

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

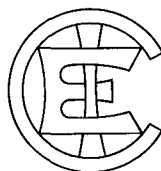
C.I.S.P.R.

Publication 8C

1980

Troisième complément à la Publication 8 du C.I.S.P.R. (1969)
Rapports et Questions à l'étude du C.I.S.P.R.

Third supplement to C.I.S.P.R. Publication 8 (1969)
Reports and Study Questions of the C.I.S.P.R.



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
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 Commission 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

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère d'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

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

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

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
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

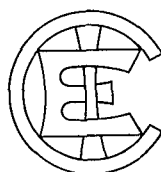
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

C.I.S.P.R.

Publication 8C
1980

Troisième complément à la Publication 8 du C.I.S.P.R. (1969)
Rapports et Questions à l'étude du C.I.S.P.R.

Third supplement to C.I.S.P.R. Publication 8 (1969)
Reports and Study Questions of the C.I.S.P.R.



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 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 Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉFACE	4
Rapport N°	
21/2 Propagation des perturbations rayonnées par le matériel ISM	4
49 Simulateurs de perturbations	10
50 Utilisation d'une chambre réverbérante pour mesurer la puissance rayonnée par les équipements fonctionnant dans la bande des micro-ondes (hyperfréquences)	20

CONTENTS

	Page
PREFACE	5
Report No.	
21/2 Propagation of interference radiated from ISM equipment	5
49 Interference simulators	11
50 The use of a reverberating chamber for measurement of radiated power from apparatus operating in the microwave range	21

TROISIÈME COMPLÈMENT À LA PUBLICATION 8 DU C.I.S.P.R. (1969)

RAPPORTS ET QUESTIONS À L'ÉTUDE DU C.I.S.P.R.

PRÉFACE

Les rapports contenus dans ce complément ont été approuvés lors de la réunion du C.I.S.P.R. tenue à Dubrovnik en novembre 1977.

RAPPORT N° 21/2

PROPAGATION DES PERTURBATIONS RAYONNÉES PAR LE MATÉRIEL ISM

1. Introduction

La propagation des signaux perturbateurs rayonnés par le matériel ISM a fait l'objet d'un Rapport du C.I.S.P.R. (N° 21) qui figure actuellement dans la Publication N° 11 du C.I.S.P.R. comme annexe B. Depuis cette publication et la modification ultérieure du rapport, de nombreuses informations ont été obtenues sur la propagation. Une grande partie de ces renseignements a été analysée et il est considéré, à la suite des récents débats du Groupe de travail 1, qu'il conviendrait de publier un rapport mis à jour à ce sujet.

2. Considérations générales

Les lois théoriques de l'affaiblissement idéal en espace sont fondées sur des théorèmes dont les conditions aux limites sont rarement vérifiées dans la pratique. Il est donc nécessaire, pour comparer des valeurs limites imposées à différentes distances expérimentales, de formuler des lois empiriques déduites de données expérimentales analysées statistiquement. Le présent rapport est un relevé et une analyse des résultats expérimentaux obtenus dans divers pays sur une période de plusieurs années.

3. Affaiblissement du champ sur un terrain d'essai

Le terrain d'essai est défini comme étant une surface exempte d'objets réfléchissants dans le périmètre d'une ellipse dont le grand axe est supérieur au double de la distance entre les foyers et dont le petit axe est supérieur à $\sqrt{3}$ fois cette distance. L'appareil en essai ainsi que l'antenne de réception de l'appareillage de mesure sont placés sur chaque foyer respectivement.

Avec une distance D croissant au-delà de quelques mètres à partir de l'appareil ISM, la polarisation est pratiquement conservée et il n'existe pas de différence appréciable entre l'affaiblissement du champ à polarisation verticale et l'affaiblissement du champ à polarisation horizontale.

Si l'émission perturbatrice de l'équipement ISM n'a pas de polarisation clairement définie, les composantes horizontale et verticale du champ resteront à peu près constantes si la hauteur

THIRD SUPPLEMENT TO C.I.S.P.R. PUBLICATION 8 (1969)

REPORTS AND STUDY QUESTIONS OF THE C.I.S.P.R.

PREFACE

The reports contained in this supplement were approved at the C.I.S.P.R. Meeting held in Dubrovnik in November 1977.

REPORT No. 21/2

PROPAGATION OF INTERFERENCE RADIATED FROM ISM EQUIPMENT

1. Introduction

Propagation of the interfering signals radiated from ISM equipment has formed the subject of a C.I.S.P.R. Report (No. 21) which now appears in C.I.S.P.R. Publication No. 11 as Appendix B. Since the publication and subsequent amendment of the report, considerable information on propagation has been obtained. Much of this information has been analyzed and it is considered, as a result of recent discussion in Working Group 1, that it would be appropriate to publish an up-to-date report on the subject.

2. General

The theoretical laws of attenuation for free space are based on assumptions regarding the boundary conditions which are rarely true under practical conditions. It is, therefore, necessary in order to make comparison of limits imposed for various test distances, to develop empirical laws based on statistically analyzed experimental data. This report provides a summary and analysis of experimental results obtained in many countries over a period of several years.

3. Field attenuation on a test site

The test site is defined as a surface free from reflecting objects within the perimeter of an ellipse having a major axis exceeding twice the distance between foci, and a minor axis exceeding $\sqrt{3}$ times this distance. The appliance under test and the receiving antenna of the measuring set are placed at each of the foci respectively.

With a distance D increasing beyond a few metres from the ISM apparatus, the polarization is roughly maintained and an appreciable difference does not exist between the field attenuation for vertical or for horizontal polarization.

If the emission of the disturbing ISM units has no clearly defined polarization, the horizontal and vertical field components remain about constant if the heights of the receiving points vary

du point de mesure varie entre 1 m et 4 m au-dessus du sol. Pour une hauteur, au-dessus du sol, du point de mesure qui varie entre 0,5 m et 1 m, la composante horizontale du champ est généralement plus grande, de 2 dB à 3 dB, que la composante verticale de ce champ.

L'affaiblissement moyen en fonction de la distance D des composantes du champ, horizontale et verticale, pour toute hauteur d'un terrain d'essai comprise entre 0,5 m et 4 m, ne suit pas simplement une loi inverse de la distance comme l'on pourrait s'y attendre, mais il suit une pente de décroissance un peu plus rapide, selon la formule suivante, qui concerne D entre 20 m et 200 m à 300 m :

$$E_D = E_{30} \left(\frac{D}{30} \right)^{-1,4}$$

où E_D est l'intensité du champ à une distance D et où E_{30} est l'intensité du champ à 30 m de distance.

La limite s pour l'écart type est calculée d'après la formule:

$$s = 1,5 + 0,005 D \quad (\text{dB})$$

4. Affaiblissement du champ en conditions d'exploitation

La loi suivie par l'affaiblissement moyen de l'intensité du champ perturbateur en fonction de la distance D en conditions d'exploitation, à utiliser pour les interpolations ou extrapolations, dépend largement de la structure des environs et de la gamme de fréquences concernée.

Les différentes zones peuvent être rangées grosso modo dans les trois grands groupes suivants:

- «zone rurale» dont le pourcentage de surface construite est inférieur à 2%;
- «zone suburbaine (ou résidentielle)» dont le pourcentage de surface construite est compris entre 2% et 15%;
- «zone urbaine» dont le pourcentage de surface construite dépasse 15%.

Toutefois, cette classification n'est qu'arbitraire.

La gamme de fréquences de 30 MHz à 1 000 MHz peut se subdiviser en deux groupes:

- de 30 MHz à 400 MHz et
- de 400 MHz à 1 000 MHz.

Quand à la propagation de signaux provenant d'appareils ISM en conditions d'exploitation, en présence de nombreux obstacles aléatoires diffracteurs et réflecteurs (bâtiments, arbres, relief du sol, etc.), quelques constatations générales peuvent être formulées:

- a) La polarisation de l'onde, même à proximité de l'appareil ISM, est complètement effacée pendant la propagation; il est donc préférable d'indiquer la loi d'affaiblissement moyen en termes de champ total.
- b) Ce champ total varie peu pour une hauteur comprise entre 1 m et 4 m au-dessus du sol.
- c) Aucune différence notable n'est constatée pour les points de mesure sur la voie de propagation, ni à l'intérieur ni à l'extérieur des locaux industriels où l'appareil est installé.
- d) Les points de mesure choisis devront être au moins à 2 m de toute surface réfléchissante de grandes dimensions.
- e) L'appareillage industriel perturbateur est supposé être dans une salle au rez-de-chaussée. Le sol est supposé pratiquement plat, bien que jonché de nombreux objets.

between 1 m and 4 m above the ground. For the height of the receiving points between 0.5 m to 1 m over the ground, the horizontal field component is generally about 2 dB to 3 dB larger than the vertical field component.

The average attenuation versus distance D of vertical or horizontal field components for any heights over the test site between 0.5 m and 4 m is not given by a simple inverse distance law, as could be expected, but is given by a somewhat quicker decay, shown in the following formula, for D from 20 m to 200-300 m:

$$E_D = E_{30} \left(\frac{D}{30} \right)^{-1.4}$$

where E_D is the field at a distance D , and E_{30} is the field at 30 m distance.

The limit s for the standard deviation is evaluated by the formula:

$$s = 1.5 + 0.005 D \quad (\text{dB})$$

4. Field attenuation over real ground

The average attenuation law with distance D of the interference field over real ground for interpolation or extrapolation purposes is largely dependent on the environmental area and the frequency range concerned.

The various areas may be roughly classified in three large groups:

- “rural area” with a built-up percentage lower than 2%;
- “suburban (or residential) area” with a built-up percentage between 2% and 15%;
- “urban area” with a built-up percentage exceeding 15%.

In any case this classification is purely arbitrary.

The frequency range 30 MHz to 1 000 MHz can be roughly split into two groups:

30 MHz to 400 MHz and
400 MHz to 1 000 MHz.

For the propagation of signals produced by an ISM apparatus over actual ground, where many random diffracting and reflecting obstacles are present (buildings, trees, ground protrusions, etc.), some general statements may be made:

- a) The polarization of the wave, even if existing close to the ISM apparatus, is completely cancelled during the propagation; therefore, it is preferable to indicate the average attenuation law in terms of the total field.
- b) The total field varies little with the height, from 1 m to 4 m above the ground.
- c) No notable differences are present for checking points on the propagation path inside or outside the factory premises where the industrial apparatus is installed.
- d) The checking points should be chosen at least 2 m from any large reflecting surface.
- e) The disturbing industrial apparatus is assumed to be installed in a room at ground level. The ground is assumed to be relatively flat, although covered by many objects.

La loi d'affaiblissement moyen du champ total E_D à la distance horizontale D supérieure à 30 m de la source perturbatrice, est la suivante:

$$E_D = E_{30} \left(\frac{D}{30} \right)^{-n}$$

où E_{30} est le champ total à 30 m de l'appareil ISM, l'exposant n est la constante d'affaiblissement de propagation moyenne constatée. L'exposant n et les limites d'écart type s correspondent aux différentes zones indiquées dans le tableau.

TABLEAU I

Gamme de fréquences (MHz)	Zone rurale		Zone suburbaine (ou résidentielle)		Zone urbaine	
	n	Limite d'écart type s (dB)	n	Limite d'écart type s (dB)	n	Limite d'écart type s (dB)
De 30 à 400	2,2	6	2,8	7	3,5	9
De 400 à 1 000	2,8	7	3,5	9	—	—

Les valeurs ci-dessus représentent une moyenne des résultats les plus récents qui ont été obtenus au niveau du sol par différents pays.

En zone urbaine, aucun exposant ne peut être indiqué dans la gamme de fréquences de 400 MHz à 1 000 MHz. Les mesures tendent à perdre leur fiabilité en proportion des réflexions dues aux bâtiments.

The average attenuation law of the total field E_D , at horizontal distance D greater than 30 m from the interference source, is:

$$E_D = E_{30} \left(\frac{D}{30} \right)^{-n}$$

where: E_{30} is the total field at 30 m distance from the ISM apparatus, n is the experimental average attenuation power constant. Both n and the limits for standard deviation s are given for the different areas as set out in Table 1.

TABLE I

Frequency range (MHz)	Rural area		Residential and suburban area		Urban area	
	n	Limit s for standard deviation (dB)	n	Limit s for standard deviation (dB)	n	Limit s for standard deviation (dB)
30 to 400	2.2	6	2.8	7	3.5	9
400 to 1 000	2.8	7	3.5	9	—	—

The above values are the most recent average of the results obtained at ground level in various countries.

In urban areas, no exponent can be given for the frequency range 400 to 1 000 MHz. The measurements tend to be unreliable due to increased reflections from buildings.

RAPPORT N° 49

SIMULATEURS DE PERTURBATIONS

1. Introduction

Les simulateurs de perturbations peuvent être utilisés dans un grand nombre d'applications, en particulier pour étudier le traitement des signaux acheminés dans des systèmes ou des équipements en présence de perturbations (par exemple surcharge de récepteurs, synchronisation de téléviseurs, taux d'erreur de signaux d'information) et pour évaluer la gêne engendrée en radiodiffusion et en télécommunications par les perturbations.

Un simulateur doit produire un signal stable reproductible, ce qui n'est généralement pas le cas avec les sources réelles de perturbation; la forme d'onde disponible à sa sortie doit présenter une bonne ressemblance avec le signal de perturbation réel.

2. Types de perturbations

Il est possible de simuler les sources suivantes de perturbations.

- a) Sources de perturbations à bande étroite produisant des signaux sinusoïdaux comme les oscillateurs locaux des récepteurs et les matériels ISM (industriels, scientifiques et médicaux). Les perturbations engendrées par les équipements ISM sont fréquemment modulées par la tension du réseau, ce que l'on peut simuler en modulant un signal à fréquence radioélectrique par la tension du réseau redressée en double alternance.
- b) Sources de perturbations à large bande produisant un bruit constant à large bande, comme les décharges gazeuses ou l'effet couronne. Pour la simulation, on peut utiliser une source normale de bruit à large bande (diode à vide travaillant à la saturation, diode zener ou tube à gaz, suivis d'un amplificateur approprié à large bande). Avec les sources de ce type alimentées par le réseau, ce dernier produit une modulation mais le caractère non linéaire des décharges gazeuses peut entraîner l'enveloppe du signal réel de bruit à s'écarter notablement de l'onde normalement produite par le redressement du réseau à double alternance. Dans ce cas, on peut, en déclenchant le bruit du simulateur à une fréquence de récurrence double de celle du réseau, obtenir une bonne correspondance avec un signal de perturbation réel.
- c) Les régulateurs à thyristors commandés en phase produisent des impulsions étroites à fréquence radioélectrique ayant une amplitude constante à une fréquence de récurrence égale au double de celle du réseau. Les signaux de ce genre peuvent être simulés de manière simple à l'aide de générateurs d'impulsions brèves (entre 10^{-7} et 10^{-9} s) à la même fréquence de récurrence.
- d) Les dispositifs d'allumage (des moteurs à explosion), les contacts mécaniques et les collecteurs des moteurs électriques engendrent des salves de bruit quasi impulsionnel de courte durée. Ce type de bruit est causé par de très courtes impulsions d'amplitude erratique produites à des intervalles irréguliers; si l'intervalle moyen entre impulsions successives est inférieur à l'inverse de la largeur de bande considérée ($\tau_{\text{moy.}} < 1/B$), les impulsions se recouvrent et l'on obtient un signal de sortie à fluctuations erratiques (signal de bruit) par suite des conditions aléatoires de phase. Par conséquent, il est possible de simuler des salves de perturbations quasi impulsionnelles de ce genre à partir d'un signal de bruit à large bande déclenché.

REPORT No. 49

INTERFERENCE SIMULATORS

1. Introduction

Interference simulators can be used for various applications, in particular to study signal processing in systems and equipment in the presence of interference (e.g. overloading of receivers, synchronization of TV receivers, error rate of data signals, etc.) and for assessment of the annoyance caused by disturbances in broadcast and communication services.

A simulator should produce a stable and reproducible output signal, which requirement is normally not fulfilled by an actual interference source, and the simulator output waveform should show a good resemblance with the actual interference signal.

2. Types of interference signals

The following interference sources can be simulated:

- a) Narrowband interference sources generating sine-wave signals, e.g. receiver oscillators and ISM equipment. These sources can be simulated by an appropriate RF standard signal generator. ISM interference is often modulated by the mains voltage which can be simulated by modulating the RF signal with a full-wave rectified mains signal.
- b) Broadband interference sources producing continuous broadband noise, e.g. gaseous discharges and corona. For simulating purposes a standard broadband noise source (saturated vacuum tube diode, zener diode or gas tube followed by a suitable broadband amplifier) can be used. In mains-fed sources of this type, mains modulation is present, but because of the non-linear behaviour of gaseous discharges the envelope of the actual noise signal can deviate appreciably from the normal full-wave rectified mains waveform. In this case, gating the noise of the simulator at a repetition frequency of twice the mains frequency can yield a good correspondence with the actual interference signal.
- c) Thyristor controlled regulators with phase-control generate in a RF-channel narrow pulses of constant amplitude at a repetition frequency equal to twice the mains frequency. They can be simply simulated by standard pulse generators with narrow output pulses (10^{-7} to 10^{-9} s width) of the same repetition frequency.
- d) Ignition systems, mechanical contacts and commutator motors generate short periods (bursts) of quasi-impulsive noise. This type of noise is caused by very short pulses of regular or irregular height at random time intervals; if the average interval between adjacent pulses is less than the reciprocal of the channel bandwidth under test ($\tau_{av} < 1/B$) the pulses overlap and because of the random phase conditions a random fluctuating output signal (noise) results. Therefore bursts of quasi-impulsive interference of this type can be simulated by a gated broadband noise signal.

La durée et la fréquence de récurrence des salves dépendent du type de la source perturbatrice (voir tableau I).

Les perturbations dues aux circuits d'allumage se caractérisent par des durées de salve variant de 20 μ s à 200 μ s et des fréquences de récurrence allant de 30 à 300 salves par seconde, ces valeurs étant fonction du nombre de cylindres du moteur et de sa vitesse de rotation.

Les contacts mécaniques engendrent des salves (claquements) dont la durée peut varier de quelques millisecondes (interrupteurs à rupture brusque) à plus de 200 ms. Dans le cas d'un contact inséré dans un circuit alimenté par le réseau, le bruit produit au cours de la salve est modulé par la tension du réseau redressée en double alternance.

Les moteurs électriques à collecteurs produisent des salves beaucoup plus brèves dont les durées vont de 20 μ s à 200 μ s avec des fréquences de récurrence comprises entre 10^3 et 10^4 salves par seconde, en fonction du nombre de lames du collecteur et de la vitesse de rotation du moteur. Dans ce cas, le réseau produit aussi une modulation semblable de l'enveloppe des salves de bruit.

3. Circuits simulateurs de perturbations à large bande

Les simulateurs de ce type doivent produire des salves de bruit déclenchées par porte avec ou sans modulation du réseau, suivant les caractéristiques qui figurent au tableau I. La figure 1, page 16, donne une réalisation simple qui comprend une source de bruit suivie d'un amplificateur de 70 dB à 80 dB de gain, un circuit de porte de déclenchement des salves, un modulateur d'enveloppe réseau et un affaiblisseur de sortie pour se régler au niveau de sortie voulu.

TABLEAU I

Caractéristiques de la commande de découpage et du modulateur destinées à simuler plusieurs sortes de perturbations à large bande

Signal à simuler	Durée des salves	Fréquence de récurrence des salves	Modulation par le réseau ¹⁾
Décharges gazeuses		Continue	Oui/non ²⁾
Allumage	20-200 μ s	30-300 salv./s	Non
Interrupteurs	5-500 ms	0,2-30 salv./min ou salve unique	Oui/non
Moteurs à collecteurs	30-300 μ s	10^3 - 10^4 salv./s	Oui/non

¹⁾ Selon que l'alimentation est à courant alternatif ou continu.

²⁾ En cas de découpage par le réseau à une fréquence double de celui-ci, une durée de 1 ms à 2 ms peut être plus appropriée pour les salves.

Le désavantage de ce montage réside dans la nécessité d'avoir des circuits à large bande passante de la source à la prise de sortie. A ce propos, la partie la plus critique est l'amplificateur à gain élevé. Quand on travaille avec une plage de fréquences large (par exemple de 0 à 1 000 MHz), on peut diviser cette plage en bandes plus étroites ou utiliser un amplificateur sélectif. Ce type de montage complique passablement la réalisation du simulateur.

Le schéma de la figure 2, page 17, indique une autre manière d'obtenir un signal à large bande découpé en salves. Dans ce montage, des impulsions de l'ordre de la nanoseconde sont

The duration and the repetition frequency of the bursts depend on the type of interference source (see Table I).

Ignition interference is characterized by burst durations between 20 μ s and 200 μ s and repetition frequencies between 30 and 300 burst/s depending on the number of cylinders and revolutions/minute of the engine.

Mechanical contacts produce bursts (clicks) which can vary between some milliseconds (snap-off switches) and more than 200 ms. In the case of a contact device in a mains-fed circuit, the noise during the burst is modulated with the full-wave rectified mains voltage.

Commutator motors produce much shorter bursts with durations between 20 μ s and 200 μ s at repetition frequencies between 10^3 and 10^4 bursts/s, depending on the number of commutator bars and revolutions/minute of the rotor. Also in this case mains supply causes a similar envelope modulation of the noise bursts.

3. Circuits for simulating broadband interference

Simulators of this type should generate gated noise bursts with or without mains modulation according to the characteristics laid down in Table I. Figure 1, page 16, shows a straight-forward design with a noise source followed by an appropriate amplifier of 70 dB to 80 dB gain, a gating circuit to simulate the bursts, a mains envelope modulator and an output attenuator to adjust the required output level.

TABLE I
*Characteristics of gate generator and modulator
to simulate various types of broadband interference*

Simulator signal	Burst duration	Burst repetition frequency	Mains modulation ¹⁾
Gaseous discharge		Continuous	Yes/no ²⁾
Ignition	20-200 μ s	30-300 b/s	No
Switches	5-500 ms	0.2-30 b/min or single	Yes/no
Commutator motors	30-300 μ s	10^3 - 10^4 b/s	Yes/no

¹⁾ Depending on a.c. or d.c. supply.

²⁾ In the case of mains modulation, gating at a repetition frequency $2f_{\text{mains}}$ and gate width of 1 to 2 ms may be more appropriate.

The disadvantage of this layout is that a wide usable frequency range requires a broad bandwidth for the entire circuit between noise source and output terminal. The most critical part in this respect is the high-gain amplifier. For applications in a wide frequency range (e.g. 0 to 1 000 MHz) such a range can be split up in several smaller ranges or a tunable amplifier may be used. Such a design complicates the construction of the simulator appreciably.

Another way to produce a gated wideband noise signal is given in the diagram of Figure 2, page 17. In this design, nanosecond pulses are generated in the output stage, e.g. a step recovery

produites dans l'étage de sortie qui peut être, par exemple, une diode à avalanche ou un dispositif analogue. Ces impulsions d'amplitude constante sont déclenchées erratiquement dans le temps avec une fréquence de récurrence suffisamment élevée pour assurer le recouvrement dans le canal à fréquence radioélectrique où l'on fait les mesures et produire à sa sortie le bruit quasi impulsionnel voulu. Les fréquences de récurrence moyennes nécessaires aux mesures dans les canaux de télévision sont de l'ordre de quelques MHz; elles doivent être d'au moins 100 kHz pour les mesures dans les canaux à modulation de fréquence et d'au moins 10 kHz dans les canaux à modulation d'amplitude. L'apparition erratique de l'impulsion de déclenchement résulte des passages à zéro du signal à large bande. A cette fin, le signal recueilli à la sortie d'une source de bruit alimente un amplificateur approprié suivi d'un circuit de porte qui simule les salves perturbatrices. Le signal de bruit découpé passe alors par un multivibrateur bistable qui transforme ces passages à zéro en impulsions de largeur erratique, transformées à leur tour par un multivibrateur monostable en impulsions brèves qui se succèdent à intervalles irréguliers.

Par rapport au circuit de la figure 1, page 16, les avantages du second système résident dans le fait que la plage de fréquences utilisable est déterminée uniquement au niveau de la diode à avalanche. La figure 3, page 18, donne l'exemple d'un tel circuit où les impulsions de sortie sont produites par la diode à avalanche HP 0102, la largeur des impulsions étant fonction de la longueur du câble coaxial L en court-circuit. Les effets d'écho sont annulés par la diode à commutation rapide HP 2301, la modulation d'enveloppe étant obtenue simplement en modulant la tension d'alimentation de la diode à avalanche par la tension du réseau redressée en double alternance. Les impulsions produites, d'une durée de 1 ns et d'une amplitude de 5 V, conviennent à l'utilisation recherchée avec un spectre plat jusqu'à environ 500 MHz. Une impulsion isolée de ce genre donne une impulsion de 50 mV en télévision et une impulsion de 1 mV en modulation de fréquence; les impulsions s'additionnent en se recouvrant et donnent des valeurs de crête et de quasi-crête considérablement plus élevées.

La largeur de bande des étages qui précèdent celui où le signal est déclenché (source de bruit, amplificateur et circuit de porte) doit convenir à la fréquence de récurrence désirée. Ainsi, pour effectuer des mesures dans un canal de télévision, une largeur de bande de 5 MHz à 10 MHz est tout à fait satisfaisante. En outre, la linéarité de ces étages n'est pas critique car seule compte la position des passages au zéro. Pour attaquer la diode à avalanche, les multivibrateurs doivent engendrer des impulsions à front raide de brève durée (environ 0,1 μ s).

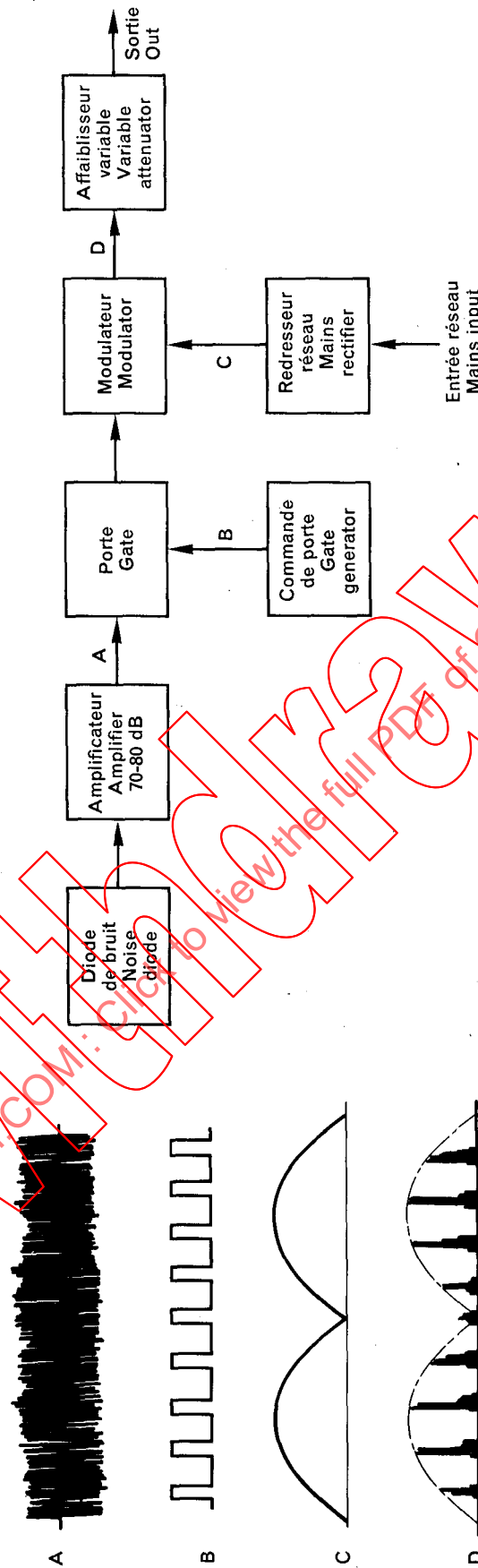
En conclusion, le circuit de la figure 1 convient aux simulateurs de perturbations à large bande qui doivent travailler dans une plage limitée de fréquences, tandis que le circuit de la figure 2, page 17, est plus approprié aux simulateurs destinés à travailler en bande large.

diode or similar device. These pulses of constant height are triggered at random time intervals and at a sufficiently high repetition rate to cause overlap in the RF-channel under test in order to result in quasi-impulsive noise in the output of the channel. Average repetition rates of a few MHz are required for measurements in a TV channel of at least 100 kHz for measurements in an FM channel and of at least 10 kHz in an AM channel. The random occurrence of the trigger pulses is obtained from the zero crossings of a broadband signal. For this purpose the output of a noise source is fed to an appropriate amplifier which is followed by a gating circuit for burst simulation. The gated noise signal is fed to a bistable multivibrator which converts the zero crossings into pulses of random varying width from which narrow trigger pulses at random distances are generated by the monostable multivibrator.

The advantage of this system over the circuit of Figure 1, page 16, is that the usable frequency range is determined by the output pulses of the step recovery diode only. An example of such a circuit is given in Figure 3, page 18, in which circuit output pulses are generated by the step recovery diode HP 0102, the pulse-width is determined by the length of a short-circuited coaxial cable L. Ringing effects are suppressed by the fast switch diode HP 2301 and mains modulation can be effected simply by modulating the supply voltage of the step recovery diode with a full-wave rectified mains voltage. Pulses of 1 ns duration and 5 V amplitude are applicable and offer an output spectrum flat to about 500 MHz. Such a single pulse causes a 50 mV pulse in a TV channel and a 1 mV pulse in an FM channel, overlapping pulses add up and the peak and quasi-peak value of the resulting signal is considerably higher.

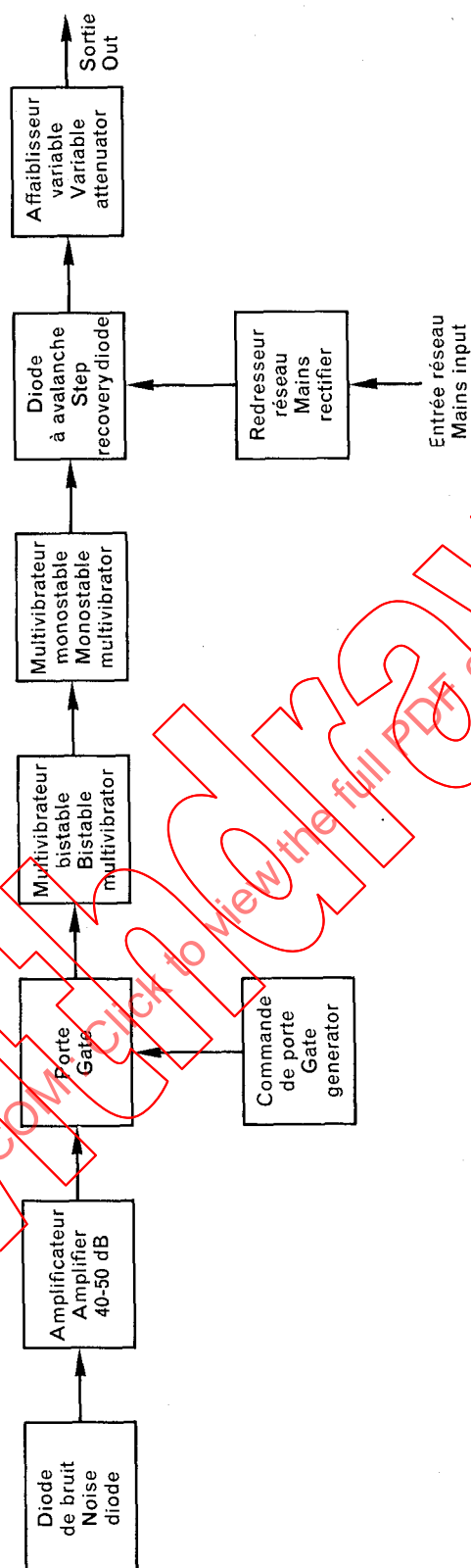
The bandwidth of the preceding stages which generate the trigger signal (noise source, amplifier and gating circuit) should be sufficient for the required pulse repetition rate, so for measurements in a TV channel a bandwidth of 5 MHz to 10 MHz is quite satisfactory. Moreover, the linearity of these stages is not critical because only the position of the zero crossings is important. The multivibrators have to generate steep pulses of short duration (about 0.1 μ s) to drive the step recovery diode.

Summarizing, the circuit according to Figure 1 is very useful for broadband interference simulators to be operated in a limited frequency range, whereas the circuit of Figure 2, page 17, is more suitable for simulators intended for wideband use.



Formes d'onde aux points A à D du schéma
Waveforms at position A - D of the diagram

FIG. 1. — Schéma synoptique d'un simulateur de salves de bruit et formes d'onde produites.
Block diagram and waveforms of a simulator generating noise bursts.



012/80

Fig. 2. — Schéma synoptique d'un simulateur de salves de bruit à base d'impulsions.
Block diagram of a simulator generating noise bursts according to the pulse principle.

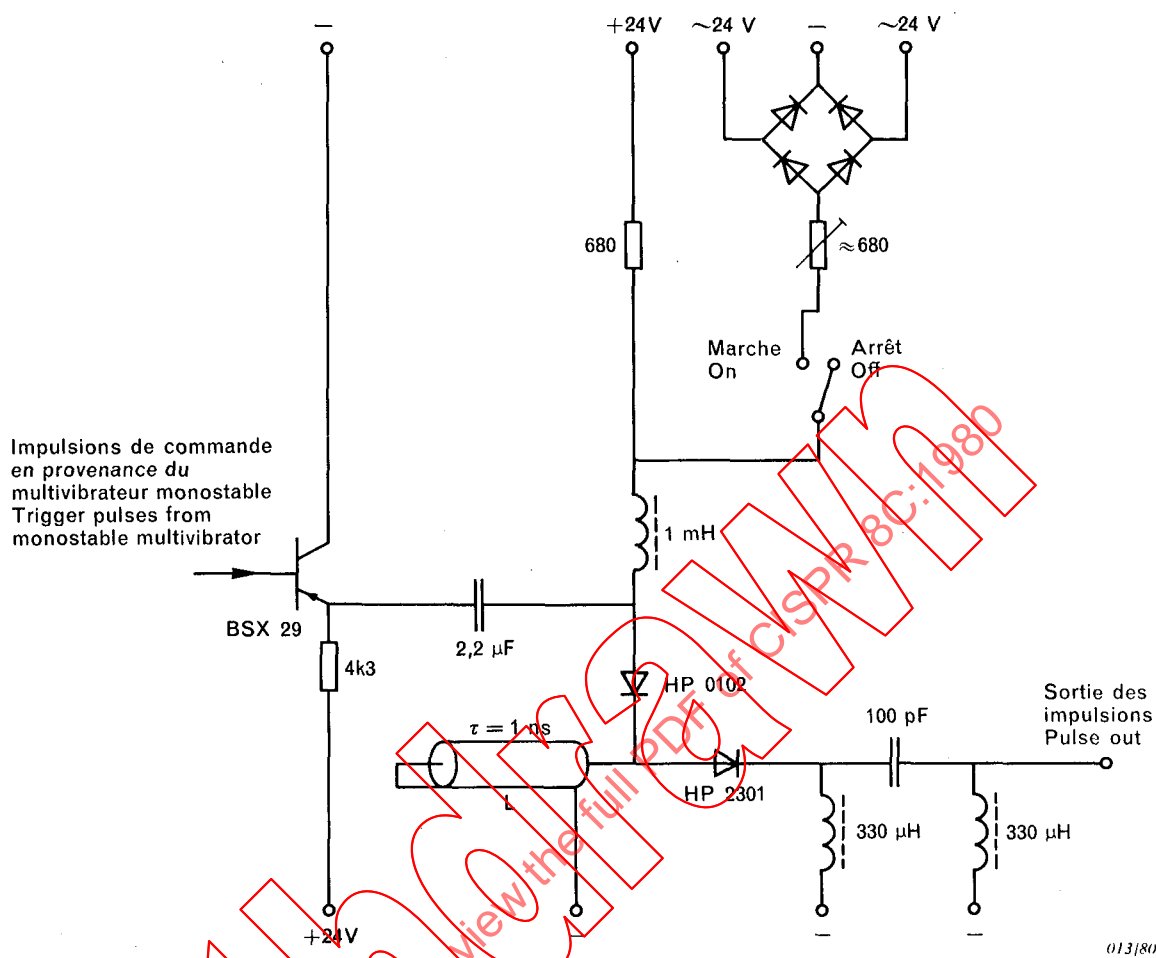


FIG. 3. — Détail d'un étage de sortie typique.
Details of a typical output stage.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of CISPR 8C:1980

Withdrawn

RAPPORT N° 50

**UTILISATION D'UNE CHAMBRE RÉVERBÉRANTE
POUR MESURER LA PUISSANCE RAYONNÉE PAR LES ÉQUIPEMENTS FONCTIONNANT
DANS LA BANDE DES MICRO-ONDES (HYPERFRÉQUENCES)**

1. Introduction

La mesure de la puissance totale rayonnée par certains types d'équipements fonctionnant en hyperfréquences (bande des micro-ondes) est considérée comme un paramètre significatif pour la connaissance des perturbations, étant donné la sensibilité du diagramme de rayonnement aux conditions de travail de l'équipement et à son environnement. Elle peut être mesurée en plaçant le matériel dans une chambre réverbérante à parois métalliques. Pour éviter l'influence des ondes stationnaires qui risqueraient, selon la position de la chambre de provoquer la non-uniformité de la distribution de la densité moyenne d'énergie, on utilise des pales tournantes de grandes dimensions. Avec des pales correctement dimensionnées et espacées, et une vitesse angulaire appropriée, les champs présents dans la chambre varient de manière aléatoire selon une loi statistique constante de distribution de la phase, de l'amplitude et de la polarisation.

Si l'on tient compte des pertes d'espèces diverses qui se produisent dans la chambre en fonction de la fréquence, on pourra obtenir la puissance rayonnée totale à partir d'une seule mesure.

2. Grandeur et forme de la chambre

La chambre doit être assez grande pour assurer l'équilibre des modes oscillatoires et contenir les opérateurs, l'appareil à hyperfréquences (four à micro-ondes) et les autres appareils ISM éventuels ainsi que les circuits nécessaires. La taille des appareils à hyperfréquences varie des petits fours modulaires d'environ 0,2 m³ à des modèles de grande taille de 170 cm de hauteur et de 76 cm de largeur au sol. La chambre peut avoir n'importe quelle forme pourvu que ses trois dimensions soient du même ordre de grandeur. Pour pouvoir effectuer des mesures satisfaisantes dans la plage 1 GHz à 18 GHz, le volume de la chambre doit faire au moins 8 m³.

Pour permettre l'installation des pales rotatives, deux des parois consécutives au moins de la chambre doivent être plates et exemptes d'objets protubérants. Parois et pales seront métalliques et réalisées de manière à atteindre le facteur de surtension Q le plus élevé possible. Débarrassées de toute corrosion éventuelle, les surfaces intérieures doivent présenter le moins possible de solutions de continuité.

3. Forme et dimensions des pales mélangeuses

Il convient d'installer au moins deux pales tournantes sur des parois contiguës de la chambre en les éloignant des parois d'au moins un quart de la longueur d'onde maximale utilisée; elles auront l'épaisseur voulue pour assurer une robustesse mécanique suffisante, la longueur maximale autorisée par les dimensions des parois et environ le cinquième de leur longueur comme largeur.

REPORT No. 50

**THE USE OF A REVERBERATING CHAMBER
FOR MEASUREMENT OF RADIATED POWER FROM APPARATUS OPERATING
IN THE MICROWAVE RANGE**

1. Introduction

For some types of equipment operating in the microwave range, because of the sensitivity of the radiation pattern to equipment operating conditions and its surroundings, the measurement of total radiated power is considered to be a significant parameter related to interference control. It can be measured by placing the device in a suitable reverberating chamber with metal walls. To avoid effects of standing waves that would otherwise produce non-uniform distribution of average energy density with position in the chamber, large rotating vanes are installed. With proper size, spacing and angular velocity of the vanes the fields in the chamber vary randomly with a constant statistical distribution law in phase, amplitude and polarization.

After accounting for losses of various kinds in the chamber versus frequency, a single measurement will result in a value for the total radiated power.

2. Size and shape of the chamber

The chamber should be large enough to mix the modes and to accommodate the operators, the microwave oven or other ISM apparatus and the necessary circuits. Microwave devices vary in size from the small countertop oven having a volume of about 0.2 m^3 to full size units 170 cm high with a 76 cm base. The chamber may be of any shape provided its three dimensions are of the same order. For satisfactory measurements in the range of 1 GHz to 18 GHz the chamber volume should be at least 8 m^3 .

At least two of the adjacent walls of the chamber must be flat and free of protruding objects to allow for the installation of the large rotating vanes. The walls and vanes should be metallic and constructed to obtain the desired highest Q obtainable. Internal surface discontinuities should be minimized and any corrosion on surfaces should be removed.

3. Size and shape of the mixing vanes

At least two rotating vanes should be placed over non-opposite walls of the chamber. They should be spaced at least $\frac{1}{4}$ of the maximum wavelength used from the walls and should be of sufficient thickness to guarantee mechanical robustness. They should be of the maximum length allowed by the wall sizes and their width should be about $\frac{1}{3}$ of their length.

La vitesse de rotation des pales doit pouvoir être réglée de manière que la période de leur fréquence de battement soit inférieure à la constante de temps de détection de l'équipement de mesure*, ce qui donne une vitesse de rotation comprise entre 100 tr/min et 250 tr/min. Il est préférable d'installer les moteurs d'entraînement à courant alternatif à l'extérieur de la chambre avec leurs engrenages à réduction.

4. Portes, trappes de paroi et pièces de fixation

La porte d'accès doit être assez grande pour permettre le passage des opérateurs et du matériel. Elle doit ouvrir vers l'extérieur et être étroitement ajustée pour minimiser les pertes d'énergie.

Comme les alinéas suivants le feront ressortir, il est utile, pour les études, de pouvoir faire varier le facteur de surtension Q de la chambre de manière progressive, ce qui peut être obtenu en prévoyant une ou plusieurs trappes de différentes sections dans une des parois opposées aux pales mélangieuses.

Pour monter commodément les antennes de réception et d'émission à l'intérieur de la chambre, il est bon de prévoir des pièces de fixation le long des parois.

On installera un minimum de deux traversées de raccordement pour amener l'alimentation électrique à l'intérieur de la chambre et connecter les antennes réceptrices au matériel de détection placé à l'extérieur.

5. Etalonnage

On utilise un générateur de signal étalonné dont la puissance de sortie P peut être connue avec précision pour alimenter une antenne d'émission, par exemple à cornet, montée à l'intérieur de la chambre contre une de ses parois le cas échéant. Doublets récepteurs ou cornets peuvent être installés n'importe où dans la chambre à condition d'être éloignés des parois d'au moins un quart de longueur d'onde, les cornets pouvant être montés directement sur la paroi. Habituellement on raccorde le détecteur de puissance à un amplificateur à courant continu installé à l'extérieur de la chambre pour relever, en fonction de la fréquence, une courbe indiquant la relation entre le paramètre détecté et la puissance P . Pour faire des interpolations entre les fréquences d'étalonnage avec une bonne précision, il faut s'efforcer d'avoir une courbe à variation continue: de cette manière, il n'est pas nécessaire de relever un grand nombre de points voisins les uns des autres.

Comme le dispositif à essayer est susceptible d'absorber de l'énergie, on procède à l'étalonnage précité en présence du dispositif installé dans la chambre, mais sans qu'il soit alimenté.

En procédant à l'étalonnage, il faut noter que des erreurs peuvent être commises dans les mesures si l'on se trouve en présence de plusieurs fréquences composantes de puissance à la fois et que l'appareillage de mesure n'est pas suffisamment sélectif en fréquence. Il convient de choisir l'appareillage utilisé de manière à réduire ces erreurs au minimum.

L'annexe A donne un exemple d'opération d'étalonnage.

* La constante de temps de détection d'un mesureur de champ peut être assez importante, étant donné qu'on l'utilise normalement pour effectuer des mesures en régime continu.

The rotation speeds of the vanes should be different so that the period of the beat frequency is less than the detection time constants of the measuring equipment*, i.e., the rotation speeds may be between 100 rev/min and 250 rev/min. The a.c. motors used to rotate the vanes, complete with their reduction gears, preferably should be outside the walls of the chamber.

4. Doors, openings in walls, and mounting brackets

The enclosure door should be large enough to allow the entrance of operators and equipment. It should open outward. The door should fit tightly to minimize energy losses.

As will be pointed out in following paragraphs, for the purposes of study, it is useful to provide a gradual variation of the resonance coefficient Q of the chamber. The variation may be provided by making one or more openings of varying area on one or more surfaces not covered by the vanes.

For convenience in mounting transmitting and receiving antennas inside the chamber, mounting brackets may be fixed to the walls.

Since power must be fed into the chamber and the receiving antennas must connect to detecting equipment outside the chamber at least two bulkhead feedthrough connectors must be provided.

5. Calibration

A calibrated signal generator whose power output P can be accurately measured is used to feed power to a transmitting antenna, e.g. a horn antenna, located inside the chamber or on the walls of the chamber. A receiving dipole or a horn antenna may be placed in any point of the chamber provided it be at least $\lambda/4$ from the walls, or if a horn antenna, even placed directly at a wall. A detector responding to the power level is used, and is usually connected to a d.c. amplifier located outside the chamber. A curve giving the relation between the detected parameter and power P is obtained as a function of frequency. It has been determined that this curve varies smoothly as a function of frequency which permits the interpolation of points between calibration frequencies with considerable accuracy, and numerous closely spaced measurements are not necessary.

Since the device under test may absorb energy, the calibration described above should be carried out with the device under test placed in the chamber but not activated.

It should be noted that errors in measurements can be introduced if power components at more than one frequency are present at the same time and the measuring equipment is not sufficiently frequency-selective. Equipment used should be chosen in order to minimize such errors.

An example of a calibration procedure is shown in Appendix A.

* The detection time constant of a field meter may be rather large, due to the fact that it is normally used for steady-state measurements.

6. Influence de la chambre réverbérante sur la puissance rayonnée totale

Il est normal que la chambre ait une influence sur la puissance rayonnée par le dispositif à essayer, par rapport à la puissance qu'il rayonnerait en espace libre. Des essais sérieux ont montré que, dans une chambre de ce genre, les champs engendrés par les réflexions multiples introduisent, dans une certaine mesure, une compréhension globale en raison de leurs divers rapports de phase, de telle sorte que les variations de la puissance rayonnée par le dispositif à l'essai sont assez faibles pour pouvoir être négligées. Cette influence peut être appréciée en plaçant, en des points choisis de la chambre et à l'écart du dispositif et de l'antenne de réception, un matériau absorbant qui réduit le facteur de surtension de la chambre. En variante, on peut pratiquer des ouvertures dans les parois. Un nouvel étalonnage de la chambre doit mesurer pratiquement les mêmes valeurs de puissance.

7. Mesure de la puissance

Après avoir étalonné la chambre, la source d'étalonnage est supprimée, l'antenne demeurant dans sa position d'étalonnage. Si nécessaire, on remplace le générateur par une charge adaptée. Le dispositif à essayer est mis sous tension et l'on mesure la puissance rayonnée d'après la valeur lue sur le récepteur et la courbe d'étalonnage. Pour chaque fréquence de mesure, s'assurer que tous les réglages d'accord (composants comportant des guides d'ondes par exemple) sont les mêmes que ceux qui ont servi à l'étalonnage.

Il faut envisager le cas où la largeur de bande émise par le dispositif à essayer est plus grande que celle du récepteur de mesure. Dans ce cas, il convient de consigner les largeurs de bande.

6. Effect of the chamber on total radiated power

It could be expected that the chamber may have some effect on the total radiated power from the device under test as compared with what would be radiated into a free-space environment. Careful tests made to date indicate that in a typical chamber the fields due to the multiple reflection have phase relationship to cause, to some extent, an overall compensation so that the variations in the measured power of the device under test are sufficiently small to be neglected. The effect can be checked by placing absorbing material within the chamber at selected points not too close to the device itself or the receiver antenna so as to reduce its " Q ". Alternatively, apertures may be placed in a wall of the chamber. After recalibration of the chamber, practically the same measured power should be obtained.

7. Power measurement

After calibration of the chamber, the source of calibrating power is deactivated, but the calibrating antenna is retained in its calibrating position, and if necessary the generator is replaced with a load matching that of the generator. The device under test is activated and the radiated power measured using the output reading obtained on the receiver and the calibration curve. At each frequency of measurement, care should be taken to make sure all tuning adjustments (such as on waveguide components) correspond with those used in making the calibration.

Consideration should be given to the possibility that the bandwidth of the emission from the device under test may be broader than the bandwidth of the measuring receiver. In such cases, notation of the bandwidths should be made.