

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 122-1

Deuxième édition — Second edition

1976

Quartz pour le contrôle et la sélection de la fréquence

Première partie: Valeurs normalisées et conditions de mesures et d'essais

Quartz crystal units for frequency control and selection

Part 1: Standard values and test conditions



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 utilisée dans la présente publication

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

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

Autres publications 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 used in this publication

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

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

Other 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

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

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 122-1

Deuxième édition — Second edition

1976

Quartz pour le contrôle et la sélection de la fréquence

Première partie : Valeurs normalisées et conditions de mesures et d'essais

Quartz crystal units for frequency control and selection

Part 1 : Standard values and test conditions



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
 Articles	
CHAPITRE I: VALEURS NORMALISÉES	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Termes et définitions	6
3.1 Termes généraux	6
3.2 Propriétés électriques	8
3.3 Définitions relatives au quartz en fonctionnement	10
4. Gammes normalisées de températures de fonctionnement	14
5. Valeurs normalisées des capacités de charge	14
6. Niveaux d'excitation normalisés	14
7. Valeurs de fuites normalisées	16
8. Marquage	16
 CHAPITRE II: CONDITIONS DE MESURES ET D'ESSAIS	
9. Généralités	18
10. Conditions normales d'essais	18
11. Examen visuel	18
12. Mesures électriques	20
12.1 Mesure de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance	20
12.2 Valeur du facteur de surtension Q (à l'étude)	20
12.3 Fréquence de résonance et résistance de résonance en fonction du niveau d'excitation	20
12.4 Fréquence de résonance et résistance de résonance en fonction de la température	20
12.5 Réponse indésirable	22
12.6 Capacité parallèle des quartz destinés à la commande de la fréquence	22
12.7 Capacité parallèle et capacité répartie des quartz destinés à la sélection de la fréquence	22
12.8 Capacité dynamique	22
12.9 Inductance dynamique	22
12.10 Résistance d'isolement	22
12.11 Essais de vide pour les quartz en enveloppe de verre	24
12.12 Possibilité de réglage de la fréquence	24
13. Essais mécaniques et climatiques	24
13.1 Secousses	24
13.2 Chocs	24
13.3 Vibration	24
13.4 Accélération constante	26
13.5 Essai de traction sur les sorties	26
13.6 Souplesse des fils de sortie	26
13.7 Essai de pliage des broches (applicable uniquement aux broches avec gorge)	28
13.8 Étanchéité, essai A	28
13.9 Étanchéité, essai B	28
13.10 Soudabilité (seulement pour les quartz avec sorties à souder)	28
13.11 Chocs thermiques (pour les quartz en enveloppes de verre seulement)	28
13.12 Chaleur sèche	30
13.13 Chaleur humide, premier cycle	30
13.14 Froid sec	30
13.15 Chaleur humide, cycles restants	30
13.16 Chaleur humide, essai de longue durée	30
13.17 Vieillessement	32
13.18 Chocs thermiques, essai dans l'air	32
ANNEXE A — Programme des essais de type	34
FIGURES	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
 Clause	
CHAPTER I: STANDARD VALUES	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Terms and definitions	7
3.1 General terms	7
3.2 Electrical properties	9
3.3 Operational properties	11
4. Standard operating temperature ranges	15
5. Standard values of load capacitance	15
6. Standard levels of drive	15
7. Standard values of leak rate	17
8. Marking	17
 CHAPTER II: TEST CONDITIONS	
9. General	19
10. Standard conditions for testing	19
11. Visual examination	19
12. Electrical tests	21
12.1 Measurement of resonance frequency and resonance resistance	21
12.1 Crystal <i>Q</i> -value (<i>under consideration</i>)	21
12.3 Resonance frequency and resonance resistance as a function of drive level	21
12.4 Resonance frequency and resonance resistance as a function of temperature	21
12.5 Unwanted response	23
12.6 Parallel capacitance of crystal units for frequency control	23
12.7 Parallel and distributed capacitance of crystal units for frequency selection	23
12.8 Motional capacitance	23
12.9 Motional inductance	23
12.10 Insulation resistance	23
12.11 Vacuum test for evacuated crystal units (glass enclosure types)	25
12.12 Frequency trimmability	25
13. Mechanical and climatic tests	25
13.1 Bumping	25
13.2 Shock	25
13.3 Vibration	25
13.4 Acceleration, steady state	27
13.5 Tensile strength of terminations	27
13.6 Flexibility of wire terminations	27
13.7 Bend test on pin terminations (applicable to undercut pins only)	29
13.8 Sealing, Test A	29
13.9 Sealing, Test B	29
13.10 Soldering (for crystal units with terminations intended for soldering only)	29
13.11 Thermal shock (glass enclosures only)	29
13.12 Dry heat	31
13.13 Damp heat, first cycle	31
13.14 Dry cold	31
13.15 Damp heat, remaining cycles	31
13.16 Damp heat, long-term exposure	31
13.17 Ageing	33
13.18 Thermal shock, air	33
APPENDIX A — Test schedule for type-tests	35
FIGURES	38

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

QUARTZ POUR LE CONTRÔLE ET LA SÉLECTION DE LA FRÉQUENCE

Première partie : Valeurs normalisées et conditions de mesures et d'essais

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 constitue la deuxième édition de la Publication 122 de la CEI.

Elle forme la première partie qui comprend les chapitres I et II de la norme de la CEI concernant les quartz pour le contrôle et la sélection de la fréquence.

La deuxième partie, comprenant le chapitre III: Guide d'emploi des quartz pour le contrôle et la sélection de la fréquence, paraîtra comme Publication 122-2 de la CEI.

La troisième partie, comprenant le chapitre IV: Encombrements normalisés, le chapitre V: Connexions des broches, et le chapitre VI: Feuilles particulières pour les quartz utilisés dans les filtres à quartz, paraîtra comme Publication 122-3 de la CEI.

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Paris en 1971. A la suite de cette réunion, un projet révisé, document 49(Bureau Central)76, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1973.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Israël	Suisse
Australie	Italie	Turquie
Belgique	Japon	Union des Républiques
Canada	Pays-Bas	Socialistes Soviétiques
Danemark	Roumanie	Yougoslavie
Etats-Unis d'Amérique	Suède	

La France et le Royaume-Uni ont voté contre l'approbation.

Des modifications, document 49(Bureau Central)82, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure de Deux Mois en octobre 1974.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Australie	France	Suisse
Belgique	Hongrie	Turquie
Canada	Pays-Bas	Yougoslavie
Danemark	Pologne	
Etats-Unis d'Amérique	Suède	

Le Royaume-Uni a voté contre l'approbation.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme :

Publications n°s 68: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.

283: Méthodes pour la mesure de fréquence et de résistance équivalente des fréquences indésirables des quartz pour filtres.

302: Définitions normalisées et méthodes de mesures pour les résonateurs piézoélectriques de fréquences inférieures à 30 MHz.

444: Méthode fondamentale pour la mesure de la fréquence de résonance et de la résistance série équivalente des quartz piézoélectriques par la technique de phase nulle dans le circuit en π .

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

QUARTZ CRYSTAL UNITS FOR FREQUENCY CONTROL AND SELECTION

Part 1: Standard values and test conditions

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 constitutes the second edition of IEC Publication 122.

It forms Part 1 which contains Chapters I and II of the IEC standard for quartz crystal units for frequency control and selection.

Part 2, containing Chapter III, Guide to the Use of Quartz Crystal Units for Frequency Control and Selection, will be issued as IEC Publication 122-2.

Part 3, containing Chapter IV, Standard Outlines, Chapter V, Pin Connections, and Chapter VI, Article Sheets for Quartz Crystal Units for Use in Crystal Filters, will be issued as IEC Publication 122-3.

A draft was discussed at the meeting held in Paris in 1971. As a result of this meeting, a revised draft, Document 49(Central Office)76, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Italy	Turkey
Belgium	Japan	Union of Soviet
Canada	Netherlands	Socialist Republics
Denmark	Romania	United States of America
Germany	Sweden	Yugoslavia
Israel	Switzerland	

France and the United Kingdom voted against approval.

Amendments, Document 49(Central Office)82, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in October 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Hungary	Turkey
Belgium	Netherlands	United States of America
Canada	Poland	Yugoslavia
Denmark	Sweden	
France	Switzerland	

The United Kingdom voted against approval.

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 68: Basic Environmental Testing Procedures.

283: Methods for the Measurement of Frequency and Equivalent Resistance of Unwanted Resonances of Filter Crystal Units.

302: Standard Definitions and Methods of Measurement for Piezoelectric Vibrators Operating over the Frequency Range up to 30 MHz.

444: Basic Method for the Measurement of Resonance Frequency and Equivalent Series Resistance of Quartz Crystal Units by Zero Phase Technique in a π -network.

QUARTZ POUR LE CONTRÔLE ET LA SÉLECTION DE LA FRÉQUENCE

Première partie : Valeurs normalisées et conditions de mesures et d'essais

CHAPITRE I : VALEURS NORMALISÉES

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux résonateurs dits quartz, fabriqués à partir de quartz soit naturel soit synthétique.

Elle doit être utilisée conjointement avec la Publication 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, la Publication 283 de la CEI: Méthodes pour la mesure de fréquence et de résistance équivalente des fréquences indésirables des quartz pour filtres, la Publication 302 de la CEI: Définitions normalisées et méthodes de mesures pour les résonateurs piézoélectriques de fréquences inférieures à 30 MHz et la Publication 444: Méthode fondamentale pour la mesure de la fréquence de résonance et de la résistance série équivalente des quartz piézoélectriques par la technique de phase nulle dans le circuit en π .

La présente norme donne des informations générales et spécifie les méthodes de mesures et d'essais communes à tous les types de quartz pour le contrôle et la sélection de fréquence. L'application des essais à chaque type de quartz et les exigences spécifiques associées à chaque essai figureront dans la feuille particulière relative à ce type.

2. Objet

Etablir des règles uniformes pour l'appréciation des propriétés mécaniques, électriques et climatiques des quartz, décrire les méthodes de mesures et d'essais et donner des termes, des définitions et des valeurs normalisées.

3. Termes et définitions

3.1 Termes généraux

3.1.1 Coupe du cristal

Orientation du cristal par rapport aux axes cristallographiques du cristal.

3.1.2 Cristal *

Matière piézoélectrique taillée selon une forme géométrique, des dimensions et une orientation données par rapport aux axes cristallographiques du cristal.

3.1.3 Electrode

Plaque ou film électriquement conducteur en contact avec, ou à proximité d'un cristal, permettant d'appliquer à ce cristal un champ électrique.

3.1.4 Résonateur à cristal

Cristal monté avec ses électrodes.

3.1.5 Quartz

Résonateur à cristal monté dans une enveloppe.

* Pour le cristal non terminé, on utilise certains termes tels que: ébauche, lame ou barreau.

QUARTZ CRYSTAL UNITS FOR FREQUENCY CONTROL AND SELECTION

Part 1: Standard values and test conditions

CHAPTER I: STANDARD VALUES

1. Scope

This standard relates to crystal units fabricated from either natural or synthetic quartz.

It shall be used in conjunction with IEC Publication 68, Basic Environmental Testing Procedures; IEC Publication 283, Methods for the Measurement of Frequency and Equivalent Resistance of Unwanted Resonances of Filter Crystal Units; IEC Publication 302, Standard Definitions and Methods of Measurement for Piezoelectric Vibrators Operating over the Frequency Range up to 30 MHz, and IEC Publication 444, Basic Method for the Measurement of Resonance Frequency and Equivalent Series Resistance of Quartz Crystal Units by Zero Phase Technique in a π -network.

This standard gives general information and specifies general methods of test common to all types of quartz crystal units for frequency control and selection. The applicability of the tests to each type of crystal unit and the specific requirements for each test will be given in the article sheet relating to that type.

2. Object

To establish uniform conditions for assessing the mechanical, electrical and climatic properties of quartz crystal units, to describe test methods and to give terms, definitions and standard values.

3. Terms and definitions

3.1 General terms

3.1.1 Crystal cut

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

3.1.2 Crystal element *

Piezoelectric material cut to a given geometric shape, size and orientation with respect to the crystallographic axes of the crystal.

3.1.3 Electrode

An electrically conductive plate or film in contact with, or in proximity to, a face of a crystal element, by means of which an electric field is applied to the element.

3.1.4 Crystal vibrator

A mounted crystal element with electrodes.

3.1.5 Crystal unit

A crystal vibrator mounted in an enclosure.

* For incompletely finished elements, a number of terms are in use, such as blank, plate, wafer and bar.

3.1.6 *Quartz multiple*

Deux résonateurs ou plus, montés dans le même ensemble.

Note. — Dans ce cas, chaque résonateur doit être considéré séparément pour les mesures.

3.1.7 *Système de monture*

Moyens par lesquels le résonateur à quartz est maintenu.

3.1.8 *Quartz métallisé*

Résonateur à cristal dont les électrodes sont constituées d'un film mince et conducteur, déposé sur les faces appropriées du cristal.

3.1.9 *Mode de vibration*

Configuration du mouvement des particules élémentaires dans un corps vibrant, résultant des contraintes appliquées à ce corps, de la fréquence de l'oscillation et des conditions aux limites. Les modes de vibration les plus courants sont :

- a) mode de flexion;
- b) mode d'extension;
- c) mode de cisaillement plan;
- d) mode de cisaillement d'épaisseur.

3.1.10 *Quartz fonctionnant sur fondamental*

Quartz dans lequel le résonateur est conçu pour fonctionner à la plus basse fréquence d'un mode de vibration donné.

3.1.11 *Quartz fonctionnant sur partiel*

Quartz dans lequel le résonateur est conçu pour fonctionner sur un ordre plus haut que le fondamental du mode de vibration donné.

3.1.12 *Ordre d'un partiel*

Rang des partiels successifs d'un mode de vibration donné dans l'ordre des fréquences croissantes en commençant par un pour le mode fondamental. Pour le mode de cisaillement et le mode d'extension, l'ordre d'un partiel est égal au quotient de la fréquence du partiel par la fréquence fondamentale, arrondi à l'entier le plus voisin.

3.1.13 *Enveloppe pour quartz*

Enveloppe assurant la protection du (des) résonateur(s) et du système de monture.

3.1.14 *Support de quartz*

Composant dans lequel le quartz est enfiché et qui assure sa fixation et ses connexions électriques.

3.2 *Propriétés électriques*

3.2.1 *Circuit équivalent d'un quartz*

Circuit électrique de même impédance que le quartz au voisinage le plus proche de la fréquence de résonance. Il est généralement représenté par une inductance, une capacité et une résistance en série, cette branche série étant shuntée par une capacité entre les bornes du quartz. Les paramètres de cette branche série, constituée par l'inductance, la capacité et la résistance, sont habituellement donnés par L_1 , C_1 et R_1 respectivement. La capacité parallèle est exprimée par C_0 (voir la figure 1, page 38).

Note. — Les fréquences critiques qui ont lieu au voisinage de la fréquence de résonance ne peuvent être totalement définies qu'en considérant la résistance et la réactance du quartz comme une fonction de la fréquence, et à partir des diagrammes d'impédance et d'admittance décrits dans la Publication 302 de la CEI à laquelle il faut se reporter.

3.1.6 *Multiple crystal unit*

Two or more vibrators mounted in a unit.

Note. — In this case, each vibrator shall be considered separately for measurement purposes.

3.1.7 *Mounting system*

The means by which the crystal vibrator is supported.

3.1.8 *Plated crystal unit*

A crystal vibrator in which the electrodes consist of thin conducting films, deposited on appropriate faces of the crystal element.

3.1.9 *Mode of vibration*

The pattern of motion in a vibrating body for the individual particles resulting from stresses applied to the body, the frequency of oscillation and the boundary conditions existing. The most common modes of vibration are:

- a) flexural;
- b) extensional;
- c) face shear;
- d) thickness shear.

3.1.10 *Fundamental crystal unit*

A crystal unit in which the vibrator is designed to operate at the lowest order of a given mode of vibration.

3.1.11 *Overtone crystal unit*

A crystal unit in which the vibrator is designed to operate at a higher order than the lowest of the given mode of vibration.

3.1.12 *Overtone order*

The numbers allotted to the successive overtones of a given mode of vibration from the ascending series of integral numbers commencing with the fundamental as unity. For shear and extension modes, this overtone order is the integral multiple of the fundamental frequency to which the overtone frequency approximates.

3.1.13 *Crystal enclosure*

The enclosure protecting the crystal vibrator(s) and mounting system.

3.1.14 *Crystal unit socket*

A component into which the crystal unit is inserted to hold the crystal unit and to provide electrical connection.

3.2 *Electrical properties*

3.2.1 *Crystal unit equivalent circuit*

The electrical circuit which has the same impedance as the unit in the immediate neighbourhood of resonance. It is usually represented by an inductance, capacitance and resistance in series, this series arm being shunted by the capacitance between the terminals of the unit. The parameters of the series branch of inductance, capacitance and resistance are usually given by L_1 , C_1 and R_1 respectively. The parallel capacitance is given by C_0 (see Figure 1, page 38).

Note. — The critical frequencies which occur in the neighbourhood of resonance can only be completely defined by considering the resistance and reactance of the crystal unit as a function of frequency and from the impedance and admittance diagrams as described in IEC Publication 302, to which reference should be made.

3.2.2 Fréquence de résonance f_r

La plus basse des deux fréquences du quartz seul, dans des conditions spécifiées, pour laquelle le quartz est équivalent à une résistance pure.

3.2.3 Fréquence d'antirésonance f_a

La plus haute des deux fréquences du quartz seul, dans des conditions spécifiées, pour laquelle le quartz est équivalent à une résistance pure.

3.2.4 Fréquence de résonance à la charge f_L

Une des deux fréquences du quartz associé à une capacité de charge série ou parallèle, dans des conditions spécifiées, pour laquelle la combinaison est équivalente à une résistance pure.

Cette fréquence est la plus basse des deux fréquences lorsque la capacité de charge est en série et la plus haute lorsqu'elle est en parallèle (voir la figure 2, page 39).

Pour la valeur spécifiée de la capacité de charge (C_L), ces fréquences sont identiques pour toutes les applications pratiques et sont données par :

$$\frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{L_1 C_1 (C_0 + C_L)}{C_1 + C_0 + C_L}}$$

Note. — Les fréquences définies aux paragraphes 3.2.2, 3.2.3 et 3.2.4 sont données comme les termes les plus utilisés habituellement. Il y a beaucoup d'autres fréquences associées aux quartz et pour en obtenir une explication complète, il convient de consulter la Publication 302 de la CEI.

On doit consulter les Publications 302 et 444 de la CEI lorsque des précisions plus grandes sont exigées ou lorsque des données secondaires doivent être dérivées des mesures de la fréquence (par exemple, les valeurs des paramètres motionnels d'un quartz).

3.3 Définitions relatives au quartz en fonctionnement

3.3.1 Fréquence nominale

Fréquence prescrite par la spécification du quartz.

3.3.2 Fréquence de fonctionnement f_w

Fréquence de fonctionnement d'un quartz avec ses circuits associés.

3.3.3 Tolérances de fréquence

3.3.3.1 Tolérance totale

Ecart maximal admissible entre la fréquence de fonctionnement du quartz et sa fréquence nominale produit par une cause déterminée ou par une combinaison de causes.

3.3.3.2 Tolérance d'ajustage

Ecart admissible de la fréquence nominale à la température de référence dans des conditions spécifiées.

3.3.3.3 Tolérance de vieillissement

Ecart admissible dû au seul écoulement de temps dans des conditions spécifiées.

3.3.3.4 Tolérance dans la gamme de températures

Ecart admissible de la fréquence dans la gamme de températures mesuré à partir de la fréquence à la température de référence spécifiée.

3.3.3.5 Tolérance due à la variation du niveau d'excitation

Ecart admissible dû à la variation du niveau d'excitation.

3.2.2 Resonance frequency f_r

The lower of the two frequencies of the crystal unit alone, under specified conditions, at which the electrical impedance of the crystal unit is resistive.

3.2.3 Anti-resonance frequency f_a

The higher of the two frequencies of a crystal unit alone, under specified conditions, at which the electrical impedance of the crystal unit is resistive.

3.2.4 Load resonance frequency f_L

One of the two frequencies of a crystal unit in association with a series or with a parallel load capacitance, under specified conditions, at which the electrical impedance of the combination is resistive.

This frequency is the lower of the two frequencies when the load capacitance is in series and the higher when it is in parallel (see Figure 2, page 39).

For a given value of load capacitance (C_L), these frequencies are identical for all practical purposes and given by:

$$\frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{L_1 C_1 (C_o + C_L)}{C_1 + C_o + C_L}}$$

Note. — The frequencies defined in Sub-clauses 3.2.2, 3.2.3 and 3.2.4 are listed as being the terms more commonly used. The frequencies associated with a quartz crystal are numerous and for a full explanation, IEC Publication 302 should be consulted.

When higher accuracies are required or secondary data (e.g. values of crystal unit motional parameters) are to be derived from the frequency measurements, then IEC Publications 302 and 444 should be consulted.

3.3 Operational properties

3.3.1 Nominal frequency

The frequency assigned by the specification of the crystal unit.

3.3.2 Working frequency f_w

The operational frequency of the crystal unit together with its associated circuits.

3.3.3 Frequency tolerances

3.3.3.1 Overall tolerance

The maximum permissible deviation of the working frequency from nominal frequency due to a specific cause or a combination of causes.

3.3.3.2 Adjustment tolerance

The permissible deviation from the nominal frequency at the reference temperature under specified conditions.

3.3.3.3 Ageing tolerance

The permissible deviation due to time under specified conditions.

3.3.3.4 Tolerance over the temperature range

The permissible deviation over the temperature range with respect to the frequency at the specified reference temperature.

3.3.3.5 Tolerance due to level of drive variation

The permissible deviation due to the variation of level of drive.

3.3.4 Gamme de températures de fonctionnement

Gamme de températures mesurées sur l'enveloppe dans laquelle le quartz doit satisfaire aux tolérances spécifiées.

3.3.5 Gamme de températures de service

Gamme de températures mesurées sur l'enveloppe dans laquelle le quartz doit pouvoir fonctionner, mais pas nécessairement dans les tolérances spécifiées.

3.3.6 Température de référence

Température à laquelle certaines mesures sont faites sur le quartz. Pour les quartz à températures contrôlées, la température de référence est le point milieu de la gamme de températures contrôlées. Pour les quartz à températures non contrôlées, la température de référence est habituellement $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

3.3.7 Résistance de résonance R

Résistance du quartz seul à la fréquence de résonance f_r .

3.3.8 Résistance de résonance à la charge R_L

Résistance du quartz en série avec une capacité externe donnée à la fréquence de résonance à la charge f_L .

Note. — La valeur de R_L est liée à la valeur de R par l'expression suivante:

$$R_L = R \left(1 + \frac{C_o}{C_L} \right)^2$$

3.3.9 Niveau d'excitation

Mesure des conditions de fonctionnement imposées au quartz s'exprimant par la puissance dissipée.

Note. — Dans les cas spéciaux, le niveau d'excitation peut être exprimé par le courant dans le quartz ou la tension aux bornes du quartz.

3.3.10 Réponse indésirable

Fréquence de résonance d'un résonateur à cristal autre que la fréquence associée à la fréquence de fonctionnement.

3.3.11 Capacité de charge C_L

Capacité externe effective associée au quartz qui conditionne la fréquence de résonance à la charge f_L .

3.3.12 Vieillessement (variation à long terme des paramètres)

Relation qui existe entre des paramètres quelconques (par exemple, fréquence de résonance) et le temps.

Note. — Cette variation des paramètres est due aux modifications à long terme dans le quartz et est habituellement exprimée sous forme fractionnaire pour un laps de temps donné.

3.3.13 Capacité dynamique C_1

Capacité du bras dynamique motionnel (série) du circuit équivalent.

3.3.14 Inductance dynamique L_1

Inductance du bras dynamique (série) du circuit équivalent.

3.3.4 Operating temperature range

The range of temperatures as measured on the enclosure over which the crystal unit must function within the specified tolerances.

3.3.5 Operable temperature range

The range of temperatures as measured on the enclosure over which the crystal unit must function though not necessarily within the specified tolerances.

3.3.6 Reference temperature

The temperature at which certain crystal measurements are made. For controlled temperature units, the reference temperature is the mid-point of the controlled temperature range. For non-controlled temperature units, the reference temperature is normally $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

3.3.7 Resonance resistance R

The resistance of the crystal unit alone at the resonance frequency f_r .

3.3.8 Load resonance resistance R_L

The resistance of the crystal unit in series with a stated external capacitance at the load resonance frequency f_L .

Note. — The value of R_L is related to the value of R by the following expression:

$$R_L = R \left(1 + \frac{C_0^2}{C_L} \right)$$

3.3.9 Level of drive

A measure of the conditions imposed upon the crystal unit expressed in terms of power dissipated.

Note. — In special cases, the level of drive may be specified in terms of crystal current or voltage.

3.3.10 Unwanted response

A state of resonance of a crystal vibrator other than that associated with the working frequency.

3.3.11 Load capacitance C_L

The effective external capacitance associated with the crystal unit which determines the load resonance frequency f_L .

3.3.12 Ageing (long-term parameter variation)

The relation which exists between any parameter (e.g. resonance frequency) and time.

Note. — Such parameter variation is due to long-term changes in the crystal unit and is usually expressed in fractional parts per period of time.

3.3.13 Motional capacitance C_1

The capacitance of the motional (series) arm of the equivalent circuit.

3.3.14 Motional inductance L_1

The inductance in the motional (series) arm of the equivalent circuit.

4. Gammes normalisées de températures de fonctionnement

Les gammes normalisées de températures de fonctionnement sont:

Gammes étroites:

50 ± 5 °C	50 ± 1 °C
55 ± 5 °C	55 ± 1 °C
60 ± 5 °C	60 ± 1 °C
65 ± 5 °C	65 ± 1 °C
70 ± 5 °C	70 ± 1 °C
70 ± 8/5 °C	
75 ± 5 °C	75 ± 1 °C
80 ± 5 °C	80 ± 1 °C
85 ± 5 °C	85 ± 1 °C

Gammes larges:

+15 à +45 °C	−30 à + 60 °C
0 à +45 °C	−30 à + 80 °C
0 à +50 °C	−40 à + 70 °C
0 à +60 °C	−50 à + 80 °C
−10 à +60 °C	−55 à + 90 °C
−15 à +45 °C	−55 à +105 °C
−20 à +70 °C	−60 à + 90 °C
−25 à +55 °C	−60 à +105 °C

Note. — Il est suggéré que, si l'on envisage des additions ou des modifications aux gammes de températures ci-dessus, les températures qui figurent dans la Publication 68 de la CEI soient prises en considération par priorité.

5. Valeurs normalisées des capacités de charge

5.1 Les valeurs normalisées des capacités de charge pour les quartz fonctionnant sur le mode fondamental sont:

20 pF
30 pF
50 pF
100 pF

Notes 1. — La tolérance sur la capacité de charge doit être celle qui ne fait pas varier la fréquence de plus de 10% de la tolérance de fréquence, à la température de référence, ou 1% de la valeur nominale de la capacité de charge, la plus petite de ces deux tolérances étant applicable.

2. — Dans certains pays, la valeur de 32 pF est encore utilisée, mais elle ne doit pas être considérée comme valeur normalisée et son utilisation est désapprouvée.

5.2 Les quartz fonctionnant sur le mode partiel sont souvent utilisés à la résonance série. Dans les cas où une capacité de charge est utilisée, sa valeur doit être choisie parmi les valeurs suivantes:

8 pF, 12 pF, 15 pF, 20 pF, 30 pF.

Note. — La tolérance sur la capacité de charge doit être celle qui ne fait pas varier la fréquence de plus de 10% de la tolérance de fréquence, à la température de référence, ou 1% de la valeur nominale de la capacité de charge, la plus petite de ces deux tolérances étant applicable.

6. Niveaux d'excitation normalisés

Les valeurs normalisées de niveaux d'excitation sont:

2 mW, 1 mW, 0,5 mW, 0,2 mW, 0,1 mW, 0,05 mW, 0,02 mW, 0,01 mW, 0,001 mW, 0,0001 mW.

Toutes avec une tolérance de ±20%, sauf spécification contraire dans la feuille particulière.

Note. — Provisoirement, lorsque des valeurs plus élevées sont exigées à des fins de remplacement, celles de 10 mW, 5 mW et 4 mW peuvent être utilisées, mais il doit être clairement indiqué qu'elles ne sont pas préférentielles.

4. Standard operating temperature ranges

The standard operating temperature ranges are:

Narrow ranges:

50 ± 5 °C	50 ± 1 °C
55 ± 5 °C	55 ± 1 °C
60 ± 5 °C	60 ± 1 °C
65 ± 5 °C	65 ± 1 °C
70 ± 5 °C	70 ± 1 °C
70 ± $\frac{8}{5}$ °C	
75 ± 5 °C	75 ± 1 °C
80 ± 5 °C	80 ± 1 °C
85 ± 5 °C	85 ± 1 °C

Wide ranges:

+15 to +45 °C	−30 to + 60 °C
0 to +45 °C	−30 to + 80 °C
0 to +50 °C	−40 to + 70 °C
0 to +60 °C	−50 to + 80 °C
−10 to +60 °C	−55 to + 90 °C
−15 to +45 °C	−55 to +105 °C
−20 to +70 °C	−60 to + 90 °C
−25 to +55 °C	−60 to +105 °C

Note. — It is suggested that when considering additions or modifications to the above temperature ranges, the temperatures listed in IEC Publication 68 should be considered first.

5. Standard values of load capacitance

5.1 The standard values of load capacitance for crystal units operating at the fundamental frequency of the mode are:

20 pF
30 pF
50 pF
100 pF

Notes 1. — The tolerance on the load capacitance should be that value which results in a frequency change not exceeding 10% of the frequency tolerance at the reference temperature or 1% of the nominal load capacitance, whichever is smaller.

2. — In some countries, 32 pF is still in use, but this value should not be considered as a standard value and its use is deprecated.

5.2 Overtone crystals are often operated at series resonance. Where a load capacitance is used, it should be chosen from the list of standard values below:

8 pF, 12 pF, 15 pF, 20 pF, 30 pF.

Note. — The tolerance on the load capacitance should be that value which results in a frequency change not exceeding 10% of the frequency tolerance at the reference temperature or 1% of the nominal load capacitance, whichever is smaller.

6. Standard levels of drive

The standard levels of drive are:

2 mW, 1 mW, 0.5 mW, 0.2 mW, 0.1 mW, 0.05 mW, 0.02 mW, 0.01 mW, 0.001 mW, 0.0001 mW.

All ±20%, unless otherwise specified in the article sheet.

Note. — Provisionally, where higher values are required for replacement purposes, 10 mW, 5 mW and 4 mW may be used, but it must be made clear that these are non-preferred values.

7. Valeurs de fuites normalisées

Les valeurs de fuites normalisées sont :

10^{-7} bar cm^3/s
 10^{-8} bar cm^3/s
 10^{-9} bar cm^3/s
 10^{-10} bar cm^3/s

8. Marquage

8.1 Chaque quartz doit porter de façon lisible et indélébile les indications suivantes :

- a) fréquence nominale, en kilohertz ou en mégahertz (suivant le désir du client);
- b) marque d'origine (nom du fabricant, qui peut être indiqué sous forme codifiée, ou marque de fabrique);
- c) toute autre information nécessaire pour définir complètement les caractéristiques du quartz.

Notes 1. — Il est recommandé de marquer en kilohertz les quartz fonctionnant en fondamental et en mégahertz les quartz fonctionnant en partiel.

2. — Dans le cas des enveloppes microminiatures, ce marquage peut être remplacé par un autre système de marquage.

7. Standard values of leak rate

The standard values of leak rate are:

10^{-7} bar cm^3/s

10^{-8} bar cm^3/s

10^{-9} bar cm^3/s

10^{-10} bar cm^3/s

8. Marking

8.1 Each crystal unit shall have the following information indelibly and legibly marked upon it:

- a) nominal frequency, in kilohertz or megahertz (as called for by the customer);
- b) mark of origin (manufacturer's name, which may be in code form, or trade-mark);
- c) any other information necessary to obtain a complete definition of the unit.

Notes 1. — It is recommended that fundamental crystal units should be marked in kilohertz and overtone crystal units should be marked in megahertz.

2. — In the case of microminiature enclosures, the marking may be replaced by an alternative marking system.

CHAPITRE II: CONDITIONS DE MESURES ET D'ESSAIS

9. Généralités

Les méthodes de mesures électriques permettent de juger des caractéristiques électriques d'un quartz dans les conditions « de réception ». L'aptitude d'un quartz à conserver ces caractéristiques pendant et après une certaine période d'utilisation peut être déterminée en faisant subir à un certain nombre de spécimens les essais mécaniques et climatiques fixés par la Publication 68 de la CEI et les essais d'étanchéité et de stockage donnés ci-après.

Après ces essais, les spécimens doivent être capables de répondre aux spécifications des caractéristiques électriques et, si cela est spécifié, également pendant un ou plusieurs de ces essais. La liste des essais de type donnant tous les essais possibles et l'ordre dans lequel ils doivent être exécutés est donnée dans l'annexe A. Elle peut être utilisée comme une liste de mesures permettant de définir le programme des essais de type pour un cas particulier. En agissant de cette façon, il faut tenir compte des points suivants:

- conditions électriques;
- essais qui doivent être faits et ordre de leur application (liste des essais de type);
- degrés de sévérité de ces essais;
- mesures à faire après les essais pour vérifier si tous les spécimens ont passé les essais avec succès;
- nombre de spécimens à essayer, leur division en lots séparés et nombre de défauts admis.

Les quartz qui ont subi ces essais de type ne doivent être ni utilisés sur un équipement ni reversés aux stocks.

10. Conditions normales d'essais

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués dans les conditions atmosphériques normales d'essais fixées par la Publication 68 de la CEI (températures de 15 °C à 35 °C; humidité relative de 45 % à 75 %; pression atmosphérique de 860 mbar à 1 060 mbar).

Avant les mesures, les quartz doivent être stockés à la température d'essais pendant un temps suffisant pour leur permettre d'atteindre cette température.

Lorsque les mesures sont effectuées à une température différente de la température normale, les résultats seront si nécessaire, ramenés à cette température. La température ambiante à laquelle ont été effectuées les mesures doit être mentionnée dans le procès-verbal d'essai.

Note. — Pendant les mesures, les quartz ne doivent pas être soumis à des conditions susceptibles de fausser les résultats de mesures.

11. Examen visuel

11.1 Examen visuel externe

11.1.1 Les dimensions doivent être vérifiées et doivent satisfaire aux valeurs spécifiées.

11.1.2 Le marquage doit être lisible et durable.

CHAPTER II: TEST CONDITIONS

9. General

The electrical measuring methods allow the electrical characteristics of the crystal unit to be judged in the “as received” condition. The ability of the crystal unit to maintain these characteristics during and after a certain period of use can be assessed by subjecting a number of samples to the mechanical and climatic tests of IEC Publication 68, and to the sealing and storage tests given hereafter.

After these tests, the specimens shall be able to meet the requirements for electrical characteristics and, if specified, also during one or more of these tests. The schedule for type-tests showing all possible tests and the order of their application is given in Appendix A. It may be used as a check-list to draw up the type-test schedule for a particular case. When doing so, the following points have to be considered:

- the electrical requirements;
- the tests to be made and their order of application (test schedule);
- the severity of the tests;
- the extent of the measurements to be made after the tests in order to verify whether the specimens have successfully passed the tests;
- the number of specimens to be tested, their division over the separate lots and the permissible number of rejects.

Crystal units which have been subjected to these type-tests should not be used in equipment or returned to bulk supply.

10. 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 (temperature: 15 °C to 35 °C; r.h.: 45% to 75%; air pressure: 860 mbar to 1 060 mbar).

Before the measurements are made, the crystal units shall be stored at the test temperature for a time sufficient to allow the crystal units to reach this temperature.

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.

Note. — During measurements, the crystal units shall not be exposed to conditions likely to invalidate the results of the measurements.

11. Visual examination

11.1 External visual examination

11.1.1 The dimensions shall be checked and they shall comply with the specified values.

11.1.2 The marking shall be legible and durable.

12. Mesures électriques

Note. — Toutes les références, dans ce chapitre, à la « fréquence de résonance » doivent être considérées comme s'appliquant à f_r ou f_L selon les exigences de la spécification particulière.

12.1 Mesure de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance

12.1.1 La fréquence de résonance du quartz et la résistance de résonance, mesurées comme indiqué au paragraphe 12.1.2, ne doivent pas dépasser les limites spécifiées.

12.1.2 La fréquence de résonance du quartz et la résistance de résonance doivent être mesurées, dans les conditions spécifiées, à l'aide de la méthode normalisée décrite au paragraphe 12.1.3, la forme d'onde étant pratiquement sinusoïdale.

Toutefois, la fréquence de résonance et la résistance de résonance peuvent aussi être mesurées par toute autre méthode convenable, à condition que les résultats correspondent à ceux qui seraient obtenus en utilisant la méthode normalisée, dans une mesure compatible avec la précision demandée.

12.1.3 Les méthodes de mesures normalisées sont données dans les Publications 302 et 444 de la C E I.

12.2 Valeur du facteur de surtension Q

A l'étude.

12.3 Fréquence de résonance et résistance de résonance en fonction du niveau d'excitation

12.3.1 Essai A

Les mesures du paragraphe 12.1 doivent être répétées aux niveaux d'excitation spécifiés en commençant au niveau le plus bas. Les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance doivent être dans les limites spécifiées.

12.3.2 Essai B

L'amplification de l'oscillateur d'essai doit être ajustée de manière que l'oscillation ne commence que lorsqu'une résistance égale à la résistance de résonance spécifiée est insérée dans le circuit à réaction. La résistance doit être remplacée par le quartz qui doit vibrer et continuer de vibrer quand l'amplification est élevée jusqu'à ce que le niveau d'excitation nominal soit atteint.

Note. — L'oscillateur utilisé pour cet essai doit être tel qu'en mettant à la place du quartz (et de la capacité de charge lorsqu'il y en a une) une résistance dont la valeur est égale à la résistance série du quartz à la résonance ou à la résistance équivalente du quartz testé avec une capacité de charge, on obtienne la même fréquence et la même amplitude d'oscillation qu'avec le quartz ou avec le quartz et sa capacité de charge associée.

12.4 Fréquence de résonance et résistance de résonance en fonction de la température

12.4.1 Avant le commencement de cet essai, le niveau d'excitation avec une capacité de charge correcte doit être établi à la température de référence. L'équipement d'essai ne doit pas être ajusté ultérieurement.

12.4.2 Au début de l'essai, le quartz est amené à une limite de la gamme des températures de fonctionnement. La fréquence de résonance et la résistance de résonance sont mesurées, à l'équilibre thermique, dans toute la gamme de températures, aux conditions spécifiées et en accord avec le paragraphe 12.1. Les mesures sont effectuées à des intervalles suffisamment petits pour que chaque variation discontinue de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance puisse être détectée.

En variante, le quartz doit être mesuré dans des conditions de température variable, le gradient de température devant être tel qu'une concordance puisse être établie entre les résultats des deux méthodes. La fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent satisfaire aux conditions prescrites dans toute la gamme de températures spécifiée. Au cas où il y aurait des variations discontinues et importantes de fréquence de résonance et de résistance de résonance, les limites de ces variations devraient être fixées d'un commun accord entre le client et le fabricant.

12. Electrical tests

Note. — All references in this Chapter to “resonance frequency” shall be considered as covering f_r or f_L depending on the requirements of the detail specification.

12.1 *Measurement of resonance frequency and resonance resistance*

12.1.1 The crystal resonance frequency and the resonance resistance, measured in accordance with Sub-clause 12.1.2, shall be within the specified limits.

12.1.2 The crystal resonance frequency and the resonance resistance shall be determined under specified conditions, the waveform being substantially sinusoidal, using the standard method described in Sub-clause 12.1.3.

Alternatively, the resonance frequency and resonance resistance may be measured with any suitable method provided the results correlate with the results obtained using the standard method to a degree consistent with the accuracy required.

12.1.3 Standard methods of measurements are given in IEC Publications 302 and 444.

12.2 *Crystal Q-value*

Under consideration.

12.3 *Resonance frequency and resonance resistance as a function of drive level*

12.3.1 *Test A*

The measurements of Sub-clause 12.1 shall be repeated at the specified drive levels starting at the lowest level. The change of resonance frequency and resonance resistance shall be within the specified limits.

12.3.2 *Test B*

The gain of the test oscillator shall be adjusted so that it will just oscillate when a resistor equal to the maximum specified resonance resistance is inserted in the feedback loop. The crystal unit shall be substituted for the resistor and shall oscillate and continue to oscillate as the gain is increased until the rated level of drive is reached.

Note. — The oscillator used for this test shall be a type in which a resistor equal in value to the resonance resistance or load resonance resistance of the crystal being tested can be substituted for the crystal (and load capacitance if applicable) and give the same frequency and amplitude of oscillation as was obtained with the crystal or the crystal and its associated load capacitance.

12.4 *Resonance frequency and resonance resistance as a function of temperature*

12.4.1 Before the commencement of this test, the drive level with the correct load capacitance shall be set at the reference temperature. There shall be no subsequent adjustment of the test equipment.

12.4.2 Starting with the crystal unit at an extreme of the operating temperature range, the resonance frequency and resonance resistance shall be measured over the specified temperature range under conditions of thermal equilibrium under specified conditions and in accordance with Sub-clause 12.1. The measurements shall be made at intervals sufficiently small to detect any discontinuous variation of resonance frequency and resonance resistance.

Alternatively, the crystal unit shall be measured under conditions of varying temperature, the rate of temperature rise being such that adequate correlation can be established between the results of the two tests. Throughout the specified temperature range, the resonance frequency and the resonance resistance shall fulfil the requirements. In cases where discontinuous variation of resonance frequency and resonance resistance is of importance, the requirements for such variations shall be agreed between customer and manufacturer.

12.4.3 Pour détecter la présence de matière volatile dans l'enveloppe, on fait varier la température de l'enveloppe entre $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en une période ne dépassant pas 1 min. Pendant cet essai, la fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent être mesurées de façon continue. Il ne doit pas y avoir de variation discontinue.

Note. — Les essais des paragraphes 12.4.2 et 12.4.3 peuvent être combinés, à condition que la plus basse température soit de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou moins.

12.5 Réponse indésirable

12.5.1 Quartz pour la commande de la fréquence (quartz pour oscillateurs)

12.5.1.1 En utilisant la méthode de mesure spécifiée au paragraphe 12.1, la fréquence doit être balayée dans la gamme spécifiée et la fréquence de résonance et la résistance de résonance de toutes les réponses dans la gamme doivent être mesurées.

12.5.1.2 La résistance de résonance de toutes les réponses indésirables doit être supérieure à la limite spécifiée dans la gamme de fréquences spécifiée.

12.5.2 Quartz pour la sélection de la fréquence (quartz pour filtres)

12.5.2.1 En utilisant les méthodes de mesure décrites dans la Publication 283 de la CIE, la fréquence doit être balayée dans la gamme spécifiée, et la résistance de résonance de toutes les réponses dans cette gamme doit être mesurée.

12.5.2.2 La résistance de résonance de toutes les réponses indésirables doit être supérieure à la limite spécifiée dans la gamme de fréquences spécifiée.

12.6 Capacité parallèle des quartz destinés à la commande de la fréquence

12.6.1 La capacité parallèle doit être mesurée à une fréquence inférieure à la fréquence de résonance et très éloignée d'une réponse indésirable quelconque du quartz.

12.6.2 Sauf spécification contraire, toute enveloppe métallique doit être mise à la masse.

Note. — Dans des cas spéciaux, le quartz peut être considéré comme un tripôle (voir le paragraphe 12.7).

12.7 Capacité parallèle et capacité répartie des quartz destinés à la sélection de la fréquence

12.7.1 La capacité parallèle et la capacité répartie doivent être mesurées en utilisant un pont à trois sorties. La mesure doit être faite à une fréquence inférieure à la fréquence de résonance et très éloignée d'une réponse indésirable quelconque du quartz.

12.8 Capacité dynamique

Conformément à la Publication 302 de la CIE.

12.9 Inductance dynamique

Conformément à la Publication 302 de la CIE.

12.10 Résistance d'isolement

La résistance d'isolement doit être mesurée sous une tension continue de $100 \pm 15\text{ V}$, pendant $1\text{ min} \pm 5\text{ s}$ ou moins, si des lectures stables sont atteintes. Cette tension est appliquée:

- a) entre broches;
- b) entre broches reliées entre elles et les parties métalliques éventuelles de l'enveloppe.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée.

Note. — D'autres tensions que celle qui est spécifiée ci-dessus peuvent être utilisées à condition qu'une corrélation puisse être établie.

12.4.3 To detect volatile material inside the enclosure, the temperature of the crystal enclosure shall be raised between $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in a period not exceeding 1 min. During this test, the resonance frequency and the resonance resistance shall be measured so as to provide continuous readings. There shall be no discontinuous variations.

Note. — The tests according to Sub-clauses 12.4.2 and 12.4.3 may be combined, provided that the lowest temperature is $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ or below.

12.5 *Unwanted response*

12.5.1 *Crystal units for frequency control (oscillator crystals)*

12.5.1.1 Using the method of measurement of Sub-clause 12.1, the frequency shall be scanned over the specified range and the resonance frequency and resonance resistance of all responses within this range shall be measured.

12.5.1.2 The resonance resistance of all the unwanted responses shall be greater than the specified limit over the specified frequency range.

12.5.2 *Crystal units for frequency selection (filter crystals)*

12.5.2.1 Using the methods of measurement given in IEC Publication 283, the frequency shall be scanned over the specified range and the resonance resistance of all responses within this range shall be measured.

12.5.2.2 The resonance resistance of all the unwanted responses shall be greater than the specified limit over the specified frequency range.

12.6 *Parallel capacitance of crystal units for frequency control*

12.6.1 The parallel capacitance shall be measured at a frequency below the resonance frequency and well apart from any unwanted response of the unit.

12.6.2 Where the enclosure is a metal case, it shall be earthed unless otherwise specified.

Note. — In special cases, the crystal unit will be considered as a three-terminal network (see Sub-clause 12.7).

12.7 *Parallel and distributed capacitance of crystal units for frequency selection*

12.7.1 The parallel and distributed capacitances shall be measured using a three-terminal bridge at a frequency below the resonance frequency and well apart from any unwanted response of the unit.

12.8 *Motional capacitance*

In accordance with IEC Publication 302.

12.9 *Motional inductance*

In accordance with IEC Publication 302.

12.10 *Insulation resistance*

The insulation resistance shall be measured with a direct voltage of $100 \pm 15\text{ V}$ and for $1\text{ min} \pm 5\text{ s}$ or less if stable readings are obtained between:

- a) terminations;
- b) the terminations connected together and metal parts of the case, if any.

The insulation resistance shall be not less than the specified value.

Note. — Voltages other than the above may be used provided that correlation can be established.

12.11 Essais de vide pour les quartz en enveloppe de verre

Le vide doit être évalué en appliquant une tension de crête ne dépassant pas 15 kV obtenue à partir d'une bobine de Tesla. Pour éviter d'endommager le quartz, le point d'application de l'électrode d'essais doit être le plus éloigné possible du résonateur à cristal et de ses connexions. Pour faciliter l'observation de la décharge résultante, l'essai doit être effectué dans la demi-obscurité. Il ne doit y avoir aucun amorçage d'arc dans l'enveloppe. Dans le cas où une décharge uniforme se produit, elle doit être de couleur bleu pâle.

12.12 Possibilité de réglage de la fréquence

12.12.1 En utilisant la méthode du paragraphe 12.1, la différence entre les fréquences de résonance avec deux capacités de charge spécifiées doit être déterminée.

12.12.2 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- les valeurs des capacités de charge;
- les valeurs maximales et/ou minimales de la différence entre les deux fréquences de résonance.

13. Essais mécaniques et climatiques

13.1 Secousses

13.1.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Eb de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, avec le degré de sévérité spécifié. L'enveloppe doit être fixée pendant cet essai.

13.1.2 Les quartz doivent alors être examinés visuellement. Ils ne doivent pas présenter de dommage visible.

13.1.3 La fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent ensuite être mesurées. Les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance par rapport aux valeurs mesurées au paragraphe 12.1.2 ne doivent pas dépasser les limites spécifiées.

13.1.4 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- le degré de sévérité de l'essai;
- les axes le long desquels la force doit être appliquée;
- les limites de variation de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance si les mesures doivent être faites pendant l'essai.

13.2 Chocs

13.2.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Ea de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, avec le degré de sévérité spécifié. L'enveloppe doit être fixée pendant cet essai.

13.2.2 Les quartz doivent alors être examinés visuellement. Ils ne doivent pas présenter de dommage visible.

13.2.3 La fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent ensuite être mesurées. Les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance par rapport aux valeurs mesurées au paragraphe 12.1.2 ne doivent pas dépasser les limites spécifiées.

13.2.4 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- le degré de sévérité de l'essai;
- les axes le long desquels la force doit être appliquée;
- les limites de variation de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance si les mesures doivent être faites pendant l'essai.

13.3 Vibration

13.3.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Fc de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, avec le degré de sévérité spécifié.

12.11 *Vacuum test for evacuated crystal units (glass enclosure types)*

The vacuum shall be checked by applying a peak voltage not exceeding 15 kV derived from a Tesla coil. To avoid damage to the crystal unit, the point of application of the test electrode shall be as far away as possible from the crystal vibrator and its terminations. To facilitate observation of the resulting discharge, the test shall be carried out in semi-darkness. There shall be no indication of arcing within the enclosure. Where a uniform discharge occurs, it shall be a pale bluish colour.

12.12 *Frequency trimmability*

12.12.1 The difference between the resonance frequencies with two specified load capacitances shall be determined using the method of Sub-clause 12.1.

12.12.2 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the values of the load capacitance;
- the maximum and/or minimum values for the difference between the two resonance frequencies.

13. **Mechanical and climatic tests**

13.1 *Bumping*

13.1.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Eb of IEC Publication 68, using the specified degree of severity, the enclosure of the crystal unit being clamped.

13.1.2 The crystal units shall then be visually examined. There shall be no visible damage.

13.1.3 The resonance frequency and resonance resistance shall then be measured. The change of resonance frequency and resonance resistance compared with the values measured in Sub-clause 12.1.2 shall not exceed the specified limits.

13.1.4 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the degree of severity of the test;
- the axes along which the force shall be applied;
- the limits of change of resonance frequency and resonance resistance if measurements are to be taken during the test.

13.2 *Shock*

13.2.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Ea of IEC Publication 68, using the specified degree of severity, the enclosure of the crystal unit being clamped.

13.2.2 The crystal units shall then be visually examined. There shall be no visible damage.

13.2.3 The resonance frequency and resonance resistance shall then be measured. The change of resonance frequency and resonance resistance compared with the values measured in Sub-clause 12.1.2 shall not exceed the specified limits.

13.2.4 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the degree of severity of the test;
- the axes along which the force shall be applied;
- the limits of change of resonance frequency and resonance resistance if measurements are to be taken during the test.

13.3 *Vibration*

13.3.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Fc of IEC Publication 68, using the specified degree of severity.

13.3.2 Sauf spécification contraire, les quartz sont fixés rigidement à la table de vibration.

Les fils de connexion éventuels doivent être fixés à une distance d'environ 10 mm (0,4 in) de la base de l'enveloppe de façon à les maintenir dans leur position originale.

13.3.3 Après l'épreuve de vibration, les quartz doivent être examinés visuellement. Ils ne doivent pas présenter de dommage visible.

13.3.4 La fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent ensuite être mesurées. Les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance par rapport aux valeurs mesurées au paragraphe 12.1.2 ne doivent pas dépasser les limites spécifiées.

13.3.5 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- la succession détaillée de la procédure d'essai;
- le degré de sévérité de l'essai;
- les axes de vibration;
- les limites de variation de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance si les mesures doivent être faites pendant l'essai.

13.4 *Accélération constante*

13.4.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Ga de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, avec le degré de sévérité spécifié, l'enveloppe étant fixée.

13.4.2 La fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent ensuite être mesurées. Les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance par rapport aux valeurs obtenues par les mesures précédentes ne doivent pas dépasser les limites spécifiées.

13.4.3 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- le degré de sévérité de l'essai;
- les axes et la direction d'accélération;
- les limites de variation de la fréquence et de la résistance de résonance si les mesures doivent être faites pendant l'essai.

13.5 *Essai de traction sur les sorties*

13.5.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Ua de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, en tenant compte de la condition de sévérité spécifiée.

13.5.2 Après l'essai, les quartz ne doivent pas présenter de dommage visible.

13.5.3 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier le point suivant:

- la force.

13.6 *Souplesse des fils de sortie*

13.6.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Ub de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, en tenant compte de la condition de sévérité spécifiée.

13.6.2 Après l'essai, les quartz ne doivent pas présenter de dommage visible.

13.6.3 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- la force;
- le nombre de pliages;
- la position de pliage par rapport à la base de l'enveloppe.

13.3.2 Unless otherwise specified, the crystal units are rigidly clamped to the vibration table.

Wire terminals, if any, shall be clamped at approximately 10 mm (0.4 in) from the enclosure base so that they are maintained in their original position.

13.3.3 After the vibration conditioning, the crystal units shall be visually examined. There shall be no visible damage.

13.3.4 The resonance frequency and resonance resistance shall then be measured. The changes of resonance frequency and resonance resistance compared with the values measured in Sub-clause 12.1.2 shall not exceed the specified limits.

13.3.5 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the detailed sequence of the test procedure;
- the degree of severity of the test;
- the axes of vibration;
- the limits of change of resonance frequency and resonance resistance if measurements are to be taken during the test.

13.4 *Acceleration, steady state*

13.4.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Ga of IEC Publication 68, using the specified degree of severity, the enclosure itself being clamped.

13.4.2 The resonance frequency and resonance resistance shall then be measured. The changes of resonance frequency and resonance resistance compared with the values obtained from the preceding measurements shall not exceed the specified limits.

13.4.3 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the degree of severity of the test;
- the axes and direction of acceleration;
- the limits of change of resonance frequency and resonance resistance if measurements are to be taken during the test.

13.5 *Tensile strength of terminations*

13.5.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Ua of IEC Publication 68, using the specified severity.

13.5.2 After the test, there shall be no visible damage to the crystal units.

13.5.3 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the force.

13.6 *Flexibility of wire terminations*

13.6.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Ub of IEC Publication 68, using the specified severity.

13.6.2 After the test, there shall be no visible damage to the crystal units.

13.6.3 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the force;
- the number of bends;
- the location of the bend relative to the enclosure base.

13.7 *Essai de pliage des broches (applicable uniquement aux broches avec gorge)*

13.7.1 Le boîtier ou l'embase du quartz doivent être immobilisés par un moyen adéquat quelconque. Un outil de pliage adapté à l'enveloppe doit être utilisé de façon à serrer la partie des broches située au-delà de la gorge.

Pour s'assurer que le pliage se produira principalement sur la gorge, une plaque percée de deux trous pour le passage des broches peut être placée sur les broches.

Cette plaque peut être d'une épaisseur telle qu'elle englobe une partie de la gorge des broches.

Les broches doivent être pliées avec l'outil à $15 \pm 2^\circ$ par rapport à la position normale, puis à $30 \pm 2^\circ$ dans la direction opposée et pliées à nouveau dans la première position à $15 \pm 2^\circ$.

La vitesse de pliage doit être d'environ 3 s par pliage dans chaque sens.

13.7.2 Après l'essai, les quartz ne doivent pas présenter de dommage visible.

13.8 *Etanchéité, essai A*

13.8.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Qc, méthode 1 (Etanchéité des boîtiers, fuite de gaz), de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai.

13.8.2 Les quartz doivent être immergés dans un liquide dégazé pendant une période spécifiée.

13.8.3 Il ne doit pas se produire de fuite se manifestant par un dégagement répétitif de bulles issues des quartz.

13.8.4 Après l'essai, les quartz ne doivent pas présenter de dommage visible.

13.8.5 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants :

- température du liquide dégazé;
- durée d'essai.

Note. — Cet essai a seulement un but qualitatif.

13.9 *Etanchéité, essai B*

13.9.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Qk, méthode b) (Essai de fuite de gaz au spectrographe de masse), de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai.

13.9.2 Le taux de fuite ne doit pas être supérieur à la valeur spécifiée.

13.9.3 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants :

- type de gaz traçant ou mélange de gaz, avec les proportions;
- pression dans la bombe d'essai;
- durée de séjour sous pression;
- méthode de retrait du gaz traçant absorbé en surface;
- temps entre le retrait de la pression et la mesure;
- taux de fuite admissible.

13.10 *Soudabilité (seulement pour les quartz avec sorties à souder)*

13.10.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai T (Méthode du bain de soudure, à la température $230 \pm 10^\circ\text{C}$), de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai.

13.11 *Chocs thermiques (pour les quartz en enveloppes de verre seulement)*

13.11.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Nc, méthode b), de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai.

13.11.2 Après l'essai, les quartz ne doivent pas présenter de dommage visible.

13.7 *Bend test on pin terminations (applicable to undercut pins only)*

13.7.1 The body or the base of the crystal unit shall be held or clamped by any convenient means. A bending tool suitable for the specific enclosure shall be used to engage that segment of the pin terminals beyond the undercut portion.

To ensure that the bending will occur primarily at the undercut portion, a plate with two clearance holes for the pins may be placed over the pins.

This plate may be of such thickness as to include a portion of the undercut section of the pins.

The pins shall be bent by means of the tool through $15 \pm 2^\circ$ in one direction followed by a bend of $30 \pm 2^\circ$ in the opposite direction and completed by a bend of $15 \pm 2^\circ$ back to its starting position.

The rate of bending shall be approximately 3 s per bend in each direction.

13.7.2 After the test, there shall be no visible damage to the crystal units.

13.8 *Sealing, Test A*

13.8.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Qc, Method 1 (Container sealing, gas leakage), of IEC Publication 68.

13.8.2 The crystal units shall be immersed in degassed liquid for a specified period of time.

13.8.3 There shall be no leakage as determined by repetitive bubbles emerging from the crystal units.

13.8.4 After the test, there shall be no visible damage to the crystal units.

13.8.5 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the degassed liquid temperature;
- the test duration.

Note. — This test is for qualitative purposes only.

13.9 *Sealing, Test B*

13.9.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Qk, Method *b*) (Tracer gas method with mass spectrometer), of IEC Publication 68.

13.9.2 The leak rate shall not exceed the specified value.

13.9.3 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- type of tracer gas, or gas mixture, and its proportion;
- pressure in the pressure vessel;
- time of exposure;
- method of removal of surface-absorbed tracer gas;
- interval between exposure and measurement;
- limit of permissible leak rate.

13.10 *Soldering (for crystal units with terminations intended for soldering only)*

13.10.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test T (Solder bath method, at $230 \pm 10^\circ\text{C}$) of IEC Publication 68.

13.11 *Thermal shock (glass enclosures only)*

13.11.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Nc, Method *b*), of IEC Publication 68.

13.11.2 After the test, there shall be no visible damage to the crystal units.

13.12 *Chaleur sèche*

13.12.1 La fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent être mesurées.

13.12.2 Les quartz doivent être soumis à l'essai Ba de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, à la température de 100 °C.

13.12.3 La fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent ensuite être mesurées. Les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance par rapport aux valeurs obtenues par les mesures précédentes ne doivent pas dépasser les limites spécifiées.

13.12.4 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier le point suivant :

— les limites de variation de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance.

13.13 *Chaleur humide, premier cycle*

13.13.1 Les quartz doivent être soumis à un cycle de l'essai D de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai.

13.13.2 Après cet essai, les quartz doivent être immédiatement soumis à l'essai de froid sec.

13.14 *Froid sec*

13.14.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Aa de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, à la température de -65 °C.

13.14.2 La fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent ensuite être mesurées. Les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance par rapport aux valeurs obtenues par les mesures précédentes ne doivent pas dépasser les limites spécifiées.

13.14.3 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier le point suivant :

— les limites de variation de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance.

13.15 *Chaleur humide, cycles restants*

13.15.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai D de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, pour les cinq cycles restants.

13.15.2 La fréquence de résonance, la résistance de résonance et la résistance d'isolement doivent ensuite être mesurées. Les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance par rapport aux valeurs obtenues par les mesures précédentes ne doivent pas dépasser les limites spécifiées, et la variation de la fréquence de résonance par rapport à la valeur nominale ne doit pas dépasser la limite spécifiée.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée.

13.15.3 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants :

— les limites de variation de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance ;

— la valeur minimale de la résistance d'isolement.

13.16 *Chaleur humide, essai de longue durée*

13.16.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai C de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, pendant 56 jours.

13.16.2 La fréquence de résonance, la résistance de résonance et la résistance d'isolement doivent ensuite être mesurées. Les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance par rapport aux valeurs obtenues par les mesures précédentes ne doivent pas dépasser les limites spécifiées, et la variation de la fréquence de résonance par rapport à la valeur nominale ne doit pas dépasser la limite spécifiée.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée.

13.12 *Dry heat*

13.12.1 The resonance frequency and resonance resistance shall be measured.

13.12.2 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Ba of IEC Publication 68, at 100 °C.

13.12.3 The resonance frequency and resonance resistance shall then be measured. The changes of resonance frequency and resonance resistance compared with the values obtained from the preceding measurements shall not exceed the specified limits.

13.12.4 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

— the limits of change of resonance frequency and resonance resistance.

13.13 *Damp heat, first cycle*

13.13.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test D of IEC Publications 68, for one cycle.

13.13.2 After this test, the units shall be subjected immediately to the dry cold test.

13.14 *Dry cold*

13.14.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Aa of IEC Publication 68, at –65 °C.

13.14.2 The resonance frequency and resonance resistance shall then be measured. The changes of resonance frequency and resonance resistance compared with the values obtained from the preceding measurements shall not exceed the specified limits.

13.14.3 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

— the limits of change of resonance frequency and resonance resistance.

13.15 *Damp heat, remaining cycles*

13.15.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test D of IEC Publication 68, for the remaining five cycles.

13.15.2 The resonance frequency, the resonance resistance and the insulation resistance shall then be measured. The changes of resonance frequency and resonance resistance compared with the values obtained from the preceding measurements shall not exceed the specified limits, and the deviation of the resonance frequency from the nominal value shall not exceed the specified limits.

The insulation resistance shall be not less than the specified value.

13.15.3 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

— the limits of change of resonance frequency and resonance resistance;
— the minimum value of the insulation resistance.

13.16 *Damp heat, long-term exposure*

13.16.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test C of IEC Publication 68, for 56 days.

13.16.2 The resonance frequency, the resonance resistance and the insulation resistance shall then be measured. The changes of resonance frequency and resonance resistance compared with the values obtained from the preceding measurements shall not exceed the specified limits, and the deviation of the resonance frequency from the nominal value shall not exceed the specified limit.

The insulation resistance shall be not less than the specified value.

13.16.3 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- les limites de variation de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance;
- la valeur minimale de la résistance d'isolement.

13.17 *Vieillessement*

13.17.1 Les quartz doivent être soumis à la température spécifiée pendant la période de vieillissement spécifiée.

13.17.2 Aussitôt que les quartz ont atteint la stabilité thermique à la température d'essai, la fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent être mesurées et enregistrées.

13.17.3 A intervalles spécifiés, les variations de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance par rapport aux valeurs mesurées au paragraphe 13.17.2 doivent être déterminées au cours de la période mentionnée au paragraphe 13.17.1 et à la fin de cette période.

Pendant ces mesures, les quartz doivent rester à la température d'essai. L'écart maximal entre cette température et celle enregistrée au paragraphe 13.17.2 doit tenir compte de la précision des résultats de mesures à obtenir.

13.17.4 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- la durée de l'essai et la température de vieillissement et de mesure;
- les intervalles de mesures;
- les limites de variation de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance.

13.18 *Chocs thermiques, essai dans l'air*

13.18.1 Les quartz doivent être soumis à l'essai Na de la Publication 68 de la CEI, conformément à la procédure spécifiée pour cet essai, dans la gamme de températures de -40°C à $+100^{\circ}\text{C}$ pendant dix cycles.

13.18.2 La fréquence de résonance et la résistance de résonance doivent être mesurées.

13.18.3 Lorsque cet essai est prescrit par une feuille particulière, celle-ci doit spécifier le point suivant:

- les limites de variation de la fréquence de résonance et de la résistance de résonance.

13.16.3 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the limits of change of resonance frequency and resonance resistance;
- the minimum value of the insulation resistance.

13.17 *Ageing*

13.17.1 The crystal units shall be subjected to the specified ageing temperature for the specified period.

13.17.2 As soon as the crystal units have reached thermal stability at the test temperature, the resonance frequency and resonance resistance shall be measured and recorded.

13.17.3 At specified intervals, during the period called for in Sub-clause 13.17.1 and at the end of that period, the changes of resonance frequency and resonance resistance compared with the values measured in Sub-clause 13.17.2 shall be determined.

During these measurements, the crystal units shall still be at the test temperature. The maximum deviation of that temperature from the temperature recorded in Sub-clause 13.17.2 shall be consistent with the accuracy of the measuring results to be obtained.

13.17.4 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the duration of the test and the temperature of ageing and measurement;
- the measurement intervals;
- the limits of change of resonance frequency and resonance resistance.

13.18 *Thermal shock, air*

13.18.1 The crystal units shall be subjected to the procedure of Test Na of IEC Publication 68, over the temperature range from $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ for ten cycles.

13.18.2 The resonance frequency and resonance resistance shall be measured.

13.18.3 If this test is included in an article sheet, the following shall be specified:

- the limits of change of resonance frequency and resonance resistance.