objet de la mesure, à une fréquence d'essai, si l'indication du dispositif de mesure ne varie pas de plus de $\pm 1,5$ dB lorsque le centre de l'antenne d'émission est déplacé de 0 cm à 15 cm dans une direction quelconque par rapport à sa position initiale.

Deuxièmement, l'étalonnage réel est fait de manière qu'à chaque fréquence d'essai, avec les antennes d'émission et de réception placées dans les mêmes conditions (initiales) que ci-dessus, l'antenne d'émission soit alimentée par une énergie de signal fournissant une lecture appropriée sur le récepteur de mesure et l'énergie, qui alimente l'antenne d'émission dans des conditions d'adaptation optimale, détermine un facteur de conversion. Toute lecture prise sur le récepteur de mesure peut, au moyen de ce facteur, être convertie en énergie de substitution.

5.2.2.4 Procédé de mesure

Les mesures sont effectuées avec l'antenne dans les deux polarisations horizontale et verticale et l'on doit faire tourner la plate-forme avec l'appareil à l'essai. Le niveau le plus élevé de rayonnement mesuré est le niveau caractéristique pour une fréquence de mesure donnée. On doit s'assurer que, lorsque l'appareil à l'essai est débranché, le niveau du bruit de fond est au moins de 10 dB en dessous de la valeur limite de référence, les lectures pouvant être sérieusement affectées dans le cas contraire.

5.3 Circuit de charge des appareils au cours des mesures

5.3.1 Appareils médicaux

5.3.1.1 Appareils médicaux utilisant des fréquences comprises entre 0,15 MHz et 300 MHz

Toutes les mesures doivent être effectuées dans les conditions de fonctionnement prescrites dans le manuel d'utilisation de l'appareil. Le circuit de charge qu'on doit utiliser pour l'appareil dépend de la nature de ses électrodes.

Dans le cas d'électrodes capacitives, on utilisera une charge fictive pour les mesures. La figure 1, page 32, indique la disposition générale à respecter. La charge fictive doit être essentiellement résistive et capable d'absorber la puissance de sortie maximale nominale de l'appareil.

Les deux bornes de connexion de la charge fictive doivent être situées aux extrémités opposées de la charge et chaque borne doit être reliée directement à un plateau métallique ayant un diamètre de 170 ± 10 mm. On utilisera pour les mesures les câbles et les électrodes capacitatives fournis avec l'appareil. Les électrodes capacitatives doivent être disposées aux extrémités de la charge fictive, parallèlement aux plateaux métalliques circulaires et leur distance à ceux-ci doit être réglée de façon que la puissance dissipée dans la charge fictive ait la valeur appropriée.

Les mesures sont effectuées pour la position horizontale et la position verticale de la charge fictive (voir la figure 1). Dans chaque cas, lors des mesures de champ, on fera pivoter l'ensemble comprenant l'appareil, les câbles, les électrodes capacitatives et la charge fictive autour d'un axe vertical afin de déterminer la valeur maximale du champ rayonné.

Note. — Les dispositions de lampes suivantes se sont montrées satisfaisantes pour les mesures sur de nombreux types d'appareils dans la gamme de puissance indiquée:

- a) puissance nominale de sortie de l'appareil comprise entre 100 W et 300 W:
quatre lampes de 110 V/60 W en parallèle, ou cinq lampes de 125 V/60 W en parallèle;
- b) puissance nominale de sortie de l'appareil comprise entre 300 W et 500 W:
quatre lampes de 125 V/100 W en parallèle, ou cinq lampes de 150 V/100 W en parallèle.

Pour les appareils de type inductif, on fera les mesures en utilisant les câbles et les bobines fournis avec l'appareillage servant au traitement du patient. La charge pour l'essai doit comporter un récipient tubulaire vertical en matériau isolant de 10 cm de diamètre. Ce récipient est rempli sur une hauteur de 50 cm avec une solution saline comprenant 9 g de chlorure de sodium par litre d'eau distillée.

Le récipient est placé à l'intérieur de la bobine, de manière que son axe soit confondu avec celui de la bobine. Le milieu de la bobine et celui de la charge liquide doivent également coïncider.

Firstly, the suitability of the site shall be determined as follows. A transmitting aerial shall be mounted at the position where the approximate radiation centre (usually the volume centre) of the equipment under test is intended to be placed. The transmitting aerial shall have the same radiation properties as a half-wave dipole. The receiving aerial shall be placed at the same position as chosen for the actual measurements. The two aerials shall be placed so that they have the same polarization which shall be perpendicular to an imaginary line between them. Tests shall be made with the planes of polarization horizontal and vertical.

The site shall be considered suitable for the purpose of measurement at a test frequency if the indication on the measuring set changes by no more than ± 1.5 dB when the centre of the transmitting aerial is moved 0 cm to 15 cm in any direction from its initial position.

Secondly, the actual calibration is made so that at each test frequency with the transmitting and receiving aerials in the same (initial) positions as above, the transmitting aerial is fed by signal power to give a suitable reading on the measuring set. The relationship between the reading on the measuring set and the input power to the transmitting aerial under matched conditions gives a conversion factor. By means of this factor, any reading of the measuring set is converted to the substituted power.

5.2.2.4 *Measuring procedure*

Measurements shall be made with the aerial having both horizontal and vertical polarization and the turntable with the appliance under test shall be rotated. The highest level of radiation measured shall be the characteristic level for that measuring frequency. It shall be ascertained that, when the apparatus under test is switched off, the level of background noise is at least 10 dB below the reference limit, otherwise the readings may be significantly affected.

5.3 *Output circuit to be used during measurements*

5.3.1 *Medical equipment*

5.3.1.1 *Medical equipment using frequencies from 0.15 MHz to 300 MHz*

All measurements shall be made under operating conditions as provided in the operating manual of the equipment. The output circuit to be used to load the equipment depends on the nature of the electrodes with which it is to be used.

For equipment with capacitive electrodes, a dummy load shall be used during measurements. The general arrangement is shown in Figure 1, page 32. The dummy load shall be substantially resistive and capable of absorbing the rated maximum output power of the equipment.

The two terminals of the dummy load shall be at opposite ends of the load and each terminal shall be joined directly to a circular flat metal plate having a diameter of 170 ± 10 mm. Measurements shall be made with each of the output cables and capacitive electrodes supplied with the equipment. The capacitive electrodes are to be disposed parallel to the circular metal plates at the ends of the dummy load, the spacing between them being adjusted to produce the appropriate power dissipation in the dummy load.

Measurements shall be made with the dummy load both horizontal and vertical (see Figure 1). In each case, the equipment, together with the output cables, capacitive electrodes and dummy load, shall be rotated around its vertical axis during measurement of field strength in order that the maximum value can be measured.

Note. — The following arrangement of lamps has been found suitable for testing many types of equipment in the power range stated:

- a) nominal output power 100 W to 300 W:
four lamps 110 V/60 W, or five lamps 125 V/60 W, in parallel;
- b) nominal output power 300 W to 500 W:
four lamps 125 V/100 W, or five lamps 150 V/100 W, in parallel.

For equipment of the inductive type, measurements shall be made using the cables and coils supplied with the equipment for connection to the patient. The test load shall consist of a vertical tubular container of insulating material, having a diameter of 10 cm. It is filled to a depth of 50 cm with a salt solution consisting of 9 g of sodium chloride in one litre of distilled water.

The container is placed within the coil with the axis of the container coincident with the axis of the coil. The centres of the coil and the liquid load shall also coincide.

Les mesures doivent être faites pour la puissance maximale et pour une valeur moitié de cette puissance et, quand cela est possible, la charge de sortie doit être accordée sur la fréquence fondamentale de l'appareil.

Note. — Toutes les mesures sont faites dans les conditions de fonctionnement, telles qu'elles sont prévues dans le manuel de fonctionnement de l'appareil.

5.3.1.2 Appareils de thérapie UHF et hyperfréquences fonctionnant à des fréquences supérieures à 300 MHz

Les mesures sont d'abord effectuées en connectant le circuit de sortie de l'appareil à une résistance de charge de même valeur que l'impédance caractéristique du câble qui alimente la charge normale de l'appareil.

Puis, on effectue ces mesures avec chaque électrode fournie avec l'appareil dans toutes les positions et directions possibles en respectant les consignes d'exploitation indiquées dans le mode d'emploi, l'appareil rayonnant en espace libre sans milieu absorbant.

Les niveaux les plus élevés mesurés en utilisant l'une ou l'autre de ces méthodes doivent satisfaire aux limites.

Note. — Si besoin est, la puissance maximale de sortie de l'appareil doit être mesurée avec la première méthode. Pour déterminer l'adaptation de la résistance terminale au circuit de sortie de l'appareil, on mesure le rapport d'ondes stationnaires existant entre le générateur et la résistance de charge. Celui-ci ne doit pas excéder 1,5 (les méthodes de charge des autres appareils ISM sont à l'étude).

5.3.1.3 Appareils de thérapie à ultrasons

Les mesures sont effectuées avec le transducteur connecté au générateur. Le transducteur est plongé dans un récipient rempli d'eau dont le diamètre est d'environ 10 cm.

Les mesures sont effectuées à la fois à la puissance maximale et à la moitié de celle-ci et, dans le cas où le circuit de sortie peut être accordé, il doit être accordé sur la fréquence de résonance, puis désaccordé. Les spécifications qui figurent au mode d'emploi de l'appareil doivent être observées.

Note. — La mesure de la puissance maximale de sortie de l'appareil doit être faite, si besoin est, conformément à la méthode décrite dans la Publication 150 de la CEI: Essai et étalonnage de générateurs d'ultrasons à usage thérapeutique, ou en utilisant une méthode dérivée.

5.3.2 Appareils industriels

Les appareils industriels sont essayés soit avec la charge utilisée en service, soit avec un dispositif équivalent. Si l'appareil essayé doit être raccordé à des canalisations auxiliaires (eau, gaz, air, etc.), il faudra prévoir des sections de raccordement en tube isolant d'au moins 3 m de long. Pour les mesures faites avec la charge utilisée en service, on disposera les câbles et les électrodes comme en utilisation normale. Les mesures doivent être faites à la puissance de cette sortie maximale et à la moitié de cette puissance. Les appareils qui fonctionnent normalement avec une puissance de sortie nulle ou très faible doivent également donner lieu à des mesures effectuées dans ces conditions.

Au cours des mesures de champ perturbateur, on fera pivoter autour d'un axe vertical l'ensemble comprenant l'appareil, les câbles, les électrodes et la charge, que celle-ci soit fictive ou que ce soit celle utilisée en service, afin de déterminer la valeur maximale du champ rayonné.

Si l'appareil et sa charge sont trop encombrants pour qu'on puisse les faire pivoter, on les laissera fixes et on effectuera autour de ceux-ci une série de mesures en nombre suffisant pour déterminer la direction du rayonnement maximal.

Note. — L'expérience a montré qu'un dispositif de charge avec circulation d'eau convient pour de nombreux types d'appareils pour chauffage diélectrique.

5.3.3 Appareils scientifiques

Les appareils scientifiques qui devraient être essayés le seront dans les conditions de leur emploi normal.

5.3.4 Appareils de cuisson à hyperfréquences

Les appareils de cuisson à hyperfréquences doivent se conformer à la valeur limite de rayonnement indiquée au paragraphe 4.3.2 lorsqu'ils sont essayés avec tous leurs constituants normaux, tels que plateaux, en place, et avec une charge de 250 ml à 500 ml d'eau du robinet contenant 1% de sel de cuisine, initialement à 20 ± 5 °C, placée au centre de la surface support prévue par le fabricant. Le récipient contenant cette eau a un diamètre compris entre 8 cm et 15 cm et est constitué d'un matériau non conducteur de l'électricité tel que le verre ou la matière plastique. On rajoute la quantité d'eau nécessaire pour conserver la quantité initiale.

Measurements shall be made both at maximum and half-maximum power and, where the output circuit can be tuned, it shall be tuned to resonance with the fundamental frequency of the apparatus.

Note. — All measurements shall be made under all operating conditions as provided in the operating manual of the equipment.

5.3.1.2 *UHF and microwave therapeutic equipment using frequencies above 300 MHz*

Measurements shall be made initially with the output circuit of the equipment connected to a load resistor having the same value as the characteristic impedance of the cable used to supply the equipment load.

Secondly, measurements shall be made with each of the applicators supplied with the equipment in each possible position and direction, and radiating in free space with no absorbing medium, having regard to the specifications in the operating manual of the equipment.

The higher of the levels measured using the two arrangements shall be used to determine compliance with the limits.

Note. — Where necessary, the maximum power output of the equipment should be measured with the first arrangement. In order to determine the matching of the terminating resistor to the output-circuit of the equipment, the standing wave ratio should be measured on the line between the generator and the terminating resistor. The v.s.w.r. shall not exceed the value of 1:1.5 (methods of loading other ISM equipment are under consideration).

5.3.1.3 *Ultrasonic therapy equipment*

Measurements shall be made with the transducer connected to the generator. The transducer shall be dipped in a container having a diameter of about 10 cm and filled with water.

Measurements shall be made both at maximum and half-maximum power and, where the output-circuit can be tuned, it will be tuned to resonance and then detuned. The specifications in the operating manual of the equipment are to be considered.

Note. — The measurement of the maximum output of the equipment should be made, where necessary, in accordance with the method published in IEC Publication 150, Testing and Calibration of Ultrasonic Therapeutic Equipment, or using a derived arrangement.

5.3.2 *Industrial equipment*

The load used when industrial equipment is tested may be either the load used in service or an equivalent device. Where means for connecting auxiliary services such as water, gas, air, etc., are provided, connection of these services to the equipment under test shall be made by insulating tubing not less than 3 m long. When testing with the load used in service, the electrodes and cables shall be disposed in the manner of their normal use. Measurements shall be made at both maximum output power and at half-maximum output power. Equipment which will normally operate at zero or very low output shall also be tested in this condition.

During the measurement of field strength, the equipment, together with the output cables, electrodes and load, whether dummy or that used in service, shall be rotated round its vertical axis in order to measure the maximum value of the radiation.

If the equipment and its load are too large to be rotated, they shall remain fixed and measurements shall be made at as many points around the equipment as are necessary to determine the direction of maximum radiation.

Note. — A circulating water load has been found suitable for many types of dielectric heating equipment.

5.3.3 *Scientific equipment*

If the need arises to test scientific equipment, it shall be tested under normal operating conditions.

5.3.4 *Microwave cooking appliances*

Microwave cooking appliances shall conform to the limit of radiation in Sub-clause 4.3.2 when tested with all normal components, such as shelves, in place, and with a load of 250 ml to 500 ml of tap water containing 1% common salt, initially at $20 \pm 5^\circ\text{C}$, placed at the centre of the load-carrying surface provided by the manufacturer. The water container shall have an inside diameter between 8 cm and 15 cm and be made of electrically non-conductive material such as glass or plastic. Water shall be added as necessary to maintain the quantity of water.

5.3.5 *Autres appareils fonctionnant dans la gamme de 1 GHz à 18 GHz*

Les autres appareils doivent se conformer à la valeur limite de rayonnement indiquée au paragraphe 4.2.2 lorsqu'ils sont essayés avec une charge fictive constituée d'une certaine quantité d'eau du robinet contenue dans un récipient en matière plastique ou en verre. La taille et la forme du récipient, sa position dans l'appareil et la quantité d'eau qu'il contient doivent être modifiées de manière à assurer le maximum de transfert d'énergie, les variations de fréquence ou le rayonnement harmonique dépendant des caractéristiques étudiées.

5.4 *Mesures de fréquence*

Dans le cas des appareils prévus pour fonctionner à une fréquence comprise dans une des bandes à rayonnement libre, on utilisera pour contrôler la fréquence un appareil dont l'erreur de mesure ne dépassera pas un dixième de la tolérance admissible de la fréquence médiane de la bande de fréquences à rayonnement libre.

La fréquence doit être mesurée pour toutes les valeurs de la charge à partir de la puissance la plus faible normalement utilisée jusqu'à la puissance maximale.

6. **Précautions de sécurité**

Un dispositif à hyperfréquences est, par nature, susceptible d'émettre des rayonnements à un niveau dangereux pour l'être humain. Avant de procéder à des essais de rayonnement perturbateur, le dispositif doit être vérifié à l'aide d'un contrôleur de rayonnement approprié.

5.3.5 *Other equipment in the frequency range 1 GHz to 18 GHz*

Other equipment shall conform to the limit of radiation in Sub-clause 4.2.2 when tested with a dummy load consisting of a quantity of tap water in a plastic or glass container. The size and shape of the container, its position in the equipment and the quantity of water shall be varied as required to produce maximum power transfer, frequency variation or harmonic radiation depending on the characteristics under examination.

5.4 *Frequency measurements*

For equipment which is intended to operate on a fundamental frequency in one of the free-radiation bands, the frequency shall be checked with equipment having an inherent error of measurement not greater than one-tenth of the permissible tolerances for the mid-band frequency of the free-radiation band.

The frequency shall be measured over the load range from the lowest power normally used to maximum power.

6. **Safety precautions**

Microwave equipment is inherently capable of emitting levels of radiation that are hazardous to human beings. Before testing for interfering radiation, the equipment should be checked with a suitable radiation monitor.

ANNEXE A

PRÉCAUTIONS A PRENDRE LORS DE L'UTILISATION D'UN ANALYSEUR DE SPECTRE (paragraphe 5.2.1)

La plupart des analyseurs de spectre n'ont pas de sélectivité dans les étages à fréquence radioélectrique. Cela signifie que le signal d'entrée est directement transmis à un mélangeur à large bande, où il est converti en une fréquence intermédiaire convenable. Depuis peu de temps, on peut obtenir des analyseurs de spectre pour micro-ondes ayant des présélecteurs «de poursuite», qui suivent automatiquement la fréquence à analyser. Ce système permet, dans une très large mesure, de surmonter les difficultés rencontrées lors de la mesure des niveaux des harmoniques et des émissions parasites à l'aide d'un analyseur qui peut produire de telles fréquences dans ces circuits d'entrée.

De nombreux analyseurs de spectre pour micro-ondes utilisent des harmoniques de l'oscillateur local et couvrent ainsi différentes portions de la gamme de fréquences à observer. S'il n'ont pas de présélecteurs à fréquence radioélectrique, de tels analyseurs reçoivent tant de réponses parasites et d'harmoniques qu'il est difficile de s'assurer qu'un signal observé est réellement à la fréquence indiquée, et qu'il n'est pas produit par erreur dans l'appareil de mesure.

De nombreux fours, appareils de diathermie médicale et autres appareils ISM sont alimentés par du courant alternatif non redressé ou du courant alternatif redressé mais non filtré. Leurs émissions sont donc modulées à la fois en amplitude et en fréquence. Des modulations supplémentaires en amplitude et en phase sont dues au mouvement des agitateurs dans les fours.

Ces émissions ont des composantes spectrales distantes d'environ 1 Hz (modulation due aux agitateurs) et de 50 Hz ou 60 Hz (modulation provenant de la fréquence du réseau). Si l'on considère que la fréquence fondamentale est généralement assez instable, on voit qu'il n'est pas possible de distinguer ces composantes spectrales. En pratique, on recherche plutôt l'enveloppe du spectre réel en utilisant une largeur de bande de l'analyseur supérieure à la différence de fréquence entre ces raies (mais en règle générale petite par rapport à la largeur de l'enveloppe spectrale). Si la largeur de bande de l'analyseur est suffisamment grande pour contenir plusieurs composantes spectrales, la valeur maximale indiquée augmente avec la largeur de bande jusqu'au moment où la largeur de bande de l'appareil est comparable à la largeur de bande du signal. Il est donc essentiel d'arriver à un accord permettant de normaliser la largeur de bande si l'on veut pouvoir comparer les amplitudes observées avec différents analyseurs lorsqu'on mesure les émissions provenant d'appareils tels que les appareils de chauffage et de thérapie.

Il a été signalé que de nombreuses émissions de fours sont modulées avec des fréquences pouvant descendre jusqu'à 1 Hz. On a pu observer que les enveloppes spectrales de telles émissions sont irrégulières et varient d'un balayage à l'autre, si du moins le nombre de balayages par seconde n'est pas petit par rapport à la plus basse des fréquences composantes de la modulation.

Le temps de balayage adéquat peut donc être de 10 s ou même plus. Des fréquences de balayage si lentes ne conviennent pas à l'observation visuelle, à moins que l'on n'utilise un système à mémoire adéquat, tel qu'un tube à rayons cathodiques à mémoire ou une photographie ou une table traçante. On a essayé d'accroître la fréquence de balayage en enlevant ou en arrêtant les agitateurs du four. Cependant on peut considérer que cette méthode n'est pas satisfaisante car l'amplitude, la fréquence et la forme du spectre varient avec la position des agitateurs.