

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 679-1
Première édition - First edition
1980

Oscillateurs pilotés par quartz

Première partie : Informations générales, conditions et méthodes d'essai

Quartz crystal controlled oscillators

Part 1 : General information, test conditions and methods



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 est constamment revu par la Commission 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

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.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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 de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

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

Information 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

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.

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

Graphical and letter symbols

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

- 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 IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 679-1

Première édition - First edition

1980

Oscillateurs pilotés par quartz

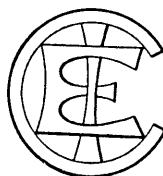
Première partie : Informations générales, conditions et méthodes d'essai

Quartz crystal controlled oscillators

Part 1 : General information, test conditions and methods

Mots clés : oscillateurs, exigences, essais, définitions, dipôles résonateurs à quartz, essais des matériaux.

Key words : oscillators, requirements, testing, definitions, quartz-crystal resonators; materials testing.



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	6
PRÉFACE	6

CHAPITRE I: INFORMATIONS GÉNÉRALES

Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Objet	8
3. Termes et définitions	8
3.1 Oscillateur à quartz en boîtier (PXO)	8
3.2 Oscillateur à quartz à mode partiel	8
3.3 Coupe du quartz	8
3.4 Oscillateur à quartz commandé par une tension (VCXO)	10
3.5 Oscillateur à quartz à compensation de température (TCXO)	10
3.6 Oscillateur à quartz à enceinte à température régulée (OCXO)	10
3.7 Fréquence nominale	10
3.8 Tolérance de fréquence	10
3.9 Décalage de fréquence	10
3.10 Fréquence d'ajustage	12
3.11 Gamme d'ajustage de la fréquence	12
3.12 Gamme de températures de fonctionnement	12
3.13 Gamme de températures d'utilisation	12
3.14 Température de référence	12
3.15 Température du point de référence	12
3.16 Temps de stabilisation	14
3.17 Coefficient de tension de la fréquence	14
3.18 Coefficient de charge de la fréquence	14
3.19 Vieillesse de fréquence (stabilité à long terme de la fréquence)	14
3.20 Stabilité de fréquence à court terme	14
3.21 Densité spectrale énergétique des fluctuations relatives de fréquence	14
3.22 Variance d'Allan de la fluctuation relative de fréquence	14
3.23 Fluctuation relative efficace de fréquence	16
3.24 Bruit de phase (instabilité de phase)	16
3.25 Pureté spectrale	16
3.26 Modulation fortuite de la fréquence	16
3.27 Distorsion de la modulation d'amplitude	18
3.28 Linéarité de l'écart de modulation de la fréquence	18
3.29 Distorsion harmonique	18
3.30 Oscillations parasites	18
3.31 Durée d'une impulsion	18
3.32 Temps de montée	18
3.33 Temps de descente	18
3.34 Symétrie (A l'étude)	18
4. Marquage	20
5. Essais de type	20

CHAPITRE II: CONDITIONS ET MÉTHODES D'ESSAI

6. Contrôle visuel externe	22
6.1 Contrôle visuel A (contrôle initial)	22
6.2 Contrôle visuel B (contrôle après essai)	22
7. Dimensions et calibrages	22
7.1 Contrôle dimensionnel A (sorties)	22
7.2 Contrôle dimensionnel B (dimensions du boîtier)	22
8. Essais électriques	22
8.1 Généralités	22
8.1.1 Variantes de méthodes d'essai	24
8.1.2 Conditions d'équilibre	24
8.1.3 Température	24
8.1.4 Alimentations	24
8.1.5 Conditions de fonctionnement	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

CHAPTER I: GENERAL INFORMATION

Clause		
1.	Scope	9
2.	Object	9
3.	Terms and definitions	9
3.1	Packaged crystal oscillator (PXO)	9
3.2	Overtone crystal oscillator	9
3.3	Crystal cut	9
3.4	Voltage controlled crystal oscillator (VCXO)	11
3.5	Temperature compensated crystal oscillator (TCXO)	11
3.6	Oven controlled crystal oscillator (OCXO)	11
3.7	Nominal frequency	11
3.8	Frequency tolerance	11
3.9	Frequency offset	11
3.10	Adjustment frequency	13
3.11	Frequency tuning range	13
3.12	Operating temperature range	13
3.13	Operable temperature range	13
3.14	Reference temperature	13
3.15	Reference point temperature	13
3.16	Stabilization time	15
3.17	Frequency voltage coefficient	15
3.18	Frequency load coefficient	15
3.19	Frequency ageing (long-term frequency stability)	15
3.20	Short-term frequency stability	15
3.21	Power spectral density of fractional frequency fluctuations	15
3.22	Allan variance of fractional frequency fluctuation	15
3.23	R.M.S. fractional frequency fluctuation	17
3.24	Phase noise (phase jitter)	17
3.25	Spectral purity	17
3.26	Incidental frequency modulation	17
3.27	Amplitude modulation distortion	19
3.28	Linearity of frequency modulation deviation	19
3.29	Harmonic distortion	19
3.30	Spurious oscillations	19
3.31	Pulse duration	19
3.32	Rise time	19
3.33	Decay (or fall) time	19
3.34	Symmetry (Under consideration)	19
4.	Marking	21
5.	Type tests	21

CHAPTER II: TEST CONDITIONS AND METHODS

6.	External visual inspection	23
6.1	Visual Test A (initial inspection)	23
6.2	Visual Test B (post-test inspection)	23
7.	Dimensions and gauging	23
7.1	Dimensional Test A (terminations)	23
7.2	Dimensional Test B (package dimensions)	23
8.	Electrical tests	23
8.1	General	23
8.1.1	Alternative test methods	25
8.1.2	Equilibrium conditions	25
8.1.3	Temperature	25
8.1.4	Power supplies	25
8.1.5	Operating conditions	25

Articles	Pages
8.1.6 Précautions	24
8.1.7 Conditions de circulation d'air pour les essais de température	24
8.1.8 Précision de la mesure	26
8.2 Méthodes d'essai particulières	26
8.2.1 Résistance d'isolement	26
8.2.2 Epreuve de tension	28
8.2.3 Puissance d'entrée	28
8.2.4 Fréquence de sortie	30
8.2.5 Caractéristiques fréquence/température	32
8.2.6 Coefficient de charge de la fréquence	36
8.2.7 Coefficient de tension de la fréquence	36
8.2.8 Stabilité de la fréquence lors d'une variation transitoire de la température	38
8.2.9 Ajustage de la fréquence et (ou) possibilité d'ajustage	40
8.2.10 Caractéristiques de retraçabilité	40
8.2.11 Tension de sortie de l'oscillateur	42
8.2.12 Puissance de sortie de l'oscillateur	44
8.2.13 Impédance de sortie de l'oscillateur	44
8.2.14 Forme d'onde du signal de sortie de l'oscillateur	46
8.2.15 Couplage entre sorties	48
8.2.16 Efficacité de coupure des oscillateurs à porte	50
8.2.17 Temps de stabilisation	52
8.2.18 Caractéristiques de modulation d'amplitude	54
8.2.18.1 Taux de modulation d'amplitude	54
8.2.18.2 Sensibilité de la modulation d'amplitude	56
8.2.18.3 Distorsion de la modulation d'amplitude (non-linéarité)	58
8.2.18.4 Réponse en fréquence de la modulation d'amplitude	60
8.2.18.5 Modulation d'amplitude en impulsion	60
8.2.18.6 Impédance d'entrée de la modulation d'amplitude	62
8.2.18.7 Modulation fournie de fréquence d'un signal modulé en amplitude	64
8.2.19 Caractéristique de modulation de fréquence	64
8.2.19.1 Excursion de fréquence de la modulation	64
8.2.19.2 Sensibilité de modulation de fréquence	68
8.2.19.3 Distorsion de modulation de fréquence (non-linéarité)	68
8.2.19.4 Réponse en fréquence de la modulation de fréquence	70
8.2.19.5 Impédance d'entrée de modulation en modulation de fréquence	72
8.2.20 Distorsion harmonique	72
8.2.21 Oscillations parasites	74
8.2.22 Stabilité de fréquence à court terme	74
8.2.22.1 Mesures dans le domaine-fréquence	74
8.2.22.2 Mesures dans le domaine-temps	82
8.3 Brouillage électromagnétique (par rayonnement)	84
9. Méthodes d'essais climatiques et mécaniques	88
9.1 Conditions normales d'essai	88
9.2 Méthodes d'essais climatiques et mécaniques	88
9.3 Méthodes d'essai d'endurance	94
FIGURES 1 à 34	98-120
ANNEXE A — Stabilité de fréquence à court terme	122
FIGURES A1 à A4	134-135

Clause		Page
8.1.6	Precautions	25
8.1.7	Air flow conditions for temperature tests	25
8.1.8	Precision of measurement	27
8.2	Particular test procedures	27
8.2.1	Insulation resistance	27
8.2.2	Voltage proof	29
8.2.3	Input power	29
8.2.4	Output frequency	31
8.2.5	Frequency-temperature characteristics	33
8.2.6	Frequency load coefficient	37
8.2.7	Frequency voltage coefficient	37
8.2.8	Frequency stability with thermal transient	39
8.2.9	Frequency adjustment and/or settability	41
8.2.10	Retrace characteristics	41
8.2.11	Oscillator output voltage	43
8.2.12	Oscillator output power	45
8.2.13	Oscillator output impedance	45
8.2.14	Oscillator output waveform	47
8.2.15	Re-entrant isolation	49
8.2.16	Output suppression of gated oscillators	51
8.2.17	Stabilization time	53
8.2.18	Amplitude modulation characteristics	55
8.2.18.1	Amplitude modulation index	55
8.2.18.2	Amplitude modulation sensitivity	57
8.2.18.3	Amplitude modulation distortion (non-linearity)	59
8.2.18.4	Amplitude modulation frequency response	61
8.2.18.5	Pulse amplitude modulation	61
8.2.18.6	Amplitude modulation input impedance	63
8.2.18.7	Incidental f.m. on an a.m. signal	65
8.2.19	Frequency modulation characteristics	65
8.2.19.1	Frequency modulation deviation	65
8.2.19.2	Frequency modulation sensitivity	69
8.2.19.3	Frequency modulation distortion (non-linearity)	69
8.2.19.4	Frequency modulation frequency response	71
8.2.19.5	F.M. modulation input impedance	73
8.2.20	Harmonic distortion	73
8.2.21	Spurious oscillations	75
8.2.22	Short-term frequency stability	75
8.2.22.1	Frequency domain measurements	75
8.2.22.2	Time domain measurements	83
8.3	Electromagnetic interference (radiated)	85
9.	Mechanical and climatic test procedures	89
9.1	Standard conditions for testing	89
9.2	Environmental test procedures	89
9.3	Endurance test procedures	95
FIGURES 1 to 34		98-120
APPENDIX A — Short-term frequency stability		123
FIGURES A1 to A4		134-135

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

OSCILLATEURS PILOTÉS PAR QUARTZ

Première partie: Informations générales, conditions et méthodes d'essai

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

Elle forme la première partie qui comprend les chapitres I et II de la norme de la CEI concernant les oscillateurs pilotés par quartz.

La deuxième partie, comprenant le chapitre III: Guide d'emploi des oscillateurs pilotés par quartz, paraîtra comme Publication 679-2 de la CEI.

La troisième partie, comprenant le chapitre IV: Encombrements normalisés, paraîtra comme Publication 679-3 de la CEI.

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Tokyo en 1975. A la suite de cette réunion, un projet révisé, document 49(Bureau Central)107, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1977.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Pologne
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Egypt	Suède
Espagne	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
France	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n^{os} 68-1: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique. Première partie: Généralités.
68-2: Deuxième partie: Essais.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

QUARTZ CRYSTAL CONTROLLED OSCILLATORS

Part 1: General information, test conditions and methods

FOREWORD

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

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 49: Piezoelectric Devices for Frequency Control and Selection.

It forms Part 1 which contains Chapters I and II of the IEC standard for quartz crystal controlled oscillators.

Part 2, containing Chapter III: Guide to the Use of Quartz Crystal Controlled Oscillators, will be issued as IEC Publication 679-2.

Part 3, containing Chapter IV: Standard Outlines, will be issued as IEC Publication 679-3.

A draft was discussed at the meeting held in Tokyo in 1975. As a result of this meeting, a revised draft, Document 49(Central Office)107, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1977.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium
Canada
Egypt
France
Germany
Japan
Poland
Romania

South Africa (Republic of)
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
United Kingdom
United States of America

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 68-1: Basic Environmental Testing Procedures, Part 1: General.
68-2: Part 2: Tests.

OSCILLATEURS PILOTÉS PAR QUARTZ

Première partie: Informations générales, conditions et méthodes d'essai

CHAPITRE I: INFORMATIONS GÉNÉRALES

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux oscillateurs pilotés par quartz, destinés à être utilisés dans les appareils électroniques et qui sont disponibles dans le commerce comme unités séparées et indépendantes. Il convient de l'utiliser conjointement avec la Publication 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.

La présente norme donne les informations générales et les essais communs à tous les types d'oscillateurs pilotés par quartz. La possibilité d'application et les prescriptions requises pour chaque essai figureront dans la spécification particulière relative à chaque type spécifique d'oscillateur.

En cas de désaccord entre les prescriptions de cette norme, d'une part, et la spécification particulière, d'autre part, c'est cette dernière qui fait foi.

2. Objet

Etablir des conditions uniformes pour évaluer les caractéristiques mécaniques, électriques et climatiques des oscillateurs pilotés par quartz; décrire les méthodes d'essai et donner les directives pour l'utilisation correcte et le maintien en condition des oscillateurs pilotés par quartz.

3. Termes et définitions*

3.1 Oscillateur à quartz en boîtier (PXO)

Oscillateur piloté par quartz, sans moyen de commande ou de compensation de la température, présentant une caractéristique fréquence/température déterminée pratiquement par le quartz utilisé.

3.2 Oscillateur à quartz à mode partiel

Oscillateur destiné à faire fonctionner le quartz de commande à un mode partiel de vibration mécanique spécifié.

3.3 Coupe du quartz

Orientation de l'élément de quartz par rapport aux axes cristallographiques du cristal.

Note. — On a introduit cette définition car il peut être souhaitable de spécifier la coupe (donc la forme générale de la caractéristique fréquence/température) d'un quartz utilisé pour réaliser un oscillateur. Le choix de la coupe implique certaines caractéristiques propres de l'oscillateur, qui, autrement, pourront ne pas être signalées dans la spécification particulière.

* Certains acronymes communément utilisés, comme VCXO, sont indiqués dans cet article et utilisés dans le reste de la présente norme dans un souci de concision. Cela s'applique aussi à l'utilisation du terme « oscillateur » à la place de « oscillateur piloté par quartz ».

QUARTZ CRYSTAL CONTROLLED OSCILLATORS

Part 1: General information, test conditions and methods

CHAPTER I: GENERAL INFORMATION

1. Scope

This standard applies to quartz crystal controlled oscillators intended for use in electronic applications and which are commercially available as separate and independent units. It should be used in conjunction with IEC Publication 68: Basic Environmental Testing Procedures.

This standard gives general information and methods of test common to all types of quartz crystal controlled oscillators. The applicability and specific requirements for each test shall be given in the detail specification relating to a specific oscillator type.

In case of conflict between the requirements of this standard on the one hand, and the detail specification on the other hand, the latter shall take precedence.

2. Object

To establish uniform conditions for assessing the mechanical, electrical and climatic properties of quartz crystal controlled oscillators; to describe test methods and to provide guidance in the use and maintenance of quartz crystal controlled oscillators.

3. Terms and definitions*

3.1 *Packaged crystal oscillator (PXO)*

A crystal controlled oscillator having no means of temperature control or compensation, exhibiting a frequency-temperature characteristic determined substantially by the crystal unit employed.

3.2 *Overtone crystal oscillator*

An oscillator designed to operate the controlling crystal unit in a specific mechanical overtone mode of vibration.

3.3 *Crystal cut*

The orientation of the crystal element with respect to the crystallographic axes of the crystal.

Note. — This definition is included, as it may be desirable to specify the cut (and hence the general form of the frequency-temperature performance) of a crystal used in an oscillator application. The choice of crystal cut will imply certain attributes of the oscillator which may not otherwise appear in the detail specification.

* Certain commonly used acronyms, such as VCXO, are noted in this clause, and used elsewhere in this standard for purposes of brevity. This also applies to the use of the term “oscillator” instead of “crystal controlled oscillator”.

3.4 Oscillateur à quartz commandé par une tension (VCXO)

Oscillateur piloté par quartz dont on peut faire varier la fréquence ou la moduler selon une loi spécifiée par l'application d'une tension de commande.

3.5 Oscillateur à quartz à compensation de température (TCXO)

Oscillateur piloté par quartz dont la dérive de fréquence, due à la température, est réduite au moyen d'un système de compensation incorporé au dispositif.

3.6 Oscillateur à quartz à enceinte à température régulée (OCXO)

Oscillateur piloté par quartz et dans lequel le quartz au moins est à température contrôlée (par exemple dans une enceinte) de façon à être maintenue pratiquement constante. Ce mode de fonctionnement garantit que la fréquence de l'oscillateur reste sensiblement constante dans la gamme de températures de fonctionnement de l'OCXO, donc indépendante de la caractéristique fréquence/température du quartz.

Note. — Dans un souci de concision, le terme « enceinte » est utilisé dans cette norme (comme il l'est très largement dans l'industrie électronique) pour désigner une enceinte thermiquement isolée dont la température interne est maintenue sensiblement constante au moyen d'un dispositif de régulation de la température, tel qu'un thermostat ou un circuit de régulation à réaction proportionnelle.

3.7 Fréquence nominale

Fréquence assignée à l'oscillateur piloté par quartz pendant le fonctionnement sous des conditions spécifiées.

3.8 Tolérance de fréquence

Ecart maximal admissible de la fréquence de l'oscillateur par rapport à une valeur nominale spécifiée lorsque cet oscillateur fonctionne dans des conditions spécifiées.

Note. — Les tolérances de fréquence sont souvent attribuées pour des effets ambiants indépendants électriques, climatiques et mécaniques spécifiés. Lorsqu'on utilise ce mode de spécification, il est nécessaire de définir les valeurs des autres paramètres de fonctionnement de même que la gamme de la variable spécifiée, c'est-à-dire :

- a) Ecart de la fréquence par rapport à sa valeur à une température de référence spécifiée, causé par un fonctionnement dans une gamme spécifiée de températures, les autres conditions restant constantes.
 - b) Ecart de la fréquence par rapport à sa valeur à une tension d'alimentation spécifiée, causé par une variation de la tension d'alimentation dans une gamme spécifiée, les autres conditions restant constantes.
 - c) Ecart de la fréquence par rapport à sa valeur initiale, causé par le vieillissement, les autres conditions restant constantes.
 - d) Ecart de la fréquence par rapport à sa valeur dans des conditions de charge spécifiées, causé par des variations de l'impédance de charge dans une gamme spécifiée, les autres conditions restant constantes.
- ... Etc

Dans certains cas, une tolérance de fréquence globale pour une quelconque ou pour toutes les combinaisons des paramètres de fonctionnement, pendant une durée spécifiée, peut être spécifiée.

3.9 Décalage de fréquence

Différence positive ou négative qu'il convient d'ajouter à la fréquence nominale spécifiée de l'oscillateur lorsqu'on ajuste la fréquence de cet oscillateur pour un cas particulier de conditions de fonctionnement afin de minimiser les écarts par rapport à la fréquence nominale dans une gamme spécifiée de conditions de fonctionnement.

3.4 *Voltage controlled crystal oscillator (VCXO)*

A crystal controlled oscillator, the frequency of which can be deviated or modulated according to a specified relation by application of a control voltage.

3.5 *Temperature compensated crystal oscillator (TCXO)*

A crystal controlled oscillator whose frequency deviation due to temperature is reduced by means of a compensation system, incorporated in the device.

3.6 *Oven controlled crystal oscillator (OCXO)*

A crystal controlled oscillator in which at least the crystal unit is temperature controlled (e.g. in an oven) so that the temperature of the crystal is maintained substantially constant. This mode of operation ensures that the oscillator frequency will remain sensibly constant over the operating temperature range of the OCXO, therefore independent of the frequency-temperature characteristic of the crystal unit.

Note. — For purposes of brevity, the term “oven” is used in this standard (as it is quite widely used in the electronics industry) to denote a thermally insulated enclosure whose internal temperature is maintained sensibly constant by means of some temperature control device, such as a thermostat or a proportional feedback control circuit.

3.7 *Nominal frequency*

The frequency assigned to the oscillator when operated under specified conditions.

3.8 *Frequency tolerance*

The maximum permissible deviation of the oscillator frequency from a specified nominal value when operating under specified conditions.

Note. — Frequency tolerances are often assigned separately to specified ambient effects, both electrical and environmental. When this approach is used, it is necessary to define the values of other operating parameters, as well as the range of the specified variable, i.e.:

- a) Deviation from the frequency at the specified reference temperature due to operation over the specified temperature range, other conditions remaining constant.
- b) Deviation from the frequency at specified supply voltage due to supply voltage changes over the specified range, other conditions remaining constant.
- c) Deviation from the initial frequency due to ageing, other conditions remaining constant.
- d) Deviation from the frequency with specified load conditions due to changes in load impedance over the specified range, other conditions remaining constant.
- ... Etc.

In some cases, an overall frequency tolerance may be specified, due to any/all combinations of operating parameters, during a specified lifetime.

3.9 *Frequency offset*

The frequency difference, positive or negative, which should be added to the specified nominal frequency of the oscillator, when adjusting the oscillator frequency under a particular set of operating conditions in order to minimize its deviation from nominal frequency over the specified range of operating conditions.

Exemples

- 1) Si le sens et le taux approximatif de vieillissement de fréquence d'un OCXO particulier sont connus, soit $+1 \times 10^{-8}$ par semaine, un décalage de la fréquence initiale de $-2,5 \times 10^{-7}$ à l'instant de l'installation garantira le moindre écart par rapport à la fréquence nominale pendant une période de fonctionnement régulier de 1 an.

- 2) (Voir figure 1, page 98).

Un décalage de fréquence peut être spécifié pour un ajustage à la température de référence afin de minimiser l'écart de fréquence par rapport à la fréquence nominale dans la gamme entière de températures. (Si les conditions réelles le requièrent, la compensation de fréquence peut être spécifiée en fonction de la température ambiante, par exemple à l'aide d'une courbe.)

3.10 Fréquence d'ajustage

Fréquence à laquelle un oscillateur doit être réglé pour une combinaison particulière des paramètres de fonctionnement afin de répondre à la spécification de la tolérance de fréquence dans une gamme spécifiée de conditions de fonctionnement (c'est-à-dire, fréquence d'ajustage = fréquence nominale + décalage de fréquence).

3.11 Gamme d'ajustage de la fréquence

Gamme dans laquelle la fréquence de l'oscillateur peut être réglée au moyen d'un élément variable afin de:

- a) caler la fréquence à une valeur particulière de la gamme spécifiée, ou
- b) corriger la fréquence de l'oscillateur pour atteindre la valeur prescrite après un écart dû au vieillissement ou à la modification d'autres conditions.

La gamme de réglage de la fréquence est habituellement exprimée par un écart sous forme de fraction par rapport à la fréquence nominale (exemple: $+1,00 \times 10^{-4}$, $-1,5 \times 10^{-4}$).

3.12 Gamme de températures de fonctionnement

Gamme de températures, mesurée au point de référence, dans laquelle l'oscillateur doit fonctionner en maintenant la fréquence et les autres caractéristiques du signal de sortie dans les tolérances spécifiées.

3.13 Gamme de températures d'utilisation

Gamme de températures, mesurée au point de référence, dans laquelle l'oscillateur doit continuer à fournir un signal de sortie, mais pas obligatoirement dans les tolérances spécifiées de fréquence, de niveau, de forme d'onde, etc.

3.14 Température de référence

Température à laquelle certaines caractéristiques de l'oscillateur sont mesurées, normalement $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

3.15 Température du point de référence

Température mesurée à un point spécifique de référence de l'oscillateur. Normalement, ce point de référence spécifié est la surface du boîtier de l'oscillateur ou un point défini dans la chambre climatique comme prescrit par la spécification particulière.

Examples

- 1) If the direction and approximate rate of frequency ageing of a particular OCXO are known, such as $+1 \times 10^{-8}$ per week, an initial frequency offset of -2.5×10^{-7} at time of installation will ensure the least deviation from nominal frequency during undisturbed operation for a 1-year period.

- 2) (See Figure 1, page 98).

In order to minimize the frequency deviation from nominal over the entire temperature range, a frequency offset may be specified for adjustment at the reference temperature. (If actual conditions should require it, the frequency offset may be specified as a function of ambient temperature, for example, by means of a plotted curve.)

3.10 *Adjustment frequency*

The frequency to which an oscillator must be tuned, under a particular combination of operating parameters, in order to meet the frequency tolerance specification over the specified range of operating conditions (i.e., adjustment frequency = nominal frequency + frequency offset).

3.11 *Frequency tuning range*

Frequency tuning range is the range over which the oscillator frequency may be varied by means of some variable element, for the purpose of:

- a) setting the frequency to a particular value within the specified adjustment range, or
- b) to correct the oscillator frequency to a prescribed value after deviation due to ageing, or other changed conditions.

Frequency tuning range is usually expressed as a fractional deviation from nominal frequency (e.g. $+1.00 \times 10^{-4}$, -1.5×10^{-4}).

3.12 *Operating temperature range*

The range of temperature, measured at the reference point, over which the oscillator shall function, maintaining frequency and other output signal attributes within specified tolerances.

3.13 *Operable temperature range*

The range of temperature, measured at the reference point, over which the oscillator shall continue to provide an output signal, though not within the specified tolerances of frequency, level, waveform, etc.

3.14 *Reference temperature*

The temperature at which certain oscillator performance parameters are measured, normally $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

3.15 *Reference point temperature*

The temperature measured at a specific reference point relative to the oscillator. Normally, this reference point is specified as the oscillator package mounting surface, or a designated point in the environmental chamber as specified in the detail specification.

3.16 Temps de stabilisation

Temps mesuré à partir de l'application initiale de la tension, requis par un oscillateur piloté par quartz pour stabiliser son mode de fonctionnement dans des limites spécifiées.

3.17 Coefficient de tension de la fréquence

Rapport de la variation relative de la fréquence de sortie à la variation relative de la tension d'alimentation, les autres paramètres restant inchangés. Le coefficient de tension est souvent exprimé en fractions par volt (exemple: $1 \times 10^{-9}/\text{volt}$) pour des tensions d'alimentation dans des limites spécifiées.

Note. — Dans le cas d'un OCXO, un temps considérable peut s'écouler avant que le plein effet d'une variation de la tension soit observé, car la température de l'enceinte peut dériver graduellement vers une nouvelle valeur à la suite de la perturbation de tension.

3.18 Coefficient de charge de la fréquence

Variation relative de la fréquence de sortie résultant d'une variation relative de l'impédance de charge, les autres paramètres restant inchangés. Le coefficient de charge est habituellement exprimé en fraction par pourcentage de variation de R_L (exemple: $1 \times 10^{-11}/\text{pourcentage de variation de } R_L$).

3.19 Vieillessement de fréquence (stabilité à long terme de la fréquence)

Relation entre la fréquence de l'oscillateur et le temps. Cette dérive de fréquence à long terme est causée par des variations séculaires de la structure cristalline du quartz et/ou des variations d'autres éléments de l'oscillateur; il convient de l'exprimer comme une fraction de la variation moyenne de la fréquence pour un intervalle de temps spécifié (exemple: $10^{-9}/\text{jour}$).

3.20 Stabilité de fréquence à court terme

Fluctuation non déterministe de la fréquence d'un oscillateur par rapport à sa valeur moyenne (voir annexe A, page 122). Plusieurs mesures de ce phénomène sont communément utilisées, chacune décrivant un aspect différent de ce comportement aléatoire (paragraphe 3.21 à 3.26). Cette notion comprend à la fois des définitions dans le domaine-fréquence et dans le domaine-temps, car les applications spécifiques d'un oscillateur piloté par quartz peuvent dépendre de l'un ou l'autre de ces domaines.

3.21 Densité spectrale énergétique des fluctuations relatives de fréquence

Mesure préférée de la stabilité à court terme dans le domaine-fréquence (voir annexe A). La fluctuation relative de la fréquence de sortie peut être défini comme:

$$Y = \frac{\Delta F}{F_o} = \frac{F - F_o}{F_o}$$

et la densité spectrale énergétique de cette fonction, $S_y(f)$, représente la caractéristique des fluctuations relatives de fréquence dans le domaine-fréquence. Sa dimension est Hz^{-1} .

Note. — Dans les expressions ci-dessus, F représente la fréquence de l'oscillateur, F_o correspond à la fréquence moyenne de l'oscillateur et f représente la fréquence de Fourier.

3.22 Variance d'Allan de la fluctuation relative de fréquence

Définition préférée de la caractéristique de la stabilité à court terme de la fréquence de sortie d'un oscillateur dans le domaine-temps:

3.16 *Stabilization time*

The time, measured from the initial application of power, required for a crystal controlled oscillator to stabilize its mode of operation within specified limits.

3.17 *Frequency voltage coefficient*

The ratio of the fractional change in output frequency to a fractional change in supply voltage, other parameters remaining unchanged. Voltage coefficient is often expressed in fractional parts per volt (e.g. $1 \times 10^{-9}/\text{volt}$) for supply voltages within specified limits.

Note. — In the case of OCXO's, a considerable time may elapse before the full effect of a supply voltage change is observed, as the temperature of the oven may drift gradually to a new value following the voltage perturbation.

3.18 *Frequency load coefficient*

The ratio of the fractional change in output frequency to a fractional change in electrical load impedance, other parameters remaining unchanged. This is usually expressed in fractional parts/per cent change in R_L (e.g. $1 \times 10^{-11}/\text{per cent change in } R_L$).

3.19 *Frequency ageing (long-term frequency stability)*

The relationship between oscillator frequency and time. This long-term frequency drift is caused by secular changes in the crystal unit and/or other elements of the oscillator circuit, and should be expressed as fractional change in mean frequency per specified time interval (e.g. $10^{-9}/\text{day}$).

3.20 *Short-term frequency stability*

The non-deterministic fluctuation of the frequency of an oscillator from its mean value (see Appendix A, page 123). Several measures of this phenomenon are in common use, each describing a different aspect of this random behaviour (Sub-clauses 3.21 to 3.26). Both frequency-domain and time-domain definitions are included as specific applications of crystal controlled oscillators may depend especially upon one or the other.

3.21 *Power spectral density of fractional frequency fluctuations*

The preferred frequency-domain measure of short-term stability (see Appendix A). The fractional frequency fluctuation of the output of an oscillator may be defined as:

$$Y = \frac{\Delta F}{F_o} = \frac{F - F_o}{F_o}$$

and the power spectral density of this function, $S_y(f)$, describes the frequency fluctuation characteristic in the frequency domain. It has the dimension of Hz^{-1} .

Note. — In the above expressions, F denotes oscillator frequency, F_o denotes average oscillator frequency, and f is used to denote Fourier frequency.

3.22 *Allan variance of fractional frequency fluctuation*

The preferred definition in the time domain of the short-term stability characteristic of oscillator output frequency:

$$\sigma_y^2(M, 2, \tau, \tau) = \frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^{M-1} \frac{(Y_{k+1} - Y_k)^2}{2}$$

où Y_k représente la moyenne des fluctuations relatives de fréquence instantanée obtenues par mesures successives sans temps mort systématique entre les mesures; τ est le temps d'échantillonnage selon lequel la moyenne des mesures est établie; M est le nombre de mesures.

C'est une forme spécifique de la variance générale à M échantillons (voir annexe A).

3.23 Fluctuation relative efficace de fréquence

Mesure de la stabilité de fréquence à court terme d'un oscillateur dans le domaine-temps, fondée sur les propriétés statistiques d'un certain nombre de mesures de fréquence, chacune représentant une fréquence moyenne instantanée dans un échantillonnage d'intervalles spécifié (voir annexe A). La mesure préférée de la fluctuation relative de fréquence est:

$$\frac{\Delta F}{F_o}(\tau)_{\text{eff}} = \left[\frac{1}{2(M-1)} \sum_{k=1}^{M-1} (Y_{k+1} - Y_k)^2 \right]^{1/2} = \left[\sigma_y^2(M, 2, \tau, \tau) \right]^{1/2}$$

3.24 Bruit de phase (instabilité de phase)

Mesure de la stabilité de fréquence à court terme d'un oscillateur dans le domaine-fréquence, normalement exprimée par la densité spectrale énergétique des fluctuations de phase, $S_y(f)$, où la fonction fluctuation de phase est $\varphi(t) = 2\pi Ft - 2\pi F_o t$. La densité spectrale de fluctuation de phase peut être directement rapportée à la densité spectrale de fluctuation de fréquence (paragraphe 3.21) par:

$$S_\varphi(f) = \left(\frac{F_o}{f} \right)^2 S_y(f) \text{ RAD}^2/\text{Hz}$$

Note. — Comme au paragraphe 3.21, F et F_o se réfèrent à la fréquence de l'oscillateur et f représente la fréquence de Fourier.

3.25 Pureté spectrale

Mesure de la stabilité de fréquence dans le domaine-fréquence, généralement représentée par le spectre de la puissance de bruit dans une bande latérale, exprimée en décibels par rapport à la puissance totale du signal, par hertz de largeur de bande. Comprenant la puissance de bruit non déterministe, les composantes de distorsion harmonique et les interférences provoquées par une fréquence parasite, cette mesure de la qualité du signal de l'oscillateur est particulièrement utile lorsqu'il s'agit de traitement de signaux analogiques et d'applications pour les télécommunications.

3.26 Modulation fortuite de la fréquence

Mesure facultative de la stabilité de fréquence dans le domaine-fréquence. La modulation fortuite de la fréquence est le mieux décrite en termes de spectre de la bande de base d'un signal obtenu en appliquant le signal de l'oscillateur à un circuit discriminateur idéal de caractéristiques spécifiées. Si la détection de largeur de bande est convenablement spécifiée, la modulation fortuite de fréquence peut être exprimée par une fraction dans une bande de la fréquence de sortie (exemple: 2×10^{-8} eff. dans une bande de 10 kHz).

$$\sigma_y^2(M, 2, \tau, \tau) = \frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^{M-1} \frac{(Y_{k+1} - Y_k)^2}{2}$$

where the Y_k above are the average instantaneous fractional frequency fluctuations obtained sequentially, with no systematic dead time between measurements; τ is the sample time over which each measurement is averaged; M is the number of measurements.

This is a specific form of the general M -sample variance (see Appendix A).

3.23 *R.M.S. fractional frequency fluctuation*

A measure in the time domain of the short-term frequency stability of an oscillator, based on the statistical properties of a number of frequency measurements, each representing an average of the instantaneous frequency over the specified sampling interval (see Appendix A). The preferred measure of fractional frequency fluctuation is:

$$\frac{\Delta F}{F_o}(\tau)_{\text{eff}} = \left[\frac{1}{2(M-1)} \sum_{k=1}^{M-1} (Y_{k+1} - Y_k)^2 \right]^{1/2} = \left[\sigma_y^2(M, 2, \tau, \tau) \right]^{1/2}$$

3.24 *Phase noise (phase jitter)*

A frequency-domain measure of the short-term frequency stability of an oscillator normally expressed as the power spectral density of the phase fluctuations, $S_\varphi(f)$, where the phase fluctuation function is $\varphi(t) = 2\pi F t - 2\pi F_o t$. Spectral density of phase fluctuation can be directly related to the spectral density of frequency fluctuation (Sub-clause 3.21) by:

$$S_\varphi(f) = \left(\frac{F_o}{f} \right)^2 S_y(f) \text{ RAD}^2/\text{Hz}$$

Note. — As in Sub-clause 3.21, F and F_o refer to oscillator frequency, and f denotes Fourier frequency.

3.25 *Spectral purity*

A measure of frequency stability in the frequency domain usually represented as the single side noise power spectrum expressed in decibels relative to total signal power, per hertz bandwidth. Including non-deterministic noise power, harmonic distortion components, and spurious single frequency interferences, this measure of oscillator signal quality is especially useful for considerations in analogue signal processing and telecommunication applications.

3.26 *Incidental frequency modulation*

An optional measure of frequency stability in the frequency domain. Incidental f.m. is best described in terms of the spectrum of the resultant base-band signal obtained by applying the oscillator signal to an ideal discriminator circuit of specified characteristics. If the detection bandwidth is adequately specified, the incidental f.m. may be expressed as a fractional proportion of the output frequency (e.g. 2×10^{-8} r.m.s. in a 10 kHz band).

3.27 *Distorsion de la modulation d'amplitude*

Distorsion non linéaire dans laquelle les valeurs relatives des composantes du spectre de forme d'onde du signal de modulation sont modifiées; désignée aussi comme distorsion de fréquence, distorsion d'amplitude et distorsion amplitude-fréquence.

3.28 *Linéarité de l'écart de modulation de la fréquence*

Mesure de la caractéristique de transfert d'un système de modulation comparée à une fonction idéale (ligne droite), habituellement exprimée par une non-linéarité admissible en pourcentage de la totalité d'un écart spécifié. La non-linéarité de l'écart de modulation peut être aussi exprimée en termes de distorsion permise des signaux de la bande de base produits par le dispositif de modulation (exemple: intermodulation et produits de distorsion harmonique n'excédant pas -40 dB par rapport à la puissance du signal de modulation).

Exemple:

La figure 2, page 99, présente la courbe de fréquence de sortie d'un oscillateur modulé typique, spécifié pour avoir une caractéristique de modulation de 133,3 Hz/V dans une gamme de ± 3 V avec une non-linéarité permise de $\pm 5\%$. La courbe D est la caractéristique réelle comparée à la caractéristique idéale (courbe A) et aux limites (courbes B et C).

3.29 *Distorsion harmonique*

Distorsion non linéaire caractérisée par la génération de composantes indésirables du spectre, liées de façon harmonique au signal de sortie. Chaque composante harmonique est habituellement exprimée par le rapport (en décibels) de sa puissance à la puissance de sortie du signal fondamental (exemple: le deuxième harmonique est atténué de 30 dB par rapport au signal fondamental).

3.30 *Oscillations parasites*

Composantes discrètes du spectre de fréquence apparaissant à la sortie d'un oscillateur et liées de façon non harmonique à la fréquence souhaitée. Ces composantes peuvent apparaître comme des bandes symétriques ou comme composantes d'une seule bande du spectre selon le mode de génération. Les composantes parasites du spectre de sortie sont habituellement exprimées par un rapport de puissance (en décibels) par rapport à la puissance du signal de sortie.

3.31 *Durée d'une impulsion*

Intervalle de temps entre les points des flancs de début et de fin d'impulsion pour lesquels la fonction est égale à une valeur spécifiée.

3.32 *Temps de montée*

Intervalle de temps requis pour que le flanc de début d'impulsion varie de 10% à 90% de l'amplitude maximale. Le temps de montée est proportionnel à la constante de temps et mesure l'inclinaison de la forme d'onde par rapport à la verticale (voir figure 3, page 99).

3.33 *Temps de descente*

Intervalle de temps requis pour que le flanc de fin d'impulsion varie de 90% à 10% de l'amplitude maximale (voir figure 3).

3.34 *Symétrie*

A l'étude.

3.27 *Amplitude modulation distortion*

Non-linear distortion in which the relative magnitudes of spectral components of the modulating signal waveform are modified, also commonly known as frequency distortion, amplitude distortion, and amplitude-frequency distortion.

3.28 *Linearity of frequency modulation deviation*

A measure of the transfer characteristic of a modulation system as compared to an ideal (straight line) function, usually expressed as an allowable non-linearity in per cent of specified full range deviation. Modulation linearity can also be expressed in terms of the permissible distortion of base-band signals produced by the modulation device (e.g. intermodulation and harmonic distortion products not to exceed -40 dB relative to total modulating signal power).

Example:

Figure 2, page 99, is a plot of the output frequency of a typical modulated oscillator, specified to have a modulation characteristic of 133.3 Hz/V over a range of ± 3 V, with an allowed non-linearity of $\pm 5\%$. Curve D is the actual characteristic compared with the ideal (curve A) and the limits (curves B and C).

3.29 *Harmonic distortion*

A non-linear distortion characterized by the generation of undesired spectral components harmonically related to the desired signal frequency. Each harmonic component is usually expressed as a power ratio (in decibels) relative to the output power of the desired signal (e.g. second harmonic is suppressed 30 dB).

3.30 *Spurious oscillations*

Discrete frequency spectral components, non-harmonically related to the desired output frequency, appearing at the output terminal of an oscillator. These components may appear as symmetrical sidebands, or as single spectral components, depending upon the mode of generation. Spurious components in the output spectrum are usually expressed as a power ratio (in decibels) with respect to the output signal power.

3.31 *Pulse duration*

The time interval between the points on the leading and trailing edge of a pulse waveform at which the function equals a specified value.

3.32 *Rise time*

The time interval required for the leading edge of a pulse waveform to change from 10% to 90% of its maximum amplitude. Rise time is proportional to the time constant, and is a measure of the steepness of the waveform (see Figure 3, page 99).

3.33 *Decay (or fall) time*

The time interval required for the trailing edge of a pulse waveform to decay from 90% to 10% of its maximum amplitude (see Figure 3).

3.34 *Symmetry*

Under consideration.

4. Marquage

Chaque oscillateur piloté par quartz porte les informations suivantes marquées de façon lisible et indélébile :

- a) type ou numéro de code, comprenant la date de fabrication ;
- b) fréquence nominale ;
- c) marque d'origine ;
- d) des informations facultatives telles que :
 - désignation des connexions électriques,
 - numéro de série,
 - code d'identification,
 - tension d'alimentation et polarité.

Note. — Il est recommandé de marquer les fréquences nominales de la façon suivante :

- fréquences nominales inférieures à 1 kHz, en hertz,
- fréquences nominales comprises entre 1 kHz et 1 MHz, en kilohertz,
- fréquences nominales supérieures à 1 MHz, en mégahertz.

5. Essais de type

5.1 Type

Un type englobe les quartz de conception analogue réalisés par le même fabricant.

Note. — La réalisation d'un quartz comprend la combinaison :

- des caractéristiques électriques ;
- des caractéristiques de l'environnement ;
- de la construction ;
- de l'encombrement.

5.2 Essai de type

L'essai de type d'un quartz est la série complète des essais à effectuer sur un certain nombre de spécimens représentatifs du type en vue de déterminer si un fabricant donné peut être en mesure de fabriquer les quartz satisfaisant aux spécifications.

5.3 Homologation

Décision prise par l'autorité habilitée (le client lui-même ou son mandataire) suivant laquelle un fabricant donné est capable de produire en quantité raisonnable le type satisfaisant aux spécifications.

- 5.4 Des conditions et méthodes d'essai appropriées pour déterminer les caractéristiques de fonctionnement les plus communément spécifiées des oscillateurs pilotés par quartz sont décrites dans le chapitre II de la présente norme. En toute circonstance particulière, il est préférable que les paramètres spécifiques à contrôler et les méthodes d'essai à suivre fassent l'objet d'accord entre fabricant et utilisateur.
-

4. Marking

Each quartz crystal controlled oscillator shall have the following information legibly and indelibly marked upon it:

- a) type or code number, including date of manufacture;
- b) nominal frequency;
- c) mark of origin;
- d) optional information, such as:
 - designation of electrical connections,
 - serial number,
 - identification code,
 - power supply voltage and polarity.

Note. — It is recommended that nominal frequencies be marked as follows:

- nominal frequencies below 1 kHz, in hertz,
- nominal frequencies between 1 kHz and 1 MHz, in kilohertz,
- nominal frequencies above 1 MHz, in megahertz.

5. Type tests

5.1 Type

A type comprises crystal units of one design made by one manufacturer.

Note. — The design of a crystal unit covers the combination of:

- electrical characteristics;
- environmental characteristics;
- construction;
- outline.

5.2 Type test

The type test of a crystal unit is the complete series of tests to be carried out on a number of specimens representative of the type with the object of determining whether a particular manufacturer is able to make crystal units meeting the specification.

5.3 Type approval

Type approval is the decision by the appropriate authority (the customer himself or his nominee) that a particular manufacturer is able to produce in reasonable quantity the type meeting the specification.

- 5.4 Test conditions and methods suitable for determining most commonly specified performance characteristics of quartz crystal controlled oscillators are described in Chapter II of this standard. The specific parameters to be tested in any particular instance, and test procedures to be followed, may best be agreed between manufacturer and user.

CHAPITRE II: CONDITIONS ET MÉTHODES D'ESSAI

6. Contrôle visuel externe

6.1 Contrôle visuel A (contrôle initial)

L'oscillateur est examiné visuellement pour s'assurer que son état, sa facture et sa finition sont satisfaisants. Le marquage doit être lisible et durable.

6.2 Contrôle visuel B (contrôle après essai)

L'oscillateur est examiné visuellement. Il ne doit présenter ni corrosion ni autre détérioration qui pourrait compromettre un fonctionnement satisfaisant. Le marquage doit être lisible et durable.

7. Dimensions et calibrages

7.1 Contrôle dimensionnel A (sorties)

La conformité des dimensions, espacements et alignements des sorties à leur spécification est vérifiée en utilisant les calibres spécifiés.

7.2 Contrôle dimensionnel B (dimensions du boîtier)

On vérifie la conformité des dimensions hors tout du boîtier à la spécification.

8. Essais électriques

Les essais décrits dans la présente norme sont effectués à moins de dérogation expresse dans la spécification particulière.

Cette norme comporte des méthodes d'essais électriques utilisées pour la détermination des conditions d'environnement et des caractéristiques de fonctionnement suivantes:

- Résistance d'isolement.
- Epreuve de tension.
- Tension d'alimentation.
- Puissance d'entrée.
- Fréquence de sortie.
- Caractéristiques fréquence/température.
- Caractéristiques de stabilité de fréquence.
- Ajustage de la fréquence.
- Caractéristiques de retraçabilité.
- Caractéristiques de sortie.
- Caractéristiques de modulation d'amplitude.
- Caractéristiques de modulation de fréquence.
- Pureté spectrale.
- Caractéristiques de brouillage électromagnétique.

8.1 Généralités

L'article 8 donne des informations générales relatives aux méthodes de mesures électriques et aux précautions générales à observer pendant ces mesures.

CHAPTER II: TEST CONDITIONS AND METHODS

6. External visual inspection

6.1 Visual test A (initial inspection)

The oscillator shall be visually examined to ensure that the condition, workmanship and finish are satisfactory. The markings shall be legible and durable.

6.2 Visual Test B (post-test inspection)

The oscillator shall be visually examined. There shall be no corrosion or other deterioration likely to impair satisfactory operation. The markings shall be legible and durable.

7. Dimensions and gauging

7.1 Dimensional Test A (terminations)

Dimensions, spacing and alignment of the terminations shall be checked for compliance with the specification, using gauges as specified.

7.2 Dimensional Test B (package dimensions)

The overall package dimensions shall be checked for compliance with the specification.

8. Electrical tests

The tests described in this standard shall be performed unless specifically waived by the applicable detail specification.

Electrical test procedures for the determination of the following environmental conditions and performance characteristics are included in this standard:

- Insulation resistance.
- Voltage proof.
- Supply voltage.
- Input power.
- Output frequency.
- Frequency-temperature characteristics.
- Frequency stability characteristics.
- Frequency adjustment.
- Retrace characteristics.
- Output characteristics.
- Amplitude modulation characteristics.
- Frequency modulation characteristics.
- Spectral purity.
- Electromagnetic interference characteristics.

8.1 General

Clause 8 gives information of a general nature applying to electrical measurement methods and general precautions to be observed during measurements.

8.1.1 Variantes de méthodes d'essai

Les méthodes de mesure et les conditions d'essai spécifiées dans la présente norme ne sont pas les seules méthodes qui puissent être employées; cependant, dans le cas de l'utilisation d'une autre méthode, on doit vérifier que la valeur de la caractéristique obtenue par cette méthode sera dans les limites prescrites par la spécification particulière applicable si elle était mesurée selon la méthode recommandée.

8.1.2 Conditions d'équilibre

Sauf prescription différente, tous les essais électriques sont effectués aux conditions d'équilibre. Lorsque les conditions d'essai occasionnent une variation importante dans le temps des caractéristiques mesurées, il convient de spécifier les moyens de compenser de tels effets; par exemple la durée pendant laquelle l'oscillateur est maintenu dans des conditions spécifiées avant de mesurer la fréquence de sortie.

8.1.3 Température

Sauf prescription différente, toutes les mesures sont effectuées à une température ambiante ou de référence de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Les mesures peuvent être effectuées à d'autres températures pourvu qu'il soit vérifié que les caractéristiques de l'oscillateur sont conformes à toutes les dispositions de la spécification particulière, lorsqu'elles sont mesurées à 25°C .

8.1.4 Alimentations

Il convient que l'ondulation des alimentations à courant continu utilisées pour les essais des oscillateurs pilotés par quartz soit suffisamment faible pour ne pas affecter l'exactitude souhaitée des mesures; les alimentations en courant alternatif doivent être dépourvues de transitoires; l'ondulation et/ou le contenu en transitoires des sources d'alimentation doivent être entièrement définis dans la spécification particulière lorsqu'ils deviennent critiques pour les mesures à effectuer.

8.1.5 Conditions de fonctionnement

Pendant les essais électriques des oscillateurs pilotés par quartz, il convient de régler toutes les tensions d'alimentation et les impédances de charge avec une précision de $\pm 1\%$, sauf prescription différente dans la spécification particulière.

8.1.6 Précautions

Les circuits de mesure et les méthodes pour les essais électriques spécifiques présentés au paragraphe 8.2 sont les circuits et les méthodes à utiliser de préférence; il conviendrait, dans l'éventualité où un dispositif utilisé pour une mesure modifierait la caractéristique examinée, de tenir compte des effets entraînés par la modification.

8.1.7 Conditions de circulation d'air pour les essais de température

Lorsque les dispositifs sont essayés à des températures différentes de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, on utilise une circulation d'air adéquate pour assurer un bon réglage de la température.

Si les pertes calorifiques causées par la circulation forcée d'air affectent les caractéristiques de fonctionnement de l'oscillateur, des conditions d'air calme peuvent être simulées en protégeant l'oscillateur à l'aide d'un écran pare-vent consistant en une enceinte conductrice de chaleur de façon à assurer une distribution de température uniforme autour de l'oscillateur. Sauf prescription différente dans la spécification particulière, la température à laquelle la mesure est effectuée est la

8.1.1 *Alternative test methods*

The measurement methods and test conditions specified in this standard are not the only methods which may be employed; however, if other methods are to be used, it must be verified that the value of the characteristic determined by the methods used will fall within the limits specified by the relevant detail specification if measured by the recommended methods.

8.1.2 *Equilibrium conditions*

All electrical tests shall be conducted under equilibrium conditions unless otherwise specified. When test conditions cause a significant change with time of the characteristic being measured, means of compensation for such effects should be specified; for example the period of time that the oscillator shall be maintained at specified test conditions before making a measurement of output frequency.

8.1.3 *Temperature*

Unless otherwise specified, all measurements shall be made at an ambient or reference point temperature of $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Measurements may be made at other temperatures provided it is verified that the characteristics of the oscillator are in accordance with all the provisions of the detail specification when tested at 25°C .

8.1.4 *Power supplies*

D.C. power sources used in the testing of crystal controlled oscillators should not have a ripple content large enough to affect the desired accuracy of measurement, a.c. power sources should be transient-free. When the ripple and/or transient content of the power sources is critical to the measurement being performed, they must be fully defined in the detail specification.

8.1.5 *Operating conditions*

During electrical testing of quartz crystal controlled oscillators, all power supply voltages and load impedances shall be controlled to an accuracy of $\pm 1\%$, unless otherwise stated in the detail specification.

8.1.6 *Precautions*

The measurement circuits and procedures for specific electrical tests given in Sub-clause 8.2 are the preferred methods and circuits; should measuring apparatus modify the characteristic being examined, due allowance must be made for any loading effects.

8.1.7 *Air flow conditions for temperature tests*

When devices are to be measured at other temperatures than $25 \pm 2^\circ\text{C}$, adequate air circulation shall be provided to ensure good temperature control.

If heat loss due to forced air circulation affects oscillator performance, still air conditions may be simulated by enclosing the oscillator in a draught shield consisting of a thermally conducting box, with internal dimensions such as to provide an even temperature distribution around the oscillator. The temperature at which measurements are taken, unless otherwise stated in the detail specification, is the reference point temperature on the surface of the oscillator package. If a

température au point de référence de la surface du boîtier de l'oscillateur. Si un écran pare-vent est utilisé, il doit être conservé pour les essais à haute et à basse température ; la température au point de référence est mesurée sur l'écran pare-vent.

8.1.8 Précision de la mesure

Les limites prescrites dans la spécification particulière sont les limites absolues. On doit tenir compte des tolérances propres aux instruments et méthodes de mesure lors de la définition des limites réelles pour l'essai.

Sauf prescription différente dans la spécification particulière, il convient que la précision et l'exactitude des méthodes et équipements utilisés pour l'évaluation des caractéristiques de fonctionnement d'un oscillateur soient meilleures d'au moins un ordre de grandeur (à savoir un facteur de dix) que les tolérances à fixer. (Par exemple exactitude d'un voltmètre à $\pm 0,1\%$ pour fixer un niveau de tolérance de $\pm 1\%$.) On doit pouvoir rattacher l'étalonnage des équipements d'essai et des sources de fréquence de référence aux étalons nationaux admis.

8.2 Méthodes d'essai particulières

Ce paragraphe comporte les méthodes et les circuits d'essai recommandés pour déterminer les caractéristiques de fonctionnement particulières et les paramètres électriques d'un oscillateur piloté par quartz.

8.2.1 Résistance d'isolement

Objet:

Constater que la résistance entre des points spécifiés, mesurée avec l'application d'une tension spécifiée inférieure à la tension de claquage, excède une valeur spécifiée.

Circuit d'essai:

Figure 4, page 100.

Méthode:

La tension spécifiée est appliquée aux sorties désignées, comme dans la méthode *a* de la figure 4, et le courant résultant est mesuré. Il doit être inférieur à la valeur maximale spécifiée. En variante, on peut utiliser un ohmmètre pour déterminer la résistance directement, comme dans la méthode *b* de la figure 4. Dans ce cas, la résistance doit être supérieure à la valeur minimale spécifiée. Les essais de fonctionnement sont effectués à la suite des essais selon les méthodes *a* ou *b* pour s'assurer que le dispositif fonctionne.

Précautions:

Il convient de n'appliquer la tension qu'aux sorties spécifiées et de respecter la polarité lorsqu'elle est spécifiée. La valeur de la tension appliquée ne doit pas dépasser la valeur spécifiée. L'inobservation d'une quelconque des recommandations ci-dessus peut entraîner une détérioration du dispositif essayé.

Conditions spécifiées:

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière:

- 1) points de mesure;
- 2) limites de la tension appliquée et polarité;
- 3) résistance minimale;
- 4) intensité maximale du courant.

Note. — La tension maximale doit être inférieure à 20 V et la résistance mesurée doit être supérieure à 20 M Ω , sauf spécification différente, aux points 2) et 3).

draught shield is used, it must be retained for both high and low temperature tests and the reference point temperature is as measured at the draught shield.

8.1.8 Precision of measurement

The limits stated in the detail specification are absolute. Tolerances on measurement instruments and methods shall be taken into account when determining actual experimental limits.

Unless otherwise stated in the detail specification, the precision and accuracy of test methods and equipment used for the evaluation of oscillator performance shall be at least one order of magnitude (i.e. a factor of ten) better than the tolerances to be determined. (For example a voltmeter accuracy of $\pm 0.1\%$ to determine level to a tolerance of $\pm 1\%$.) Calibrations of test equipment and reference frequency sources shall be traceable to recognized national standards.

8.2 Particular test procedures

This sub-clause contains recommended procedures and test circuits for the determination of particular performance characteristics and electrical parameters of quartz crystal controlled oscillators.

8.2.1 Insulation resistance

Purpose:

To determine that the resistance between specified points exceeds a specified value when measured with an applied voltage below the breakdown value.

Test circuit:

Figure 4, page 100.

Procedure:

The specified voltage is applied to the designated terminals, as in method *a* of Figure 4, and the resulting current is measured. It shall be less than the specified maximum. Alternatively, an ohmmeter may be used to determine the resistance directly, as in method *b* of Figure 4. In this case the resistance shall be greater than the minimum specified. Following tests according to methods *a* or *b*, operational tests shall be carried out to ensure that the device is functional.

Precautions:

Voltage should be applied to the specified terminals only, and polarity should be observed when specified. The applied voltage during test should not exceed the specified value. Failure to observe any of the above may result in damage to the device under test.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) test points;
- 2) applied voltage limits and polarity;
- 3) minimum resistance;
- 4) maximum current flow.

Note. — When Items 2) and 3) are not otherwise stated, maximum voltage shall be less than 20 V, and measured resistance shall be greater than 20 M Ω .

8.2.2 *Epreuve de tension*

Objet:

Constater que l'application d'une tension élevée entre deux ou plus de deux sorties spécifiées ne provoque pas de claquage ou de surintensités ni ne compromet le fonctionnement de l'oscillateur.

Circuit d'essai:

Figure 5, page 100.

Méthode:

La tension spécifiée est appliquée entre les sorties désignées. Il ne doit y avoir ni amorçage d'arc ni preuve de claquage. Des essais sont effectués ensuite pour s'assurer que le fonctionnement de l'oscillateur n'a pas été compromis.

Précautions:

Il convient de n'appliquer la tension qu'aux sorties spécifiées et de respecter la polarité lorsque celle-ci est spécifiée. La valeur de la tension appliquée ne doit pas dépasser la valeur spécifiée et l'intensité ne doit pas pouvoir dépasser la valeur maximale prescrite. L'inobservation d'une quelconque des recommandations ci-dessus peut entraîner une détérioration du dispositif essayé.

Conditions spécifiées:

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière:

- 1) sorties;
- 2) tension maximale appliquée et polarité;
- 3) résistance de la source d'alimentation;
- 4) intensité maximale admissible;
- 5) méthodes de préconditionnement, si applicable.

8.2.3 *Puissance d'entrée*

Objet:

Définir les prescriptions requises de tension d'alimentation et de puissance d'entrée pour un fonctionnement de l'oscillateur (et de l'enceinte, si applicable) dans des conditions spécifiées.

Circuit d'essai:

Figure 6, page 101.

Méthode:

L'oscillateur, la charge électrique et l'alimentation (ou les alimentations) sont connectés comme il est montré, et la tension (ou les tensions) et l'intensité (ou les intensités) sont contrôlées en permanence à l'aide d'appareils de mesure convenables. La puissance d'entrée est calculée à partir des valeurs relevées de tension et d'intensité:

$$P = V \times I$$

8.2.2 Voltage proof

Purpose :

To determine that the application of a high voltage between two or more specified terminals will not produce electrical breakdown or excessive current, or otherwise impair the performance of the oscillator.

Test circuit:

Figure 5, page 100.

Procedure :

The specified voltage is applied between the designated terminals. There shall be no arcing or other evidence of breakdown. Following this test, operational tests shall be carried out to ensure that the oscillator performance has not been impaired.

Precautions:

Voltage should be applied to the specified terminals only, and polarity should be observed when stated. The applied voltage should not exceed the specified value, and current flow should not be allowed to exceed the stated maximum. Failure to observe any of the above may result in damage to the device under test.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) test terminals;
- 2) maximum applied voltage and polarity;
- 3) source resistance;
- 4) maximum permissible current flow;
- 5) pre-conditioning procedures, if applicable.

8.2.3 Input power

Purpose :

To determine supply voltage and input power requirements to the oscillator (and oven, when applicable) when operating under specified conditions.

Test circuit:

Figure 6, page 101.

Procedure :

Oscillator, electrical load, and power supply(ies) are connected as shown, and supply voltage(s) and current(s) monitored with suitable meters. Input power is calculated from the measured values of voltage and current:

$$P = V \times I$$

Lorsque la puissance d'entrée doit être mesurée à une température différente de la température de référence, le dispositif à essayer est placé dans une chambre climatique convenable. Les mesures à chaque valeur spécifiée de température sont effectuées après un fonctionnement continu d'une durée de stabilisation spécifiée à cette température.

Dans le cas d'un oscillateur à quartz en enceinte à température régulée (OCXO), la puissance d'entrée de crête et la puissance d'entrée en régime permanent peuvent être spécifiées. Si la puissance de crête est spécifiée, les valeurs transitoires de tension et d'intensité sont mesurées pour chaque température spécifiée à laquelle la chambre climatique est ajustée. Aucune mesure de puissance de crête n'est effectuée avant que l'oscillateur et l'enceinte, non alimentés, n'aient atteint l'équilibre thermique à la température de mesure.

Précautions :

- 1) Lorsque la circulation forcée d'air a une influence sur la puissance d'entrée de l'oscillateur, on peut simuler les conditions d'air calme en utilisant un écran pare-vent selon la description du paragraphe 8.1.7.
- 2) Si l'on doit mesurer la puissance de crête, il peut être nécessaire d'utiliser des appareils enregistreurs pour les mesures de tension et d'intensité afin de déterminer avec une définition suffisante les valeurs transitoires.
- 3) Pour la mesure de la puissance de crête, il convient que la chambre climatique utilisée pour les mesures effectuées à d'autres températures que la température de référence ait une constante de temps thermique grandement inférieure de façon significative à celle de l'oscillateur/enceinte à essayer.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tensions d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) température(s) à laquelle (auxquelles) sont effectuées les mesures. Sauf spécification différente, la température est relevée au point de référence de la surface du boîtier de l'oscillateur ;
- 4) temps de stabilisation.

Note. — Il convient aussi de spécifier si le mesurage de la puissance de crête doit être effectué.

8.2.4 *Fréquence de sortie*

Objet :

Mesurer la fréquence de sortie d'un oscillateur piloté par quartz dans des conditions de fonctionnement spécifiées. Il convient d'utiliser les méthodes de mesure décrites chaque fois que la fréquence d'un oscillateur doit être déterminée. Deux méthodes sont présentées, le choix de l'une ou de l'autre étant fonction de la précision avec laquelle la fréquence doit être déterminée.

A. *Mesure de la fréquence pour des tolérances supérieures ou égales à 1×10^{-7}*

Circuit d'essai :

Figure 7a, page 102.

Méthode :

Le circuit étant réalisé selon la figure, l'oscillateur est placé dans les conditions de fonctionnement spécifiées jusqu'à stabilisation. La fréquence est alors mesurée à l'aide du compteur de

When input power measurements are to be made at other than the reference temperature, the device under test shall be placed in a suitable environmental chamber. Measurements at each specified value of temperature shall be made after continuous operation at that temperature for the specified stabilization time.

In the case of oven controlled crystal oscillators (OCXO), both peak and steady-state input power may be specified. If peak power is specified, the transient values of voltage and current shall be measured when the environmental chamber is adjusted to each of the specified temperatures. The oscillator and oven shall be allowed to reach thermal equilibrium at the operating temperature, while unenergized, prior to any measurement of peak power.

Precautions:

- 1) Where input power to the oscillator will be affected by forced air circulation, still air conditions may be simulated by use of a draught shield as described in Sub-clause 8.1.7.
- 2) If peak power is to be measured, it may be necessary to use recording type meters for the measurement of voltage and current in order to determine transient values with adequate resolution.
- 3) The environmental chamber used for measurements at other than reference temperature should have a thermal time constant significantly less than that of the oscillator/oven being measured, when peak power is to be determined.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltages;
- 2) load details;
- 3) temperature(s) at which measurements are to be performed. Unless otherwise stated, the temperature will be taken as the reference point temperature on the surface of the oscillator package;
- 4) stabilization time.

Note. — It should also be stated if a measurement of peak power is to be made.

8.2.4 Output frequency

Purpose:

To measure the output frequency of a crystal controlled oscillator under specified operating conditions. The measurement methods described should be used whenever the frequency of an oscillator is to be determined. Two methods are given, the choice depending upon the precision to which the determination is to be made.

A. Frequency measurement for tolerances greater than or equal to 1×10^{-7}

Test circuit:

Figure 7a, page 102.

Procedure:

The oscillator shall be connected as shown and allowed to stabilize under specified operating conditions. The frequency shall then be measured with the frequency counter, using either a direct

fréquence, soit selon une mesure directe de fréquence, soit selon une mesure de période moyenne. Des durées de 0,1 s à 10,0 s sont normalement nécessaires pour obtenir la précision de mesure requise. Généralement, il est pratique d'utiliser la méthode de mesure de la période moyenne pour les fréquences inférieures à environ 5 MHz.

B. Mesure de la fréquence pour des tolérances inférieures à 1×10^{-7}

Circuit d'essai :

Figure 7b, page 102.

Méthode :

Le circuit étant réalisé selon les indications de la figure, l'oscillateur est placé dans les conditions de fonctionnement spécifiées jusqu'à stabilisation. Un facteur de multiplication de fréquence est choisi de façon à permettre la mesure avec la précision spécifiée sur un intervalle de temps déterminé dans la gamme de 0,1 s à 10,0 s.

Exemple :

Un facteur de multiplication de 4 est nécessaire pour mesurer un signal de 2,5 MHz avec une précision de 1×10^{-8} dans un intervalle de 10 s.

Note. — Des variantes de la méthode de mesure comportent l'utilisation de compteurs « réciproques » à grande vitesse aussi bien que des systèmes comparateurs de phase ou de fréquence, pour établir la différence de fréquence entre celle de l'oscillateur et une fréquence définie provenant d'un synthétiseur de fréquence. Cette dernière méthode est spécialement utile pour des précisions de mesure meilleures que 1×10^{-9} .

Précautions :

Il convient de respecter les consignes suivantes, quelle que soit la méthode de mesure utilisée :

- 1) La charge de l'oscillateur, y compris les compensations relatives aux connexions de l'équipement de mesure, doit être correctement établie.
- 2) On doit prendre soin de régler de façon adéquate les conditions d'environnement afin qu'elles n'aient aucune influence sur les résultats.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension(s) d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) précision de la mesure de fréquence ;
- 4) température(s) ambiante(s) ;
- 5) temps de stabilisation.

8.2.5 Caractéristiques fréquence/température

Objet :

Etablir l'influence de la température sur la fréquence de sortie d'un oscillateur piloté par quartz. Cette méthode peut être utilisée pour déterminer l'*excursion totale de fréquence* dans une gamme spécifiée de températures de fonctionnement ou pour déterminer la *fréquence de sortie* à des températures particulières spécifiées.

frequency measurement or a period averaging method. Measurement times in the range of 0.1 s to 10.0 s will normally be required to obtain the required measurement precision. Period averaging will generally be advantageous for frequencies below about 5 MHz.

B. Frequency measurement for tolerances less than 1×10^{-7}

Test circuit:

Figure 7b, page 102.

Procedure:

The oscillator shall be connected as shown and allowed to stabilize under specified operating conditions. A frequency multiplication factor should be chosen which will permit measurement to the specified precision within a time interval in the range of 0.1 s to 10.0 s.

Example:

To measure a 2.5 MHz signal to a precision of 1×10^{-8} within a 10 s interval, a multiplication factor of 4 is required.

Note. — Alternative methods of measurement include the use of high-speed “reciprocal” counters, as well as the use of frequency or phase comparison systems to determine the frequency difference between the oscillator and a known frequency derived from a frequency synthesizer. This latter method is especially useful for measurement accuracies better than 1×10^{-9} .

Precautions:

Whichever method of measurement is used, the following should be observed:

- 1) The oscillator shall be correctly loaded, including compensation for the test equipment connections.
- 2) Care must be taken that environmental conditions are adequately controlled so as not to influence the results.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage(s);
- 2) load details;
- 3) frequency measurement accuracy;
- 4) ambient temperature(s);
- 5) stabilization time.

8.2.5 Frequency-temperature characteristics

Purpose:

To determine the dependence of output frequency of a crystal controlled oscillator upon temperature. This test method may be used to determine the *total frequency excursion* over a specified operating temperature range, or to determine the *output frequency at specified particular temperatures*.

Circuit d'essai:

Figure 8, page 103.

Méthode:

Le circuit étant réalisé selon les indications de la figure et l'oscillateur n'étant pas alimenté, on laisse la chambre climatique atteindre l'équilibre thermique à la température la plus basse spécifiée. L'oscillateur est alors mis sous tension; à la fin de la durée de stabilisation spécifiée, la fréquence et la température sont enregistrées selon une méthode de mesure de la fréquence conforme au paragraphe 8.2.4.

La température de la chambre climatique est élevée palier par palier (ou de façon continue à un taux spécifié), le temps de stabilisation spécifié étant observé à chaque palier.

L'enregistrement continu de la température et de la fréquence pendant l'essai peut être spécifié afin de s'assurer que la fréquence n'excède jamais les tolérances spécifiées.

Note. — Pour certaines applications, il peut être requis de déterminer la reproductibilité de la caractéristique fréquence/température, cette dernière étant établie en premier lieu lorsque la température croît d'une valeur minimale à une valeur maximale, ensuite lorsqu'elle décroît d'une valeur maximale à une valeur minimale. Les différences ainsi obtenues de la caractéristique sont désignées sous le terme *erreurs de retraçabilité* ou le terme *hystérésis* et ont une importance particulière dans les essais de dispositif TCXO.

Précautions:

- 1) Lorsque la circulation forcée d'air a une influence sur la puissance d'entrée de l'oscillateur, on peut simuler les conditions d'air calme en utilisant un écran pare-vent.
- 2) Pour les essais à croissance continue de température, le taux de variation de la température doit être inférieur à 0,5 °C/min, sauf prescription différente dans la spécification particulière.
- 3) Si aucune valeur spécifique de température n'est donnée pour les mesures à températures discrètes, on recommande d'adopter des paliers de croissance n'excédant pas 1,5 °C avec un temps de stabilisation convenable après chaque affichage de la température de la chambre climatique.
- 4) Sauf prescription différente dans la spécification particulière, la durée accordée à l'oscillateur pour se stabiliser doit toujours excéder le double du temps de stabilisation.
- 5) Lorsque l'oscillateur à essayer est un TCXO, un soin particulier doit être pris pour garantir un faible taux de variation de température. Sauf prescription différente dans la spécification particulière, un temps de stabilisation de 1 h et un taux de croissance de la température entre 0,2 °C/min et 1 °C/min dans certains cas sont à utiliser pour les essais des TCXO.

Conditions spécifiées:

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière:

- 1) tension(s) d'alimentation;
- 2) détails concernant la charge;
- 3) gamme de températures d'essai;
- 4) taux maximal de variation de température, ou
- 5) paliers de température et temps de stabilisation pour la méthode de mesure par paliers;
- 6) autres éléments conformément à la spécification particulière.

Test circuit:

Figure 8, page 103.

Procedure:

The unenergized oscillator shall be connected as shown, and the environmental chamber allowed to reach equilibrium at the lowest specified temperature. The oscillator shall then be energized; after the specified stabilization time, frequency and temperature shall be recorded, using a frequency measurement method in accordance with Sub-clause 8.2.4.

The test chamber temperature shall then be raised in incremental steps (or ramped at a specified rate) allowing the specified stabilization time at each temperature setting.

Continuous recording of temperature and frequency during this test may be specified in order to ensure that the frequency never exceeds specified tolerances.

Note. — In some applications, it may be required to determine the reproducibility of the frequency-temperature characteristic as the temperature is first increased from minimum to maximum, then decreased from maximum to minimum. Differences in the characteristics obtained during increasing and decreasing temperatures are called *retrace errors*, or *hysteresis*, and are of particular importance when testing TCXO devices.

Precautions:

- 1) Where input power to the oscillator will be affected by forced air circulation, still air conditions may be simulated by the use of a draught shield.
- 2) For ramped temperature tests, the rates of change of temperature should be less than 0.5 °C/min, unless otherwise stated in the detail specification.
- 3) If specific temperatures are not given for discrete temperature measurements, incremental steps should not exceed 1.5 °C, with suitable stabilization time after each setting of environmental temperature.
- 4) The time allowed for the oscillator to stabilize should always exceed the stabilization time by a factor of 2, unless otherwise stated in the detail specification.
- 5) When the oscillator under test is a TCXO type, special care must be taken to ensure a slow rate of temperature change. Unless otherwise stated in the detail specification, stabilization time of 1 h, and temperature ramp rates between 0.2 °C/min and 1 °C/min should be used for TCXO tests.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage(s);
- 2) load details;
- 3) temperature test range;
- 4) maximum rate of change of temperature, or
- 5) temperature steps and stabilization time for incremental method of measurement;
- 6) other items in accordance with the detail specification.

8.2.6 Coefficient de charge de la fréquence

Objet:

Mesurer la variation de la fréquence de sortie en fonction de la variation de charge (voir paragraphe 3.18).

Méthode:

A l'aide d'un système de mesure de fréquence semblable à celui du paragraphe 8.2.4, mesurer la fréquence de sortie d'un oscillateur, aux conditions de charge nominales spécifiées, aux conditions de charge minimales et aux conditions de charge maximales, tous les autres paramètres de fonctionnement étant maintenus constants à leurs valeurs spécifiées.

Circuit d'essai:

Figure 8, page 103.

Précaution:

Toutes les liaisons aboutissant aux sorties de l'oscillateur pour mesurer la fréquence doivent être comprises dans la valeur totale de la charge électrique.

Conditions spécifiées:

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière:

- 1) tension(s) d'alimentation;
- 2) charge nominale (résistance et réactance, comme il convient);
- 3) limites minimale et maximale de la charge;
- 4) fréquence nominale;
- 5) temps de stabilisation.

Note. — L'utilisation d'une chambre climatique régulée avec exactitude peut être nécessaire pour réduire les effets des variations de température sur la valeur mesurée de l'écart de fréquence.

8.2.7 Coefficient de tension de la fréquence

Objet:

Définir la variation de la fréquence de sortie d'un oscillateur en fonction de la variation de tension de l'alimentation (voir paragraphe 3.17).

Méthode:

A l'aide d'un système de mesure de la fréquence semblable à celui du paragraphe 8.2.4 et en maintenant tous les autres paramètres de fonctionnement à leurs valeurs spécifiées, mesurer la fréquence de l'oscillateur alors que la tension d'alimentation est réglée à sa valeur nominale spécifiée, à sa valeur minimale et à sa valeur maximale. Dans tous les cas, on tient compte de temps de stabilisation spécifié entre le réglage de la tension et le mesurage de la fréquence.

Précautions:

Une excursion transitoire de fréquence peut survenir immédiatement après que l'on eut réglé la tension d'alimentation, en particulier si l'oscillateur à essayer est du type OCXO ou TCXO. Si la grandeur de cette excursion transitoire est d'une certaine importance, il convient d'utiliser des appareils de mesure enregistreurs pour relever l'excursion de fréquence et de spécifier séparément l'écart maximal admissible pendant la durée de l'excursion.

8.2.6 Frequency load coefficient

Purpose:

To measure the change in output frequency as a function of change in load (see Sub-clause 3.18).

Procedure:

Using a frequency measuring system as in Sub-clause 8.2.4, measurements of oscillator output frequency shall be made for the specified nominal load conditions, minimum load conditions and maximum load conditions, all other operating parameters being maintained constant at their specified values.

Test circuit:

Figure 8, page 103.

Precaution:

Any connections made to the output terminals of the oscillator to measure frequency must be included in the total electrical load value.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage(s);
- 2) nominal load (resistance and reactance as appropriate);
- 3) minimum and maximum load limits;
- 4) nominal frequency;
- 5) stabilization time.

Note. — The use of an accurately controlled environmental test chamber may be required to reduce the effects of temperature changes on the measured value of frequency fluctuation.

8.2.7 Frequency voltage coefficient

Purpose:

To determine the change in oscillator output frequency as a function of variation in the power supply voltage (see Sub-clause 3.17).

Procedure:

Using a frequency measuring system in accordance with Sub-clause 8.2.4, and maintaining all other operating parameters at their specified values, measurement of oscillator frequency shall be made when the power supply voltage is adjusted to its specified nominal value, to its minimum value and to its maximum value. In all cases, the specified stabilization time shall be allowed between adjustment of supply voltage and measurement of frequency.

Precautions:

A transient frequency excursion may occur immediately after adjustment of the power supply voltage, particularly if the device under test is either an OCXO or TCXO type. If the magnitude of this transient excursion is of importance, recording type meters should be used to record the frequency excursion, and the maximum permissible deviations during the transient interval should be separately specified.

L'utilisation d'une chambre d'essai climatique peut être nécessaire pour maintenir la température ambiante à sa valeur spécifiée pendant l'exécution de cet essai.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) charge nominale ;
- 2) température (si elle est différente de la température de référence) ;
- 3) tension(s) d'alimentation nominale(s) ;
- 4) tensions d'alimentation minimale et maximale ;
- 5) temps de stabilisation.

8.2.8 *Stabilité de la fréquence lors d'une variation transitoire de la température*

Objet :

Mesurer le temps de réponse thermique et le *dépassement* de l'excursion transitoire de la fréquence de l'oscillateur, causés par une variation spécifiée de la température.

Circuit d'essai :

Figure 8, page 103.

Méthode :

L'oscillateur est placé dans la chambre climatique et est maintenu non alimenté jusqu'à ce qu'il ait atteint l'équilibre à la température initiale spécifiée T_1 . Il est alors alimenté et se stabilise pendant la durée spécifiée dans les conditions normales de fonctionnement. A la fin de cette période, on fait varier la température de la chambre climatique au taux spécifié jusqu'à atteindre la température finale T_2 . La fréquence de sortie de l'oscillateur et la température de la chambre climatique (mesurée au point de référence) sont enregistrées de façon continue pendant et après cette opération de façon à fournir un tracé des variations de fréquence et de température semblable à celui de la figure 9, page 104 ; le *temps de réponse thermique* et le *dépassement* peuvent être déduits de ce tracé.

- a) Le *dépassement* de l'excursion transitoire peut être spécifié soit sous la forme d'une fraction de la fréquence nominale (c'est-à-dire que le dépassement recommandé ne doit pas être supérieur à 2×10^{-7}), soit en pourcentage du décalage en régime permanent, c'est-à-dire conformément à la relation :

$$\text{dépassement (\%)} = \frac{F_{\max} - F_{\text{finale}}}{F_{\text{finale}} - F_{\text{initiale}}} \times 100$$

- b) Sauf spécification différente, le *temps de réponse thermique* est l'intervalle de temps entre l'instant où la fréquence a varié de 10% de la variation totale et celui où elle a atteint une valeur dans les limites de 10% (de la variation) de la fréquence finale. Deux cas peuvent se présenter, ainsi que le montre l'échantillon d'enregistrement de la figure 9 :

- 1) lorsque le dépassement est inférieur à 10%, le temps de réponse thermique est égal à $t_2 - t_1$ min.
- 2) lorsque le dépassement est égal ou supérieur à 10%, le temps de réponse thermique est égal à $t_3 - t_1$ min.

The use of an environmental test chamber may be required to maintain the ambient temperature at its specified value during the performance of this test.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) nominal load;
- 2) temperature (if different from the reference temperature);
- 3) nominal supply voltage(s);
- 4) minimum and maximum supply voltages;
- 5) stabilization time.

8.2.8 Frequency stability with thermal transient

Purpose:

To measure the thermal response time and *overshoot* of the transient frequency excursion of an oscillator, resulting from a specified temperature change.

Test circuit:

Figure 8, page 103.

Procedure:

The unenergized oscillator shall be placed in the environmental chamber and allowed to reach equilibrium at the specified initial temperature T_1 . The oscillator shall then be energized and allowed to stabilize for the specified time interval under normal operating conditions. At the end of this period, the environmental chamber temperature shall be changed at the specified rate to the final temperature T_2 . The oscillator output frequency and the environmental temperature (as measured at the reference point) should be continuously recorded during and after this operation, resulting in a plot of both frequency change and temperature similar to that in Figure 9, page 104, from which the *thermal response time* and the *overshoot* may be determined.

- a) The *overshoot* of the transient excursion may be specified either in fractional parts of the nominal frequency (i.e. the overshoot should not exceed 2×10^{-7}), or as a percentage of the steady-state frequency offset, i.e. according to the relation:

$$\text{overshoot (\%)} = \frac{F_{\max} - F_{\text{final}}}{F_{\text{final}} - F_{\text{initial}}} \times 100$$

- b) Unless otherwise specified, the *thermal response time* is the time interval between the instant the frequency has changed 10% of the overall change, and the instant the frequency has attained a value within 10% (of the change) of its final frequency. There are two possible cases, as shown by the sample recordings in Figure 9:

- 1) when the overshoot is less than 10%, the thermal response time is equal to $t_2 - t_1$ min.
- 2) when the overshoot is equal to or greater than 10%, the thermal response time is equal to $t_3 - t_1$ min.

Précautions :

- 1) Le capteur de température doit être mis en position de façon à enregistrer la température du point de référence à l'emplacement spécifié. L'emplacement du capteur et la pente de la température doivent être définis avec exactitude afin d'obtenir des résultats reproductibles.
- 2) La constante de temps du système de mesure de la fréquence (qui peut être soit analogique, soit numérique) doit être faible, comparée au taux maximal de variation de fréquence présenté par l'oscillateur à essayer.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) températures initiale et finale du point de référence, et taux de variation de la température du point de référence pour les besoins de l'essai.
- 4) emplacement précis du capteur de température au point de référence.

8.2.9 *Ajustage de la fréquence et/ou possibilité d'ajustage*

Objet :

Mesurer la gamme et/ou la possibilité d'ajustage de la fréquence (voir paragraphe 3.11). La gamme de variations est exprimée normalement par un écart sous forme de fraction de la fréquence nominale (c'est-à-dire au moins $\pm 1 \times 10^{-4}$).

Circuit d'essai :

Figure 7, page 102

Méthode :

La fréquence de sortie est mesurée aux conditions d'ajustage spécifiées à l'aide du système de mesure décrit au paragraphe 8.2.4.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) temps de stabilisation.

Note. — Sauf spécification différente, la gamme d'ajustage de la fréquence s'étend entre les limites de la gamme disponible.

8.2.10 *Caractéristiques de retraçabilité*

Objet :

Vérifier la possibilité de revenir, à la suite d'une période de stockage dans des conditions de non-fonctionnement, dans les limites spécifiées de la fréquence stabilisée antérieurement.

Note. — L'expression « caractéristique de retraçabilité » a une signification différente lorsqu'elle est utilisée dans le cas du fonctionnement des TCXO, comme indiqué au paragraphe 8.2.5. La présente mesure est généralement spécifiée pour les OCXO ou PXO.

Precautions:

- 1) The temperature sensor should be positioned so as to record the reference point temperature at the specified location. Both sensor location and temperature ramp must be accurately defined in order to obtain reproducible results.
- 2) Response time of the frequency measuring system (whether analogue or digital) must be short compared with the maximum rate of change of frequency exhibited by the oscillator under test.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) initial and final reference point temperatures, and the rate of change of reference point temperature for purposes of test;
- 4) precise location of temperature sensor reference point.

8.2.9 Frequency adjustment and/or settability

Purpose:

To measure the range and/or settability of frequency adjustment (see Sub-clause 3.11). The frequency adjustment range will normally be expressed as a fractional deviation from nominal frequency (i.e. $\pm 1 \times 10^{-4}$ minimum).

Test circuit:

Figure 7, page 102.

Procedure:

Using a frequency measuring system as described in Sub-clause 8.2.4, the output frequency shall be measured at the specified adjustment conditions.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) stabilization time.

Note. — Unless otherwise specified, the frequency adjustment range shall normally be taken as the extremes of the range available.

8.2.10 Retrace characteristics

Purpose:

To measure the ability of an oscillator to return to within specified limits of a previously stabilized frequency, following a storage period in an unenergized condition.

Note. — The term “retrace characteristic” has another meaning when used in connection with the performance of TCXO's, as stated in Sub-clause 8.2.5. The measurement described here is usually specified for OCXO's or PXO's.

Circuit d'essai :

Figure 10, page 105.

Cet essai nécessite que toutes les conditions de fonctionnement de la période préliminaire de stabilisation soient notées et soigneusement reconstituées après la période de stockage sans tension.

Note. — Cet essai n'a pas pour objet de déterminer le temps de stabilisation après mise en fonctionnement (paragraphe 8.2.17), paramètre qui se rapporte généralement à des périodes plus courtes, avec des tolérances beaucoup plus larges.

Méthode :

L'oscillateur est placé, non alimenté, dans la chambre climatique et la température est maintenue à une valeur spécifiée. L'oscillateur est mis sous tension et tous les paramètres de fonctionnement sont réglés aux valeurs spécifiées, après quoi la fréquence est mesurée en fonction du temps. A la suite d'une période de fonctionnement spécifiée (t_1 , figure 11, page 105, qui doit être supérieure au temps de stabilisation), la fréquence de sortie est enregistrée. La tension d'alimentation est alors supprimée et l'oscillateur est soumis à la température de stockage pendant une durée t_2 spécifiée. A la fin de la période de stockage, la tension d'alimentation est de nouveau appliquée et la fréquence est enregistrée en fonction du temps. Le *temps de retraçabilité* t_r est l'intervalle de temps qui sépare l'application de la tension de l'instant où la fréquence de sortie est revenue dans la tolérance spécifiée de la valeur enregistrée avant l'arrêt de l'oscillateur.

Précautions :

Si l'oscillateur est stocké (pendant la période t_2) ailleurs que dans la chambre climatique, un temps convenable est accordé avant le début des mesures de fréquence, pour que l'oscillateur atteigne la température spécifiée pour ces mesures. Ce temps de stabilisation (dans des conditions de non-fonctionnement) est considéré comme une partie de la période de stockage t_2 .

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) mesures de la température ;
- 4) durée de la période de stabilisation de l'oscillateur en fonctionnement avant la première série de mesure t_1 de retraçabilité ;
- 5) période(s) de stockage t_2 ;
- 6) température de stockage ;
- 7) tolérance de fréquence.

Note. — Des dispositions sont prises pour distinguer la spécification de la température de mesure de celle de la température de stockage car, bien que ces températures puissent évidemment être de même valeur, la tolérance de la température de stockage peut être beaucoup plus grande que celle de la température de mesure, dont la valeur typique est $25 \pm 0,5$ °C.

8.2.11 Tension de sortie de l'oscillateur

Objet :

Mesurer la tension de sortie de l'oscillateur en fonctionnement dans des conditions spécifiées.

Circuit d'essai :

Figure 12, page 106.

Test circuit:

Figure 10, page 105.

For purposes of this test, all operating conditions during preliminary stabilization should be carefully noted, and accurately restored after the specified unenergized storage period.

Note. — This test is not to determine stabilization time (Sub-clause 8.2.17) which generally refers to shorter periods of time and considerably wider tolerances.

Procedure:

The unenergized oscillator shall be placed in the environmental chamber and the temperature maintained at the specified value. The oscillator shall be energized, and all operating parameters adjusted to specified values, after which the frequency shall be measured as a function of time. Following a specified period of operation (t_1 , Figure 11, page 105, which must exceed the stabilization time), the output frequency shall be recorded. The oscillator is then turned off, and allowed to assume the storage temperature for the specified time period t_2 . At the end of the storage period, power is again applied, and frequency recorded as a function of time. The *retrace time* t_r is the time period following application of power required for the output frequency to return to within the specified tolerance of the value recorded before turn-off.

Precautions:

If the oscillator is stored (during period t_2) in other than the environmental chamber, adequate time must be allowed for the oscillator to settle to the temperature specified for frequency measurement before any measurement of frequency takes place; this stabilization time (in an unenergized condition) should be taken as a part of the storage period t_2 .

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) measurement temperature;
- 4) time for the oscillator to settle prior to the first measurement of retrace t_1 ;
- 5) storage interval(s) t_2 ;
- 6) storage temperature;
- 7) frequency tolerance.

Note. — Provision is given for a separate specification of measurement temperature and storage temperature as, although they may indeed be the same temperature, the tolerance on the storage temperature may be considerably greater than that of the measurement temperature which would typically be $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

8.2.11 Oscillator output voltage

Purpose:

To measure the output voltage of the oscillator when operating under specified conditions.

Test circuit:

Figure 12, page 106.

Méthode :

Le circuit est réalisé conformément à la figure 12, page 106. La tension de sortie est enregistrée de façon continue et doit se maintenir dans les limites spécifiées dans toute la gamme d'ajustage disponible de fréquence. Cette mesure est effectuée normalement à 25 °C mais il peut être spécifié qu'elle soit faite dans la gamme complète de températures de fonctionnement.

Valeur efficace de la tension :

La valeur efficace de la tension de sortie est mesurée aux bornes de la charge à l'aide d'un voltmètre électronique.

Valeur crête à crête de la tension :

La valeur crête à crête de la tension de sortie est mesurée aux bornes de la charge à l'aide d'un oscilloscope.

Précaution :

Lorsque la forme d'onde de la tension de sortie n'est pas sinusoïdale, il doit être signalé que la mesure est faite à l'aide d'appareils ne fonctionnant pas selon le principe « valeur efficace vraie ».

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) temps de stabilisation.

8.2.12 Puissance de sortie de l'oscillateur

Objet :

Mesurer la puissance de sortie d'un oscillateur en fonctionnement dans des conditions spécifiées.

Méthode :

Le circuit de mesure, les conditions spécifiées, etc., sont exactement celles du paragraphe 8.2.11 (tension de sortie).

La puissance de sortie est calculée à partir de la valeur efficace de la tension de sortie et de la valeur de l'impédance de charge ou, en variante, peut être lue directement sur un appareil de mesure de puissance approprié. Dans le cas de forme d'onde non sinusoïdale, il est recommandé de mesurer la puissance de sortie par lecture directe sur un appareil de mesure de la puissance ou au moyen d'un voltmètre de valeur efficace vraie.

8.2.13 Impédance de sortie de l'oscillateur

Objet :

Déterminer l'impédance de sortie de l'oscillateur en fonctionnement dans des conditions spécifiées.

Procedure :

The oscillator circuit is connected as shown in Figure 12, page 106. The output voltage is monitored and shall remain within the specified limits over the range of any frequency adjustment available. This measurement is normally performed at 25°C, but may be specified over the operating temperature range.

R.M.S. voltage :

The r.m.s. output voltage shall be measured across the load with an r.f. voltmeter.

Peak-to-peak voltage :

The peak-to-peak output voltage shall be measured across the load with an oscilloscope.

Precaution :

For non-sinusoidal output waveforms, care must be taken in expressing the value of r.m.s. output voltage as read on meters not working on the “true r.m.s.” principle.

Specified conditions :

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage ;
- 2) load details ;
- 3) stabilization time.

8.2.12 Oscillator output power

Purpose :

To measure the output power of the oscillator when operating under specified conditions.

Procedure :

The measurement circuit, specified conditions, etc., are exactly as for Sub-clause 8.2.11 (Output voltage).

The output power is calculated from the r.m.s. output voltage and a knowledge of the load impedance or, alternatively, it may be read directly from an appropriate power meter. In the case of non-sinusoidal waveforms, the measurement of output power should always be performed by a direct reading power meter or by means of a “true r.m.s.” reading voltmeter.

8.2.13 Oscillator output impedance

Purpose :

To determine the oscillator output impedance when operating under specified conditions.

Circuit d'essai :

Figure 12, page 106.

Méthode :

L'oscillateur est introduit dans le circuit de la figure 12 et l'impédance de sortie est déterminée de la façon suivante :

- 1) charger l'oscillateur avec une résistance de précision R_L (non réactive à $\pm 1\%$), inférieure de 10% à la valeur spécifiée de la charge ;
- 2) mesurer la tension de sortie V_L ;
- 3) charger l'oscillateur avec une résistance de précision R_H (non réactive à $\pm 1\%$), supérieure de 10% à la valeur spécifiée de la charge ;
- 4) mesurer la tension de sortie V_H ;
- 5) calculer l'impédance de sortie :

$$Z = \frac{R_L R_H (V_H - V_L)}{V_L R_H - V_H R_L}$$

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge.

8.2.14 *Forme d'onde du signal de sortie de l'oscillateur*

Objet :

Déterminer la forme d'onde du signal de sortie de l'oscillateur en fonctionnement dans des conditions spécifiées.

Circuit d'essai :

Figure 12.

Méthode :

L'oscillateur est introduit dans le circuit de la figure 12 et la forme d'onde du signal de sortie est affichée sur l'oscilloscope.

Pour les formes d'onde d'impulsion, les temps de montée et de descente, la durée d'impulsion et la symétrie peuvent être déterminés de la façon suivante (voir figure 3, page 99).

Forme d'onde de l'impulsion de sortie

a) Temps de montée et de descente (voir paragraphes 3.32 et 3.33)

Les temps de montée et de descente de l'impulsion de sortie de l'oscillateur sont mesurés sur l'oscilloscope. Les mesures sont effectuées sur les flancs de début et de fin d'impulsion aux points 10% et 90% par rapport à la portion plate du niveau d'amplitude maximal.

Dans cette mesure, un dépassement est négligé si sa crête n'excède pas les limites spécifiées pour les niveaux en régime permanent ou si la cause de dépassement peut être reliée aux inductances externes à l'oscillateur et à l'oscilloscope. Lorsque des précisions plus grandes sont requises, la formule de correction suivante est appliquée :

Test circuit:

Figure 12, page 106.

Procedure:

The oscillator is connected as shown in Figure 12 and the output impedance determined in the following manner:

- 1) load the oscillator with a precision ($\pm 1\%$ non-reactive) resistor R_L , equal to the specified load minus 10%;
- 2) measure output voltage V_L ;
- 3) load the oscillator with a precision ($\pm 1\%$ non-reactive) resistor R_H equal to the specified load plus 10%;
- 4) measure output voltage V_H ;
- 5) calculate output impedance:

$$Z = \frac{R_L R_H (V_H - V_L)}{V_L R_H - V_H R_L}$$

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details.

8.2.14 Oscillator output waveform

Purpose:

To determine the oscillator output waveform when operating under specified conditions.

Test circuit:

Figure 12.

Procedure:

The oscillator is connected as shown in Figure 12 and the output waveform displayed on the oscilloscope.

For pulse waveform outputs, the rise and decay times, pulse duration and symmetry, may be determined in the following manner (see Figure 3, page 99).

Output pulse waveform

a) Rise and decay times (see Sub-clauses 3.32 and 3.33)

The rise and decay times of the output pulse of the oscillator shall be measured with an oscilloscope. Measurements are made on the leading and trailing edges at the 10% and 90% points as referenced to the flat portion of the maximum amplitude level.

Overshoot shall be disregarded in this measurement if its peak does not exceed the limits specified for the steady-state levels, or the cause for the overshoot can be traced to inductances external to the oscillator and oscilloscope. Where higher accuracies are required, the following correction formula shall be used:

$$t_a = \sqrt{(t_i)^2 - (t_s)^2}$$

où:

t_i = temps de montée ou descente mesurée

t_s = temps de montée ou descente de l'oscilloscope

t_a = temps réel

b) Durée de l'impulsion (voir paragraphe 3.31)

La durée de l'impulsion de l'oscillateur est mesurée à l'aide de l'oscilloscope. Sauf spécification différente, les mesures sont faites au niveau 50% par rapport au niveau d'amplitude maximal.

c) Symétrie

La symétrie de l'impulsion ou de l'onde carrée de la forme d'onde de sortie de l'oscillateur peut être spécifiée; elle se détermine au moment où les temps de montée et de descente sont mesurés.

Formes d'onde quasi sinusoïdales

La figure 13a, page 106, présente une forme d'onde quasi sinusoïdale, typique et symétrique. La tension crête à crête a la valeur de la tension mesurée aux limites extrêmes de la forme d'onde ainsi qu'il est montré dans les figures 13a, 13b et 13c, page 106.

La figure 13b présente une forme d'onde ayant une forte composante harmonique impaire; cette forme d'onde peut être spécifiée par une tension limite $V_{\min}$.

La figure 13c présente une forme d'onde ayant une composante harmonique paire excessive (conduisant à une dissymétrie); elle peut être spécifiée par une limite maximale de t_1/t_2 .

Niveaux de sortie logique:

La figure 14, page 107, présente une forme d'onde typique du signal de sortie d'un oscillateur à sortie logique TTL. Les valeurs des états hauts et bas de la sortie peuvent être spécifiées ainsi que les détails de la forme d'onde. Par exemple, une sortie TTL pourrait requérir que V_{HI} ait une valeur minimale de +2,5 V, que V_{LO} ait une valeur maximale de 0,25 V, que le temps de transition à la décroissance ait une valeur maximale de 4 ns et que le taux de travail soit de $50 \pm 5\%$.

Conditions spécifiées:

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière:

- 1) tension d'alimentation;
- 2) détails concernant la charge.

Note. — Dans le cas de niveaux de sortie logique, la charge spécifiée peut être un dispositif de diodes, etc., simulant les entrées parallèles d'un certain nombre de portes logiques.

8.2.15 Couplage entre sorties

Objet:

Mesurer le couplage entre accès de sortie d'un oscillateur à deux ou plus de deux sorties.

$$t_a = \sqrt{(t_i)^2 - (t_s)^2}$$

where:

t_i = measured rise or decay time

t_s = oscilloscope rise or decay time

t_a = actual time

b) Pulse duration (see Sub-clause.3.31)

The pulse duration of the oscillator shall be measured with the oscilloscope. Unless otherwise specified, measurements are to be made at the 50% level as referenced to the maximum amplitude level.

c) Symmetry

The symmetry of the pulse or square wave output waveform from the oscillator may be specified and shall be determined at the time that the rise and decay times are measured.

Quasi-sinusoidal waveforms

Figure 13a, page 106, shows a typical symmetrical quasi-sinusoidal waveform. The peak-to-peak voltage shall be taken as that voltage measured at the extreme waveform limits as illustrated in Figures 13a, 13b and 13c, page 106.

Figure 13b illustrates a waveform with a large odd harmonic content and may be specified by a voltage limit $V_{\min}$.

Figure 13c illustrates a waveform with an excessive even harmonic content (leading to asymmetry) and may be specified by a maximum limit on t_1/t_2 .

Logic level outputs:

Figure 14, page 107, shows a typical output waveform from an oscillator having TTL logic output. The values of the high and low states of the output may be specified, as well as the details of the waveform. For example, a TTL output might call for V_{HI} to be +2.5 V minimum, V_{LO} to be 0.25 V maximum, the high to low transition time to be 4 ns maximum, and the duty cycle to be $50 \pm 5\%$.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details.

Note. — In the case of logic level outputs, the specified load may be an arrangement of diodes, etc., to simulate the parallel inputs of a number of logic gates.

8.2.15 Re-entrant isolation

Purpose:

To measure the isolation between output ports of an oscillator having two or more outputs.

Circuit d'essai :

Figure 15, page 107.

Méthode :

L'oscillateur est introduit dans le circuit de la figure 15.

- 1) Les accès entre lesquels le couplage entre sorties est mesuré sont reliés par un court-circuit. Le générateur de signal étant réglé pour fournir le signal incident de niveau et de fréquence spécifiés, le niveau de ce signal est mesuré à l'aide d'un analyseur de spectre (ou d'un voltmètre sélectif) à l'accès auquel il n'a pas été appliqué (ou à l'accès spécifié dans le cas d'un oscillateur à multiples accès de sortie).
- 2) Le court-circuit est supprimé et le niveau de sortie est mesuré comme précédemment.
- 3) Le rapport des mesures des deux signaux, avec et sans court-circuit (généralement exprimé en décibels), est le couplage entre sorties entre les accès définis, à la fréquence.

Précautions :

- 1) Les charges présentées à l'oscillateur sont une combinaison de l'impédance de sortie du générateur de signal, de l'impédance d'entrée de l'analyseur de spectre (ou du voltmètre sélectif) et des charges extérieures appliquées.
- 2) On doit prendre soin d'éviter une surcharge de l'analyseur de spectre (ou du voltmètre sélectif) car elle entraînerait une limitation du signal et une apparente réduction du couplage entre sorties.
- 3) Si la fréquence à laquelle le couplage entre sorties est mesuré est une harmonique de la fréquence de l'oscillateur, la valeur du couplage entre sorties obtenue est une valeur sous-estimée. Cependant, le résultat obtenu est utilisable si le niveau de l'harmonique est très faible devant le niveau du signal incident. Par contre, lorsque la composante harmonique du signal de sortie est d'un niveau élevé, il est nécessaire, avant de pouvoir effectuer les mesures, de mettre l'oscillateur hors service (c'est-à-dire de supprimer l'oscillation tout en laissant l'oscillateur alimenté).

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) fréquence(s) de mesure ;
- 4) niveau du signal incident.

8.2.16 Efficacité de coupure des oscillateurs à porte

Objet :

Mesurer la réduction du niveau de sortie d'un oscillateur lorsque l'étage (les étages) de sortie est (sont) coupé(s) par un signal de porte, l'étage oscillateur continuant à fonctionner.

Circuit d'essai :

Figure 16, page 108.

Test circuit:

Figure 15, page 107.

Procedure:

The oscillator is connected as shown in Figure 15.

- 1) Ports between which the isolation is to be measured are shorted together. The level and frequency of the re-entrant signal are set on the signal generator as specified. Using a spectrum analyzer (or selective voltmeter), the level of this signal is measured at the port to which the signal is not being applied (or in the case of oscillators with multiple output ports, it is measured at the port specified).
- 2) The shorting link is removed. The output level is measured as before.
- 3) The ratio of the two signals measured with and without the shorting link (usually expressed in decibels) is the re-entrant isolation between the appropriate ports, at the frequency.

Precautions:

- 1) The loads presented to the oscillator will be a combination of the output impedance of the signal generator, the input impedance of the spectrum analyzer (or selective voltmeter) and any externally applied loads.
- 2) Care must be taken to prevent overloading of the spectrum analyzer (or selective voltmeter) as this will cause signal limiting and an apparent reduction in re-entrant isolation.
- 3) If isolation is to be measured at a frequency which is a harmonic of the oscillator, then a pessimistic value of re-entrant isolation will be obtained. However, if the harmonic level is considerably lower than the isolation to be measured, a usable result can still be achieved. Where the harmonic content of the output signal is high, it will be necessary to disable the oscillator (i.e. cause the device to cease oscillation while still remaining energized) before measurements can be made.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) measurement frequency(ies);
- 4) level of test signal.

8.2.16 Output suppression of gated oscillators

Purpose:

To measure the reduction in output level of an oscillator unit when the output stage(s) is(are) cut off by a gating signal, the oscillator stage remaining in operation.

Test circuit:

Figure 16, page 108.

Méthode:

Le circuit est réalisé comme le montre la figure 16, page 108, et les essais sont effectués comme suit:

- 1) Le signal spécifié nécessaire pour commander la mise en circuit de l'oscillateur est appliqué et l'on mesure, à l'aide de l'analyseur de spectre, le niveau du signal de sortie à sa fréquence fondamentale et à toute(s) fréquence(s) harmonique(s) spécifiée(s).
- 2) Le signal spécifié nécessaire pour commander la mise hors circuit de l'oscillateur est ensuite appliqué et le(s) nouveau(x) niveau(x) de sortie est (sont) noté(s).
- 3) L'efficacité de coupure à une fréquence particulière est le rapport, généralement exprimé en décibels, entre les niveaux de sortie des états « en » et « hors » circuit.

Précaution:

On doit prendre soin d'éviter une surcharge de l'analyseur de spectre, car elle entraînerait une limitation du signal et une réduction apparente de l'efficacité de coupure.

Conditions spécifiées:

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière:

- 1) tension d'alimentation;
- 2) détails concernant la charge;
- 3) fréquence(s) de mesure;
- 4) détails sur les signaux de porte de mise « en » et « hors » circuit.

8.2.17 Temps de stabilisation

Objet:

Mesurer le temps mis par l'oscillateur pour se stabiliser dans les limites spécifiées, dans des conditions spécifiées (voir paragraphe 3.16).

Circuit d'essai:

Figure 8, page 103.

Méthode:

L'oscillateur non alimenté est placé dans la chambre climatique et la température est réglée aux conditions spécifiées. L'oscillateur est ensuite mis sous tension et la fréquence de sortie est enregistrée en fonction du temps.

La figure 17, page 108, présente une courbe typique de la fréquence de sortie après application de la tension. Le temps de stabilisation t_s est le temps au terme duquel la fréquence de sortie atteint sa valeur à long terme dans la tolérance de fréquence spécifiée.

Conditions spécifiées:

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière:

- 1) tension d'alimentation;
- 2) détails concernant la charge;
- 3) température(s) spécifiée(s);
- 4) tolérance de fréquence.

Note. — On spécifie généralement comme limites celles qui s'appliquent à la dérive de fréquence dans la gamme de températures.

Procedure:

The circuit is set up as shown in Figure 16, page 108, and the tests carried out as follows:

- 1) The specified signal necessary to gate the output of the oscillator “ON” shall be applied, and the level of the output at its fundamental frequency, and at any harmonic frequency(ies) as specified, measured on the spectrum analyzer.
- 2) The specified signal necessary to gate the output of the oscillator “OFF” shall then be applied, and the new output level(s) noted.
- 3) The output suppression at a particular frequency is the ratio of the output levels in the “ON” and “OFF” states, usually expressed in decibels.

Precaution:

Care must be taken to prevent overloading of the spectrum analyzer as this will cause signal limiting and an apparent reduction in output suppression.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) measurement frequency(ies);
- 4) details of “ON” and “OFF” gating signals.

8.2.17 Stabilization time

Purpose:

To measure the time taken for an oscillator to stabilize within specified limits under stated conditions (see Sub-clause 3.16).

Test circuit:

Figure 8, page 103.

Procedure:

The unenergized oscillator shall be placed in the environmental chamber and the temperature adjusted to that specified. The oscillator shall then be energized and the output frequency registered on the recording meter as a function of time

Figure 17, page 108, shows a typical plot of output frequency after “turn-on”. The stabilization time t_s is the time taken for the output frequency to reach its long-term value within the frequency tolerance specified.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) specified temperature(s);
- 4) frequency tolerance.

Note. — It is usual to specify the limits as those applying to the frequency excursion over the temperature range.

Exemple :

Pour un oscillateur dont l'excursion maximale de fréquence est de $\pm 2 \times 10^{-8}$ dans la gamme de températures, le temps de stabilisation est le temps au terme duquel la fréquence parvient dans ces limites pour toute valeur de la gamme de températures de fonctionnement spécifiée.

8.2.18 *Caractéristiques de modulation d'amplitude*

8.2.18.1 *Taux de modulation d'amplitude*

Objet :

Mesurer le taux de modulation m d'un signal modulé en amplitude. L'essai A convient particulièrement à une modulation de profondeur importante, cependant que l'essai B est appliqué pour une profondeur de modulation de 10% ou moins.

A. *Taux de modulation compris entre 0,1 et 1,0*

Circuit d'essai :

Figure 18a, page 109.

Méthode :

Le signal de sortie de l'oscillateur est affiché sur un oscilloscope et le taux de modulation est déterminé à partir des valeurs minimale et maximale d'amplitude, mesurées sur la trace de l'oscilloscope (voir figure 18b, page 109).

Précaution :

Cette méthode ne convient pas lorsque $m < 0,1$ en raison de sa faible exactitude de mesure.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) fréquence du signal de modulation.

- Notes 1. — L'exactitude de cette méthode n'est pas affectée par la présence d'une modulation de fréquence.
2. — Cette méthode est valable pour des formes d'onde non sinusoïdales.
3. — Profondeur de modulation = 100 m%.

B. *Taux de modulation inférieur à 0,1*

Circuit d'essai :

Figure 19a, page 109.

Méthode :

Le signal de sortie de l'oscillateur est appliqué à un analyseur de spectre réglé pour afficher le spectre de fréquence dans la région de la fréquence de sortie de l'oscillateur, une échelle logarithmique étant utilisée pour l'amplitude du signal, comme le montre la figure 19b, page 109, où :

f_o est la fréquence de sortie de l'oscillateur

f_m est la fréquence du signal modulant

Example :

If an oscillator is specified to have maximum frequency excursion of $\pm 2 \times 10^{-8}$ over the temperature range, then the stabilization time would be the time taken to come within these limits at any specified operating temperature.

8.2.18 Amplitude modulation characteristics

8.2.18.1 Amplitude modulation index

Purpose :

To measure the modulation index m of an amplitude modulated signal. Test A is particularly suitable for a large depth of modulation, while Test B is for a modulation depth of 10% or less.

A. Modulation index greater than 0.1 and less than 1.0

Test circuit :

Figure 18a, page 109.

Procedure :

The output signal of the oscillator shall be displayed on an oscilloscope. The modulation index is determined from the minimum and maximum amplitudes, as measured from the oscilloscope trace (see Figure 18b, page 109).

Precaution :

This method should not be used when $m < 0.1$ because of inherently low measurement accuracy.

Specified conditions :

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) frequency of modulating signal.

Notes 1. — The accuracy of this method is unaffected by the presence of frequency modulation.

2. — This method is valid for non-sinusoidal waveforms.

3. — Modulation depth = 100 $m\%$.

B. Modulation index less than 0.1

Test circuit :

Figure 19a, page 109.

Procedure :

The output signal of the oscillator shall be connected to a spectrum analyzer adjusted to present a display of the frequency spectrum in the region of the output frequency of the oscillator using a logarithmic signal amplitude scale, as shown in Figure 19b, page 109, where:

f_o is oscillator output frequency

f_m is frequency of modulating signal

$f_o - f_m$ est la bande latérale inférieure de la fréquence du signal

$f_o + f_m$ est la bande latérale supérieure de la fréquence du signal

Taux de modulation $m = 10^{\frac{6-d}{20}}$, ($m < 0,1$), où d est la différence, en décibels, entre le niveau de la fréquence f_o du signal de sortie de l'oscillateur et le niveau de l'une ou de l'autre des bandes latérales.

Précautions :

- 1) On doit utiliser un analyseur de spectre de largeur de bande de fréquence intermédiaire suffisamment faible pour obtenir une discrimination adéquate entre la sortie de l'oscillateur et les signaux de bandes latérales.
- 2) On doit prendre soin d'éviter une surcharge de l'analyseur de spectre, car elle causerait une limitation du signal.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) fréquence du signal modulant.

Notes 1. — Cette méthode ne peut être appliquée facilement si le signal comporte une résultante de modulation de fréquence d'importance significative (voir paragraphe 8.2.19.1), ce qui provoque généralement une inégalité de l'amplitude des bandes latérales. L'action de la modulation de fréquence résultante sur l'affichage de l'analyseur de spectre peut être réduite si l'on choisit une fréquence de signal modulant élevée

(indice de modulation de fréquence $\beta = \frac{\delta f}{f_m}$).

2. — Cette méthode ne peut être appliquée facilement à une forme d'onde non sinusoïdale qui provoque soit des composantes harmoniques dans le signal modulant, soit une distorsion non linéaire de la modulation d'amplitude (voir paragraphe 8.2.18.3).

8.2.18.2 Sensibilité de la modulation d'amplitude

Objet :

Mesurer le taux de modulation du signal modulé en amplitude résultant de l'application d'un signal spécifié aux bornes « modulation » de l'oscillateur.

Circuit d'essai :

Figure 20, page 110.

Méthode :

Un générateur de signal fournissant un signal de modulation à la fréquence spécifiée est relié aux bornes « modulation » de l'oscillateur et la sortie, mesurée sur un oscilloscope ou un voltmètre électronique, est réglée à l'amplitude spécifiée. Le taux de modulation du signal de sortie est mesuré conformément au paragraphe 8.2.18.1.

En général, la sensibilité de la modulation d'amplitude est définie par le rapport

$$\frac{\text{taux de modulation en pour-cent}}{\text{tension crête à crête du signal de modulation}}$$

par exemple : « 25%/volt à 1 kHz ».

$f_o - f_m$ is lower sideband signal frequency

$f_o + f_m$ is upper sideband signal frequency

Modulation index $m = 10^{\frac{6-d}{20}}$, ($m < 0.1$), where d is the difference between the oscillator output signal frequency f_o level and the level of either of the sideband signals in decibels.

Precautions:

- 1) A spectrum analyzer i.f. bandwidth, sufficiently low to provide adequate discrimination between the oscillator output and its sideband signals, must be used.
- 2) Care must be taken to prevent overloading of the spectrum analyzer causing signal limiting.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) frequency of modulating signal.

Notes 1. — This method cannot readily be used if significant resultant frequency modulation is present (see Sub-clause 8.2.19.1) usually causing the two sideband signals to be unequal in amplitude. The effect of the resultant frequency modulation on the spectrum analyzer display may be reduced by choosing a high modulating signal frequency

$$(\text{frequency modulation index } \beta = \frac{\delta f}{f_m}).$$

2. — This method cannot readily be used if the modulation waveform is non-sinusoidal, whether because of harmonic content in the modulating signal or because of a.m. non-linear distortion (see Sub-clause 8.2.18.3).

8.2.18.2 Amplitude modulation sensitivity

Purpose:

To measure the modulation index of the amplitude modulated signal resulting from the application of a specified signal to the external modulation terminal of the oscillator.

Test circuit:

Figure 20, page 110.

Procedure:

A signal generator providing a modulating signal at the specified frequency shall be connected to the external modulation terminal of the oscillator, and its output set to the specified amplitude as measured by the oscilloscope or r.f. voltmeter. The modulation index of the output signal shall be measured as described in Sub-clause 8.2.18.1.

In general, the amplitude modulation sensitivity is defined as the ratio

$$\frac{\text{modulation index in per cent}}{\text{peak-to-peak modulating signal voltage}}$$

for example: “25%/volt at 1 kHz”.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) fréquence de modulation ;
- 4) amplitude du signal de modulation.

Note. — Cette méthode peut être utilisée pour déterminer l'aptitude d'un oscillateur à n'être pas influencé par une ondulation dans la ligne d'alimentation, etc., en superposant un signal de modulation à la tension continue d'alimentation.

8.2.18.3 *Distorsion de la modulation d'amplitude (non-linéarité)*

Objet :

Mesurer la distorsion résultant du procédé de modulation d'amplitude, provoquée par une non-linéarité de la caractéristique de transfert de modulation (voir paragraphe 3.27).

Circuit d'essai :

Figure 21a, page 110.

Méthode :

On applique aux bornes « modulation » de l'oscillateur un signal sinusoïdal de fréquence spécifiée et d'un niveau tel qu'il puisse moduler l'oscillateur au taux spécifié (voir paragraphe 8.2.18.1) et on règle l'analyseur de spectre pour un affichage du spectre de fréquence dans la région de la fréquence de sortie de l'oscillateur comme dans la figure 21b, page 110, où :

f_o est la fréquence de sortie de l'oscillateur

f_m est la fréquence du signal de modulation

$f_o - f_m$ est la bande latérale inférieure due au signal de modulation

$f_o - 2f_m$ est la bande latérale inférieure due au deuxième harmonique du signal de modulation

$f_o - 3f_m$ est la bande latérale inférieure due au troisième harmonique du signal de modulation, etc.

Les deuxième, troisième, etc., distorsions harmoniques sont généralement désignées par d_2 , d_3 , etc., dB, mais peuvent aussi être exprimées par :

$$\frac{100}{10^{20}} \% \text{ de distorsion pour chaque harmonique individuel.}$$

Précautions :

- 1) On doit prendre soin d'éviter une surcharge de l'analyseur de spectre, car elle causerait une augmentation apparente de la distorsion de modulation.
- 2) Le signal de modulation doit être sinusoïdal.
- 3) On doit utiliser un analyseur de spectre de largeur de bande de fréquence intermédiaire suffisamment faible pour obtenir une discrimination adéquate entre la sortie de l'oscillateur et les signaux de bande latérale.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) modulating frequency
- 4) amplitude of modulating signal.

Note. — This method may be used to determine the immunity of an oscillator to power supply line ripple, etc., by superimposing the modulating signal on the d.c. supply voltage.

8.2.18.3 *Amplitude modulation distortion (non-linearity)*

Purpose:

To measure the distortion resulting from the amplitude modulation process caused by non-linearity of the modulation transfer characteristic (see Sub-clause 3.27).

Test circuit:

Figure 21a, page 110.

Procedure:

A sinusoidal signal at the specified frequency, and at a level such as to modulate the oscillator to the specified index (see Sub-clause 8.2.18.1) is applied to the external modulation terminal of the oscillator, and the spectrum analyzer is adjusted to present a display of the frequency spectrum in the region of the output frequency of the oscillator, as in Figure 21b, page 110, where:

f_o is the oscillator output frequency

f_m is the frequency of modulating signal

$f_o - f_m$ is the lower sideband caused by the modulating signal

$f_o - 2f_m$ is the lower sideband caused by the second harmonic of the modulating signal

$f_o - 3f_m$ is the lower sideband caused by the third harmonic of the modulating signal, etc.

The second, third, etc., harmonic distortion is usually expressed as d_2, d_3 , etc., dB, but may also be expressed as:

$$\frac{100}{10^{\frac{d}{20}}} \% \text{ distortion for each individual harmonic.}$$

Precautions:

- 1) Care must be taken to prevent overloading of the spectrum analyzer, causing an apparent increase in modulation distortion.
- 2) The modulating signal must be sinusoidal.
- 3) A spectrum analyzer i.f. bandwidth sufficiently low to provide adequate discrimination between the oscillator output and its sideband signals must be used.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) fréquence du signal de modulation ;
- 4) taux de modulation pour l'essai.

8.2.18.4 Réponse en fréquence de la modulation d'amplitude

Objet :

Mesurer la variation de sensibilité de la modulation d'amplitude à la suite de modifications de la fréquence du signal de modulation.

Circuit d'essai :

Figure 20, page 110.

Méthode :

On mesure, conformément au paragraphe 8.2.18.2, la sensibilité de modulation d'amplitude à la fréquence de référence spécifiée ; on mesure ensuite la variation de la sensibilité de modulation, généralement exprimée en décibels, entre la sensibilité de modulation à cette fréquence et la sensibilité de modulation à d'autres fréquences spécifiées.

Précaution :

Le signal de modulation doit être sinusoïdal.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) fréquence de référence (modulation) ;
- 4) niveau d'entrée de la modulation ;
- 5) gamme de fréquences de modulation pour l'essai.

8.2.18.5 Modulation d'amplitude en impulsion

Objet :

Mesurer les temps de montée et de descente et les décalages de déclenchement et de suppression d'un oscillateur modulé en amplitude quand un signal de modulation en impulsion spécifié est appliqué.

Circuit d'essai :

Figure 22a, page 111.

Méthode :

Un générateur d'impulsions fournissant un signal de modulation de forme d'onde et de fréquence de répétition spécifiées est relié aux bornes de modulation de l'oscillateur. Ce signal et la forme d'onde de sortie de l'oscillateur sont affichés simultanément sur l'oscilloscope, l'amplitude crête à crête de la forme d'onde de sortie étant réglée pour avoir une valeur double de

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) modulating signal frequency;
- 4) amplitude modulation index for test.

8.2.18.4 *Amplitude modulation frequency response*

Purpose:

To measure the change in amplitude modulation sensitivity resulting from changes of the frequency of the modulating signal.

Test circuit:

Figure 20, page 110.

Procedure:

The amplitude modulation sensitivity at a specified reference frequency is measured as in Sub-clause 8.2.18.2, and the change in modulation sensitivity, usually expressed in decibels, between this and the modulation sensitivity at other specified frequencies is measured.

Precaution:

The modulating signal shall be sinusoidal.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) reference (modulation) frequency;
- 4) modulation input level;
- 5) range of modulation frequencies for test.

8.2.18.5 *Pulse amplitude modulation*

Purpose:

To measure the rise, decay, turn-on, and turn-off times of the output waveform of an amplitude-modulated oscillator when a specified pulse modulating signal is applied.

Test circuit:

Figure 22a, page 111.

Procedure:

A pulse generator providing a modulating signal of specified waveform and repetition frequency shall be connected to the modulation input terminal of the oscillator. Both this signal and the output waveform of the oscillator are displayed simultaneously on the oscilloscope, with the peak-to-peak amplitude of the output waveform adjusted to be twice that of the modulating

celle du signal de modulation, comme le montre la figure 22b, page 111. Les paramètres suivants, exprimés en unités de temps, peuvent être déterminés sur les images superposées de l'oscilloscope :

- t_1 = *décalage de déclenchement*, intervalle de temps entre la valeur 50% du signal de modulation et la valeur 50% de la forme d'onde de sortie, sur le flanc de début d'impulsion.
- t_2 = *temps de montée*, intervalle de temps entre les valeurs 10% et 90% du flanc de début d'impulsion de la forme d'onde de sortie (dans l'hypothèse où le temps de montée du signal de modulation est négligeable).
- t_3 = *décalage de suppression*, intervalle de temps entre la valeur 50% du signal de modulation et la valeur 50% de la forme d'onde de sortie sur le flanc de fin d'impulsion.
- t_4 = *temps de descente*, intervalle de temps entre les valeurs 90% et 10% du flanc de fin d'impulsion de la forme d'onde de sortie (dans l'hypothèse où le temps de descente du signal de modulation est négligeable).

Précaution :

Le taux de répétition du signal de modulation ne doit, en principe, pas avoir de relation harmonique avec la fréquence de l'oscillateur.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) taux de répétition du signal de modulation ;
- 4) forme d'onde du signal de modulation (temps de montée, temps de descente, amplitude et durée).

8.2.18.6 *Impédance d'entrée de la modulation d'amplitude*

Objet :

Mesurer l'impédance d'entrée aux bornes de modulation de l'oscillateur en fonctionnement dans les conditions spécifiées.

Circuit d'essai :

Figure 23, page 111.

Méthode :

Un générateur de signal fournissant un signal de modulation de fréquence spécifiée est relié aux bornes de modulation de l'oscillateur et à une boîte de résistances à travers un transformateur blindé, comme le montre la figure 23.

Un oscilloscope (ou un voltmètre à courant alternatif convenable) est branché de façon à mesurer soit le niveau du signal aux bornes de la boîte de résistances (V_1), soit le niveau du signal de modulation (V_2) à l'entrée de l'oscillateur.

Le générateur de signal est réglé de façon que la tension du signal de modulation à l'entrée de l'oscillateur soit à la valeur spécifiée.

L'impédance d'entrée de modulation peut alors être exprimée par :

$$Z = \frac{V_2}{V_1} R$$

signal, as shown in Figure 22b, page 111. The following parameters, expressed in units of time, may be determined from the superimposed oscilloscope display:

t_1 = *turn-on time*, the time interval between the 50% value of the modulating signal and the 50% value of the output waveform, at the leading edge.

t_2 = *rise time*, the time interval between the 10% and 90% values of the leading edge of the output waveform (assuming that the modulating signal rise time is negligible).

t_3 = *turn-off time*, the time interval between the 50% value of the modulating signal and the 50% value of the output waveform, at the trailing edge.

t_4 = *decay time*, the time interval between the 90% and 10% values of the trailing edge of the output waveform (assuming that the modulating signal fall time is negligible).

Precaution:

The repetition rate of the modulating signal should not be harmonically related to the oscillator frequency.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification.

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) modulating signal repetition rate;
- 4) modulating signal waveform (rise and decay times, amplitude and duration).

8.2.18.6 Amplitude modulation input impedance

Purpose:

To measure the input impedance at the external modulation terminal of the oscillator when operating under specified conditions.

Test circuit:

Figure 23, page 111.

Procedure:

A signal generator providing a modulating signal at the specified frequency shall be connected to the external modulation terminal of the oscillator and to a resistance box through a shielded transformer, as shown in Figure 23.

An oscilloscope (or suitable a.c. voltmeter) shall be connected so as to measure either the signal level across the resistance box (V_1) or the input level of the modulating signal to the oscillator (V_2).

The signal generator shall be adjusted so that the voltage level of the modulating signal at the input to the oscillator is at the specified level.

The modulation input impedance may then be calculated as:

$$Z = \frac{V_2}{V_1} R$$

Note. — La valeur de Z est déterminée directement à l'aide de cette méthode, que Z soit une résistance pure ou une impédance complexe.

Précaution :

L'impédance de la boîte de résistances doit être non réactive à la fréquence de mesure spécifiée.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) fréquence du signal de modulation ;
- 4) niveau d'entrée de modulation.

8.2.18.7 *Modulation fortuite de fréquence d'un signal modulé en amplitude*

Objet :

Mesurer la valeur de l'écart de modulation fortuite de fréquence d'un signal modulé en amplitude.

Méthode :

La modulation d'amplitude est réglée au taux spécifié comme indiqué dans le paragraphe 8.2.18.1. La résultante de l'écart de modulation de fréquence est ensuite mesurée conformément au paragraphe 8.2.19.1, méthode B.

Précautions :

Le rôle écrêteur du (des) multiplicateur(s) de fréquence supprime la plus grande partie de la modulation d'amplitude du signal. On doit cependant s'assurer que la modulation d'amplitude résiduelle est insuffisante pour affecter l'exactitude de l'appareil de mesure de la modulation de fréquence.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) fréquence du signal de modulation ;
- 2) taux de modulation.

8.2.19 *Caractéristique de modulation de fréquence*

8.2.19.1 *Excursion de fréquence de la modulation*

Objet :

Mesurer l'écart de crête de variation de la fréquence d'une source (oscillateur) de signal modulé en fréquence.

A. *Ecart de crête supérieur à 100 Hz*

Circuit d'essai :

Figure 24a, page 112.

Note. — By this method, the magnitude of Z is determined directly, whether Z is a pure resistance or a complex impedance.

Precaution :

The impedance of the resistance box must be non-reactive at the specified measurement frequency.

Specified conditions :

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) modulating signal frequency;
- 4) modulation input level.

8.2.18.7 *Incidental f.m. on an a.m. signal*

Purpose :

To measure the magnitude of the deviation of the incidental frequency modulation of an amplitude-modulated signal.

Procedure :

The amplitude modulation is adjusted to the specified index as in Sub-clause 8.2.18.1. The resultant frequency modulation deviation is then measured as in Sub-clause 8.2.19.1, method B.

Precautions :

The limiting action of the frequency multiplier(s) will remove most of the amplitude modulation from the signal. However, care must be taken to ensure that the residual a.m. is insufficient to affect the accuracy of the frequency modulation meter.

Specified conditions :

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) frequency of modulating signal;
- 2) modulation index.

8.2.19 *Frequency modulation characteristics*

8.2.19.1 *Frequency modulation deviation*

Purpose :

To measure the peak frequency deviation of a frequency modulated signal source (oscillator).

A. *Peak deviation greater than 100 Hz*

Test circuit :

Figure 24a, page 112.

Méthode :

Le circuit d'essai est établi comme indiqué et l'écart de crête du signal de sortie est mesuré à l'aide d'un appareil de mesure de la modulation de fréquence.

Précautions :

Lorsqu'on mesure des signaux de très haute fréquence à faible écart de crête de fréquence, il peut être nécessaire d'utiliser un oscillateur local asservi en phase à une source à faible composante incidente de modulation de fréquence (par exemple un oscillateur à quartz) afin de réduire l'écart dû au bruit de modulation de fréquence.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) détails concernant le signal d'entrée de modulation.

Note. — Indice de modulation de fréquence $\beta = \frac{\delta f}{f_m}$,

où δf est l'écart de crête réel d'excursion de fréquence et f_m est la fréquence du signal de modulation.

B. Ecart de crête inférieur à 100 Hz

Circuit d'essai :

Figure 24b, page 112.

Méthode :

L'écart de crête de fréquence du signal est amplifié par multiplication de fréquence (voir note 2) afin de le rendre mesurable au moyen d'un appareil de mesure de la modulation de fréquence.

$$\text{Ecart réel de crête} = \frac{\text{écart de crête mesuré}}{\text{facteur de multiplication}}$$

Précautions :

- 1) Lorsqu'on mesure des signaux de très haute fréquence à faible écart de crête de fréquence, il peut être nécessaire d'utiliser un oscillateur local asservi en phase à une source à faible composante incidente de modulation de fréquence (par exemple un oscillateur à quartz) afin de réduire l'écart dû au bruit de modulation de fréquence.
- 2) La plupart des oscillateurs sont, dans une certaine mesure, susceptibles de présenter une ondulation provoquée par la tension d'alimentation ; il convient de s'assurer soigneusement que les variations de la tension d'alimentation n'affectent pas la mesure de l'écart de crête lorsqu'on mesure des signaux à faible taux de modulation.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) détails concernant le signal d'entrée de modulation.

Procedure :

The apparatus shall be connected as shown, and the peak deviation of the output signal measured using the frequency modulation meter.

Precautions :

When measuring very high frequency signals having a low peak frequency deviation, it may be necessary to use a local oscillator which is phase locked to a source having a low incidental f.m. content (e.g. a crystal oscillator) in order to reduce its f.m. noise deviation.

Specified conditions :

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) details of the modulating signal input.

Note. — Frequency modulation index $\beta = \frac{\delta f}{f_m}$,

where δf is the actual peak frequency deviation and f_m is the modulating signal frequency.

B. Peak deviation less than 100 Hz

Test circuit:

Figure 24b, page 112.

Procedure :

The peak frequency deviation of the signal shall be increased by frequency multiplication (see Note 2) to enable it to be measured using the frequency modulation meter.

$$\text{Actual peak deviation} = \frac{\text{measured peak deviation}}{\text{multiplication factor}}.$$

Precautions :

- 1) When measuring very high frequency signals having a low peak frequency deviation, it may be necessary to use a local oscillator which is phase locked to a source having a low incidental f.m. content (e.g. a crystal oscillator) in order to reduce its f.m. noise deviation.
- 2) Most oscillators are in some measure susceptible to ripple on the power supply voltage; great care should be taken when measuring signals having a small frequency modulation index to ensure that supply voltage variations do not affect the measurement of peak frequency deviation.

Specified conditions :

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) details of the modulating signal input.

Notes 1. — Indice de modulation de fréquence $\beta = \frac{\delta f}{f_m}$,

où δf est l'écart de crête réel d'excursion de fréquence et f_m est la fréquence du signal de modulation.

2. — Il peut être nécessaire d'utiliser un mélangeur avant et/ou après la multiplication de fréquence pour ramener la fréquence du signal dans la plage de l'appareil de mesure de la modulation de fréquence.

8.2.19.2 Sensibilité de modulation de fréquence

Objet:

Mesurer l'écart de crête de l'excursion de fréquence d'un signal modulé en fréquence, résultant de l'application d'un signal spécifié aux bornes de modulation de l'oscillateur.

Circuit d'essai:

Figure 25, page 112.

Méthode:

Un générateur de signal fournissant un signal de modulation à la fréquence spécifiée est relié aux bornes de modulation de l'oscillateur et sa sortie, mesurée à l'aide d'un oscilloscope ou d'un voltmètre électronique, est réglée à l'amplitude spécifiée.

L'écart de crête de fréquence du signal de sortie est mesuré comme il est décrit au paragraphe 8.2.19.1.

La sensibilité de modulation de fréquence est généralement définie par le rapport:

$$\frac{\text{écart crête à crête de l'excursion de fréquence}}{\text{écart crête à crête de la tension du signal de modulation}}$$

Conditions spécifiées:

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière:

- 1) tension d'alimentation;
- 2) détails concernant la charge;
- 3) détails de réglage pour tout ajustage de fréquence prévu;
- 4) fréquence du signal de modulation;
- 5) niveau d'entrée de modulation (il doit être tel que l'écart de crête maximal de fréquence de l'oscillateur ne soit pas dépassé).

Note. — Cette méthode peut être utilisée pour déterminer l'aptitude d'un oscillateur à n'être pas influencé par une ondulation dans la ligne d'alimentation, etc., en superposant un signal de modulation à la tension continue d'alimentation.

8.2.19.3 Distorsion de modulation de fréquence (non-linéarité)

Objet:

Mesurer la distorsion résultant du procédé de modulation de fréquence, provoquée par une non-linéarité de la caractéristique de transfert de modulation.

A. Essai statique

Circuit d'essai:

Figure 26a, page 113.

Notes 1. — Frequency modulation index $\beta = \frac{\delta f}{f_m}$,

where δf is the actual peak frequency deviation and f_m is the modulating signal frequency.

2. — It may be necessary to use a mixer, before and/or after frequency multiplication, to down-convert the signal to bring it within the range of the modulation meter.

8.2.19.2 Frequency modulation sensitivity

Purpose:

To measure the peak frequency deviation of a frequency modulated signal resulting from the application of a specified signal to the external modulation terminal of the oscillator.

Test circuit:

Figure 25, page 112.

Procedure:

A signal generator providing a modulating signal at the specified frequency shall be connected to the external modulation terminal of the oscillator, and its output set to the specified amplitude as measured by the oscilloscope or r.f. voltmeter.

The peak frequency deviation of the output signal shall be measured as described in Sub-clause 8.2.19.1.

Generally, frequency modulation sensitivity is defined as the ratio

$$\frac{\text{peak-to-peak frequency deviation}}{\text{peak-to-peak modulating signal voltage}}$$

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) setting of any frequency adjustment provided;
- 4) modulating signal frequency;
- 5) modulation input level (this must be such that the specified maximum permissible peak frequency deviation of the oscillator is not exceeded).

Note. — This method may be used to determine the immunity of an oscillator to power supply line ripple, etc., by superimposing the modulating signal on the d.c. supply voltage.

8.2.19.3 Frequency modulation distortion (non-linearity)

Purpose:

To measure the distortion resulting from the frequency modulation process caused by non-linearity of the modulation transfer characteristic.

A. Static test

Test circuit:

Figure 26a, page 113.

Méthode :

Une source d'alimentation à courant continu à tension réglable est reliée aux bornes modulation de l'oscillateur et l'on mesure la fréquence de sortie de l'oscillateur pour diverses tensions continues de commande spécifiées. Une courbe de la fréquence de sortie en fonction de la tension de commande est tracée ; la linéarité de l'écart de modulation de fréquence est déterminée d'après cette courbe (voir paragraphe 3.28).

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) gamme de la tension de commande en courant continu ;
- 4) détails de réglage pour tout ajustage de fréquence prévu ;
- 5) différentes valeurs de la tension continue de commande.

B. Essai dynamique

Circuit d'essai :

Figure 26b, page 113.

Méthode :

Un signal sinusoïdal de fréquence spécifiée et d'un niveau tel qu'il produise l'excursion spécifiée de la fréquence de modulation (voir paragraphe 8.2.19.1) est appliqué aux bornes modulation de l'oscillateur et l'on mesure la distorsion du signal de sortie du détecteur (de l'appareil de mesure de la modulation) à l'aide d'un appareil de mesure du facteur de distorsion.

Précautions :

- 1) Le signal de modulation doit être sinusoïdal.
- 2) Toute distorsion introduite par le détecteur de l'appareil de mesure de la modulation doit être faible devant celle de l'oscillateur à essayer.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) fréquence du signal de modulation ;
- 4) excursion de fréquence de la modulation ;
- 5) détails de réglage pour tout ajustage de fréquence prévu.

8.2.19.4 Réponse en fréquence de la modulation de fréquence

Objet :

Mesurer la variation de sensibilité de modulation de fréquence résultant de variations de la fréquence du signal de modulation.

Méthode :

On mesure, conformément au paragraphe 8.2.19.2, la sensibilité de modulation de fréquence à la fréquence de référence spécifiée ; on mesure ensuite la variation de la sensibilité de modulation, généralement exprimée en décibels, entre la sensibilité de modulation à cette fréquence et la sensibilité de modulation à d'autres fréquences spécifiées.

Procedure :

A variable voltage d.c. power supply shall be connected to the external modulation terminal of the oscillator, and measurements of oscillator output frequency at various d.c. modulation control voltages as specified shall be made. A graph of output frequency against control voltage shall be plotted, and hence the linearity of frequency modulation deviation is determined (see Sub-clause 3.28).

Specified conditions :

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) d.c. control voltage range;
- 4) setting of any frequency adjustment provided;
- 5) d.c. control voltage increments.

B. Dynamic test

Test circuit :

Figure 26b, page 113.

Procedure :

A sinusoidal signal at the specified frequency, and at a level such as to produce the specified modulation frequency deviation (see Sub-clause 8.2.19.1) shall be applied to the external modulation terminal of the oscillator and the distortion of the output signal from the modulation detector (in the modulation meter) shall be measured with a distortion factor meter.

Precautions :

- 1) The modulating signal shall be sinusoidal.
- 2) Any distortion introduced by the detector of the modulation meter must be low compared with that of the oscillator under test.

Specified conditions :

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) modulating signal frequency;
- 4) modulation frequency deviation;
- 5) setting of any frequency adjustment provided.

8.2.19.4 Frequency modulation frequency response

Purpose :

To measure the change in frequency modulation sensitivity resulting from changes of the frequency of the modulating signal.

Procedure :

The frequency modulation sensitivity at a specified reference frequency is measured as in Sub-clause 8.2.19.2, and the change in modulation sensitivity, usually expressed in decibels, between this and the modulation sensitivity at other specified frequencies is measured.

Précaution:

Le signal de modulation doit être sinusoïdal.

Conditions spécifiées:

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière:

- 1) tension d'alimentation;
- 2) détails concernant la charge;
- 3) détails de réglage pour tout ajustage de fréquence prévu;
- 4) fréquence (modulation) de référence;
- 5) niveau d'entrée de la modulation;
- 6) gamme de fréquences de modulation (pour l'essai).

8.2.19.5 *Impédance d'entrée de modulation en modulation de fréquence*

Cet essai est identique à celui du paragraphe 8.2.18.6.

8.2.20 *Distorsion harmonique*

Objet:

Mesurer la réponse d'un oscillateur résultant de la présence d'harmoniques.

Circuit d'essai:

Figure 27a, page 114.

Méthode:

Le circuit est réalisé conformément à la figure 27a; l'analyseur de spectre est réglé pour afficher la gamme de fréquences contenant les harmoniques appropriés de l'oscillateur.

La figure 27b, page 114, présente le spectre de l'oscillateur dans un cas idéal. La figure 27c, page 114, montre le spectre d'un oscillateur ayant une distorsion harmonique importante. Le spectre peut être mesuré (généralement directement en décibels par l'analyseur de spectre) comme un rapport de puissance par rapport à la puissance de la porteuse en décibels; ou, en variante, la distorsion en pourcentage du troisième harmonique, par exemple, peut être établie comme suit:

$$D_3 = \frac{100}{10^{\frac{d_3}{20}}}$$

où:

D_3 = valeur en pourcentage de la distorsion du troisième harmonique

d_3 = différence de niveau entre la fondamentale et le troisième harmonique du spectre (en décibels) mesurée sur l'analyseur de spectre

Précautions:

On doit s'assurer que la distorsion n'est pas produite dans le mélangeur d'entrée de l'analyseur de spectre.

Une distorsion non linéaire (présentant l'apparence d'une distorsion harmonique) est produite si le mélangeur d'entrée est surchargé. Ce point peut être vérifié en plaçant un atténuateur entre l'oscillateur et l'analyseur de spectre et en effectuant des mesures à divers niveaux de puissance. Les réglages de l'atténuateur ne doivent pas affecter le pourcentage de distorsion harmonique.

Precaution:

The modulating signal shall be sinusoidal.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) setting of any frequency adjustment provided;
- 4) reference (modulation) frequency;
- 5) modulation input level;
- 6) range of modulation frequencies (for test).

8.2.19.5 *F.M. modulation input impedance*

This test is exactly as in Sub-clause 8.2.18.6.

8.2.20 *Harmonic distortion*

Purpose:

To measure the harmonically related response of an oscillator.

Test circuit:

Figure 27a, page 114.

Procedure:

The circuit is set up as shown in Figure 27a; the spectrum analyzer is set to display a frequency range which will embrace the appropriate harmonics of the oscillator.

In an ideal case, the spectrum of the oscillator will appear as in Figure 27b, page 114. The spectrum of an oscillator with severe harmonic distortion is shown in Figure 27c, page 114. The spectra may be measured (usually directly in decibels from the spectrum analyzer) as a power ratio with respect to the carrier power, expressed in decibels or alternatively the percentage distortion of, for example, the third harmonic may be quoted as follows:

$$D_3 = \frac{100}{10^{\frac{d_3}{20}}}$$

where:

D_3 = percentage of third harmonic distortion

d_3 = difference in level of fundamental and third harmonic of the spectra (in decibels) as measured on the spectrum analyzer

Precautions:

Care must be taken to ensure that the distortion is not produced in the input mixer of the spectrum analyzer.

Non-linear distortion (having the appearance of harmonic distortion) will be produced if the input mixer is overloaded. This point may be checked by placing an attenuator between the oscillator and the spectrum analyzer and taking measurements at various power levels. The attenuator setting should not affect the percentage of harmonic distortion.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge.

Note. — La distorsion harmonique totale peut être obtenue à partir de la somme des réponses liées à chaque harmonique.

$$D_{\text{totale}} = 100 \left[10^{\frac{-d_2}{10}} + 10^{\frac{-d_3}{10}} \right]^{-1/2}$$

8.2.21 Oscillations parasites

Objet :

Mesurer les réponses d'un oscillateur liées à la présence de distorsions non harmoniques ou de réponses parasites. Il faut noter que les sous-harmoniques de la porteuse sont considérés comme des réponses parasites (voir paragraphe 3.30).

Méthode :

Le circuit de mesure, les conditions spécifiées, etc., sont semblables à ceux du paragraphe 8.2.20, excepté le fait que les oscillations parasites n'ont pas de relation harmonique avec la fréquence fondamentale.

La spécification pour la (les) réponse(s) parasite(s) est généralement donnée en décibels. C'est-à-dire « toute réponse parasite doit être d'au moins x dB inférieure à la réponse principale ».

Précautions :

Il convient de blinder le système de mesure dans l'éventualité où des signaux de niveau élevé se trouveraient à proximité de l'oscillateur à essayer. La (les) réponse(s) parasite(s) n'ayant, par définition, pas de relation harmonique avec la fondamentale, il est difficile de faire la différence entre les signaux parasites produits par l'oscillateur et ceux qui peuvent provenir d'appareils en fonctionnement à proximité. La vérification peut être effectuée en supprimant la tension d'alimentation de l'oscillateur.

8.2.22 Stabilité de fréquence à court terme (voir annexe A)

8.2.22.1 Mesures dans le domaine-fréquence

8.2.22.1a Bruit de phase (fluctuation de phase)

Objet :

Mesurer le bruit de phase ou fluctuation de phase d'un oscillateur. Le bruit de phase donne une mesure de la stabilité à court terme d'un oscillateur dans le domaine-fréquence (voir paragraphe 3.24).

Test circuit :

Figure 28a, page 115.

Specified conditions:

The following test conditions shall be specified in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details.

Note. — The total harmonic distortion may be obtained from a summation of the individual harmonically related responses.

$$D_{\text{total}} = 100 \left[10^{\frac{-d_2}{10}} + 10^{\frac{-d_3}{10}} \right]^{-1/2}$$

8.2.21 *Spurious oscillations*

Purpose:

To measure the non-harmonically related or spurious responses of an oscillator. It should be noted that sub-harmonics of the carrier are classed as spurious responses (see Sub-clause 3.30).

Procedure:

The measurement circuit, specified conditions, etc., are exactly as for Sub-clause 8.2.20, except that the spurious oscillations will not be harmonically related to the fundamental frequency.

It is usual to quote a specification for spurious response(s) in decibels; i.e. “all spurious responses will be at least x dB below the main response”.

Precautions:

Should there be any high level signals in the environment in which the oscillator is being tested, care should be taken to screen the measurement system. Spurious response(s) are, by definition, not harmonically related to the fundamental frequency and so it is difficult to differentiate between oscillator-generated spurious signals and those which may be picked up from the operating environment. This may be checked by removing the supply voltage from the oscillator.

8.2.22 *Short-term frequency stability* (see Appendix A)

8.2.22.1 *Frequency domain measurements*

8.2.22.1a) *Phase noise (phase jitter)*

Purpose:

To measure the phase noise or phase jitter of an oscillator. The phase noise gives a measure to the short-term stability of an oscillator in the frequency domain (see Sub-clause 3.24).

Test circuit:

Figure 28a, page 115.

Description :

Le bruit de phase donne naissance à une distribution de bande latérale consistant en paires symétriques dont l'amplitude relative comparée à la porteuse est égale à la moitié de la fluctuation de crête de phase de cette composante en radians.

Pour la mesure du bruit de phase, on compare les signaux synchrones au moyen d'un détecteur de phase. La sortie du détecteur de phase est la tension instantanée analogue à la composante de bruit de phase. Afin que la sortie du détecteur de phase soit maintenue à zéro, à l'exception de la composante de bruit de phase, l'oscillateur à l'essai (oscillateur 2 de la figure 28a, page 115) doit être maintenu en quadrature avec l'oscillateur de référence. On peut percevoir le zéro de phase à la sortie du détecteur de phase à l'aide d'un amplificateur à courant continu et ainsi piloter l'oscillateur à essai en quadrature de phase.

La sortie de bruit de phase est contrôlée en permanence à l'aide d'un analyseur d'onde à basse fréquence. Le bruit mesuré par l'analyseur d'onde est le bruit efficace (il peut être nécessaire d'effectuer une conversion valeur moyenne/valeur efficace) dans les deux bandes latérales. La conversion en bruit de phase d'une seule bande se fait en soustrayant 6 dB.

L'oscillateur de référence idéal (oscillateur 1 de la figure 28a) est celui qui a une très faible composante de bruit (c'est-à-dire un étalon de fréquence par rail Césium ou similaire). Il arrive fréquemment que les deux oscillateurs soient de même type; dans ce cas, on suppose qu'ils ont des composantes de bruit identiques, c'est-à-dire que le rapport signal à bruit de phase est réduit de 3 dB; on en tient compte de façon appropriée lors du calcul des résultats.

Méthode :

Le circuit est réalisé en principe conformément à la figure 28a. La boucle de réaction du détecteur de phase est disposée de façon que l'oscillateur 1 et l'oscillateur 2 puissent être asservis en phase en quadrature. On règle l'analyseur d'onde pour la définition de bande spécifiée (le plus souvent 1 Hz) et l'on règle la constante de temps de l'intégrateur et la vitesse de balayage de façon qu'elles soient compatibles avec la largeur de bande.

1) *Etalonnage*

L'interrupteur S_1 est ouvert et une différence de fréquence s'établit entre l'oscillateur 1 et l'oscillateur 2. L'analyseur d'onde est réglé pour la différence de fréquence et l'échelle de l'enregistreur X-Y est étalonnée au moyen de l'atténuateur dans la région -60 dB à -80 dB (affaiblissement important pour prévenir une surcharge de l'amplificateur à faible bruit).

2) *Mesure*

On ferme l'interrupteur S_1 . Les oscillateurs 1 et 2 sont asservis en quadrature de phase. L'atténuateur est réglé à environ -10 dB et l'analyseur d'onde est déplacé en fréquence dans la gamme des fréquences de décalage pour laquelle un tracé du bruit de phase est requis.

Précautions :

Le temps de réponse de la boucle de commande de la fréquence doit être très grand devant la période de la plus faible bande latérale de bruit à mesurer. Par exemple, pour mesurer des bandes latérales de bruit de phase de 1 Hz, on indiquera un temps de réponse de 10 s (ou une fréquence de coupure de 0,1 Hz). Le signal de sortie est proportionnel au bruit de fréquence dans la bande passante de la boucle d'asservissement; il est proportionnel au bruit de phase loin de la bande passante de cette boucle, mais dans la région de transition, la situation se complique un peu.

On doit observer les précautions générales qui concernent l'utilisation des détecteurs accordés à bande étroite; en particulier, le rythme d'accord (Hz/s) doit être faible comparé à la largeur de bande du détecteur (Hz) et le temps d'intégration après détection doit être grand devant la largeur inverse de bande du détecteur.

Description :

Phase noise gives rise to a sideband distribution that consists of symmetrical pairs whose relative amplitude, compared with the carrier, is equal to one-half the peak phase fluctuation of that component in radians.

For the measurement of phase noise, synchronous signals are compared by means of a phase detector. The output of the phase detector is the instantaneous voltage analogue of the phase noise contribution. For the phase detector to be held to zero output, except for the phase noise contributions, the oscillator under test (oscillator 2 in Figure 28a, page 115) must be kept in quadrature with the reference oscillator. This is achieved by using a d.c. amplifier to sense a zero phase detector output and hence drive the test oscillator to phase quadrature.

The output phase noise is monitored with a low-frequency wave analyzer. The noise measured by the wave analyzer will be the r.m.s. noise (it may be necessary to perform a conversion for average/r.m.s.) in both sidebands; this may be converted to a single-sideband phase noise by subtracting 6 dB.

Ideally the reference oscillator (oscillator 1 in Figure 28a) will have a very low noise contribution (i.e. a Caesium beam standard or similar). It frequently occurs that both oscillators are of similar type; if this is so, it may be assumed that both oscillators have equal noise contributions, i.e. the signal-to-phase noise ratio will be degraded by 3 dB. An appropriate allowance should be made when calculating the results.

Procedure :

The circuit should be set up as in Figure 28a. The feedback loop from the phase detector should be arranged such that oscillator 1 and oscillator 2 may be phase-locked in phase quadrature. The wave analyzer should be set to the specified resolution bandwidth (frequently 1 Hz) and the integrator time constant and the sweep rate adjusted consistent with the bandwidth.

1) *Calibration*

Switch S_1 is opened and a difference frequency is established between oscillator 1 and oscillator 2. The wave analyzer is adjusted to the difference frequency and the scale on the X-Y recorder is calibrated by means of the attenuator in the region -60 dB to -80 dB (high attenuation to prevent overloading of the low noise amplifier).

2) *Measurement*

Switch S_1 is closed. Oscillators 1 and 2 are phase-locked in quadrature. The attenuator is set to -10 dB approximately, and the wave analyzer is tracked in frequency over the range of offset frequencies for which a plot of phase noise is required.

Precautions :

The response time of the frequency-control loop must be very long compared with the period of the lowest sideband noise to be measured. For example, a 10 s response time (or, 0.1 Hz cut-off frequency) would be indicated in order to measure phase noise sidebands at 1 Hz. Within the pass-band of the locking loop, the output signal is proportional to frequency noise; far outside the locking-loop pass-band, the output signal is proportional to phase noise; but in the transition region, the situation is somewhat complicated.

General precautions pertaining to the use of narrow-band tuned detectors must be followed; in particular, the tuning rate (Hz/s) must be small compared with the detector bandwidth (Hz), and the post-detector integration time must be long compared with the inverse detector bandwidth.

Par exemple, pour une largeur de bande du détecteur de 10 Hz, le rythme d'accord (ou de balayage) ne doit pas être, en principe, supérieur à 1 Hz/s et le temps d'intégration à utiliser doit être d'au moins 1 s en principe.

Notes 1. — La limite de définition de ce système de mesure est déterminée par la largeur de bande minimale de l'analyseur d'onde. Dans ce cas, les composantes du spectre qui ont une fréquence de Fourier inférieure à la largeur de bande de l'analyseur ne peuvent être mesurées.

La figure 28b, page 115, montre un tracé typique du bruit de phase d'un oscillateur.

2. — On suppose que la composante de bruit provenant de la boucle d'asservissement de phase est faible comparée à celle qui provient de l'oscillateur. Un autre dispositif de mesure consiste à fabriquer les deux oscillateurs avec une différence de fréquence de 25 kHz par exemple, et à examiner ensuite (à l'aide de l'analyseur d'onde) la répartition de bruit de part et d'autre de la sortie 25 kHz d'un mélangeur utilisé à la place du détecteur de phase ; dans ce dispositif, un filtre passe-bande (centré sur la différence de fréquence) peut être utilisé à la place du filtre passe-bas. Ce dispositif a le désavantage de présenter une faible stabilité propre et, en général, il n'est pas possible d'utiliser de si faibles largeurs de bande de définition.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) gamme de fréquences dans laquelle le bruit de phase d'une bande latérale unique ou des deux bandes latérales est mesuré ;
- 4) largeur de bande de définition du système de mesure ;

Note. — Elle peut être supérieure à la largeur de 1 Hz fréquemment utilisée si une étendue plus grande de fréquence est requise.

- 5) temps d'intégration de l'enregistreur.

8.2.22.1b) *Pureté spectrale*

Objet :

Mesurer le niveau de bruit hors bande d'un oscillateur dans une large gamme de fréquences (voir paragraphe 3.25).

Circuit d'essai :

Figure 27a, page 114.

Description :

Le bruit hors bande concerne le rapport entre le niveau relatif de bruit à des fréquences éloignées de la porteuse, en incluant les tonalités harmoniques discrètes ou les tonalités monochromatiques parasites de la fréquence, et le niveau de la porteuse.

Le paragraphe 8.2.22.1a) traite de la mesure du bruit de phase dans une extension de la région proche de la fréquence principale de sortie (à plusieurs largeurs de bande) alors que le présent paragraphe concerne la région « plate » de bruit qui fait suite à la précédente et qui s'étend de plusieurs kilohertz à plusieurs mégahertz du signal de sortie principal.

Méthode :

Le circuit est réalisé conformément à la figure 27a, et l'on règle l'analyseur de spectre pour un affichage de la gamme de fréquences souhaitée. Le niveau du palier de bruit peut être déterminé directement (en décibels) sur l'écran de l'analyseur de spectre, en effectuant une correction appropriée à la largeur de bande de l'analyseur (c'est-à-dire 10 dB par décade de largeur de bande) afin de ramener les données sur une base de 1 Hz.

For example, with a 10 Hz detector pass-band, the tuning (or slew) rate should be no greater than 1 Hz/s, and an integration time of at least 1 s should be used.

Notes 1. — The limit of resolution of this measurement system is determined by the minimum bandwidth of the wave analyzer. In this case, spectral components having a Fourier frequency lower than the analyzer bandwidth may not be measured.

A typical plot of phase noise from an oscillator is shown in Figure 28b, page 115.

2. — It is assumed that the noise contribution from the phase lock loop is small compared with the oscillator contribution. An alternative circuit arrangement is to manufacture the two oscillators with, say, a 25 kHz frequency separation and then to examine (with the wave analyzer) the noise distribution around the 25 kHz output from a mixer, which should be used in place of the phase detector — in this arrangement, a band-pass filter (centred on the difference frequency) may be used instead of the low-pass filter. The disadvantage of this system is that it has an inherently lower stability and, in general, it will not be possible to use such low resolution bandwidths.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) frequency band over which single or double sideband phase noise shall be measured;
- 4) resolution bandwidth of measuring system;

Note. — This should be increased from the 1 Hz frequently used if wide frequency coverage is required.

- 5) integrating time for recorder.

8.2.22.1b) *Spectral purity*

Purpose:

To measure the far out-of-band noise level of an oscillator (see Sub-clause 3.25).

Test circuit:

Figure 27a, page 114.

Description:

Out-band noise refers to the relative level of the noise at frequencies far from the carrier, including discrete harmonic or spurious single frequency tones, to the level of the carrier.

Sub-clause 8.2.22.1a) deals with the measurement of phase noise in the enhancement region near (within several bandwidths) the principal output frequency, while this sub-clause refers to the “flat” additive noise region extending from several kilohertz to as much as several megahertz away from the principal output signal.

Procedure:

The oscillator shall be connected as shown in Figure 27a, and the spectrum analyzer adjusted to display the desired frequency range. The level of the noise pedestal may be determined direct from the spectrum analyzer display (in decibels), with appropriate correction for the analyzer bandwidth (i.e. 10 dB per decade bandwidth) in order to reduce the data to a 1 Hz basis.

Précautions :

- 1) On doit prendre soin de s'assurer que la composante de bruit de l'analyseur de spectre n'altère pas sa mesure. Cela peut être vérifié en introduisant un atténuateur réglable entre l'oscillateur et l'analyseur de spectre et en déterminant que les niveaux de la porteuse et du bruit sont identiques pour le même réglage de l'atténuateur.
- 2) Dans de nombreux cas, le rapport signal à bruit sur large bande des oscillateurs pilotés par quartz excède très largement la gamme dynamique des analyseurs de spectre dont on peut disposer; il peut être nécessaire, dans un tel cas, d'utiliser un filtre de suppression à bande étroite pour affaiblir la porteuse d'une quantité donnée (c'est-à-dire 80 dB ou 90 dB) afin d'éviter de saturer l'analyseur. On peut utiliser, en variante, un dispositif à démodulation tel que la boucle d'asservissement de phase à bande étroite du paragraphe 8.2.22.1a) pour éliminer effectivement la porteuse.

Note. — Le niveau du bruit qu'ajoute un oscillateur piloté par quartz étant du même ordre que le bruit thermique produit par l'impédance de charge elle-même, un grand soin est recommandé dans le choix de tout amplificateur ou équipement de traitement du signal utilisé pour les mesures.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) largeur de bande de définition de l'analyseur de spectre ;
- 4) largeur de la bande de fréquences par rapport à la porteuse si une gamme spécifique de fréquences est applicable.

8.2.22.1c) *Modulation fortuite de fréquence*

Objet :

Mesurer la modulation fortuite de fréquence du signal de sortie d'un oscillateur (voir paragraphe 3.26).

Circuit d'essai :

Figure 29, page 116.

Description :

La modulation fortuite de fréquence concerne la caractéristique de la fluctuation résiduelle ou involontaire de fréquence du signal de sortie d'un oscillateur, plus particulièrement les composantes de la fluctuation de fréquence avec des fréquences de bande de base supérieures à environ 10 Hz. Cette caractéristique est généralement intéressante lors de la spécification des sources de signaux utilisées pour les signaux de porteuse dans les systèmes de télécommunication.

Méthode :

L'oscillateur est monté dans le circuit d'essai comme indiqué et l'on attend qu'il se stabilise. Le discriminateur de fréquence doit donner une caractéristique linéaire sur une bande suffisamment large pour éviter une distorsion des composantes de bande de base dans la gamme intéressée. Le spectre de modulation fortuite de fréquence est obtenu directement sur l'enregistreur X-Y.

Si l'on veut déterminer le signal de modulation de fréquence dans une zone particulière de la bande de base, un filtre passe-bande convenable et un voltmètre en valeurs efficaces peuvent

Precautions:

- 1) Care must be taken to ensure that the noise contribution of the spectrum analyzer does not degrade the measurement. This may be checked by inserting a variable attenuator between the oscillator and the spectrum analyzer, and ensuring that both carrier and noise levels respond equally to attenuator setting.
- 2) In many cases, the signal-to-wideband noise ratio of crystal controlled oscillators will greatly exceed the dynamic range of available spectrum analyzers; in this case, it will be necessary to use a narrow-band elimination filter to attenuate the carrier some known amount (i.e. 80 dB or 90 dB) to avoid saturation of the analyzer. Alternatively, some demodulation scheme may be used, such as the narrow-band phase-locked loop of Sub-clause 8.2.22.1a) to effectively remove the carrier.

Note. — Since the additive noise level from a crystal controlled oscillator may be comparable to the thermal noise generated by the load impedance itself, great care is indicated in the selection of any amplifier or signal processing equipment used in its measurement.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) load details;
- 3) resolution bandwidth of the spectrum analyzer;
- 4) frequency separation from the carrier if a specific frequency range is relevant.

8.2.22.1c) *Incidental frequency modulation*

Purpose:

To measure the incidental frequency modulation of an oscillator output signal (see Sub-clause 3.26).

Test circuit:

Figure 29, page 116.

Description:

Incidental f.m. refers to the residual or unintentional, frequency fluctuation characteristic of the oscillator output signal, particularly the frequency fluctuation components with base-band frequencies higher than about 10 Hz. This characteristic is usually of interest in the specification of signal sources used to generate carrier signals for telecommunication purposes.

Procedure:

The oscillator is connected as shown, and allowed to stabilize. The frequency discriminator must provide a linear characteristic over a sufficiently wide band to prevent distortion of base-band spectral components in the range of interest. The incidental f.m. spectrum will be obtained directly on the X-Y recorder.

If it is desired to determine the total f.m. signal in a particular base-band region, a suitable band-pass filter and r.m.s. voltmeter may be substituted for the wave analyzer and X-Y recorder.

remplacer l'analyseur d'onde et l'enregistreur X-Y. Dans chaque cas, il est nécessaire de déterminer la caractéristique du discriminateur (écart volts/hertz) afin d'établir un système d'étalonnage.

Précautions :

La modulation fortuite de fréquence des oscillateurs à quartz de haute qualité étant généralement très faible, particulièrement pour des fréquences faibles de la bande de base, le choix des discriminateurs à faible bruit et des amplificateurs vidéo doit être fait avec soin. Le temps d'intégration après détection et le taux d'analyse de l'analyseur d'onde doivent être réglés de façon à être compatibles avec la largeur de bande de l'analyseur afin de garantir une mesure exacte des tonalités discrètes de modulation de fréquence telles que celles qui sont produites par une ondulation de la tension d'alimentation, etc.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) ondulation de la tension d'alimentation ;
- 3) détails concernant la charge ;
- 4) gamme de fréquences de la bande de base ;
- 5) largeur de la bande de définition de l'analyseur.

8.2.22.2 *Mesures dans le domaine-temps*

8.2.22.2a) *Fluctuation relative efficace de fréquence*

Objet :

Mesurer la stabilité de fréquence à court terme d'un oscillateur dans le domaine-temps (voir paragraphes 3.22 et 3.24).

Circuit d'essai :

Figures 30a et 30b, page 117.

Description :

- 1) En principe, le circuit consiste en deux oscillateurs semblables, la différence de fréquence entre eux étant inférieure ou égale à 10 kHz environ. On suppose que la densité de probabilité et la fonction de répartition sont les mêmes pour les deux oscillateurs. Le total des instabilités mesurables de la paire est égal au double des instabilités de chaque oscillateur. La variance mesurée est divisée par deux. De même la fluctuation type est divisée par $\sqrt{2}$.
- 2) On peut utiliser soit un compteur de fréquence avec une interface directe avec un calculateur, soit un « compteur-calculateur ». Les compteurs et leurs dispositifs enregistreurs de données associés doivent pouvoir résoudre le nombre approprié de mesures dans le temps spécifié.

Méthode :

On établit le système de mesure comme le montrent les figures 30a ou 30b. On choisit généralement des oscillateurs semblables et l'on suppose que la différence de 10 kHz entre la fréquence des quartz ne modifie pas les statistiques d'une valeur significative.

In either case, it will be necessary to determine the discriminator characteristic (volts/hertz deviation) in order to establish the calibration system.

Precautions:

The incidental f.m. of high-quality crystal controlled oscillators is commonly very small, especially at low base-band frequencies, requiring careful selection of low-noise discriminators and video amplifiers. Post-detection integration time and wave analyzer scanning rate must be adjusted to be compatible with the wave analyzer bandwidth in order to ensure accurate measurement of discrete f.m. tones, such as those produced by power supply ripple voltage, etc.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) power supply ripple voltage;
- 3) load details;
- 4) base-band frequency range;
- 5) analyzer resolution bandwidth.

8.2.22.2 *Time domain measurements*

8.2.22.2a) *R.M.S. fractional frequency fluctuation*

Purpose:

To measure the short-term frequency stability of an oscillator in the time domain (see Sub-clauses 3.22 and 3.24).

Test circuit:

Figures 30a and 30b, page 117.

Description:

- 1) The circuit should consist of two similar oscillators having a frequency separation of approximately 10 kHz or less. It will be assumed that the probability density and distribution functions of the oscillators are the same. The total measurable instabilities of the pair are equal to twice the instabilities of either oscillator. The variance measured is divided by two. Likewise the standard fluctuation is divided by $\sqrt{2}$.
- 2) Either a frequency counter with a direct interface to a computer, or a “computing counter” may be used. The counters and their associated data recording devices must be capable of resolving the appropriate number of measurements in the specified time.

Procedure:

The measurement system as shown in Figures 30a or 30b is set up. The oscillators are chosen to be generally similar to each other. It is assumed that the 10 kHz difference in the crystal frequencies does not change the statistics by a significant amount.

Un nombre spécifié de mesures, M , de la fréquence de battement sont effectuées selon un temps de moyenne spécifié τ . La fluctuation relative efficace de fréquence de l'oscillateur, obtenue par comparaison des deux oscillateurs, est donnée par :

$$\left(\frac{\Delta f(\tau)}{F_o} \right)_{\text{eff}} = \frac{1}{2 F_o} \left[\frac{1}{\sim M - 1} \sum_{k=1}^{M-1} (F_{k+1} - F_k)^2 \right]^{1/2}$$

où F_k, F_{k+1} sont les moyennes sur un temps τ de la fréquence de battement et F_o est la fréquence nominale de l'oscillateur.

Précautions :

La stabilité de fréquence à court terme étant une mesure très sensible de la pureté spectrale, il convient d'effectuer son mesurage dans des conditions précises de conduite. Pour des ordres élevés de stabilité, il convient d'utiliser des enceintes blindées, l'appareillage d'enregistrement numérique étant placé hors de l'enceinte.

On a supposé que les contributions des deux oscillateurs étaient semblables. S'il n'est pas possible d'utiliser deux oscillateurs identiques, on peut se servir d'un filtre à quartz. Si l'on utilise un filtre à quartz, comme indiqué à la figure 30b, page 117, la composante de bruit de l'oscillateur 1 peut être minimisée pour des temps d'intégration beaucoup plus brefs que l'inverse de la largeur de bande. Pour des intervalles de temps plus importants que l'inverse de la largeur de bande du filtre, il convient de supprimer ce dernier car il réduirait la stabilité mesurable. Dans tous les cas, le filtre doit se trouver dans des conditions de température stable.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) ondulation de la tension d'alimentation ;
- 3) détails concernant la charge de l'oscillateur ;
- 4) temps d'intégration pour les mesures et nombre de mesures individuelles pour chaque temps d'intégration ;
- 5) détails concernant les conditions d'environnement de l'oscillateur en fonctionnement ;
- 6) largeur de bande du filtre passe-bas.

Résultats :

Généralement, on caractérise la stabilité à court terme d'un oscillateur sous la forme d'un graphique, comme le montre la figure 31, page 118. La spécification particulière doit indiquer expressément si cette forme de présentation est requise.

8.3 Brouillage électromagnétique (par rayonnement)

Objet :

Déterminer le niveau de brouillage électromagnétique dû au rayonnement de l'oscillateur piloté par quartz.

Note. — On peut utiliser cette méthode sauf prescriptions différentes dans les règlements nationaux.

Dispositifs d'essai :

Figures 32a et 32b, page 119.

A specified number of measurements, M , of the beat frequency are made, using the specified averaging time, τ . The r.m.s. fractional frequency fluctuation of the oscillator when obtained from intercomparison of two similar devices, is given by:

$$\left(\frac{\Delta f(\tau)}{F_o} \right)_{\text{rms}} = \frac{1}{2 F_o} \left[\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^{M-1} (F_{k+1} - F_k)^2 \right]^{1/2}$$

where F_k , F_{k+1} are consecutive measurements of the beat frequency, averaged over time τ and F_o is the nominal oscillator frequency.

Precautions:

The short-term frequency stability of an oscillator is a very sensitive measure of the spectral purity and as such should be performed under controlled conditions. For high orders of stability, screened enclosures should be used, the digital recording apparatus being outside the enclosure.

It is assumed that the contribution of the two oscillators is similar. Should it not be practicable to use two identical units, it is possible to use a crystal filter. If a crystal filter is used as in Figure 30b, page 117, the noise contribution of oscillator 1 may be minimized for measurement averaging times much shorter than the reciprocal of the bandwidth of the filter. For times longer than the reciprocal of the filter bandwidth, the filter should be removed from the system as it will degrade the measurable stability. In any case, the filter should be in a stable temperature environment.

Specified conditions:

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage;
- 2) ripple of supply voltage;
- 3) oscillator load details;
- 4) averaging time(s) for oscillator measurements, and number of individual measurements for each averaging time;
- 5) details of oscillator operating environment;
- 6) low-pass filter bandwidth.

Results:

It is usual to characterize the short-term frequency stability of an oscillator in graphical form as shown in Figure 31, page 118. Such a characterization should be specified in the detail specification if required.

8.3 Electromagnetic interference (radiated)

Purpose:

To determine the level of radiated electromagnetic interference emanating from a crystal controlled oscillator.

Note. — This method may be used unless otherwise specified by national regulations.

Test arrangements:

Figures 32a and 32b, page 119.

Conditions d'essai :

Il est essentiel que les essais de brouillage électromagnétique par rayonnement soient effectués dans une chambre blindée de dimensions égales ou supérieures à 2,4 m pour la hauteur, 2,1 m pour la largeur et 4,6 m pour la longueur.

De façon idéale, il convient que, pour les essais de brouillage par rayonnement, des filtres appropriés soient disposés dans une chambre blindée ayant des filtres appropriés sur toutes les connexions d'alimentation aboutissant à l'oscillateur. Si cela est irréalisable, il est recommandé de prendre des précautions de façon à s'assurer que les résultats ne seront pas affectés par des bruits de tension d'alimentation et par des champs autres que ceux qui sont dus à l'oscillateur à l'essai. Cela entraîne l'utilisation de filtres additionnels dans les circuits d'alimentation et/ou de charge.

L'échantillon à essayer est en principe monté sur le plan de masse ; celui-ci est relié au blindage de la chambre par des connexions qui aboutissent à des points qui ne doivent pas être espacés de plus de 0,9 m et aux extrémités du plan de masse.

Les fils de connexion de l'échantillon à l'essai au réseau stabilisateur d'impédance de ligne ont 610 mm de longueur et sont soit blindés, soit non blindés, comme le montre la figure appropriée. Les réseaux stabilisateurs d'impédance sur les lignes qui ne sont pas mesurées sont adaptés à l'aide de résistances de 50 Ω non réactives.

L'impédance caractéristique du réseau stabilisateur doit être dans les limites définies à la figure 33, page 120. La figure 34, page 120, présente une méthode pratique pour parvenir à cette impédance.

Méthode :

L'oscillateur est mis en place dans une chambre blindée avec le système de mesure décrit ci-dessus.

Les mesures sont effectuées dans les conditions de charge entraînant les pires conditions du point de vue du brouillage radioélectrique.

On utilise une antenne fouet de $1\,016 \pm 25$ mm de longueur pour les fréquences inférieures à 30 MHz. La position de cette antenne doit se trouver au point où le brouillage maximal est obtenu lorsqu'on la déplace le long d'une ligne parallèle au bord antérieur du plan de masse. Pour les fréquences égales ou supérieures à 30 MHz, l'antenne est un dipôle horizontal ; dans la gamme de 30 MHz à 50 MHz, on utilise un dipôle de 50 MHz ; au-dessus de 50 MHz, on utilise un dipôle résonnant. Le dipôle est placé parallèlement au bord antérieur du plan de masse, à une hauteur de 305 ± 25 mm au-dessus de ce plan ; son centre est sur la même ligne que le centre géométrique de l'oscillateur à l'essai. Le barreau ou le dipôle doit être placé à 508 mm du point le plus rapproché de la surface de l'oscillateur. Lorsque le dipôle a une longueur inférieure à celle du dispositif d'essai, on le déplace parallèlement au bord du plan de masse jusqu'au point où la réponse est maximale.

Appareils de mesure :

Les appareils à utiliser de préférence pour effectuer les mesures spécifiées dans la présente norme sont ceux qui permettent la mesure des valeurs de crête ou qui ont des largeurs de bande entrant dans les limites définies au tableau I. Les appareils de mesure qui ont d'autres largeurs de bande peuvent être acceptés pourvu qu'on puisse utiliser des facteurs de corrélation convenables.

Test conditions :

For tests of radiated interference, it is essential that the test should be made in a screened room having dimensions not less than 2.4 m high, 2.1 m wide and 4.6 m long.

Ideally the tests for conducted interference should be made in a screened room having adequate filters in all incoming supply lines. If this is impracticable, precautions should be taken to ensure that the results are not affected by noise voltages and fields other than those due to the oscillator under test. This will involve the use of additional filters in the supply and/or load circuits.

The test sample should be mounted on the ground plane. The ground plane shall be bonded to the screened room at points not more than 0.9 m apart, and at the ends of the ground plane.

The leads from the test sample to the line impedance stabilizing network shall be 610 mm in length and shall be screened or unscreened, as shown in the appropriate figure. The stabilizing networks in the lines not being measured shall be terminated by 50 Ω non-reactive resistors.

The impedance characteristic of the stabilizing network shall be within the limits of Figure 33, page 120. One practical method of attaining this impedance is shown in Figure 34, page 120.

Procedure :

The oscillator shall be set up in a screened room and with a measuring system as described above.

The measurements shall be made under the load conditions producing the worst operating conditions from the point of view of radio interference.

A vertical rod aerial 1016 ± 25 mm long shall be used at frequencies below 30 MHz. It shall be located at the point where maximum interference is obtained when it is moved along a line parallel to the front edge of the ground plane. At 30 MHz and above, a horizontal dipole aerial shall be used; over the frequency range 30 MHz to 50 MHz, a 50 MHz dipole shall be used and above 50 MHz a resonant dipole shall be used. It shall be placed parallel to the front edge of the ground plane. Its height shall be 305 ± 25 mm above the level of the ground plane and its centre shall be adjacent to the geometrical centre of the unit under test. The rod or the dipole aerial shall be located 508 mm from the nearest point on the surface of the test sample. When the length of the dipole is less than that of the test layout, it shall be moved parallel to the edge of the ground plane to the point of maximum response.

Measuring sets :

Measuring sets having facilities for the measurement of peak values and having bandwidths within the limits shown in Table I are preferred for measurements specified in this standard. Measuring sets having other bandwidths are acceptable provided suitable correlation factors are used.

TABLEAU I

Gamme de fréquences	Limites de largeur de bande (à -6 dB)
0,05 MHz à 0,15 MHz	200 ± 100 Hz
0,15 MHz à 30 MHz	9 ± 1 kHz
30 MHz à 300 MHz	150 ± 50 kHz
300 MHz à 1 000 MHz	150 ± 50 kHz

Toutes les tensions mesurées doivent être rapportées à 50 Ω .

Si l'impédance d'entrée de l'appareil de mesure diffère de cette valeur, on utilise un réseau d'adaptation convenable et le facteur de correction approprié est appliqué.

Lorsque l'appareil de mesure n'est constitué que d'un voltmètre de quasi-crête, il doit être modifié afin de donner des valeurs de tension de crête.

Comme la largeur de bande d'impulsion des appareils de mesure diffère de 1 kHz généralement, on applique un facteur de correction approprié sur une base linéaire.

Dans tous les cas, l'appareil de mesure est accordé pour une réponse maximale du signal de brouillage.

Conditions spécifiées :

Les conditions d'essai suivantes sont prescrites dans la spécification particulière :

- 1) tension d'alimentation ;
- 2) détails concernant la charge ;
- 3) gamme de fréquences pour les mesures de brouillage ;
- 4) méthode de fixation (au plan de masse).

9. Méthodes d'essais climatiques et mécaniques

9.1 Conditions normales d'essai

Sauf spécification différente, tous les essais sont effectués dans les conditions atmosphériques normales d'essai spécifiées dans la Publication 68 de la CEI (15 °C à 35 °C, h.r. 45% à 75%, pression atmosphérique 860 mbar à 1060 mbar). Lorsque des mesures sont effectuées à des températures autres que la température normale d'essai, les résultats sont corrigés, si nécessaire, pour être rapportés à la température spécifiée.

La température ambiante à laquelle sont effectuées les mesures doit être notée dans le rapport d'essai.

9.2 Méthodes d'essai climatiques et mécaniques

9.2.1 Robustesse des sorties

9.2.1.1 Essai de traction sur les sorties

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai U_{a1} : Traction, et U_{a2} : Poussée, de la Publication 68-2-21 de la CEI.

TABLE I

Frequency range	Bandwidth limits (at -6 dB)
0.05 MHz to 0.15 MHz	200 ± 100 Hz
0.15 MHz to 30 MHz	9 ± 1 kHz
30 MHz to 300 MHz	150 ± 50 kHz
300 MHz to 1 000 MHz	150 ± 50 kHz

All voltages measured shall be referred to 50 Ω .

If the input impedance of the measuring set differs from this value, a suitable matching network shall be used, and the appropriate correction factor applied.

When a measuring set has a quasi-peak voltmeter only, it will need to be modified to read peak voltages.

As the impulse bandwidth of measuring sets normally differs from 1 kHz an appropriate correction factor shall be applied on a linear basis.

In all cases, the measuring set shall be tuned for a maximum response to the interfering signal.

Specified conditions :

The following test conditions shall be stated in the detail specification:

- 1) power supply voltage ;
- 2) load details ;
- 3) frequency range for interference measurements ;
- 4) method of attachment (to ground plane).

9. Mechanical and climatic test procedures

9.1 Standard conditions for testing

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out under standard atmospheric conditions for testing as specified in IEC Publication 68 (15 °C to 35 °C, 45% to 75% r.h., 860 mbar to 1 060 mbar air pressure). When measurements are made at a temperature other than the standard temperature, the results shall, where necessary, be corrected to the specified temperature.

The ambient temperature during the measurements shall be stated in the test report.

9.2 Environmental test procedures

9.2.1 Robustness of terminations

9.2.1.1 Tensile test on terminations

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Ua₁: Tensile, and Ua₂: Thrust, of IEC Publication 68-2-21.

Sauf prescription différente dans la spécification particulière, les valeurs de force à appliquer sont:

- a) pour les broches de diamètre 0,80 mm ou supérieur, poussée 20 N et traction 20 N;
- b) pour les fils de diamètre inférieur à 0,80 mm, traction 10 N.

9.2.1.2 *Pliage des fils de sortie*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Ub: Pliage, de la Publication 68-2-21 de la CEI.

Sauf prescription différente dans la spécification particulière, la force est appliquée de façon telle que la courbure débute à $2,5 \pm 0,5$ mm du corps de l'oscillateur. La valeur de la force est de 5 N.

9.2.2 *Essais d'étanchéité (pour les oscillateurs fermés hermétiquement)*

9.2.2.1 *Etanchéité — Essai A*

L'oscillateur est soumis à l'essai Qc: Etanchéité des boîtiers, fuite de gaz, Méthode d'essai 1, de la Publication 68-2-17 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai.

L'oscillateur est immergé dans un liquide dégazé pendant une durée spécifiée.

Il ne doit pas se produire de fuite se manifestant par un dégagement répétitif de bulles issues des oscillateurs.

Après l'essai, les oscillateurs ne doivent pas présenter de dommage visible.

Note. — Cet essai a seulement un but qualitatif.

9.2.2.2 *Etanchéité — Essai B*

L'oscillateur est soumis à l'essai Qk: Essai d'étanchéité au gaz traceur avec spectromètre de masse, Méthode d'essai 2, de la Publication 68-2-17 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai. Le taux maximal de fuite ne doit pas excéder la valeur spécifiée dans la spécification particulière.

9.2.3 *Soudabilité*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Ta: Soudabilité des sorties par fils ou par cosses, Méthode du bain d'alliage, température 235 ± 5 °C, de la Publication 68-2-20 de la CEI.

9.2.4 *Variations rapides de température*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Na: Variations rapides de température, méthode à deux chambres, de la Publication 68-2-14 de la CEI.

La température de la chambre à basse température et celle de la chambre à haute température sont réglées aux valeurs extrêmes de la gamme de températures de fonctionnement prescrite dans la spécification particulière.

L'oscillateur est maintenu pendant 30 min à chaque température extrême.

Il est soumis à dix cycles thermiques complets puis exposé aux conditions atmosphériques normales de reprise pendant au moins 2 h.

Unless otherwise stated in the detail specification, the loading force shall be:

- a) pin terminations of diameter 0.80 mm or greater, 20 N thrust and 20 N tensile;
- b) wire terminations of less than 0.80 mm diameter, 10 N tensile.

9.2.1.2 *Bending of wire terminations*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Ub: Bending, of IEC Publication 68-2-21.

Unless otherwise stated in the detail specification, the force shall be restricted so that the bend starts 2.5 ± 0.5 mm from the body of the oscillator. The loading force shall be 5 N.

9.2.2 *Sealing tests (for hermetically sealed units)*

9.2.2.1 *Sealing Test A*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Oc: Container sealing, gas leakage, Test Method 1, of IEC Publication 68-2-17.

The oscillator shall be immersed in degassed liquid for a specified period of time.

There shall be no leakage as determined by repetitive bubbles emerging from the oscillators.

After the test, there shall be no visible damage to the oscillators.

Note. — This test is for qualitative purposes only.

9.2.2.2 *Sealing, Test B*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Qk: Sealing tracer gas method with mass spectrometer, Test Method 2, of IEC Publication 68-2-17. The maximum leak rate shall not exceed the value specified in the detail specification.

9.2.3 *Solderability*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Ta: Solderability of wire and tag terminations, Solder bath method, 235 ± 5 °C, of IEC Publication 68-2-20.

9.2.4 *Rapid change of temperature*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Na: Rapid change of temperature, two-chamber method, of IEC Publication 68-2-14.

The low and high test chamber temperatures shall be the extremes of the operating temperature range stated in the detail specification.

The oscillator shall be maintained for 30 min at each extreme of temperature.

It shall be subjected to ten complete thermal cycles and then exposed to standard atmospheric conditions for recovery for not less than 2 h.

9.2.5 *Secousses*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Eb: Secousses, de la Publication 68-2-29 de la CEI, suivant le degré de sévérité spécifié. L'oscillateur est monté ou maintenu par des brides comme prescrit. Les trois axes orthogonaux selon lesquels les secousses sont appliquées comprennent:

- a) un axe parallèle aux sorties;
- b) un axe parallèle à la base de l'oscillateur.

9.2.6 *Vibrations*

9.2.6.1 *Vibrations hors fonctionnement*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Fc: Vibrations (sinusoïdales), de la Publication 68-2-6 de la CEI, suivant le degré de sévérité spécifié. L'oscillateur est monté ou maintenu par des brides comme prescrit. Les trois axes orthogonaux selon lesquels l'accélération est appliquée comprennent:

- a) un axe parallèle aux sorties;
- b) un axe parallèle à la base de l'oscillateur.

9.2.6.2 *Vibrations en fonctionnement*

L'oscillateur est essayé dans les mêmes conditions que celles du paragraphe 9.2.6.1, sauf que les tensions sont appliquées; on effectue les essais électriques prescrits dans la spécification particulière.

9.2.7 *Chocs*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Ea: Chocs, de la Publication 68-2-27 de la CEI, suivant le degré de sévérité spécifié. L'oscillateur est monté ou maintenu par des brides comme prescrit. Les trois axes orthogonaux selon lesquels les chocs sont appliqués comprennent:

- a) un axe parallèle aux sorties;
- b) un axe parallèle à la base de l'oscillateur.

9.2.8 *Accélération constante*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Ga: Accélération constante, de la Publication 68-2-7 de la CEI. L'oscillateur est monté ou maintenu par des brides comme prescrit. La spécification particulière prescrit la méthode et le degré de sévérité applicables.

9.2.9 *Basse pression atmosphérique*

L'essai est effectué selon la méthode d'essai M: Basse pression atmosphérique, de la Publication 68-2-13 de la CEI.

9.2.10 *Séquence climatique*

L'oscillateur est soumis à la séquence climatique de la Publication 68-1 de la CEI, article 7, à l'exception près que l'essai M n'est pas applicable.

9.2.10.1 *Chaleur sèche*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Ba: Chaleur sèche pour un spécimen ne dissipant pas d'énergie avec variation brusque de la température, de la Publication 68-2-2 de la CEI, à la température de 100 ± 2 °C pendant 16 h, sauf prescription différente dans la spécification particulière.

9.2.5 *Bump*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Eb: Bump, of IEC Publication 68-2-29, using a specified degree of severity. The oscillator shall be mounted or clamped as required. The three mutually perpendicular axes in which the bump is to be applied shall include:

- a) an axis parallel to the terminations;
- b) an axis parallel to the base of the oscillator unit.

9.2.6 *Vibration*

9.2.6.1 *Passive vibration*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Fc: Vibration (sinusoidal), of IEC Publication 68-2-6, using a specified degree of severity. The oscillator shall be mounted or clamped as required. The three mutually perpendicular axes in which the acceleration is to be applied shall include:

- a) an axis parallel to the terminations;
- b) an axis parallel to the base of the oscillator unit.

9.2.6.2 *Active vibration*

The oscillator shall be tested as in Sub-clause 9.2.6.1, but during the test the oscillator shall be activated and electrical tests, as stated in the detail specification, shall be performed.

9.2.7 *Shock*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Ea: Shock, of IEC Publication 68-2-27, using the specified degree of severity. The oscillator shall be mounted or clamped as required. The three mutually perpendicular axes in which the shock is to be applied shall include:

- a) an axis parallel to the terminations;
- b) an axis parallel to the base of the oscillator unit.

9.2.8 *Acceleration, steady state*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Ga: Acceleration, steady state, of IEC Publication 68-2-7. The oscillator shall be mounted or clamped as required. The procedure and degree of severity shall be as stated in the detail specification.

9.2.9 *Low air pressure*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test M: Low air pressure, of IEC Publication 68-2-13.

9.2.10 *Climatic sequence*

The oscillator shall be subjected to the climatic sequence of IEC Publication 68-1, Clause 7, except that Test M shall not be applicable.

9.2.10.1 *Dry heat*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Ba: Dry heat for non-heat-dissipating specimen with sudden change of temperature, of IEC Publication 68-2-2, at $100 \pm 2^\circ\text{C}$ for 16 h, unless otherwise stated in the detail specification.

9.2.10.2 *Essai accéléré de chaleur humide, premier cycle*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Db* : Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures), de la Publication 68-2-30 de la CEI, à la température maximale de 55 °C (degré de sévérité du point b)), pour un cycle de 24 h. Sauf prescription différente dans la spécification particulière, l'oscillateur est soumis immédiatement à la méthode d'essai Aa de la Publication 68-2-1 de la CEI.

9.2.10.3 *Froid*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Aa: Froid pour un spécimen ne dissipant pas d'énergie avec variation brusque de la température, de la Publication 68-2-1 de la CEI à la température de -65 ± 3 °C pendant 2 h, sauf prescription différente dans la spécification particulière.

9.2.10.4 *Essai accéléré de chaleur humide, cycles restants*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Db* de la Publication 68-2-30 de la CEI, à la température maximale de 55 °C (degré de sévérité du point b)), pour les cinq cycles restants de 24 h chacun, sauf prescription différente dans la spécification particulière.

9.2.11 *Essai continu de chaleur humide*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Ca: Essai continu de chaleur humide, de la Publication 68-2-3 de la CEI, pendant 56 jours, sauf prescription différente dans la spécification particulière.

9.2.12 *Brouillard salin*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai Ka: Brouillard salin, de la Publication 68-2-11 de la CEI.

L'essai est effectué pendant quatre périodes de pulvérisation de 2 h avec un stockage d'une durée de sept jours après chaque période, sauf prescription différente dans la spécification particulière.

9.2.13 *Moisissures*

L'oscillateur est soumis à la méthode d'essai J: Moisissures, de la Publication 68-2-10 de la CEI.

9.3 *Méthodes d'essai d'endurance*

9.3.1 *Vieillessement de la fréquence*

L'oscillateur est maintenu pendant la durée prescrite, à la température de 25 ± 10 °C, indiquée dans la spécification particulière (par exemple 85 ± 10 °C).

* Jusqu'au 1^{er} janvier 1983, l'essai D: Essai accéléré de chaleur humide, de la Publication 68-2-4 de la CEI, peut être utilisé, mais l'essai Db est considéré comme l'essai préféré.

9.2.10.2 *Accelerated damp heat, first cycle*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Db*: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle), of IEC Publication 68-2-30, with the upper temperature 55 °C (degree of severity of Item b)) for one cycle of 24 h. Unless otherwise stated in the detail specification, the unit shall be subjected immediately to the procedure of Test Aa of IEC Publication 68-2-1.

9.2.10.3 *Cold*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Aa: Cold for non-heat-dissipating specimen with sudden change of temperature, of IEC Publication 68-2-1 at -65 ± 3 °C for 2 h, unless otherwise stated in the detail specification.

9.2.10.4 *Accelerated damp heat, remaining cycles*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Db* of IEC Publication 68-2-30 with the upper temperature 55 °C (degree of severity of Item b)) for the remaining five cycles, each of 24 h, unless otherwise stated in the detail specification.

9.2.11 *Damp heat, steady state*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Ca: Damp heat, steady state, of IEC Publication 68-2-3 for 56 days, unless otherwise stated in the detail specification.

9.2.12 *Salt mist*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test Ka: Salt mist, of IEC Publication 68-2-11.

The test shall be carried out for four spraying periods of 2 h, with a storage of seven days after each, unless otherwise stated in the detail specification.

9.2.13 *Mould growth*

The oscillator shall be subjected to the procedure of Test J: Mould growth, of IEC Publication 68-2-10.

9.3 *Endurance test procedures*

9.3.1 *Frequency ageing*

The oscillator shall be maintained for the specified period at a temperature of 25 ± 10 °C or such other temperature as may be stated in the detail specification (e.g. 85 ± 10 °C).

* Until the 1st of January 1983, Test D: Accelerated damp heat, of Publication 68-2-4, can be used. But Test Db is preferred.

La fréquence de chaque oscillateur est mesurée à intervalles appropriés pendant l'essai, à une température quelconque choisie. La température doit, toutefois, être la même pour toutes les mesures et doit être maintenue pendant la mesure dans une tolérance globale adaptée aux exigences de vieillissement (par exemple $\pm 0,5$ °C).

La fréquence de sortie est mesurée selon la méthode décrite au paragraphe 8.2.4 ; la précision et la définition du système de mesure de la fréquence sont de $\pm 5 \times 10^{-7}$ ou $\pm 10\%$ (la plus faible des deux valeurs) du vieillissement admis pour les intervalles entre les mesures.

Les oscillateurs sont maintenus alimentés dans les périodes de stockage sauf prescription différente dans la spécification particulière.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60679-1:1980

Withdr2Wm

The frequency of each unit shall be measured at appropriate intervals during the test, at any convenient temperature; however, the temperature of the unit at the time of each measurement shall be the same within a total tolerance consistent with the ageing measurement (e.g. $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$).

The output frequency shall be measured as in Sub-clause 8.2.4; the accuracy and resolution of the frequency measuring system shall be $\pm 5 \times 10^{-7}$ or $\pm 10\%$ of the allowed ageing over the intervals between measurements, whichever is the smaller.

Oscillators shall be stored in an energized condition unless otherwise stated in the detail specification.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60679-1:1980

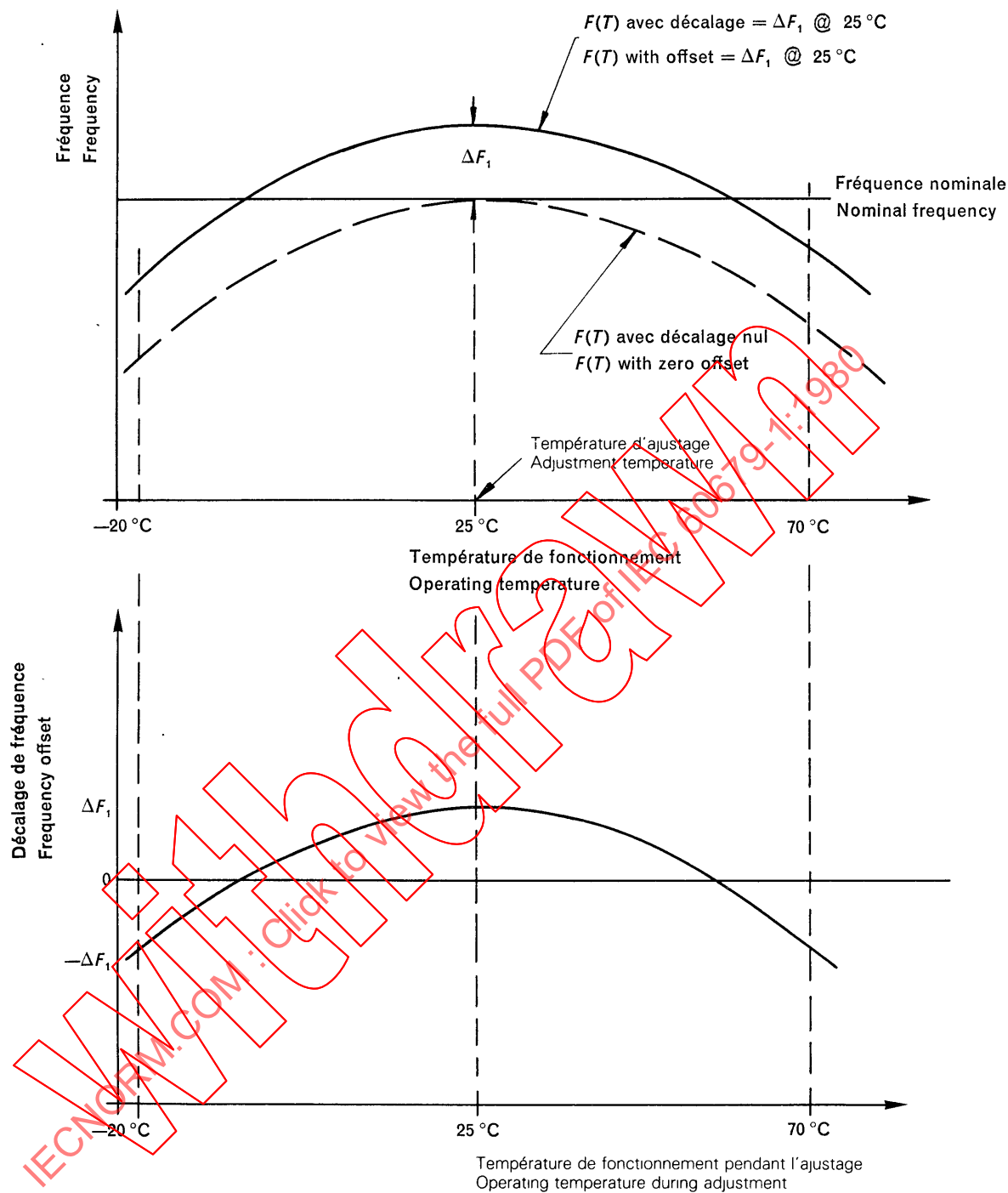
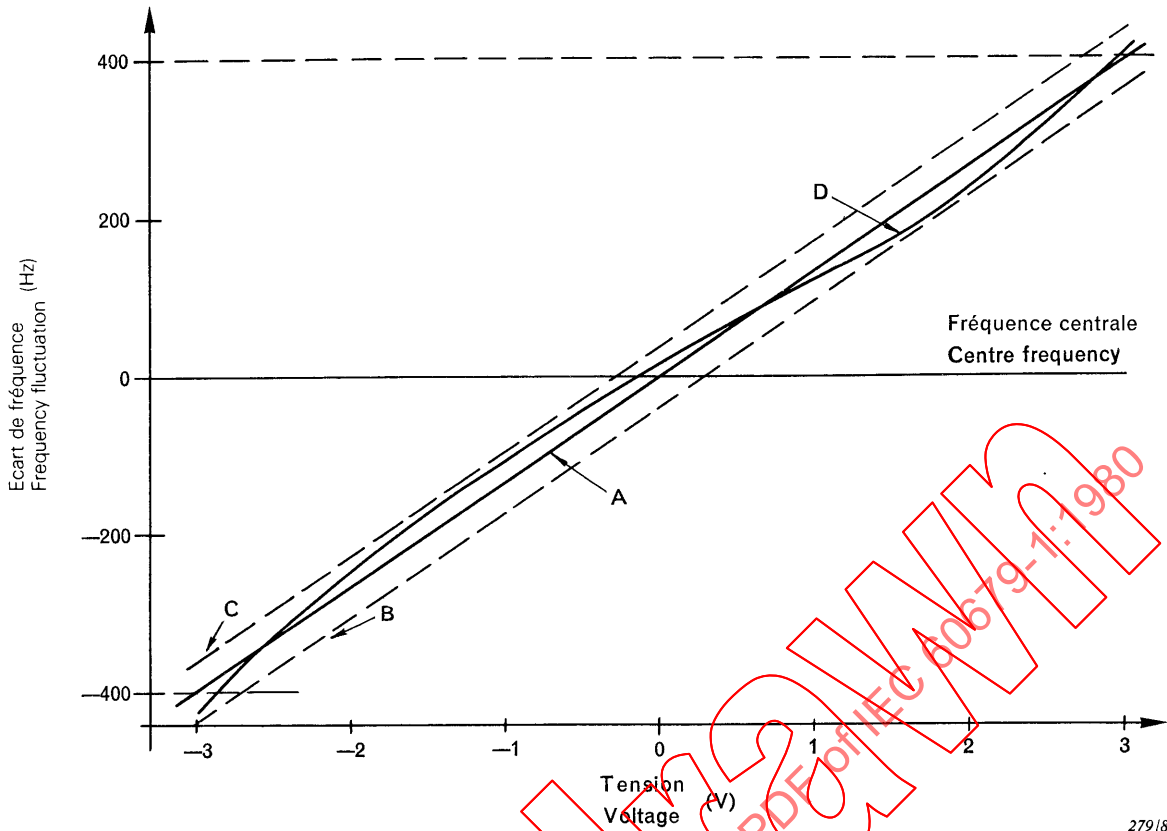
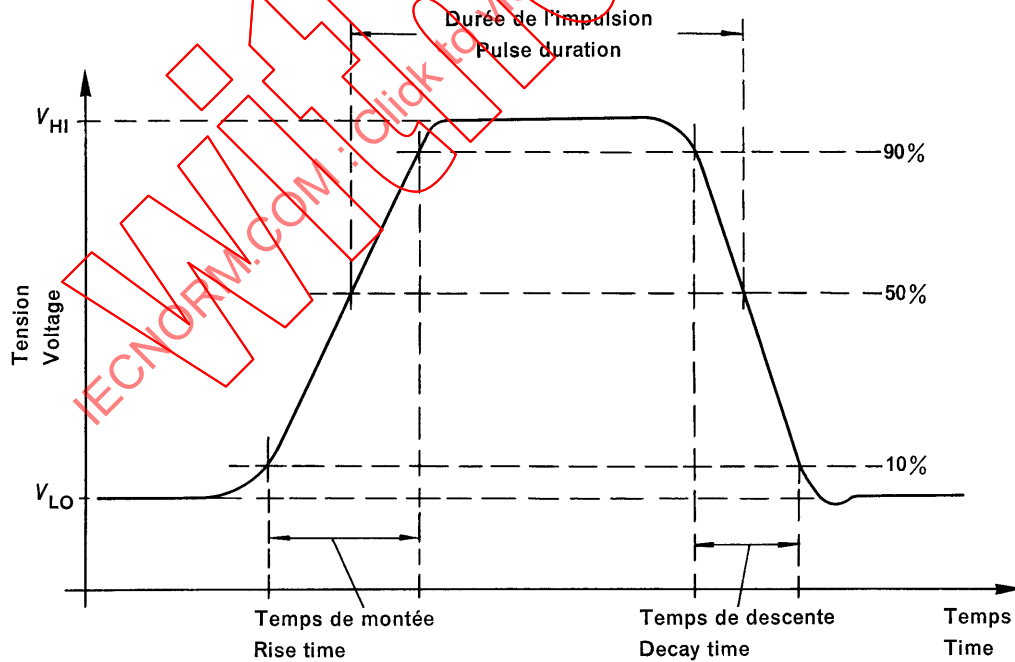


FIG. 1. — Exemple de l'utilisation du décalage de fréquence.
Example of the use of frequency offset.



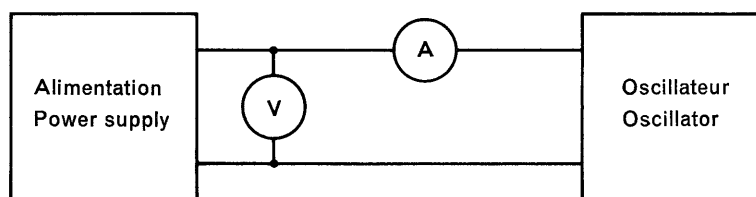
279/80

FIG. 2. — Caractéristiques de fluctuation typique de fréquence.
Typical frequency fluctuation characteristics.



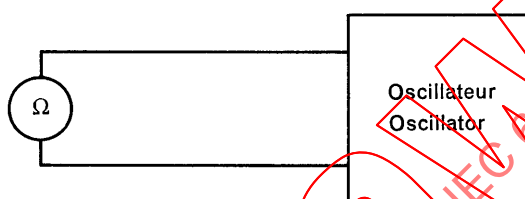
280/80

FIG. 3. — Caractéristiques de forme d'onde d'impulsion de sortie.
Characteristics of an output pulse waveform.



281/80

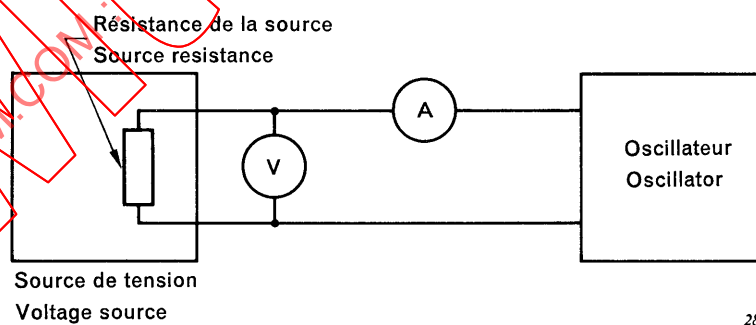
4a. — Méthode courant-tension.
Voltage-current method.



282/80

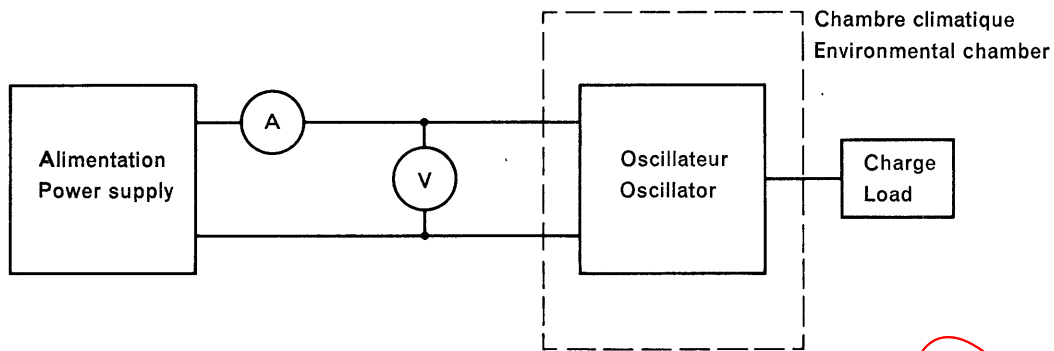
4b. — Méthode à l'ohmmètre.
Ohmmeter method.

FIG. 4. — Méthodes de mesure de la résistance d'isolement.
Insulation resistance measurement methods.

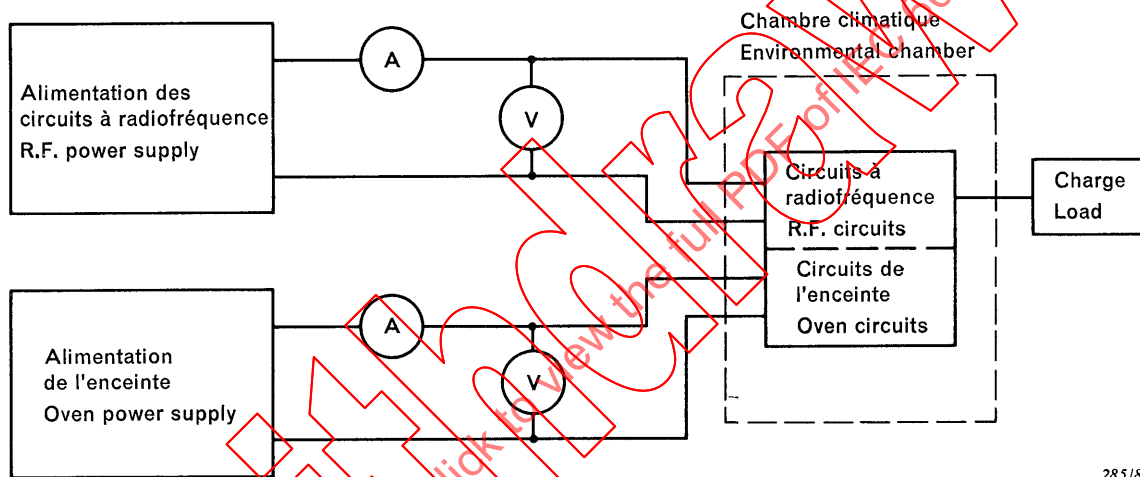


283/80

FIG. 5. — Circuit de mesure de l'épreuve de tension.
Test circuit for voltage proof test.

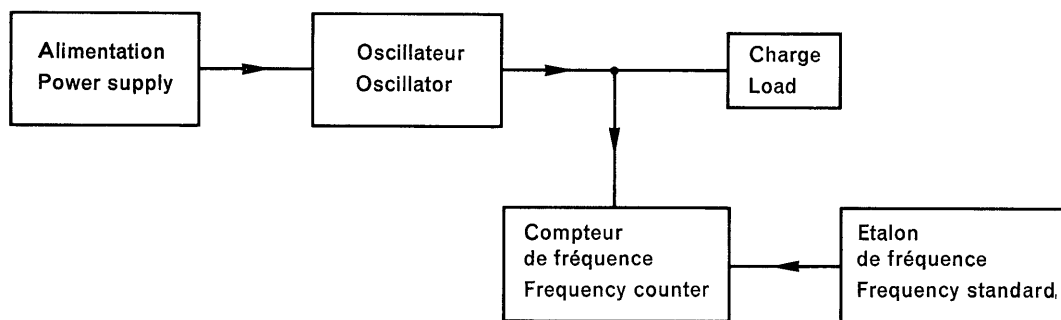


6a. — Source d'alimentation unique.
Single power source.



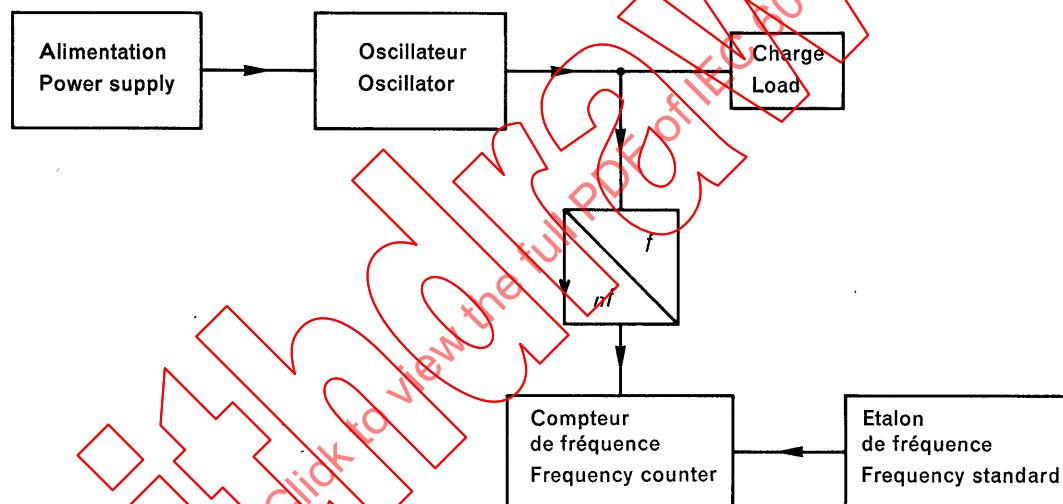
6b. — Sources d'alimentation des circuits à radiofréquence et de l'enceinte séparées.
Separate r.f. and oven power sources.

FIG. 6. — Circuits pour les mesures de puissance d'entrée.
Circuits for input power measurements.



286/80

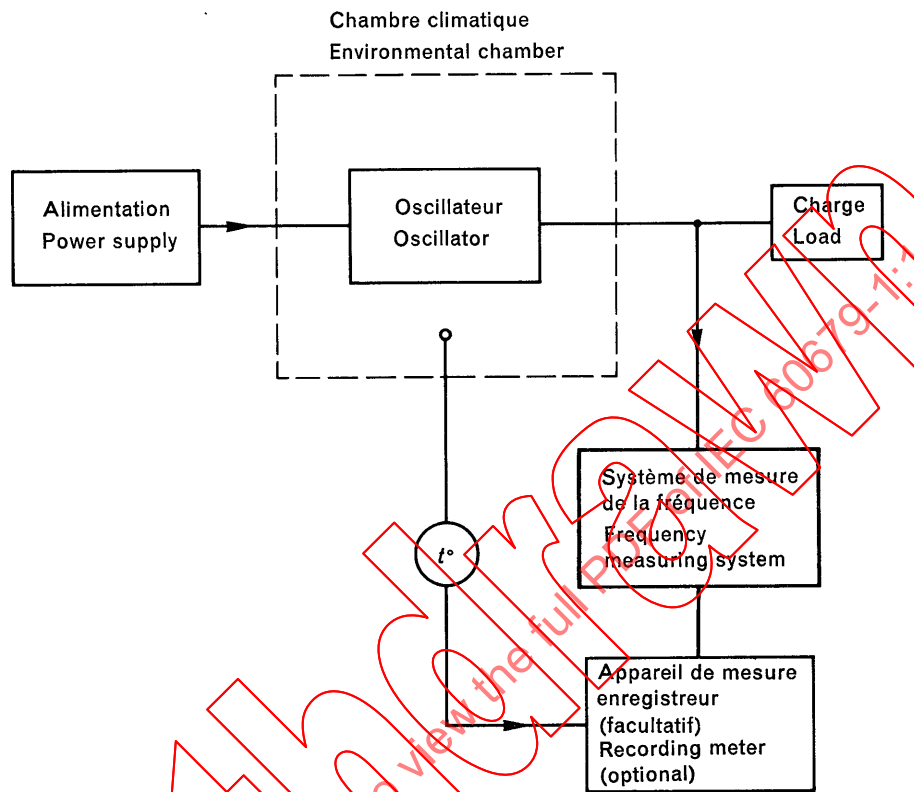
7a. — Méthode du compteur pour $\Delta F/F > 1 \times 10^{-7}$.
Counter method for $\Delta F/F > 1 \times 10^{-7}$.



287/80

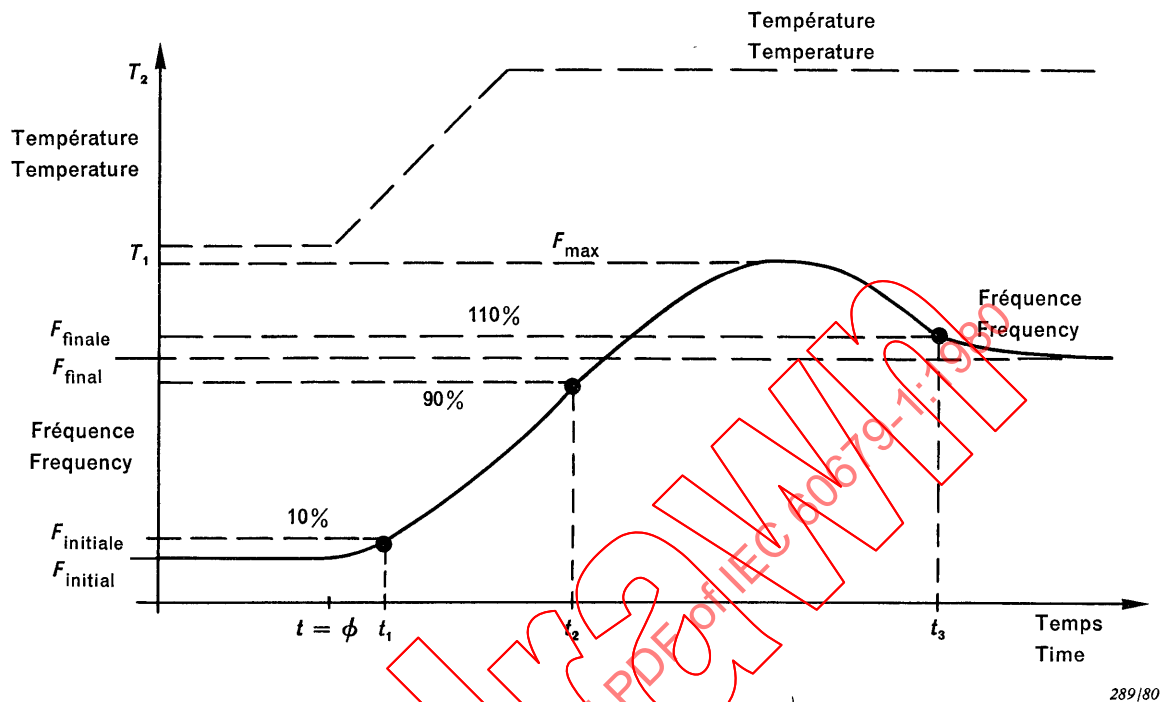
7b. — Méthode du compteur pour $\Delta F/F < 1 \times 10^{-7}$.
Counter method for $\Delta F/F < 1 \times 10^{-7}$.

FIG. 7. — Mesure de la fréquence de sortie de l'oscillateur.
Measurement of oscillator output frequency.



288/80

FIG. 8. — Mesure du comportement fréquence-température.
Measurement of frequency-temperature behaviour.



$t = \phi$ = fin du temps de stabilisation

t_1 = temps pour que la fréquence varie de 10% de l'augmentation constante

t_2 = temps pour que la fréquence varie de 90% de l'augmentation constante

t_3 = temps pour que la fréquence atteigne 110% de l'augmentation constante au cours de l'annulation du dépassement (dans le cas où le dépassement est supérieur à 10%)

$t = \phi$ = end of stabilization time

t_1 = time for frequency to change 10% of the steady-state increment

t_2 = time for frequency to change 90% of the steady-state increment

t_3 = time for frequency to reach 110% of the steady-state increment on the recovery from overshoot (in the case where overshoot is greater than 10%)

FIG. 9. — Comportement d'un oscillateur typique, provoqué par les transitoires thermiques.
Thermal transient behaviour of typical oscillator.

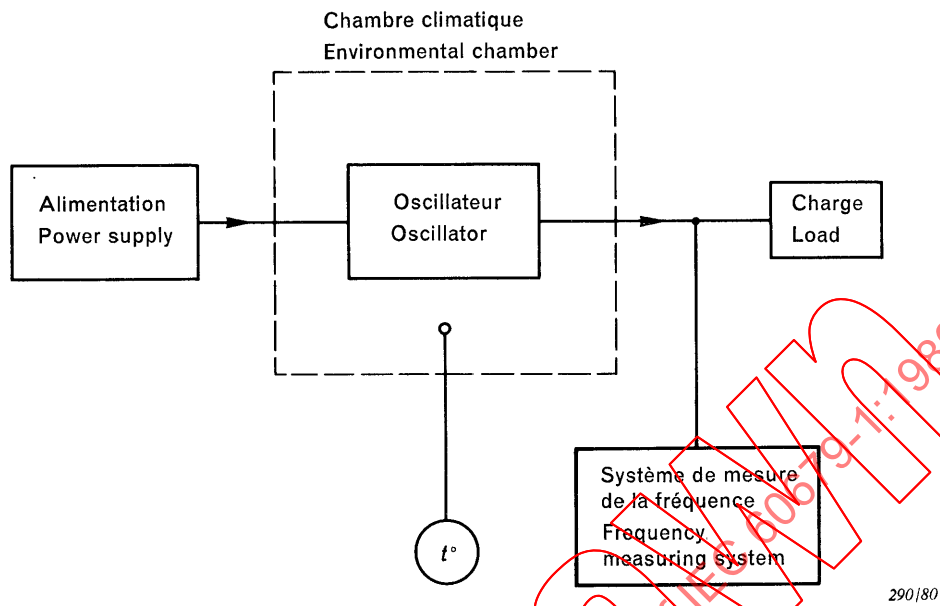


FIG. 10. — Mesure de la caractéristique de retraçabilité.
Measurement of retrace characteristic.

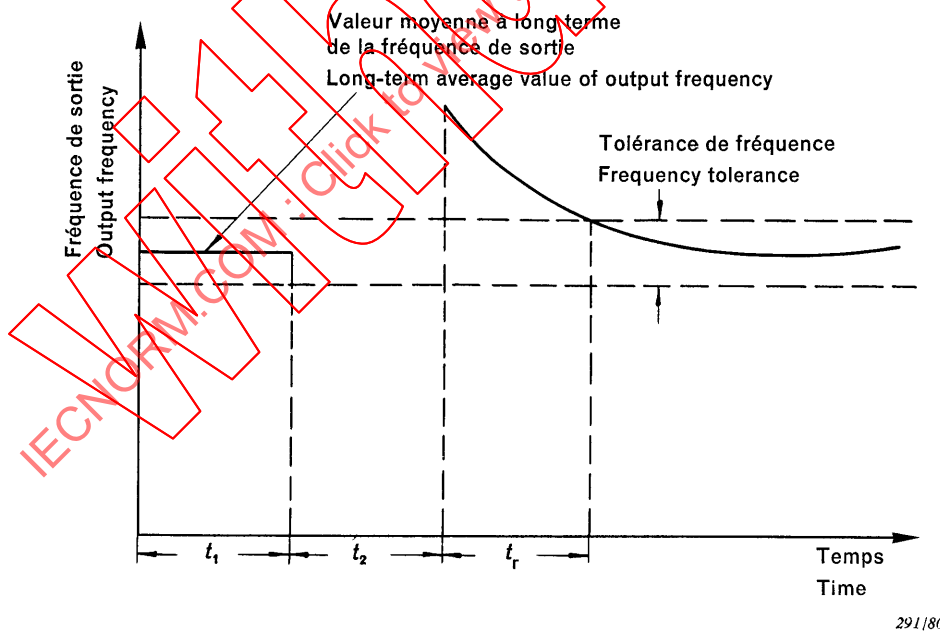
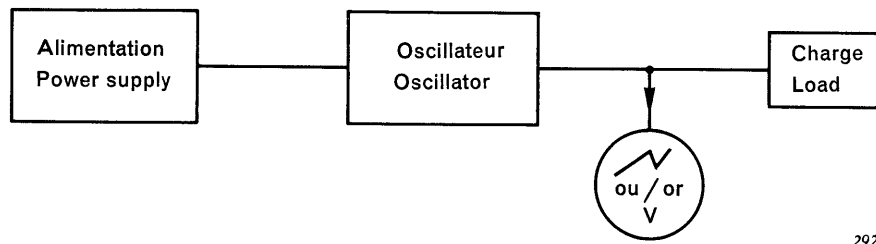
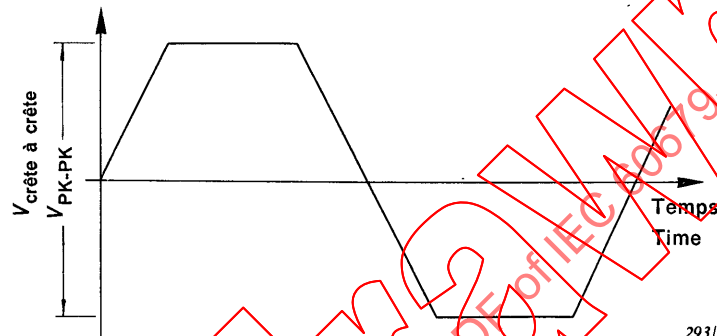


FIG. 11. — Exemple de caractéristique de retraçabilité.
Example of retrace characteristic.



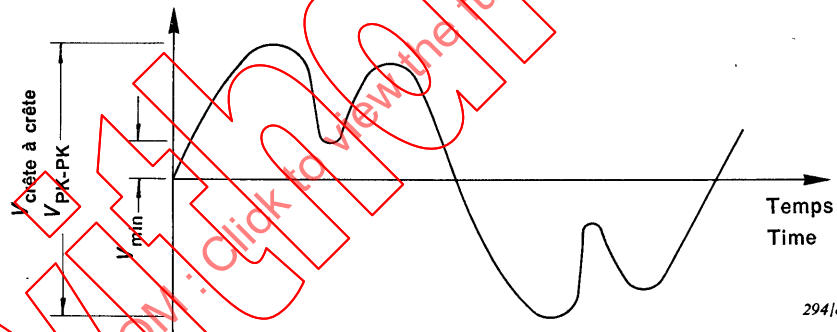
292/80

FIG. 12. — Méthode pour déterminer les caractéristiques de sortie.
Method for determining output characteristics.



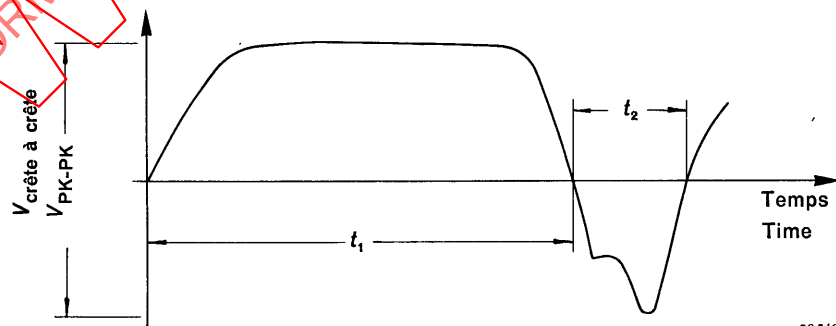
293/80

13a. — Symétrique.
Symmetrical.



294/80

13b. — Forte composante harmonique impaire.
Large odd harmonic content.



295/80

13c. — Forte composante harmonique paire.
Large even harmonic content.

FIG. 13. — Formes d'ondes de sortie non sinusoïdales.
Non-sinusoidal output waveforms.

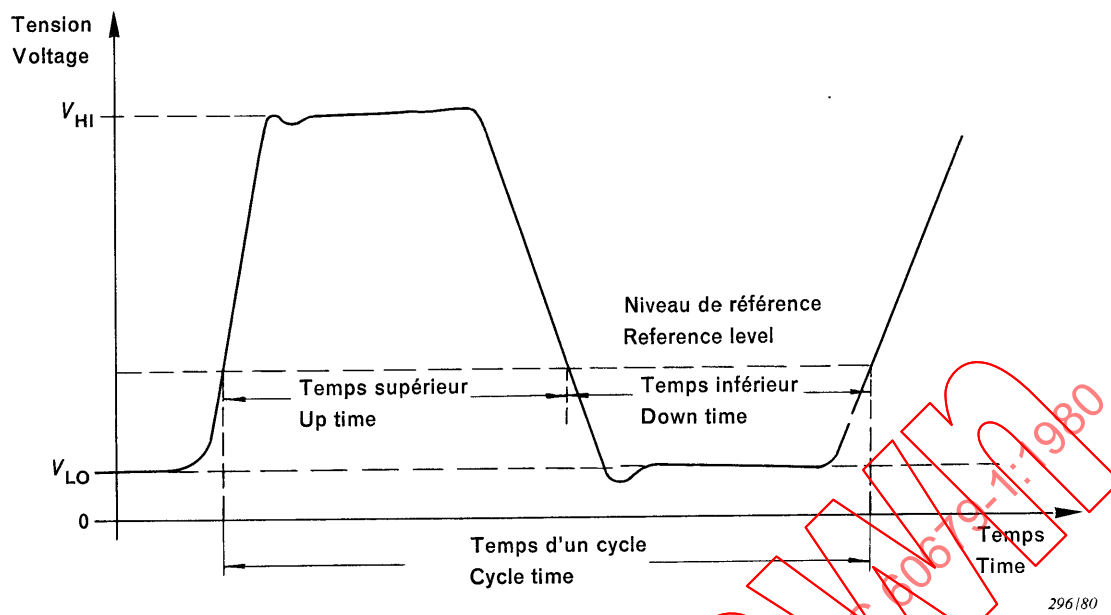


FIG. 14. — Forme d'onde de sortie logique (type TTL).
Logic output waveform (TTL Type).

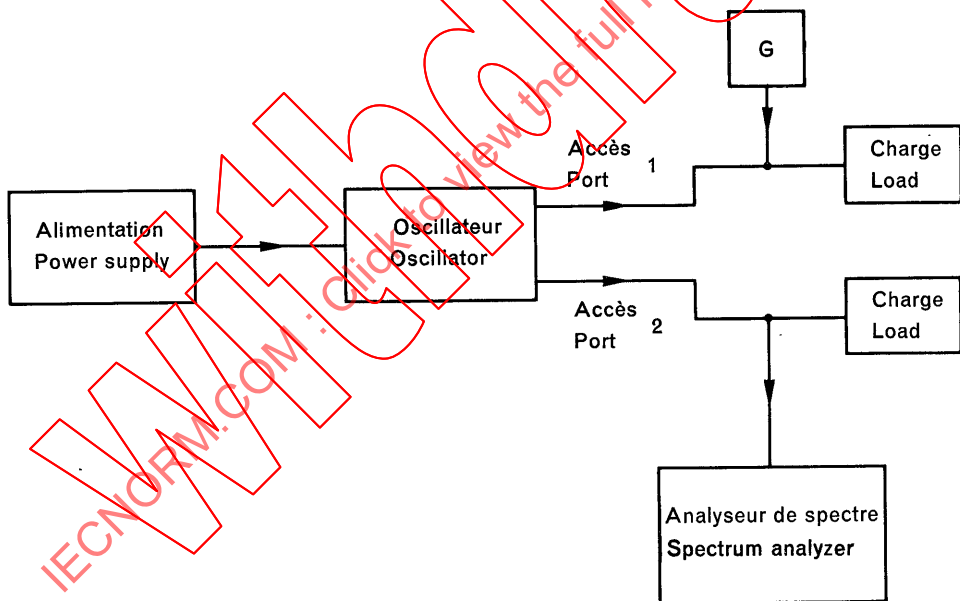
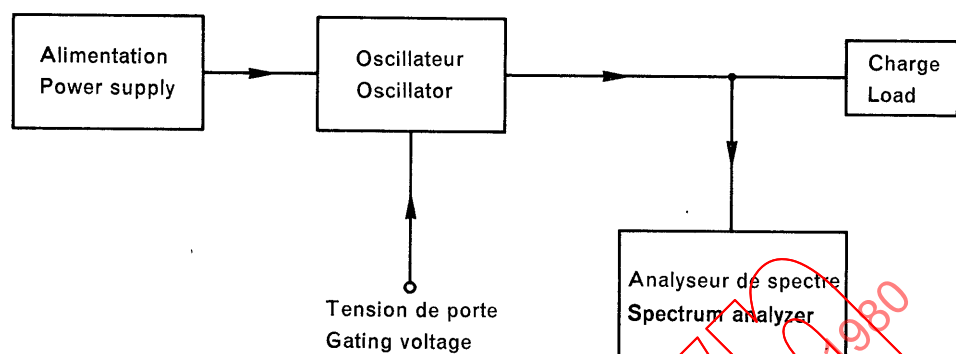
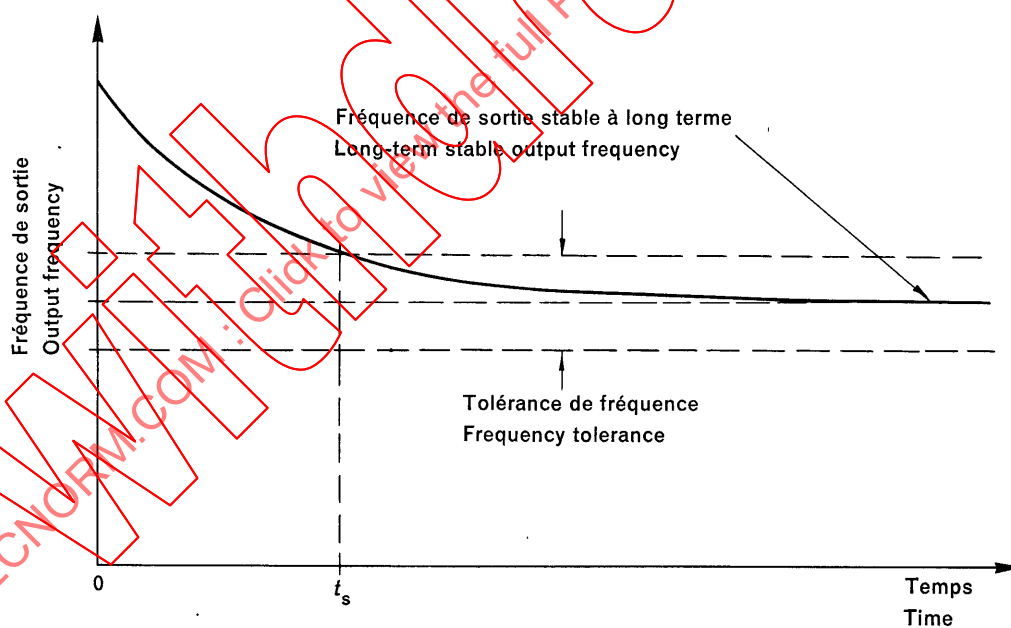


FIG. 15. — Détermination du couplage entre accès différents.
Determination of isolation between output ports.



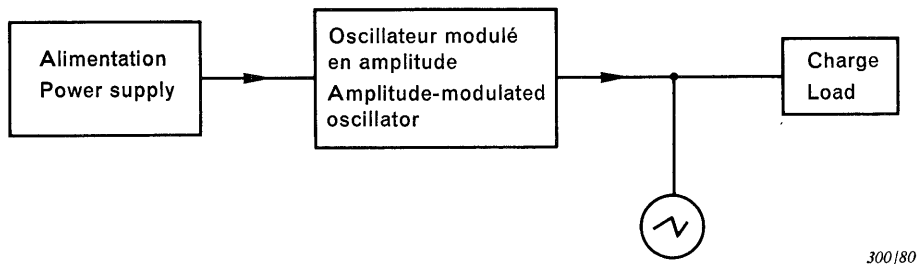
298/80

FIG. 16. — Méthode de mesure de l'efficacité de coupure d'un oscillateur à porte.
Method for measuring suppression of gated oscillator.



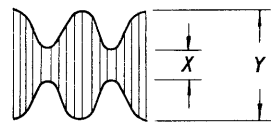
299/80

FIG. 17. — Caractéristique du temps de stabilisation d'un oscillateur typique.
Typical oscillator stabilization characteristic.



300/80

FIGURE 18a



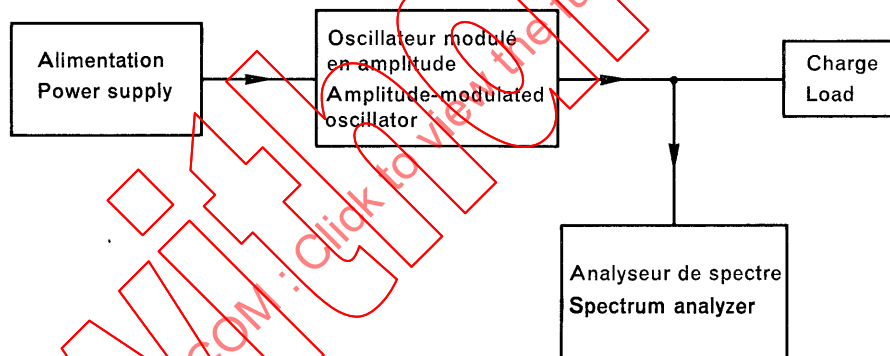
301/80

Taux de modulation
Modulation index

$$m = \frac{Y-X}{Y+X}; (m \geq 0,1).$$

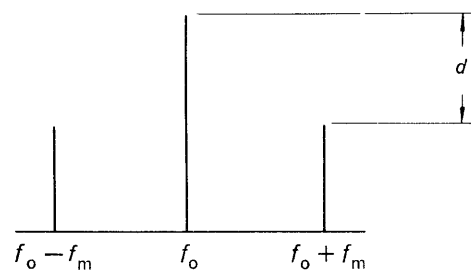
FIGURE 18b

FIG. 18. — Taux de modulation d'amplitude et sa mesure.
Amplitude modulation index and its measurement.



302/80

FIGURE 19a



303/80

FIGURE 19b

FIG. 19. — Bandes latérales de modulation d'amplitude et leur mesure.
A.M. sidebands and their measurements.

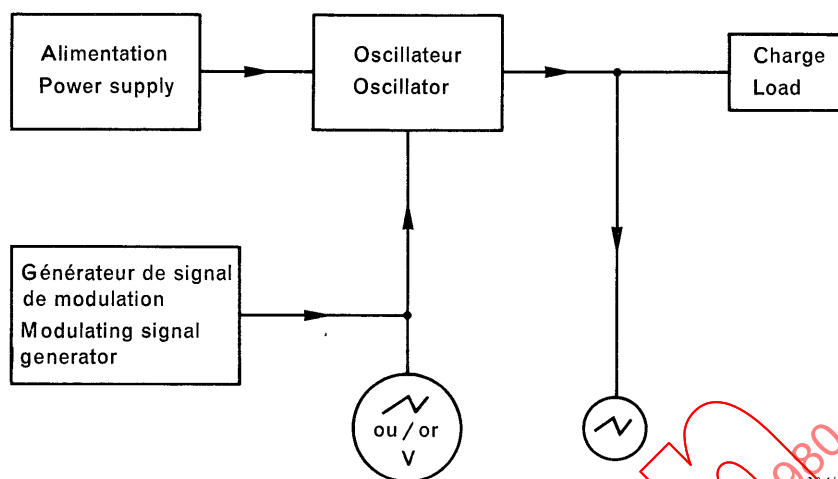


FIG. 20. — Mesure de la sensibilité de modulation d'amplitude.
Determination of a.m. sensitivity.

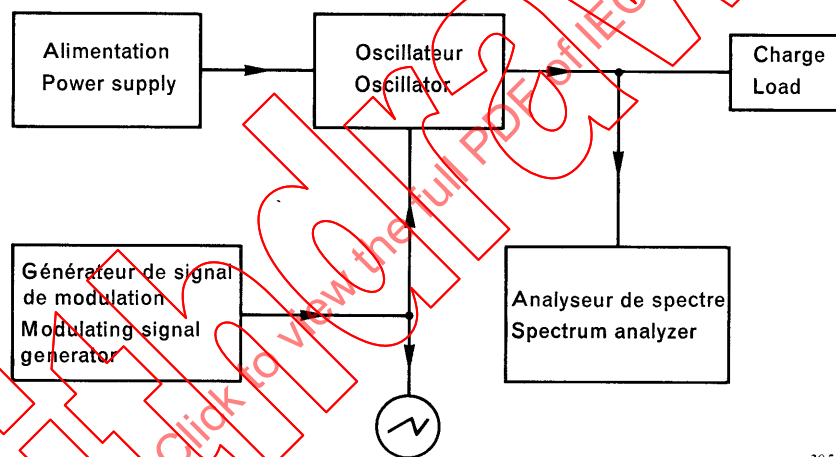


FIGURE 21a

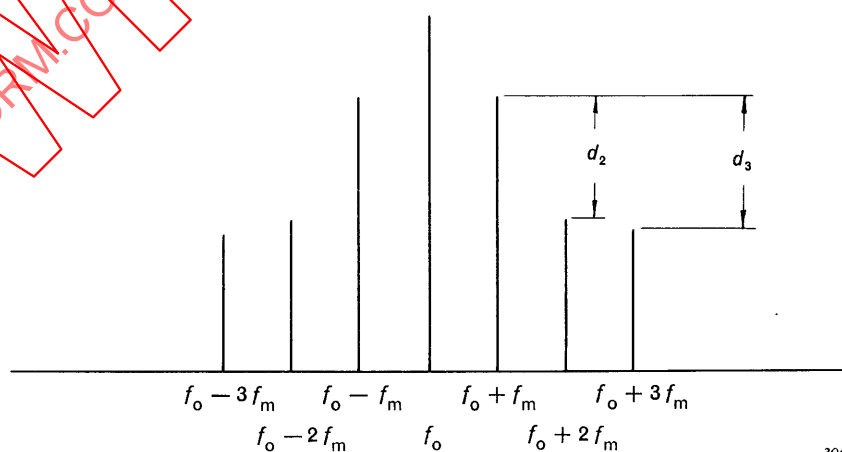


FIGURE 21b

FIG. 21. — Mesure de la distorsion de modulation d'amplitude et spectre résultant.
Measurement of a.m. distortion and resulting spectrum.