

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60758

Deuxième édition
Second edition
1993-04

**Cristal de quartz synthétique –
Spécifications et guide d'utilisation**

**Synthetic quartz crystal –
Specifications and guide to the use**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60758: 1993

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (IEV).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60758

Deuxième édition
Second edition
1993-04

**Cristal de quartz synthétique –
Spécifications et guide d'utilisation**

**Synthetic quartz crystal –
Specifications and guide to the use**

© IEC 1993 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
SECTION 1: SPÉCIFICATION CONCERNANT LE CRISTAL DE QUARTZ SYNTHÉTIQUE	
1.1 Domaine d'application	8
1.2 Références normatives	8
1.3 Termes et définitions	8
1.4 Valeurs normalisées	12
1.5 Exigences et méthodes de mesure	16
1.6 Marquage	32
SECTION 2: GUIDE POUR L'UTILISATION DU CRISTAL DE QUARTZ SYNTHÉTIQUE	
2.1 Généralités	32
2.1.1 Domaine d'application	32
2.1.2 Cristal de quartz synthétique	32
2.2 Forme et dimensions du cristal de quartz synthétique	34
2.2.1 Axes et faces du cristal de quartz	34
2.2.2 Germe	34
2.2.3 Formes et dimensions	34
2.2.4 Zones de croissance	36
2.3 Méthode normalisée permettant d'évaluer la qualité du cristal de quartz synthétique	36
2.4 Autres méthodes de contrôle de la qualité du cristal de quartz synthétique	38
2.4.1 Examen visuel	38
2.4.2 Méthode d'absorption du rayonnement infrarouge	38
2.4.3 Méthodes diverses	40
2.5 Classes du point de vue du coefficient d'extinction α	40
2.6 Classes optionnelles (selon commande) en fonction des inclusions, des canaux de corrosion, de la concentration en aluminium	42
2.7 Rédaction des commandes	42

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
SECTION 1: SPECIFICATION FOR SYNTHETIC QUARTZ CRYSTAL	
1.1 Scope	9
1.2 Normative references	9
1.3 Terms and definitions	9
1.4 Standard values	13
1.5 Requirements and measuring methods	17
1.6 Marking	33
SECTION 2: GUIDE TO THE USE OF SYNTHETIC QUARTZ CRYSTAL	
2.1 General	33
2.1.1 Scope	33
2.1.2 Synthetic quartz crystal	33
2.2 Shape and size of synthetic quartz crystal	35
2.2.1 Crystal axis and face designation	35
2.2.2 Seed	35
2.2.3 Shapes and dimensions	35
2.2.4 Growth zones	37
2.3 Standard method for evaluating the quality of synthetic quartz crystal	37
2.4 Other methods for checking the quality of synthetic quartz crystal	39
2.4.1 Visual inspection	39
2.4.2 Infra-red radiation absorption method	39
2.4.3 Miscellaneous	41
2.5 α -grade	41
2.6 Optional grading (only as ordered), in inclusions, etch channels, Al content	43
2.7 Ordering	43

SECTION 3: SPÉCIFICATION POUR LE CRISTAL DE QUARTZ SYNTHÉTIQUE PRÉÉBAUCHÉ

3.1	Domaine d'application	44
3.2	Termes et définitions	44
3.2.1	Quartz synthétique préébauché	44
3.2.2	Surface de référence	44
3.3	Valeurs normalisées	44
3.3.1	Tolérance sur les dimensions	44
3.3.2	Planéité de la surface de référence	44
3.3.3	Tolérance angulaire sur la surface de référence	44
3.3.4	Excentricité du germe	44
3.4	Exigences	46
3.4.1	Dimensions d'un quartz synthétique préébauché	46
3.5	Conditions de livraison	46
	Figures	48
	Annexes	
A	Procédures d'échantillonnage fréquemment utilisées	60
B	Exemple numérique	66
C	Bibliographie	68

SECTION 3: SPECIFICATION FOR LUMBERED SYNTHETIC
QUARTZ CRYSTAL

3.1	Scope	45
3.2	Terms and definitions	45
3.2.1	Lumbered synthetic quartz crystal	45
3.2.2	Reference surface	45
3.3	Standard values	45
3.3.1	Tolerance of dimensions	45
3.3.2	Reference surface flatness	45
3.3.3	Angular tolerance of reference surface	45
3.3.4	Centrality of the seed	45
3.4	Requirements	47
3.4.1	Dimensions of lumbered synthetic quartz crystal	47
3.5	Delivery conditions	47
Figures		49
Annexes		
A	Frequently used sampling procedures	61
B	Numerical example	67
C	Bibliography	68

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CRISTAL DE QUARTZ SYNTHÉTIQUE – SPÉCIFICATIONS ET GUIDE D'UTILISATION

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.

La Norme internationale CEI 758 a été établie par le comité d'études 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques et diélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1983, ainsi que l'amendement 1 paru en 1984.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
49(BC)218	49(BC)252

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

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SYNTHETIC QUARTZ CRYSTAL –
SPECIFICATIONS AND GUIDE TO THE USE**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.

International Standard IEC 758 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1983, and amendment 1, published in 1984.

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

DIS	Report on Voting
49(CO)218	49(CO)252

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

Annexes A, B and C are for information only.

CRISTAL DE QUARTZ SYNTHÉTIQUE – SPÉCIFICATIONS ET GUIDE D'UTILISATION

Section 1: Spécification concernant le cristal de quartz synthétique

1.1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux monocristaux de quartz synthétique destinés à être utilisés pour la fabrication d'éléments piézoélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 68-1: 1988, *Essais d'environnement – Première partie: Généralités et guide*

CEI 122-1: 1976, *Quartz pour le contrôle et la sélection de la fréquence – Première partie: Valeurs normalisées et conditions de mesures et d'essais*
Amendement 1 (1983)

1.3 Termes et définitions

1.3.1 Croissance hydrothermale du cristal

Littéralement, il s'agit d'une croissance qui s'effectue en présence d'eau, à température et à pression élevées comme le processus géologique qui a dû se produire dans l'écorce terrestre. Les procédés industriels de croissance du quartz synthétique utilisent des solutions d'eau alcaline mises dans des autoclaves à des températures (330 °C à 400 °C) et des pressions (700 à 2 000 atmosphères) supercritiques. L'autoclave est divisé en deux chambres: l'une à la température la plus élevée servant à la dissolution des chipses de quartz bruts, l'autre à une température plus basse contenant des germes de croissance taillés (voir 2.1.2).

1.3.2 Cristal de quartz synthétique ou cristal de quartz de culture

Monocristal de quartz α obtenu par la méthode hydrothermale. Il peut être de polarité droite ou gauche et non usiné après croissance.

SYNTHETIC QUARTZ CRYSTAL – SPECIFICATIONS AND GUIDE TO THE USE

Section 1: Specification for synthetic quartz crystal

1.1 Scope

This International Standard applies to synthetic quartz single crystals intended for manufacturing piezoelectric elements for frequency control and selection.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 68-1: 1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 122-1: 1976, *Quartz crystal units for frequency control and selection – Part 1: Standard values and test conditions*
Amendment 1 (1983)

1.3 Terms and definitions

1.3.1 Hydrothermal crystal growth

Literally this means crystal growth in the presence of water, elevated temperatures and pressures by a crystal growth process believed to proceed geologically within the earth's crust. The industrial synthetic quartz growth processes utilize alkaline water solutions confined within autoclaves at supercritical temperatures (330 °C to 400 °C) and pressures (700 to 2 000 atmospheres). The autoclave is divided into two chambers: the dissolving chamber, containing raw quartz chips at the higher temperature; the growing chamber, containing cut seeds at the lower temperature (see 2.1.2).

1.3.2 Synthetic quartz crystal, also known as cultured quartz crystal

A single crystal of α quartz grown by the hydrothermal method. The crystal is of either handedness and in the "as grown" condition.

1.3.3 *Lot de cristaux de quartz synthétique*

Cristaux de quartz synthétique obtenus en même temps dans le même autoclave.

1.3.4 *Germe*

Lame ou barreau de quartz de section rectangulaire utilisée comme noyau pour la croissance du cristal.

1.3.5 *Zones de croissance*

Régions du cristal de quartz synthétique résultant de la croissance suivant des directions de cristallographie différentes (voir figure 1).

1.3.6 *Orientation d'un cristal de quartz synthétique*

Orientation de son germe par rapport aux axes orthogonaux définis en 1.3.7.

1.3.7 *Définition du système d'axes orthogonaux du cristal de quartz*

1.3.7.1 Ce système d'axes orthogonaux est indiqué à la figure 2.

NOTE - Le germe de coupe Z peut être orienté selon un angle inférieur à 20° à partir de l'axe Y; dans ce cas, le système des axes devient X, Y', Z'.

1.3.8 *Dimensions*

Dimensions propres à la croissance sur un germe de coupe Z orienté selon un angle inférieur à 20° à partir de l'axe Y.

1.3.8.1 *Dimensions brutes*

Dimensions maximales suivant les axes X, Y ou Y', et Z ou Z' mesurées le long des axes X, Y' et Z'.

1.3.8.2 Dimensions propres à la croissance sur un germe de coupe Z orienté selon un angle supérieur à 20° à partir de l'axe X (à l'étude).

1.3.9 *Inclusions*

Tout matériau étranger localisé à l'intérieur d'un cristal de quartz synthétique et visible par examen en lumière dispersée produite par une source intense, le cristal étant immergé dans un liquide d'indice de réfraction adapté à celui du quartz. Une inclusion particulièrement courante est l'acmite minérale (silicate de fer et sodium).

1.3.9.1 *Voile du germe*

Ensemble des inclusions ou des lacunes à la surface du germe autour duquel s'est développé le cristal.

1.3.10 *Dopant*

Tout additif utilisé dans le procédé de croissance et qui est susceptible de changer la composition chimique, les propriétés physiques ou électriques d'un lot de quartz synthétique.

1.3.3 *Synthetic quartz crystal batch*

Synthetic quartz crystals grown at the same time in one autoclave.

1.3.4 *Seed*

The rectangular cross-section quartz plate or bar used as a nucleus for crystal growth.

1.3.5 *Growth zones*

The regions of a synthetic quartz crystal resulting from growth along different crystallographic directions (see figure 1).

1.3.6 *Orientation of a synthetic quartz crystal*

Orientation of its seed with respect to the orthogonal axes specified in 1.3.7.

1.3.7 *Definition of the orthogonal axial system of a quartz crystal*

1.3.7.1 The orthogonal axial system for quartz is illustrated in figure 2.

NOTE - The Z-cut seed may be oriented at an angle of less than 20° to the Y-axis, in this case the axial system becomes X, Y', Z'.

1.3.8 *Dimensions*

Dimensions pertaining to growth on a Z-cut seed rotated less than 20° from the Y-axis.

1.3.8.1 *Gross dimensions*

The maximum dimensions along the X-, Y- or Y'-, and Z- or Z'-axes measured along the X-, Y'- and Z'-axes.

1.3.8.2 Dimensions pertaining to growth on a Z-cut seed rotated more than 20° from the X-axis (under consideration).

1.3.9 *Inclusions*

Any foreign material within a synthetic quartz crystal, visible by examination of scattered light from a bright source with the crystal immersed in a refractive index-matching liquid. A particularly common inclusion is the mineral acmite (sodium iron silicate).

1.3.9.1 *Seed veil*

The array of inclusions or voids at the surface of the seed upon which a crystal has been grown.

1.3.10 *Dopant*

Any additive used in the growth process which may change the crystal habit, chemical composition, physical or electrical properties of the synthetic quartz batch.

1.3.11 Barreau prédimensionné

Tout barreau dont les dimensions brutes ont été modifiées par sciage, polissage, rodage, etc., de façon à satisfaire une condition particulière aux dimensions.

1.3.12 Concentration des impuretés

La concentration des impuretés est donnée en 10^{-6} par rapport aux atomes de silicium.

1.3.13 Dislocations

Défauts linéaires dans le cristal dus à des plans d'atomes mal placés.

1.4 Valeurs normalisées

1.4.1 Orientation du germe

Les valeurs normalisées pour l'orientation du germe sont: la coupe Z et les coupes obtenues par rotation autour de l'axe X, coupe parallèle à la petite face rhomboédrique z, coupe Z + 2°, coupe Z + 5° et coupe Z + 8°30', l'axe Z' des trois derniers germes étant tourné comme indiqué à la figure 2.

1.4.2 Densité des inclusions

La densité des inclusions (mesurée comme indiqué en 1.5.5.3) pour chaque classe ne doit pas être supérieure aux valeurs données pour la gamme de dimensions correspondant à la classe indiquée, comme le montre le tableau ci-après.

Classe/gamme des dimensions µm	Densités par cm ³			
	10-30	30-70	70-100	> 100
Ia	2	1	0	0
Ib	3	2	1	1
I	6	4	2	2
II	9	5	4	3
III	12	8	6	4

Les utilisateurs qui exigent, dans une classe, une ou plusieurs gammes de dimensions peuvent exprimer cette exigence en citant la classe suivie de la gamme de dimensions appropriée.

1.4.3 Indication de qualité par la méthode d'absorption infrarouge, α_{3500} , α_{3585} , α_{3410}

La valeur α du coefficient d'extinction d'absorption infrarouge d'un cristal de quartz synthétique (mesurée suivant 1.5.6) doit être conforme à la colonne appropriée du tableau ci-dessous, pour α_{3500} , α_{3585} ou α_{3410} pour les différentes classes:

1.3.11 *Pre-dimensioned bar*

Any bar whose "as grown" dimensions have been altered by sawing, grinding, lapping, etc., to meet a particular dimensional requirement.

1.3.12 *Impurity concentration*

The concentration of impurities is given in 10^{-6} units relative to silicon atoms.

1.3.13 *Dislocations*

Linear defects in the crystal due to misplaced planes of atoms.

1.4 **Standard values**

1.4.1 *Orientation of the seed*

Standard values for orientation of the seed are: Z-cuts, rotated X-cuts, minor rhombohedral (z-minor) cut, 2° rotated Z-cut, 5° rotated Z-cut and 8°30' rotated Z-cut, the Z'-axis of the latter three seeds being rotated as shown in figure 2.

1.4.2 *Inclusion density*

Inclusion density (measured as in 1.5.5.3) for each grade shall not exceed the figures in any required size range for that grade listed in the table below.

Grade/size range μm	Densities per cm ³			
	10-30	30-70	70-100	> 100
Ia	2	1	0	0
Ib	3	2	1	1
I	6	4	2	2
II	9	5	4	3
III	12	8	6	4

Users requiring a grade in only one or more of the size ranges may designate their requirement as the grade followed by the appropriate size range.

1.4.3 *Infra-red quality indication, α_{3500} , α_{3585} , α_{3410}*

An infra-red extinction coefficient value (α -value) of synthetic quartz (measured as in 1.5.6) shall be as listed under the appropriate heading for α_{3500} , α_{3585} , or α_{3410} in the following table for the various grades:

Classes	Valeurs maximales			Valeurs de Q utilisées avant 1987* en 10^6
	α_{3500}	α_{3585}	α_{3410}	
Aa	0,026	0,015	0,075	3,8
A	0,033	0,024	0,082	3,0
B	0,045	0,050	0,100	2,4
C	0,060	0,069	0,114	1,8
D	0,080	0,100	0,145	1,4
E	0,120	0,160	0,190	1,0

* Ces facteurs de qualité Q ont été obtenus à partir des mesures du coefficient d'extinction α et d'une corrélation empirique; ils ont été généralement utilisés avant 1987. Ils sont incorporés dans ce tableau comme ancienne référence, pour montrer la continuité du changement qui porte dorénavant l'accent sur la référence à alpha (α). α est la mesure physique actuellement utilisée pour contrôler et spécifier la qualité du quartz synthétique.

Les limites d'essai données ci-dessus soit correspondent aux limites de α_{3500} , soit ne sont pas changées (à l'exception des classes B et D) par rapport aux valeurs de facteur de qualité données dans la première édition de la CEI 758. Cette première édition désignait certaines de ces mêmes classes en termes de facteur de qualité Q minimal en unités 10^6 , comme suit:

- A = 3,0;
- B = 2,2 (la base utilisée ici) anciennement 2,4 dans la première édition;
- C = 1,8;
- D = 1,4 (révisé);
- E = 1,0 (identique à l'ancienne classe D).

1.4.4 Caractéristiques de la fréquence en fonction de la température (figure 4, et 1.5.7)

La courbe fréquence-température d'un résonateur à quartz synthétique doit être obtenue par la détermination de la variation relative de la fréquence mesurée à 15 °C et à 35 °C par rapport à la fréquence de résonance série à 25 °C. La variation relative de fréquence doit être comme indiqué ci-dessous:

- variation relative de fréquence à 15 °C: $+0,5$ à $+1,5 \times 10^{-6}$
- variation relative de fréquence à 35 °C: $-0,5$ à $-1,5 \times 10^{-6}$

Les mesures doivent être effectuées conformément au 12.4.2 de la CEI 122-1.

1.4.5 Densité des canaux de corrosion, ρ

Lorsqu'elle est exigée la densité des canaux de corrosion ρ , par cm^2 (mesurée comme décrit en 1.5.8), pour chaque classe doit correspondre aux valeurs données dans le tableau ci-après:

Grades	Maxima			Pre-1987* $Q \cdot 10^6$ units
	α_{3500}	α_{3585}	α_{3410}	
Aa	0,026	0,015	0,075	3,8
A	0,033	0,024	0,082	3,0
B	0,045	0,050	0,100	2,4
C	0,060	0,069	0,114	1,8
D	0,080	0,100	0,145	1,4
E	0,120	0,160	0,190	1,0
* These Q -values were obtained from α -measurements and empirical correlation, and were in common usage prior to 1987. These are included here as the previous labels to maintain continuity through the change in emphasizing α -labels. α is the physical measurement now used to control and specify quality in synthetic quartz.				

The test limits above either correspond to or are unchanged (except in the cases of grades B and D) from the α_{3500} limits that correspond to the Q -value grades listed in the first edition of IEC 758. This earlier publication designated some of the same grades in terms of minimum indicated Q 's in 10^6 units, as follows:

- A = 3,0;
- B = 2,2 (basis used herein), changed from 2,4 in the earlier publication;
- C = 1,8;
- D = 1,4 (revised);
- E = 1,0 (the same as the earlier D-grade).

1.4.4 The frequency versus temperature characteristics (figure 4, and 1.5.7)

The frequency versus temperature characteristics of synthetic quartz crystal units shall be assessed by determination of the fractional frequency deviation measured at 15 °C and 35 °C with respect to the series resonance frequency at 25 °C. The fractional deviation shall satisfy the following:

- fractional frequency deviation at 15 °C: $+0,5$ to $+1,5 \times 10^{-6}$;
- fractional frequency deviation at 35 °C: $-0,5$ to $-1,5 \times 10^{-6}$.

Measurement shall be made in accordance with 12.4.2 of IEC 122-1.

1.4.5 Etch channel density, ρ

When required, the etch channel density, ρ , per cm^2 , (measured as in 1.5.8) for each grade shall comply with the listings in the following table:

Classe	Nombre maximal ρ par cm^2
1	10
2	30
3	100
4	300
5	600

1.5 Exigences et méthodes de mesure

1.5.1 Orientation

L'orientation du germe doit suivre les directions spécifiées avec une déviation d'angle inférieure à 30° par rapport à la valeur nominale.

1.5.2 Polarité

La polarité du germe doit être spécifiée: droite ou gauche (voir figure 2).

1.5.3 Dimensions d'un cristal de quartz synthétique

1.5.3.1 Dimension suivant l'axe Y ou Y'

La dimension doit être telle que spécifiée (voir figure 1d).

1.5.3.2 Dimension suivant l'axe Z ou Z'

La dimension suivant l'axe Z ou Z' doit être spécifiée comme Z ou Z', Z_{eff} ou Z'_{eff} (voir figure 1c) ou Z_{min} ou Z'_{min} (voir figure 1d) après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

1.5.3.3 Dimension suivant l'axe X

La dimension brute suivant l'axe X doit être telle que spécifiée (voir figure 1c).

1.5.4 Dimensions du germe

1.5.4.1 Dimension Z ou Z'

La dimension Z ou Z' (c'est-à-dire l'épaisseur) du germe de coupe Z ou de coupe Z' obtenue par rotation, doit être inférieure à 3 mm, sauf spécification contraire.

1.5.4.2 Dimension X

La dimension X du germe doit être telle que spécifiée.

Grade	Maximum number ρ per cm^2
1	10
2	30
3	100
4	300
5	600

1.5 Requirements and measuring methods

1.5.1 Orientation

The orientation of the seed shall be along specified directions, with a deviation of less than 30° from nominal.

1.5.2 Handedness

The handedness of the seed shall be specified, either right-hand or left-hand (see figure 2).

1.5.3 Synthetic quartz crystal dimensions

1.5.3.1 Dimension along Y or Y'-axis

The dimension shall be as specified (see figure 1d).

1.5.3.2 Dimension along Z or Z'-axis

The dimension along the Z or Z'-axis shall be specified as Z or Z', Z_{eff} or Z'_{eff} (see figure 1c), or Z_{min} or Z'_{min} (see figure 1d), as agreed between manufacturer and user.

1.5.3.3 Dimension along X-axis

The gross dimension along the X-axis shall be as specified (see figure 1c).

1.5.4 Seed dimensions

1.5.4.1 Z or Z'-dimension

The Z or Z'-dimension (i.e. thickness) of the Z-cut or rotated Z-cut seed shall be less than 3 mm, unless otherwise specified.

1.5.4.2 X-dimension

The dimension X of the seed shall be as specified.

1.5.5 *Imperfections*

1.5.5.1 *Macles*

Il ne doit pas y avoir de macles électriques ou optiques dans la région utilisable.

1.5.5.2 *Fêlures et fractures*

Il ne doit pas y avoir de fêlures ni de fractures dans la région utilisable.

1.5.5.3 *Densité des inclusions*

Les inclusions dans la gamme des dimensions exigée par l'utilisateur sont comptées visuellement par cm^3 dans des volumes échantillons du cristal, en utilisant un microscope stéréoscopique binoculaire à grossissement 30 à 40, équipé pour un comptage dans un champ circulaire ou carré d'une échelle réticulaire calibrée permettant la détermination des dimensions des particules; un éclairage latéral intense (lampes halogènes, par exemple) sur un fond noir mat est nécessaire. Au besoin, on s'aidera d'un liquide d'indice de réfraction adapté ($n = 1,55$ environ) pour la transparence. L'équipement comprendra également les moyens appropriés de mesure des dimensions des volumes échantillons choisis pour le comptage.

L'utilisation du microscope est exigée dans le cadre d'une mesure normalisée afin d'assurer que les dimensions des inclusions sont correctes, et que ces inclusions sont bien comptées dans leur catégorie dimensionnelle.

1.5.5.3.1 *Echantillonnage*

Lorsque le contrôle de qualité exige que soient déterminées soit la densité des inclusions, soit la densité des canaux de corrosion, et parce que les coûts en termes de durée, temps de travail et argent sont considérables, on établit normalement, par accord entre vendeur et acheteur, un plan d'échantillonnage non seulement des barreaux mais aussi des régions de ces barreaux.

Il est clair que le contrôle, correspondant à une situation dans laquelle la densité des inclusions ou des canaux de corrosion est nettement inférieure aux limites de l'essai, est ce qui coûte le moins cher et est préférable, le prélèvements étant alors rares. Mais de telles situations sont rarement atteintes; aussi, pour un contrôle approprié des densités est-il nécessaire d'exiger parfois des stratégies de contrôle plus rigoureuses, de les trouver, les développer et les faire agréer mutuellement par le vendeur et l'acheteur.

Des méthodes statistiques irréfutables sont exigées pour répondre aux exigences d'essais agréés de l'assurance de la qualité et donner la certitude que le nombre de cristaux et de volumes où l'on opère le comptage est suffisamment représentatif. Les procédures d'échantillonnage et les essais statistiques d'assurance de la qualité étant décrits dans de nombreux ouvrages, les principes qui les guident ne sont pas détaillés ici.

1.5.5 *Imperfections*

1.5.5.1 *Twinning*

There shall be no electrical or optical twinning in the usable region.

1.5.5.2 *Cracks and fractures*

There shall be no cracks or fractures in the usable region.

1.5.5.3 *Inclusion density*

Inclusions, within size ranges required by the user, are counted visually per cm³ in sample volumes within a crystal, using a stereo binocular microscope, operating at 30 to 40 magnification, equipped for counting within either a circular or square field, and with a calibrated reticle scale for determining particle sizes, intense side illumination (such as halogen lamps) over a black matt background, an index matching fluid ($n = 1.55$, approximately) when needed for transparency, and appropriate means to measure the dimensions of the sample volumes counted.

The microscope's use is required in the standard measurement to ensure that the inclusions are correctly sized to be counted into their proper size categories.

1.5.5.3.1 *Sampling*

Because of the considerable costs in time, labour and money, some plan for sampling both bars and regions within the bars is normally used by agreement between supplier and buyer when quality control of either inclusion density or etch channel density is required.

Clearly, the preferable low-cost inspection situation is the one in which the densities of inclusions or etch channels are well below the test limits, and infrequent samples can be justified. Since such situations are not always attainable, more rigorous inspection strategies will sometimes be required for appropriate density control, and shall be found, worked out, and agreed upon between supplier and user.

Sound statistical methods are required in order to meet appropriate agreed upon assured quality level tests and ensure that the crystals and the volumes counted within them are sufficiently representative. Since sampling procedures and statistical confidence tests are described in the literature, their principles will not be repeated here.

1.5.5.3.2 *Echantillonnage du lot*

Habituellement, pour l'échantillonnage d'un lot et pour représenter sa population, on choisit un ou plusieurs barreaux. Le nombre de barreaux choisis doit être fonction du nombre de barreaux dans le lot, du type de cristaux, de l'application prévue, de l'écart entre les densités d'inclusions du lot dans chaque gamme de dimensions moyennes et celles souhaitées, et de l'exigence liée au NQA nécessaire pour prouver suffisamment que la densité d'inclusions du lot dans chaque gamme de dimensions doit être inférieure aux limites fixées pour la classe applicable. Le nombre de barreaux de l'échantillon doit être représentatif du lot en fonction des densités d'inclusion. Si l'on doit s'écarter de cette règle, il faut faire comme si les densités d'inclusions étaient plus importantes et non plus faibles.

1.5.5.3.3 *Volumes dans un barreau*

Un groupe de volumes est ensuite choisi dans chaque barreau de l'échantillon pour le comptage des inclusions. Les limites du volume sont déterminées par la surface du champ focal du microscope (ou d'un carré aux dimensions du réticule) et, en profondeur, soit par la hauteur du barreau, soit par le domaine de réglage en longueur de la profondeur du champ du microscope choisi par l'utilisateur. Il est nécessaire de déterminer et de totaliser les volumes dans lesquels les comptages seront cumulés. Pour la sélection des valeurs pour le comptage, il est recommandé d'inclure principalement les régions (habituellement les zones de croissance Z, comme montré à la figure 3) dont le matériau sera utilisé dans le produit fini; il convient de ne pas écarter de ces régions les volumes à forte densité d'inclusions. Le nombre de volumes par barreau doit, au minimum, être de six pour des raisons de fiabilité statistique.

L'emplacement des volumes dans un barreau doit être réparti uniformément dans son espace X, Y, Z afin d'inclure les variations de la densité des inclusions en fonction de ces variables indépendantes. Les barreaux de quartz synthétique typiques (voir figure 3a) sont longs dans la direction de l'axe Y, et courts dans la direction des axes X et Z. Normalement, la plus grande variation de la densité des inclusions apparaît dans le sens de croissance d'une zone, par exemple la dimension Z dans la zone Z (figures 1a et 3). Ainsi, pour les cristaux de grande dimension dans l'axe Z, les régions échantillons doivent être choisies à diverses distances Z du germe pour assurer que la gamme des dimensions selon Z du barreau est bien représentée par les volumes échantillons du groupe. De même, toute variation notée selon Y ou X doit être échantillonnée, si de telles variations sont présentes.

Pour une bonne répartition des volumes échantillons dans un barreau typique, on marque la plus petite surface X de lignes transversales Z' perpendiculaires au germe à des intervalles réguliers de 10 mm, sur toute la longueur Y de la surface. Les volumes échantillons pour le comptage des inclusions sont choisis selon les besoins à l'intérieur de chaque rectangle formé par les marques et les surfaces du cristal. Pour la localisation des volumes échantillons à diverses distances du germe dans les cristaux de petites dimensions (lorsqu'une zone Z mesure moins du double du diamètre du champ du microscope), il convient d'alterner proximité et éloignement du germe. Pour des cristaux plus grands, il convient de choisir les volumes selon Z dans son domaine de façon que chaque gamme de dimensions d'inclusions soit représentée dans les volumes échantillons.

Différents plans d'échantillonnage fréquemment utilisés sont donnés à l'annexe A.

1.5.5.3.2 *Batch sampling*

In most batch sampling, a suitable sample bar or group of bars is chosen to represent the batch population. The number of bars shall depend on the number in the batch, the type of crystal, the intended application, the separation between the mean and the target inclusion densities and the AQL confidence level requirement needed to provide sufficient assurance that the batch inclusion density in each size range shall be below their applicable grade test limits. The sample bar group shall reasonably represent the batch with respect to inclusion densities. Deviations, if any, are allowed and shall be towards higher, not lower, inclusion densities for safe assurance.

1.5.5.3.3 *Volumes within a bar*

A group of volumes within each sample bar is next chosen for inclusion counting. The boundaries of the volumes are defined by the area of the microscope's focal field (or of a square reticle's outline) and either the bar's height or the length range of the microscope's depth adjustment chosen for use. It is necessary to determine and total the volumes throughout which counts are accumulated. The volumes selected for counting should include mainly regions (usually Z-growth zones as in figure 3) whose material will be present and active in the finished devices, and should not avoid dense inclusion volumes within these regions. The number of volumes per bar shall be at least six or more for reasonable statistical confidence.

The sample volume locations within a bar shall be appropriately distributed in its X-, Y-, Z-axes to include the variations of the inclusion density with these independent variables. Typical synthetic quartz bars (figure 3a) are long in the Y- and small in the X- and Z-axes dimensions. Normally, the greatest variation of inclusion density appears over a zone's grown direction, e.g. the Z-dimension in the Z-zone (figures 1a and 3). Thus for large Z-crystals, the sampled regions shall be located at varied Z-distances from the seed to ensure that the bar's range of Z is well represented by the group of sample volumes. Similarly, any noted variations over Y or X shall be sampled, if such variations are present.

To aid in distributing sample volumes within a typical bar, its lesser X-surface is marked with transverse Z'-lines, perpendicular to the seed at regular 10 mm intervals over the Y-length of the surface. Sample volumes for inclusion counting are chosen as needed from within each rectangle formed by the marks and the crystal surfaces. To locate the sample volumes at varied distances from the seed, in small crystals (where a Z-zone measures less than double the microscope's field diameter), they should be alternated near and far from the seed. For larger crystals, the volumes should be sequenced in Z over its range to ensure that each inclusion band is represented in the sample volumes.

Several frequently used sampling plans are illustrated in annex A.