

**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 (VEI)*.

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 $8^\circ 30'$ 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 cm^3 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.

1.5.5.3.4 *Comptage des inclusions*

De l'intérieur du rectangle marqué où le comptage est effectué, on balaie le champ de vision circulaire ou carré au choix, verticalement selon la hauteur X choisie et dans le domaine de réglage en profondeur du microscope, de la façon suivante.

Si l'échantillon est un barreau Y dont la hauteur selon X est relativement petite, les balayages seront effectués en plusieurs endroits selon Z dans le sens de la longueur (sous éclairage latéral, la petite surface X dirigée vers le haut). En commençant dans un rectangle placé à l'un des bouts de la zone utilisable, on effectue un comptage des inclusions dans un volume cylindrique (ou parallélépipédique) X. En partant un peu au-dessous de la surface X (et en mettant à part le matériau de surface), toutes les inclusions visibles dans le foyer sont classées par catégorie, et le comptage est effectué par catégorie dans les dimensions exigées par le client: 10 μm à 30 μm , 30 μm à 70 μm , 70 μm à 100 μm et plus grand que 100 μm . Après réglage du microscope à un niveau inférieur, un nouveau comptage est effectué, les inclusions étant comptabilisées selon la règle précédente. On poursuit le balayage sur toute la hauteur X choisie. La procédure est ensuite répétée aux différents endroits choisis de l'échantillon.

Dans chacune des quatre catégories, on comptabilise le nombre d'inclusions trouvées aux différents endroits, puis on divise par le volume global calculé pour obtenir, pour chaque catégorie, le nombre d'inclusions moyen par cm^3 du barreau. Les nombres trouvés pour chacun des barreaux de l'échantillon sont à nouveau moyennés, et sont enregistrés comme représentatifs de la distribution des inclusions du lot. Si cela est désiré ou requis, on peut aussi enregistrer les valeurs moyennes maximales et minimales d'un barreau. Un exemple numérique est donné à l'annexe B.

1.5.6 *Evaluation de la qualité par la méthode de la mesure du coefficient d'extinction infrarouge α*

On considère que lorsqu'on utilise un instrument de mesure à faisceau unique, l'absorption infrarouge par centimètre à l'un ou plusieurs des nombres d'ondes 3 410, 3 500 ou 3 585 est la mesure de la différence, dans une lame de coupe Y, entre l'absorption au nombre d'ondes choisi et l'absorption dans le fond hors bande à 3 800 cm^{-1} ou à 3 979 cm^{-1} . Sachant que les rayons α varient directement en fonction de la distribution en taille de la croissance totale Z des cristaux d'un lot, un utilisateur peut fixer son choix quant à la distribution dans le lot pour les essais des échantillons. Ce choix est souvent un cristal à Z moyen ou à Z maximal (mesure du cas le plus défavorable pour α maximal).

1.5.6.1 *Préparation de la lame de coupe Y*

Le cristal de quartz synthétique pour l'échantillonnage est monté sur un substrat, puis découpé à la scie à quartz en lames, afin d'obtenir au moins une lame de coupe Y dont l'épaisseur après rodage et polissage sera de 5 mm à 10 mm. 5 mm est une épaisseur appropriée pour un matériau à haut α permettant de résoudre ses variations α ; la valeur moyenne est pour les α moyens, et l'épaisseur de 10 mm pour les matériaux à bas α permettant la mesure des faibles absorptions.

Après le sciage, les deux faces principales de la lame sont polies, en utilisant, en premier, un mélange homogène d'abrasif à 25 μm , et en second, un mélange homogène à 3 μm . On peut aller plus loin dans le polissage au besoin, de préférence pour les bas alphas.

1.5.5.3.4 *Inclusion counting*

The circular or square field of view chosen for counting within its marked rectangle is scanned vertically over its chosen X-height within the microscope's range of depth adjustment, as follows.

If the sample is a Y-bar with a relatively small X-height, the scans will be at a series of sites varied in Z along its length (under side illumination, with its lesser X-surface up). Beginning in a rectangle positioned at one end of the usable zone, an inclusion count is taken in an X-cylinder (or parallelepiped) volume. Starting slightly below the lesser X-surface (and not counting surface material), all visible inclusions in focus are categorized and counted in each of the size categories required by the customer's order: 10 μm to 30 μm , 30 μm to 70 μm , 70 μm to 100 μm , and greater than 100 μm . The microscope is then lowered, and the newly focused inclusions counted and added into their size categories. This process is continued through the chosen X-height; the procedure is repeated at the next sample position, and so on.

The counts from the bar's sample sites in each of the four size categories are summed by category and divided by the calculated total of the sampled volumes, to obtain an average count per cm^3 for each category in one bar. The count averages in each category from all the sample bars from a run are averaged and recorded as required to represent the size distribution for the run. Maximum and minimum bar averages may also be recorded, if desired or required. A numerical example is offered in annex B.

1.5.6 *Evaluation of infra-red quality by α -measurement*

The infra-red absorption per centimetre at one or more of 3 410, 3 500 or 3 585 wave numbers is measured in a Y-cut slice scan as the difference between the absorption at the chosen wave number and absorption in the background outside the band, at 3 800 cm^{-1} or at 3 979 cm^{-1} when using a single beam instrument. Since α are known to vary directly with the total Z-growth size distribution of the crystals in one batch, a user may designate his preference in the batch distribution for sample testing. Such choices are often either an average Z-crystal or a maximum Z-crystal (for worst case maximum α -measurement).

1.5.6.1 *Preparation of the Y-cut slice*

The synthetic quartz crystal to be sampled is mounted on a substrate, then sliced with a quartz saw to yield at least one Y-cut slice whose thickness after lapping and polishing will fall in the range of 5 mm to 10 mm. The 5 mm thickness is appropriate for high α -material, to resolve its α -variations; the mid-range for medium α ; and the 10 mm thickness is appropriate for the lowest α -material to measure its small absorption.

After sawing, the slice is lapped on both major surfaces: first, with a homogenized mixture of 25 μm abrasive; second, with a homogenized mixture of 3 μm abrasive. Further lapping to polish is optional, and is preferred for low α .

1.5.6.2 *Étalonnage de spectrophotomètre à infrarouge avec une lame de coupe Y normalisée*

Le spectrophotomètre est mis en route. Après un temps de chauffage et quand tout est stabilisé, on procède à son étalonnage. L'étalonnage quotidien normal inclut les réglages limites de la transmission (0 % – 100 %) ou de l'absorbance ($\log T = 1,0 - 0$), la vitesse de défilement du papier et la synchronisation du balayage de l'échantillon. En évaluation et en utilisation normale, on fixe une ouverture de 1,5 mm au faisceau; cette ouverture peut être portée sur demande à 5 mm pour les mesures des plus petites valeurs α . La hauteur d'ouverture ne doit pas être supérieure à la dimension X du germe, ou à 5 mm. On place ensuite la lame polie normalisée de coupe Y sur son support que l'on monte ensuite dans le dispositif de balayage.

On affiche un nombre d'onde pour obtenir le fond (en dehors, mais près de la bande d'absorption OH), habituellement $3\,800 \pm 3\text{ cm}^{-1}$; l'échantillon est ensuite remplacé dans le faisceau en synchronisation avec le défilement du papier enregistreur au nombre d'onde affiché. Un tel balayage est effectué seulement dans les zones de croissance Z de la lame de coupe Y (comme montré dans les figures 1 et 3). Dans certains cas, lorsque le bruit de fond pose un problème (l'utilisation d'un faisceau unique, par exemple), un nombre d'onde de $3\,979 \pm 3\text{ cm}^{-1}$ permet d'atténuer le bruit de fond. Si la trace de balayage du fond n'est pas parfaitement plate en dehors et dans le voisinage du germe, on doit appliquer sur les deux faces principales de la lame semi-polie de coupe Y une fine pellicule de graisse fluorolube. Les variations de la ligne de référence ne doivent pas être supérieures à 0,02 unités d'absorption pendant le balayage. Le balayage de l'échantillon pour obtenir le fond ayant été correctement effectué, on ajuste le nombre d'ondes à la valeur choisie, soit $3\,410$, $3\,500$ ou $3\,585 \pm 3\text{ cm}^{-1}$. L'échantillon est remplacé dans sa position initiale et le papier enregistreur remis à son point initial d'enregistrement. L'échantillon est ensuite exploré pour obtenir le tracé de son absorption infrarouge au nombre d'onde affiché dans la bande d'absorption.

Les valeurs étalonnées de α (maximale et minimale) sont calculées à partir de cette analyse de référence en utilisant l'équation:

$$\alpha = \frac{A^{**} - A^{*}}{\text{épaisseur de lame de coupe Y en centimètres}}$$

où

- * est la valeur de $3\,800$ et $3\,979$ choisie;
- ** est la valeur de $3\,410$, $3\,500$ et $3\,585$ choisie.

NOTE - A est le logarithme (base 10) de la fraction du faisceau incident absorbé par l'échantillon au nombre d'onde souscrit.

Le spectrophotomètre est considéré comme étant correctement étalonné lorsque les lectures de $\alpha_{\max}$ et $\alpha_{\min}$ sont répétables avec une précision de $\pm 0,004$ unités à partir de leur valeur normalisée. Une correction normalisée peut être calculée au besoin pour ramener les lectures de l'instrument dans une tranche normalisée à une valeur acceptable pour être utilisée pendant les mesures en série.

1.5.6.2 Calibration of a standard Y-cut slice in an infra-red spectrophotometer

The infra-red spectrophotometer is turned on, allowed to warm and fully stabilize, then calibrated. The normal daily calibration includes its transmission (0 % – 100 %) or absorbance ($\log T = 1,0 - 0$) limit settings, chart speed and synchronized sample scanning arrangement. For evaluation and normal use, a 1,5 mm width aperture is located in the sample beam. For the lowest α -value measurements a 5 mm width aperture may be required. The aperture's height shall not exceed the X-dimension of the seed, or 5,0 mm. A polished Y-cut standard reference slice is placed first in the sample holder, which is then mounted in the scanning device.

The wave number control is set at a background setting (outside, but near the OH absorption band), usually $3\,800 \pm 3\text{ cm}^{-1}$, and the sample is translated through the beam with synchronized chart advance at the fixed wave number. Such scanning is done only in the Z-growth zones of the Y-cut slice (illustrated in figures 1 and 3). In certain cases where background noise may be a problem, such as single beam operation, a higher background wave number $3\,979 \pm 3\text{ cm}^{-1}$, may be used for lowered background noise. If the background scan trace is not reasonably flat outside the original seed's boundaries, a thin film of fluorolube grease shall be applied to both major surfaces of the semi-polished Y-cut slice. Baseline changes shall not exceed 0,02 absorption units during a background scan. After the sample has completed a successful scan at background, the wave number is adjusted to the chosen $3\,410$, $3\,500$ or $3\,585 \pm 3\text{ cm}^{-1}$. The sample is returned to its original position and the chart paper rerolled to the position where its wave number scan began. The sample is then scanned to plot its infra-red absorption at this wave number in the absorption band.

The calibration α -values (maximum and minimum) are calculated from this reference scan, using the equation:

$$\alpha = \frac{A^{**} - A^{*}}{\text{Y-cut slice thickness in centimetres}}$$

where

* is the chosen value of $3\,800$ and $3\,979$;

** is the chosen value of $3\,410$, $3\,500$ and $3\,585$.

NOTE - A is the logarithm (base 10) of the fraction of the incident beam absorbed by the sample at the subscript wave number.

The spectrophotometer is considered in proper calibration if its $\alpha_{\max}$ and $\alpha_{\min}$ readings are repeatable within $\pm 0,004$ units of the standard's values for them. A standardization correction may be calculated as needed to bring the instrument's reading on a standard slice to an accepted value, and used while current.

1.5.6.3 Mesure d'essai d'une lame de coupe Y

Après un bon étalonnage, chaque lame préalablement préparée (de préférence polie) est explorée aux nombres d'onde du bruit de fond et de la bande d'absorption des groupes OH choisie, en utilisant au besoin une fine pellicule d'huile pour les lames semi-polies. Leurs valeurs de α correspondantes sont calculées en utilisant l'équation ci-dessus. Les régions exclues de cette détermination sont celles à $\pm 2,0$ mm du centre du germe et celles de la zone de croissance au-delà des dimensions appropriées du barreau préébauché.

1.5.7 Caractéristiques fréquence-température

Les spécifications du résonateur à quartz permettant d'évaluer les caractéristiques de fréquence par rapport à la température doivent être les suivantes, les mesures étant effectuées conformément à la CEI 122-1:

- fréquence 10 MHz $\pm$ 10 kHz (fondamentale);
- localisation zone Z;
- orientation de la lame coupe AT; $35^\circ 13' \pm 30''$;
- forme de la lame carrée plate et à faces parallèles, avec un côté parallèle à l'axe X;
- dimensions latérales de la lame 8 mm x 8 mm;
- diamètre de l'électrode $4 \pm 0,1$ mm;
- variation de fréquence équivalente à l'épaisseur de métallisation $70 \pm \begin{smallmatrix} 20 \\ 0 \end{smallmatrix}$ kHz;
- matière de l'électrode argent ou or;
- points supports sur deux coins opposés;
- finition de la surface doux (la dimension moyenne des particules d'abrasif doit être inférieure à 3 μ m); ensuite, attaque par l'acide à environ 200 kHz;
- planéité de la surface quand on éclaire en lumière monochromatique à travers un plan étalon de verre et qu'on examine une zone circulaire de diamètre égal à 6 mm, le produit du nombre d'anneaux par la fréquence exprimée en mégahertz ne doit pas dépasser 5 en lumière jaune, ou 6 en lumière verte;
- parallélisme les deux faces de la lame doivent être parallèles à $10''$ près;
- fermeture hermétiquement fermée dans une atmosphère d'azote sec aux conditions atmosphériques normales pour la température et la pression (voir 5.1 de la CEI 68-1).

La spécification particulière doit prescrire la pente maximale et minimale de la caractéristique fréquence-température (figure 4).

1.5.6.3 Test measurement of a Y-cut slice

After successful calibration, each prepared (preferably polished) unknown slice is scanned at the background and chosen OH absorption band wave numbers, using a thin film of oil as needed in cases where there is only a semi-polish. Their pertinent α -values are calculated using the equation above. Regions excluded from this determination are $\pm 2,0$ mm from the seed centre, and the excess growth beyond the appropriate pre-dimensioned bar dimensions.

1.5.7 Frequency versus temperature characteristics

The specifications for the quartz crystal unit for evaluating the frequency versus temperature characteristics shall be as follows and measurements shall be made as specified in IEC 122-1:

- frequency 10 MHz $\pm$ 10 kHz (fundamental);
- location of specimen Z-zone;
- orientation of plate AT-cut; $35^{\circ} 13' \pm 30''$;
- shape of plate square flat and parallel plate with one edge along the X-axis;
- lateral dimensions of plate 8 mm $\times$ 8 mm;
- diameter of electrodes $4 \pm 0,1$ mm;
- plate back of frequency deviation $70 \pm \begin{smallmatrix} 20 \\ 0 \end{smallmatrix}$ kHz;
- electrode material silver or gold;
- supporting points at two points on opposite corners;
- finish of surface lapped (average particle size of abrasive shall be less than 3 μ m), then etched by 200 kHz;
- flatness of surface when illuminated with monochromatic light through an optical flat glass and examined within a circular zone of 6 mm diameter, the product of the fringe curvature and the frequency expressed in megahertz shall not exceed 5 if measured with yellow light or 6 if measured with green light;
- parallelism both surfaces of plate shall be parallel within $10''$;
- seal hermetically enclosed in a dry nitrogen atmosphere at standard atmospheric conditions for temperature and pressure (see 5.1 of IEC 68-1).

The specification shall state minimum and maximum slope of frequency versus temperature characteristics (figure 4).

1.5.8 Densité des canaux de corrosion

La densité est mesurée en comptant le nombre de canaux, à l'aide d'un microscope binoculaire de grossissement 35, dans une lame de coupe AT détachée du cristal de quartz échantillon.

1.5.8.1 Echantillonnage de cristaux d'un lot

Pour atteindre un niveau de fiabilité statistique spécifié, l'échantillonnage du lot doit être basé sur une méthode appropriée au cas des canaux de corrosion: la méthode statistique des NQA; en effet, la population des canaux de corrosion dépend et des canaux dans le germe et du procédé de croissance du matériau autour du germe. Il est préférable de sélectionner et de grouper les germes pour leur densité de canaux, et de noter leur emplacement dans l'autoclave, ou de s'assurer que l'échantillonnage des germes comme du matériau de croissance est adéquat; il est en effet possible que les germes soient différents les uns des autres, sauf si l'ensemencement est intentionnellement contrôlé.

1.5.8.2 Préparation de la lame de coupe AT pour l'attaque chimique

On découpe un cristal de quartz synthétique pour obtenir une lame de coupe AT (à $35,25^\circ \pm 1^\circ$) d'épaisseur $6,4 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. Il convient que la lame contienne de préférence tout le germe dans sa hauteur, encore que, dans certains cas spéciaux, il est possible d'utiliser des lames plus minces avec moins de hauteur de germe, à condition que la quantité de matériau spécifiée soit enlevée à chaque polissage. L'identité de la lame doit être marquée au crayon diamant de préférence sur sa petite face X; la profondeur du marquage doit être telle que l'identité reste lisible après le polissage et l'attaque chimique.

Après le sciage et le marquage, la lame est polie sur ses deux faces principales, d'abord avec un mélange homogène d'un abrasif de $25 \mu\text{m}$, ensuite après nettoyage avec un mélange homogène de $3 \mu\text{m}$. Au moins $0,25 \text{ mm}$ de l'épaisseur totale du quartz doivent être enlevés au premier polissage et $0,10 \text{ mm}$ au second. La lame est ensuite nettoyée afin que l'attaque chimique soit uniformément assurée sur toutes ses faces, ce qui sera mis en évidence par l'aspect mat uniforme après l'attaque chimique.

1.5.8.3 Attaque chimique de la lame polie de quartz de coupe AT

Sous un capot protecteur de fumée, en utilisant un équipement de protection approprié (y compris tablier, gants, lunettes, écrans anti-projections), on verse du bifluorure d'ammoniaque dans un récipient convenable contenant de l'eau déionisée pour une solution saturée à $75^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Le bifluorure d'ammoniaque est maintenu à $75^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ à l'aide d'un bain à température constante. On utilise un thermomètre à revêtement polytétrafluoroéthylène (PTFE) pour contrôler la température de la solution. Si on préfère différentes températures pour l'attaque chimique, on adaptera la durée de l'attaque en conséquence, afin que l'exigence concernant l'enlèvement de matériau indiquée ci-après soit respectée.

La lame de coupe AT (polie et nettoyée) est plongée dans la solution à l'aide de pinces revêtues de polytétrafluoroéthylène (PTFE) ou d'un support adapté inerte. Pendant l'attaque de l'acide, soit on agite la solution, soit on déplace lentement (en gros à 25 mm par seconde) la lame. En principe, une durée de 4 h est suffisante; elle dépend du nombre de lames et de la façon dont on opère. L'enlèvement de matériau doit au minimum se limiter à $0,10 \text{ mm}$ de l'épaisseur totale et au maximum à $0,12 \text{ mm}$. Il faut faire en sorte que l'attaque soit uniforme; ce qu'on doit vérifier périodiquement dans le temps et *de visu*. Lorsque l'opération est terminée, on enlève la lame de la solution avec les pinces et on la rince à l'eau chaude (85°C); puis on la nettoie à l'acétone et, au besoin, avec d'autres agents de nettoyage. La lame est alors prête pour un examen visuel direct.

1.5.8 Etch channel density

The etch channel density is measured by counting channels in an etched AT-cut sample slice of the sampled quartz crystal as seen under a binocular microscope at up to 35x magnification.

1.5.8.1 Sampling the crystals from a batch

Sampling a batch to achieve a specified statistical confidence level requires the use of AQL confidence statistics appropriate in this, the etch channel case, because the etch channel population depends on both the channels in the seeds and the process that grows the material on the seeds. It is preferable to presort and group seeds for their etch channel densities and record their group locations in autoclaves or ensure that there is an adequate sample of the seeds as well as the growth on them, because of the possibility that some of the seeds may differ greatly from the others, unless intentionally controlled during planting.

1.5.8.2 Preparation of AT-cut slice for etching

A sample synthetic quartz crystal is cut to yield an AT-cut slice (at $35,25^\circ \pm 1^\circ$ to the Y-plane) of a thickness to finish at $6,4 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. The slice should preferably contain full seed height, although thinner slices and lesser seed heights may be used in special cases, providing the specified amount of material is removed in each lapping. The slice's identity should be marked with a diamond scribe, preferably on its lesser X-surface to an adequate depth to ensure that the identity will not be lost in lapping and etching.

After sawing and marking, the slice is lapped on both major surfaces; first, with a homogenized mixture of $25 \mu\text{m}$ abrasive; second, on a cleaned lap with a homogenized mixture of $3 \mu\text{m}$ abrasive. A minimum of $0,25 \text{ mm}$ total thickness of quartz shall be removed in the first abrasive lapping, and of $0,10 \text{ mm}$ total thickness in the second abrasive lapping. The slice is then cleaned to ensure a uniform etching rate over its surfaces, as evidenced by its uniform matt appearance after etching.

1.5.8.3 Etching procedure for lapped AT-cut slice

Within a fume hood, using appropriate safety equipment (including apron, gloves, eyeglasses and splatter shields), an excess of ammonium bifluoride is added to deionized water in a suitable container to make a saturated solution at $75^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. The ammonium bifluoride is maintained at the $75^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ temperature, with the use of a constant temperature liquid bath. A polytetrafluoroethylene (PTTE)-coated thermometer in the solution is used for monitoring the temperature. If different etch temperatures are preferred, the etch time will be adjusted appropriately to comply with the stock removal requirement below.

The lapped and cleaned AT-cut slice is immersed into the saturated ammonium bifluoride solution using polytetrafluoroethylene (PTTE)-coated tongs or an inert etching slice holder. The solution should be agitated, or the sample slowly moved (approximately 25 mm per second) during the etching process. An etching time of about 4 h should be sufficient, depending on agitation and the number of slices, to remove not less than $0,10 \text{ mm}$ (minimum) or more than $0,12 \text{ mm}$ (maximum) total thickness. Uniform etch rate is a requirement. The quartz slice shall be checked periodically for etch uniformity both in time and over the slice's area. After etching is completed, the slice is removed from the etch solution with the polytetrafluoroethylene (PTTE)-coated tongs, rinsed with hot water (85°C), then cleaned with acetone and other cleaning agents if needed to prepare the sample for unobstructed visual inspection.

1.5.8.4 Méthode de comptage des canaux de corrosion

On place une grille de carrés de dimensions connues allant de 0,25 cm par 0,25 cm à 0,50 cm par 0,50 cm sur la lame de coupe AT dans la zone de croissance Z indiquée à la figure 3a. Si on le veut, on peut la placer dans la partie rectangulaire de la zone Z à la hauteur du germe. Il convient d'exclure du comptage les carrés de la grille situés à ± 2 mm de l'axe central du germe.

Chaque lame est examinée à l'aide d'un microscope binoculaire de grossissement 30 à 40 sous un éclairage puissant, dirigé sur la lame dans ses plus petites directions X. Il faut faire attention de bien régler le microscope sur la face supérieure de la lame afin d'éviter de compter des intersections de canaux dans la partie inférieure. On compte les canaux de corrosion dans chacun des carrés en se servant du système d'ajustement du microscope pour obtenir une vision claire. Quand tous les carrés ont été comptés, on calcule la valeur moyenne que l'on convertit en moyenne par centimètre carré, p , en multipliant par 16 pour des carrés de 0,25 cm x 0,25 cm ou 4 pour des carrés de 0,50 cm x 0,50 cm ou selon le nombre de carrés dans 1 cm.

1.5.9 Concentration des impuretés d'aluminium

La concentration d'aluminium s'exprime en atomes d'aluminium par million d'atomes de silicium. Pour le nettoyage de l'échantillon on ne doit pas utiliser de produits acides qui ôteraient en premier lieu les impuretés.

La concentration d'aluminium dans le quartz peut être déterminée parfaitement à la fois par des méthodes spectrochimiques et par des méthodes physiques. Les premières comprennent dans l'ordre de leur développement: l'absorption atomique (AA), le plasma couplé inductivement (ICP) et le plasma à courant continu (DCP). Toutes ces méthodes permettent également la détection d'autres métaux que l'aluminium. Elles nécessitent une habileté technique du laboratoire, si l'on veut obtenir des résultats précis, surtout quand la concentration d'aluminium est faible. La sensibilité de ces méthodes est améliorée par trempage préalable des échantillons de SiO_2 dans une solution de fluorure d'hydrogène (HF) (qui détache le silicium par dégagement du gaz SiF) entrecoupé de cycles à blanc pour éviter le dépôt indésirable d'impuretés provenant du fluorure d'hydrogène.

Les méthodes physiques comprennent la résonance des spins des électrons (ESR), appelée aussi résonance paramagnétique des électrons (EPR), et l'absorption du rayonnement infrarouge dans un échantillon électriquement purifié à la température de l'azote liquide. En outre, des informations qualitatives au moins, peuvent être obtenues à partir de comparaisons des régions de croissance X assombries par rayonnement.

Les méthodes spectrochimiques et physiques nécessitent les unes comme les autres l'utilisation d'un équipement spécialisé dont le coût ne peut être amorti que par des laboratoires qui en feront un usage important. L'utilisateur voulant déterminer la concentration d'aluminium dans le quartz doit rechercher soit un laboratoire bien équipé en spectrochimie disposant d'un personnel hautement qualifié, soit un laboratoire de physique équipé d'un EPR. De l'un comme de l'autre il peut espérer obtenir de bons résultats.

Un soin particulier doit être pris dans la préparation des échantillons pour la mesure de la concentration en Al pour éviter que d'autres impuretés n'interviennent. Par exemple, on ne choisira qu'une seule zone de croissance et non le germe. Habituellement c'est la zone Z de croissance qui est choisie.

1.5.8.4 Etch channel counting procedure

A square grid of known dimensions in the range of 0,25 cm x 0,25 cm to 0,50 cm x 0,50 cm is marked on the AT-cut slice within the Z-growth zone as identified in figure 3a. If preferred, the grid pattern may be drawn only over the rectangular portions of the Z-zones matching the seed's height. No grid squares should be counted that fall within ± 2 mm of the seed's centre line.

Each slice is viewed with a binocular microscope using 30x to 40x magnification, and a strong light source directed into the slice in its lesser X-direction. Care shall be taken to focus the microscope on the upper surface of the sample, thus avoiding counting the etch channel intersections with the lower sample surface. The etch channels are counted and recorded in each and every square area with the microscope's zoom adjustment set for a convenient viewing magnification. After all the grid areas intended for counting are counted, their average count is calculated, and converted to an average per square centimetre, ρ , by multiplying by 16 for 0,25 cm x 0,25 cm, or 4 for 0,50 cm x 0,50 cm, etc., the number of grid squares in 1 cm.

1.5.9 Aluminium impurity content

The concentration of Al is in the units of Al atoms per million Si atoms in the quartz material. The sample cleaning procedure shall not include the use of quartz etchants, to make sure that impurities are not preferentially removed by etching.

The Al content of quartz can be successfully determined by both spectrochemical methods and physical methods. The former include, in order of their development: atomic absorption (AA), inductively coupled plasma (ICP) and direct current plasma (DCP). All these methods can also yield analysis of many metals as well as Al. They require the exercise of careful laboratory skills for accurate results, especially when the Al contents are low. The sensitivity of all is improved by predigesting the SiO_2 samples in HF solution (which removes the Si by the evolution of SiF gas), with the use of blank runs to control for unwanted additions of impurities from the HF used.

The physical methods include: electron spin resonance (ESR), also called electron paramagnetic resonance (EPR), and infra-red absorption of a swept sample at liquid nitrogen temperature. In addition, at least qualitative information can be obtained from comparisons of irradiation darkening of X-growth regions.

The spectrochemical and physical methods both involve the use of specialized equipment of such cost that it is normally installed only in laboratories expecting a volume usage of the equipment. For Al determinations in quartz the user shall search for either a well-equipped spectrochemical laboratory with well-qualified technicians or a physical laboratory equipped with EPR. It should be possible to obtain reasonable results from either.

Care is required in the preparation of samples for Al analysis to ensure no unwanted material is included. For example, usually only one growth zone and no seed material is desired. Frequently, the desired zone is Z-growth material.

1.5.10 Quartz électriquement purifié

Le quartz électriquement purifié est obtenu par l'électrolyse du quartz α dans un champ électrique à haute température, ce qui produit un mouvement des ions monovalents dans le cristal le long de son axe Z. Ce processus est décrit et examiné dans la littérature spécialisée.

1.6 Marquage

Chaque cristal de quartz synthétique doit porter les indications suivantes marquées clairement sur une grande ou petite surface X;

- a) nom du fabricant ou marque commerciale;
- b) orientation du cristal;
- c) polarité du cristal;
R.H. pour quartz droit;
L.H. pour quartz gauche;
- d) si spécifié, autres informations telles que:
 - 1) identification du lot;
 - 2) classe de qualité par α : Aa, A, B, C, D ou E;
 - 3) densité des inclusions: Ia, Ib, I, II ou III;
 - 4) densité des canaux de corrosion: 1, 2, 3, 4 ou 5.

Section 2: Guide pour l'utilisation du cristal de quartz synthétique

2.1 Généralités

2.1.1 Domaine d'application

Le présent guide a été établi afin de répondre au désir, généralement exprimé par les utilisateurs et les fabricants, de disposer d'un guide qui permette d'utiliser le cristal de quartz synthétique avec tous ses avantages. Son but n'est pas d'expliquer les procédés techniques de fabrication du résonateur à quartz ni de rappeler toutes les propriétés du cristal de quartz synthétique.

2.1.2 Cristal de quartz synthétique

Les cristaux de quartz synthétique sont obtenus par la méthode hydrothermale à gradient de température. Une chambre sous pression (autoclave) est partiellement remplie de solution alcaline (par exemple Na_2CO_3 ou NaOH) à la température de la chambre. Les germes sont placés en haut et les éléments de quartz nutritifs en bas de l'autoclave. Ensuite, l'autoclave est fermé hermétiquement et chauffé, la température du haut de l'autoclave étant maintenue inférieure à celle du bas. De cette façon, le soluté nutritif est transporté par des courants de convection et déposé sur les germes.

1.5.10 *Swept quartz*

Swept quartz is a product of treatment by electrolysis of α -quartz in an electric field at elevated temperature to produce conductive movement of monovalent ions through the crystal along its Z-axis. The process is described and reviewed in the specialized literature.

1.6 Marking

Each synthetic quartz crystal shall have the following information clearly marked on a major or lesser X-surface:

- a) manufacturer's name or trade mark;
- b) orientation of material;
- c) handedness of material;
 - R.H. stands for right-handed quartz;
 - L.H. stands for left-handed quartz;
- d) other information, if specified, to be marked such as:
 - 1) batch identification;
 - 2) α -grade: Aa, A, B, C, D or E;
 - 3) inclusion density: Ia, Ib, I, II or III;
 - 4) etch channel density: 1, 2, 3, 4 or 5.

Section 2: Guide to the use of synthetic quartz crystal

2.1 General

2.1.1 *Scope*

This guide has been prepared in response to a generally expressed desire on the part of both users and manufacturers for a guide to the use of synthetic quartz crystal, so that it may be used to its best advantage. It is not the function of this guide to explain the practical techniques of manufacturing a crystal unit from quartz crystal, nor to attempt to cover all the properties of synthetic quartz crystal.

2.1.2 *Synthetic quartz crystal*

Synthetic quartz crystals are grown by the hydrothermal temperature gradient method. A pressure chamber (autoclave) is partially filled with the alkaline (e.g. Na_2CO_3 or NaOH) growing solution at room temperature. Seeds are placed in the upper space, and nutrient quartz fragments are placed in the bottom of the autoclave, which is then sealed and heated. The temperature in the upper space is kept lower than the temperature at the bottom. Hence the solute nutrient is transferred by convection currents and deposited on the seeds.

La forme, les dimensions et les propriétés physiques des cristaux obtenus dépendent de l'orientation, des dimensions du germe et des conditions de croissance. Un bon contrôle de la croissance assure l'uniformité des dimensions et de la forme, et l'homogénéité de la qualité.

2.2 Forme et dimensions du cristal de quartz synthétique

2.2.1 Axes et faces du cristal de quartz

La littérature et les normes nationales présentent des différences dans le choix des axes, de la polarité et des systèmes d'axes utilisés pour décrire le cristal de quartz. La figure 5a montre un cristal de quartz avec toutes ses faces naturelles, mais celles-ci ne sont pas toujours présentes dans le quartz synthétique. La figure 5b représente les faces du quartz synthétique. Suivant l'orientation des germes autour desquels les cristaux de quartz se sont développés, ceux-ci ont une apparence physique considérablement différente de celles indiquées sur les figures 5a et 5b.

2.2.2 Germe

Plusieurs orientations normalisées des germes sont choisies, de telle façon que les résonateurs à quartz les plus fréquemment utilisés puissent être fabriqués économiquement. Les cristaux de quartz synthétique obtenus à partir de germes de coupe Z ou de germes parallèles à la petite face rhomboédrique Z sont principalement utilisés pour la fabrication de résonateurs à quartz à haute fréquence, vibrant en mode de cisaillement d'épaisseur et de résonateurs à quartz à fréquence moyenne, vibrant en mode de cisaillement plan. Les cristaux obtenus à partir de germes de coupe Z' sont utilisés pour les résonateurs à basse fréquence, vibrant en flexion ou en elongation.

Dans un cristal synthétique, le germe est habituellement enveloppé d'un voile mince formé de bulles et d'inclusions.

2.2.3 Formes et dimensions

Les cristaux de quartz synthétique brut possèdent des faces de croissance caractéristiques. La figure 6 montre une forme typique d'un cristal cultivé sur un germe de coupe Z de petite dimension X. Lorsque le germe de coupe Z a des proportions différentes ou lorsqu'on utilise des germes d'autres coupes, la forme des cristaux produits est différente.

Les dimensions des cristaux de quartz synthétique sont définies par les trois dimensions nominales: X, Y (ou Y') et Z (ou Z'). Celles-ci sont les dimensions suivant les trois axes X, Y (ou Y'), Z (ou Z'), respectivement, comme l'indique la figure 6. Les dimensions sont choisies de façon à favoriser l'économie dans le procédé de croissance et à obtenir un bon rendement dans la production des éléments cristallins. Mais il convient de se rappeler que les dimensions sont matière à discussion entre fabricant et utilisateur.

Comme le cristal synthétique brut possède des faces de croissance telles que la face m ou la face z aux extrémités de l'axe Y ou Y', la dimension effective utilisée pour la fabrication des cristaux piézoélectriques est inférieure à la longueur nominale.

Shapes, dimensions and physical properties of grown crystals depend on the orientation and dimensions of the seeds and on growing conditions. A good control of growing processes ensures uniformity in shapes and dimensions and homogeneity in quality.

2.2 Shape and size of synthetic quartz crystal

2.2.1 Crystal axis and face designation

In textbooks and in national standards, differences exist in the choice of axes, handedness and axial systems for describing a quartz crystal. Figure 5a shows a quartz crystal with all the natural faces. These are not always present on synthetic quartz. Figure 5b gives the corresponding synthetic quartz faces, but since these crystals are grown from specifically oriented seeds, their physical appearance differs materially from those shown in figures 5a and 5b.

2.2.2 Seed

Several standard orientations of seeds are chosen so that the most frequently used crystal units can be economically manufactured. Crystals made from Z-cut and minor rhomb (z-minor) cut seeds are mainly for manufacturing high-frequency crystal units vibrating in thickness shear modes and medium frequency units vibrating in face shear modes. Crystals made from Z'-cut seeds are for manufacturing low-frequency crystal units vibrating in extensional or flexural modes.

A seed in a grown crystal is usually surrounded by a thin veil, which consists of bubbles and inclusions.

2.2.3 Shapes and dimensions

"As grown" synthetic quartz crystals are covered with the characteristic growth surfaces. Figure 6 shows the typical shape for a crystal grown on a Z-cut seed of small X-dimension. Crystals of other shapes are produced when the Z-cut seed is of other proportions or seeds of other cuts are used.

The size of synthetic quartz crystals is specified by three nominal dimensions: X, Y (or Y') and Z (or Z'). They are the dimensions along the X-axis, Y-(or Y'-) axis, and the Z- (or Z'-) axis respectively, as shown in figure 6. The dimensions are so chosen that both economy in the growth process and good yield in production of crystal elements may be achieved, but it should be appreciated that dimensions are a matter for discussion between user and manufacturer.

Since "as grown" crystals exhibit such growth surfaces as m-face or z-face at the ends of the Y- or Y'-axis, the effective dimension which may be used for fabricating crystal elements is shorter than the nominal length.

Une mesure exacte de la dimension minimale Z' peut être difficile en pratique, car les faces Z ne sont pas parfaitement planes et peuvent ne pas être parallèles. Il est aussi difficile d'obtenir des tolérances serrées sur ces dimensions. Pour ces raisons, lorsque les tolérances exigées par l'utilisateur sont plus serrées que celles que le fabricant peut respecter, on doit envisager la possibilité d'utiliser le matériau sous la forme semi-ouvrée (quelquefois appelé quartz prédimensionné ou préébauché).

2.2.4 Zones de croissance

Le dépôt de soluté sur chaque face de croissance est continu et parfois sensiblement uniforme. Mais ce dépôt s'effectue de façon différente suivant les faces. Il en résulte des régions dont la croissance s'est produite le long de directions différentes et qui possèdent des propriétés différentes. Parmi les zones de croissance les plus fréquemment citées dans cette norme, la zone Z est celle qui offre la meilleure qualité, puis viennent la grande zone X et les zones S . C'est pourquoi il est recommandé de tailler l'élément de cristal vibrant en cisaillement d'épaisseur ou en cisaillement plan, entièrement ou presque entièrement dans la zone Z , et de faire en sorte que seul du quartz de zone Z soit placé sous l'électrode de l'élément fini. La petite zone X est de qualité inférieure et n'est habituellement pas utilisée pour la production des résonateurs à quartz haute fréquence.

Les figures 3a et 3b montrent la façon de découper le bloc de quartz afin d'obtenir des lames de coupe AT et de coupe X en tenant compte des zones de croissance.

2.3 Méthode normalisée permettant d'évaluer la qualité du cristal de quartz synthétique

L'imperfection de la structure et celle chimique du quartz synthétique dépend des conditions de croissance, des dopants utilisés et particulièrement de la vitesse de croissance; il résulte de cette imperfection deux conséquences pratiques importantes: premièrement, le coefficient d'extinction du quartz, α , peut être détérioré (vers de plus grandes valeurs); deuxièmement, l'angle de coupe nécessaire pour obtenir certaines caractéristiques fréquence-température peut ne pas être constant.

Le facteur de qualité Q a été tout d'abord utilisé pour évaluer la qualité du matériau. Un résonateur à quartz fabriqué comme le résonateur à quartz de fréquence normalisée à 5 MHz, 5ème partiel, permet d'assurer que le facteur de qualité Q reflète les pertes d'énergie internes mais non celles dues à la monture, ou à des différences mineures d'une technique de fabrication à l'autre. Un tel résonateur à quartz étant de grande dimension, il est parfois impossible de le réaliser dans la zone Z .

Lorsque les coefficients d'extinction, α , ont été acceptés et utilisés comme indicateurs du facteur de qualité Q , ils ont aussitôt remplacé presque complètement les mesures directes de Q , compte tenu de leur capacité et des avantages qu'ils présentent pour caractériser les produits. Les petites zones de croissance peuvent être mesurées, les détails des structures des bandes de croissance peuvent être résolus; les essais sont dans l'ensemble non destructifs, coûtent moins chers et sont effectués plus rapidement.

La dispersion d'angle de coupe optimal devient très réduite et comparable à celle du cristal de quartz naturel quand α_{3500} est inférieur à 0,06/cm (classe C). Aussi, de tels cristaux sont-ils recommandés pour la production de résonateurs à quartz haute fréquence ayant de bonnes caractéristiques de température.

An exact measurement of the minimum dimension Z' may be troublesome in practice, because of non-flatness and possible non-parallelism of the Z-surfaces. It is also difficult to achieve close dimensional tolerances. For these reasons, in cases where the user's tolerances on dimensions are closer than the manufacturer can supply, the use of partly processed material shall be considered (this is sometimes described as pre-dimensioned or lumbered quartz).

2.2.4 Growth zones

Deposition of solute on each growth surface is continuous, and sometimes substantially uniform, but the manner of deposition differs from zone to zone. Hence, different regions result from growth along different directions and those regions have different properties. Among the common growth zones mentioned in this standard, the Z-zone exhibits the highest quality, then the greater X-zone and S-zones follow. Hence, it is recommended that thickness shear and face shear crystal elements should be cut entirely or mostly from the Z-zone and that only Z-zone material be included under the electrode of the finished crystal unit. The lesser X-zone exhibits the lowest quality and is usually discarded in the production of high-frequency crystal units.

Figures 3a and 3b show typical examples of cutting wafers of AT-cut plates and X-cut plates from appropriate growth zones.

2.3 Standard method for evaluating the quality of synthetic quartz crystal

The degree of structural and chemical imperfection of a synthetic quartz crystal depends on growth conditions, dopants used, and especially on growth rate resulting in two important practical consequences. First, the extinction coefficient α of crystal may be degraded (to larger values). Second, the angle of cut to yield a certain frequency-temperature characteristic may not be uniform.

The Q -value of a crystal unit was first used as a guide to the quality of the material. A crystal unit manufactured as a 5 MHz fifth overtone frequency standard crystal resonator, ensures that the Q -value reflects the internal loss but not the mounting loss and minor differences in fabrication techniques between manufacturers. The size of this crystal unit is large and sometimes impossible to cut from the Z-zone.

When coefficients of extinction, α , became accepted and used for their Q -indications, they soon replaced direct Q -measurements almost completely, due to their capabilities and advantages as a characterization tool. Small growth zones can be measured, details of growth band structures can be resolved; the tests are almost non-destructive, less costly, and much quicker.

The spread of the optimum angle of cut becomes very small and comparable to the spread in natural quartz crystals, when the α_{3500} is less than 0,06/cm (grade C). Hence, such crystals are recommended for the production of high-frequency crystal units having good temperature characteristics.

Avec un bon contrôle du procédé de croissance, on assure l'uniformité des valeurs de α dans un même lot de production. Un échantillon du lot de production doit inclure un des cristaux de quartz synthétique ayant l'épaisseur maximale le long de l'axe Z ou Z'. Le choix de cet échantillon est lié au fait que les valeurs de α sont proportionnelles à la vitesse de croissance. Ainsi, le cristal ayant l'épaisseur maximale aura la valeur la plus élevée de α dans le lot. Ainsi, pour la plupart des applications, suffit-il d'effectuer les essais par échantillonnage.

Comme mesure supplémentaire pour évaluer le quartz synthétique, on spécifie dans la norme un résonateur à quartz destiné aux mesures des caractéristiques fréquence-température. L'angle de coupe est choisi de telle façon que les courbes fréquence-température aient une pente linéaire et qu'elles soient sensibles aux variations de l'angle de coupe. Les formes et les dimensions de ce quartz sont telles qu'elles permettent de déterminer un angle de coupe précis. La valeur du facteur de qualité Q de ce résonateur à quartz dépendant étroitement de la monture et des procédés de fabrication, il convient de ne pas utiliser cette caractéristique pour évaluer le facteur de qualité Q du cristal.

2.4 Autres méthodes de contrôle de la qualité du cristal de quartz synthétique

Il existe différentes méthodes pour contrôler la perfection de structure du quartz synthétique, mais les relations quantitatives entre celles-ci et les caractéristiques électriques d'un résonateur à quartz n'ont pu être établies parfaitement. La méthode d'absorption du rayonnement infrarouge décrite ci-dessus, utilisable pour évaluer la qualité, constitue une exception.

2.4.1 Examen visuel

Il convient d'éviter la présence d'une grande quantité d'inclusions dans l'élément de quartz.

2.4.2 Méthode d'absorption du rayonnement infrarouge

Certains radicaux inclus dans le réseau cristallin absorbent le rayonnement infrarouge de nombres d'onde déterminés. Le radical d'impuretés le plus courant dans le quartz synthétique est l'ion hydroxyle OH dont la quantité peut être établie par le coefficient d'extinction infrarouge pour un nombre d'onde choisi dans la gamme entre $3\,400\text{ cm}^{-1}$ et $3\,600\text{ cm}^{-1}$.

Il y a un rapport entre la concentration de radicaux OH et les pertes d'énergie mécaniques dans le quartz; aussi existe-t-il une relation entre l'absorption et le facteur de qualité Q . La figure 7 présente une courbe typique d'étalonnage avec des points de mesure sur cette courbe. Un réétalonnage récent [25]* rapporte qu'un déplacement égal à $-0,01$ sur l'axe des α ajuste cette courbe pour donner des facteurs de qualité Q réalistes des résonateurs à quartz à 5 MHz.

L'absorption infrarouge est habituellement mesurée dans la zone Z. La structure du cristal dans la petite zone X différant de celle des zones Z, l'absorption dans ces deux zones est différente.

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie donnée dans l'annexe C.

With good control of the growth process, uniformity of α -values within one batch of production is ensured. A sample from one production batch shall include a synthetic quartz crystal having the maximum thickness along Z- or Z'-axis. A choice of this sample relates to the fact that the α -values are proportional to the growth rate. Hence, the crystal with maximum thickness will have the largest α -value in the batch. Hence, tests on a sampling basis will suffice for most applications.

As an additional measure for evaluating synthetic quartz, a test crystal unit is specified in the standard for testing frequency versus temperature characteristics. The specification for angle of cut is so chosen that frequency versus temperature characteristics have linear slope and sensitive dependence on angle of cut. The specified shape and dimensions of the test element are suitable to determine an accurate angle of cut. The Q-value of this crystal unit depends considerably on the mounting and fabrication processes and should not be used to evaluate the Q of a crystal.

2.4 Other methods for checking the quality of synthetic quartz crystal

There are various methods for checking the structural perfection of synthetic quartz crystal, but quantitative correlations with electrical characteristics of crystal units have not been completely established. An exception is the infra-red absorption method described above, which is useful for estimating the quality.

2.4.1 Visual inspection

Excessive amounts of inclusions in crystal elements should be avoided.

2.4.2 Infra-red radiation absorption method

Some radicals, included in the crystal lattice, absorb infra-red radiation at certain wave numbers. The most common impurity radical in synthetic quartz is hydrogen bonded OH, the amount of which can be estimated by the infra-red extinction coefficient at a selected wave number in the range between $3\,400\text{ cm}^{-1}$ and $3\,600\text{ cm}^{-1}$.

The concentration of OH radicals is related to the mechanical energy losses in a quartz crystal and hence there is a correlation between the absorption and the Q-value. Figure 7 shows a typical calibration curve together with measured points. A recent recalibration [25]* reports that a $-0,01$ shift in the α co-ordinate of this curve adjusts it to yield realistic 5 MHz resonator Q's.

The infra-red absorption is usually measured in the Z-zone of the crystal structure and the absorption in the lesser X-zone differs from those in the Z-zones.

* Figures between square brackets refer to the bibliography given in annex C.

Il convient aussi de noter que la mesure de coefficient d'extinction infrarouge peut varier avec le choix:

- des dimensions de l'ouverture placée sur le faisceau infrarouge;
- de la position du point où est effectuée la mesure par rapport à la position du germe;
- du plan de polarisation;
- de l'humidité et de la température de mesure;
- du biais d'un spectrophotomètre infrarouge individuel.

Un cycle international «Round Robin» de mesure de coefficient alpha (α) du quartz synthétique* a montré clairement que chaque spectrophotomètre infrarouge donne ses valeurs propres du biais, qui peuvent être corrigées à l'aide de lames étalons α de référence**. Il est recommandé d'établir une corrélation entre le fournisseur de quartz et l'utilisateur en ce qui concerne les lames étalons issues du «Round Robin».

2.4.3 Méthodes diverses

La méthode de contrôle par attaque chimique, largement utilisée pour détecter les macles dans le quartz naturel, n'est pas exigée dans le cas du quartz synthétique où les macles sont rares. La méthode peut être utilisée pour révéler les figures de corrosion et les canaux de corrosion utilisables pour mesurer le nombre de dislocations. L'irradiation gamma ou X est utilisée pour observer la distribution d'ensemble des impuretés. L'intensité de la pigmentation noire due à l'irradiation dépend de la concentration des impuretés et de la zone de croissance.

Les diagrammes de diffraction aux rayons X donnent des renseignements utiles sur la perfection des cristaux. Une basse valeur du coefficient d'extinction α produit des diagrammes de Laue mieux définis lorsqu'on utilise un faisceau divergent de rayons X. La topographie à rayons X par la méthode de Lang est utile pour déterminer la distribution des défauts de structure.

Toutefois, il convient de noter qu'il n'existe pas de relation quantitative entre toutes ces méthodes et les caractéristiques électriques du résonateur à quartz terminé.

2.5 Classes du point de vue du coefficient d'extinction α

Six classes sont spécifiées. Les classes Aa, A et B sont exigées pour les résonateurs à quartz de qualité supérieure. La classe C convient particulièrement pour les résonateurs à quartz haute fréquence, qui demandent de bonnes caractéristiques de température aussi bien que de faibles valeurs du coefficient d'extinction. Les classes D et E sont utilisées pour les résonateurs à quartz basse fréquence lorsqu'on recherche principalement des cristaux de grandes dimensions à bas prix.

* Ce cycle «Round Robin» a été effectué entre 1990 et 1992 par le comité d'études 49 de la CEI (groupe de travail 5).

** Pour plus d'information sur la méthode et les lames étalons, vous pouvez contacter le comité d'études 49 de la CEI (groupe de travail 5) ou votre comité national.

It should also be noted that the infra-red extinction coefficient measurement may vary, due to the choice of:

- the dimensions of the window placed on the infra-red beam;
- the position of the point where the measurement is made in relation to the position of the seed;
- the plane of polarization;
- the humidity and temperature environment of measurement;
- the individual infra-red spectrophotometer instrument bias.

An international Round Robin on the measurement of the infra-red extinction coefficient α in synthetic quartz* showed clearly that individual spectrophotometers each show a characteristic bias, which can be corrected with the use of standardized α quartz slices**. It is advisable to perform the correlation measurements co-operatively between the quartz supplier and user with reference to calibration slices from the Round Robin.

2.4.3 Miscellaneous

The chemical etch method of inspection, which is widely used for detecting twins in natural quartz, is not required in the case of synthetic quartz, where twins are very rare. The method may be used to reveal etch pits and channels as a measure of the number of dislocations. Gamma or X-ray irradiation is used for observing overall distribution of impurities. The darkening due to irradiation depends on impurity concentration and growth zone.

X-ray diffraction patterns give useful information on the perfection of crystals. The low α value results in sharper Laue patterns using a divergent X-ray beam. X-ray topography by the Lang method is useful in detecting the distribution of structural defects.

However, it should be noted that all of these methods lack quantitative correlation with electrical characteristics of completed quartz crystal units.

2.5 α -grade

Six grades are specified. Grades Aa, A and B are required for the highest quality crystal units. Grade C is mostly suitable for high-frequency crystal units, which require good temperature characteristics as well as low α -values. Grades D and E are mostly for low-frequency crystal units, for which a large size of crystal at low cost is the prime concern.

* This Round Robin was conducted between 1990 and 1992 by IEC technical committee 49 (working group 5).

** For more information about this process and availability of standard α -slices contact IEC technical committee 49 (working group 5) or a participating national committee.

2.6 Classes optionnelles (selon commande) en fonction des inclusions, des canaux de corrosion, de la concentration en aluminium

2.6.1 Canaux de corrosion

Cinq classes sont spécifiées. Les classes 1 et 2 sont exigées pour les résonateurs à quartz spécifiques à qualité élevée, tels que résonateurs à haute fréquence fondamentale ou dispositifs à ondes acoustiques de surface (OAS) haute fréquence ou pour des traitements technologiques spécifiques, tels que l'attaque chimique. Les classes 3 et 4 sont appropriées pour la plupart des applications techniques des résonateurs à quartz. La classe 5 est appropriée pour la plupart des applications générales des résonateurs à quartz.

2.6.2 Inclusions

Cinq classes sont spécifiées. Les classes Ia, Ib, et I sont exigées pour les applications optiques spécifiques de qualité élevée telles que les caméras VCR ou pour le traitement photolithographique.

La classe II est exigée en général pour les résonateurs haute fréquence à ondes de volume ou à OAS.

La classe III est utilisable pour la plupart des applications des résonateurs à quartz professionnels et industriels.

2.6.3 Contenu d'aluminium

Une faible concentration en aluminium a comme corollaire une diminution des ions monovalents qui l'accompagnent (Na et Li principalement). Une vérification de cette concentration peut être exigée lorsqu'il est nécessaire que le produit soit résistant à l'assombrissement dû au rayonnement ou aux variations de fréquence.

2.7 Rédaction des commandes

Les caractéristiques suivantes doivent être spécifiées à la commande. Les classes et les valeurs normalisées doivent être utilisées de préférence:

- a) type de quartz (droit ou gauche);
- b) orientation du germe;
- c) dimensions;
- d) classe du point de vue du coefficient d'extinction α ;
- e) spécification des classes optionnelles seulement lorsqu'elles sont exigées.

2.6 Optional grading (only as ordered), in inclusions, etch channels, Al content

2.6.1 Etch channels

Five grades are specified. Grades 1 and 2 are required for specified high-quality quartz crystal units, such as high-frequency fundamental or high-frequency surface acoustic wave (SAW) devices, or for specific-processing such as chemical etching. Grades 3 and 4 are appropriate to most of the technical uses of quartz crystal units. Grade 5 is appropriate to most of the common use quartz crystal units.

2.6.2 Inclusions

Five grades are specified. Grades Ia, Ib and I are required for specific high-quality optical applications such as VCR cameras, or for photolithographic processing.

Grade II is generally required for high-frequency/high-quality bulk wave or SAW resonators.

Grade III is relevant for most of the professional and industrial uses of quartz crystal units.

2.6.3 Al content

Low Al content also reduces the monovalent ions that accompany Al (chiefly Na and Li). Control is therefore sometimes required, as when resistance to radiation darkening or frequency change is needed.

2.7 Ordering

The following items shall be specified when ordering. Standard grades and values shall be used whenever possible:

- a) type of quartz (R.H.) or (L.H.);
- b) orientation of seed;
- c) dimensions;
- d) α -grade;
- e) additional grading specifications only as required.

Section 3: Spécification pour le cristal de quartz synthétique préébauché

3.1 Domaine d'application

La présente spécification s'applique aux monocristaux de quartz synthétique préébauché, destinés à la fabrication d'éléments piézoélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

Les matières premières pour le quartz synthétique préébauché doivent être conformes aux valeurs normalisées, en relation avec les conditions et méthodes de mesure des sections 1 et 2 de la présente norme.

3.2 Termes et définitions

3.2.1 Quartz synthétique préébauché

Quartz synthétique dont les faces X et Z ou Z' telles qu'elles ont été obtenues «après croissance», ont été usinées planes et parallèles par sciage, dégrossissage, rodage, etc., pour répondre à des dimensions et à une orientation spécifiées.

3.2.2 Surface de référence

Face que l'on a préparée pour déterminer la planéité et l'orientation d'un barreau préébauché par rapport à l'axe cristallographique – normalement la direction X.

3.3 Valeurs normalisées

3.3.1 Tolérance sur les dimensions

Les écarts par rapport à la dimension spécifiée le long des axes X et Z ou Z' doivent être inférieurs à 0,2 mm (voir figure 8).

3.3.2 Planéité de la surface de référence

La surface de référence doit avoir une planéité à 0,2 mm près ou comme spécifié. Il convient que la méthode d'évaluation des écarts de planéité de la surface de référence par mesures en des points isolés à partir de la face opposée (parallélisme) soit utilisée avec précaution.

3.3.3 Tolérance angulaire sur la surface de référence

La déviation angulaire de la surface de référence doit être inférieure à 15' par rapport à l'axe cristallographique spécifié (voir figure 9).

3.3.4 Excentricité du germe

Le germe doit être situé à l'intérieur de la zone ombrée définie à la figure 10. La zone ombrée est l'espace fictif qui serait formé par deux plans parallèles, perpendiculaires à l'axe Z ou Z'. La largeur de cette zone ombrée doit être inférieure à 3,5 mm.

Section 3: Specification for lumbered synthetic quartz crystal

3.1 Scope

This specification relates to lumbered synthetic quartz single crystals intended for manufacturing piezoelectric elements for frequency control and selection.

Raw materials for lumbered synthetic quartz crystal shall be in accordance with the standard values, related requirements and measuring methods of sections 1 and 2 of this standard.

3.2 Terms and definitions

3.2.1 *Lumbered synthetic quartz crystal*

A synthetic quartz crystal whose X- and Z- or Z'- surfaces in the "as grown" condition have been processed flat and parallel by sawing, grinding, lapping, etc., to meet specified dimensions and orientation.

3.2.2 *Reference surface*

The reference surface is a surface of the lumbered bar prepared to specific flatness and orientation with respect to a crystallographic direction – typically the X-direction.

3.3 Standard values

3.3.1 *Tolerance of dimensions*

Deviations from the specified dimensions along the X- and Z- or Z'- axes shall be less than 0,2 mm (see figure 8).

3.3.2 *Reference surface flatness*

Reference surface shall be flat to within 0,2 mm or as specified. Care should be exercised in the selection of the method of measurement to isolate measures of reference surface deviations from those of the opposite side (parallelism).

3.3.3 *Angular tolerance of reference surface*

Angular deviations of the reference surface shall be less than 15' from the specified crystallographic direction (see figure 9).

3.3.4 *Centrality of the seed*

The seed shall be contained within the shaded area defined in figure 10. The shaded area represents an imaginary space between two parallel planes perpendicular to the Z- or Z'-axis. The width of the shaded area shall be less than 3,5 mm.

3.4 Exigences

3.4.1 *Dimensions d'un quartz synthétique préébauché*

Les dimensions par rapport aux axes X, Y ou Y' et Z ou Z' doivent être spécifiées (voir figure 8).

3.5 Conditions de livraison

Soumises à accord entre fabricant et utilisateur.

3.5.1 Dans le code de marquage des quartz synthétiques préébauchés, le numéro du lot de croissance des quartz doit être mentionné.

3.5.2 Les utilisateurs doivent recevoir dans un même emballage les quantités de quartz synthétique préébauché dont les dimensions le long des axes X et Z ou Z' sont du même type et proviennent du même lot de quartz.

3.5.3 Il est recommandé que les quartz synthétiques préébauchés, lorsqu'ils sont livrés en grande quantité, proviennent du même lot.

3.4 Requirements

3.4.1 *Dimensions of lumbered synthetic quartz crystal*

The dimensions along the X-, Y-, or Y'-, and Z- or Z'-axes shall be specified (see figure 8).

3.5 Delivery conditions

To be implemented by agreement between manufacturer and user.

3.5.1 In the marking code of lumbered synthetic quartz crystals, the crystal growth batch number shall be stated.

3.5.2 Quartz crystal users shall receive in a single package a quantity of lumbered synthetic quartz crystals having similar dimensions along the X- and Z- or Z'-axes and made from crystals of a single batch.

3.5.3 It is recommended that, when users are supplied with lumbered synthetic quartz crystals in large quantities, they shall be made from quartz crystals of a single batch.

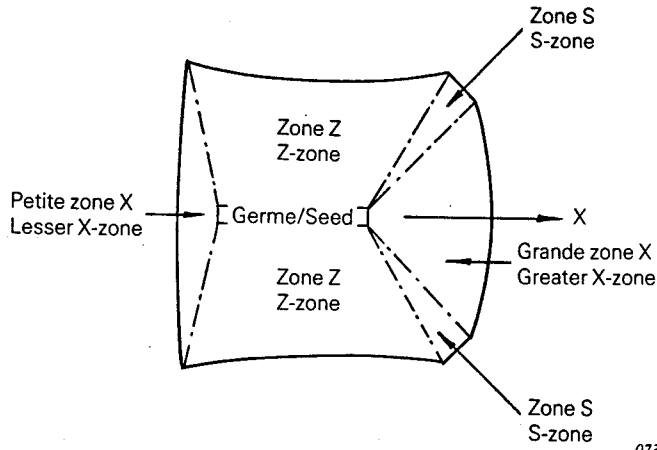


Figure 1a – Section $\perp$ à l'axe Y
Section $\perp$ to Y-axis

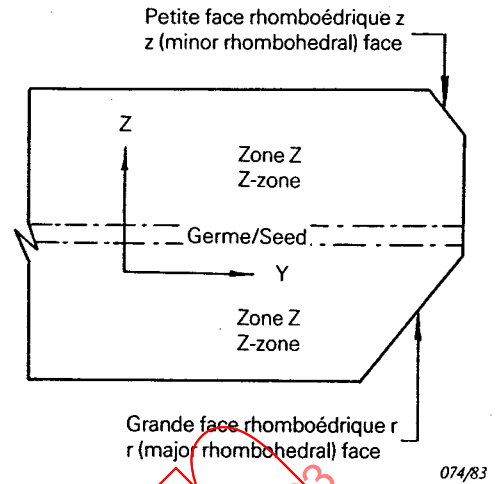


Figure 1b – Section $\perp$ à l'axe X
Section $\perp$ to X-axis



Figure 1c – Illustration des dimensions Z et Z_{eff}
Illustration of dimensions Z and Z_{eff}

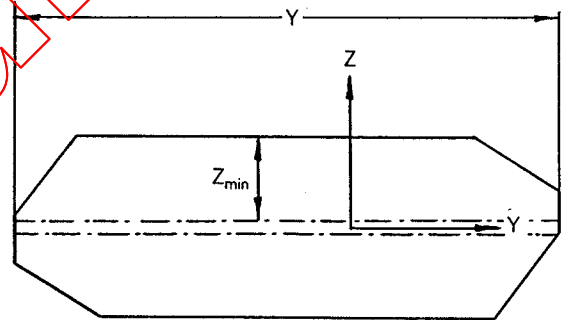


Figure 1d – Illustration de la dimension Z_{min}
Illustration of dimension Z_{min}

Figure 1 – Sections théoriques d'un cristal de quartz synthétique obtenu à partir d'un germe de coupe Z

Idealized sections of a synthetic quartz crystal grown on a Z-cut seed

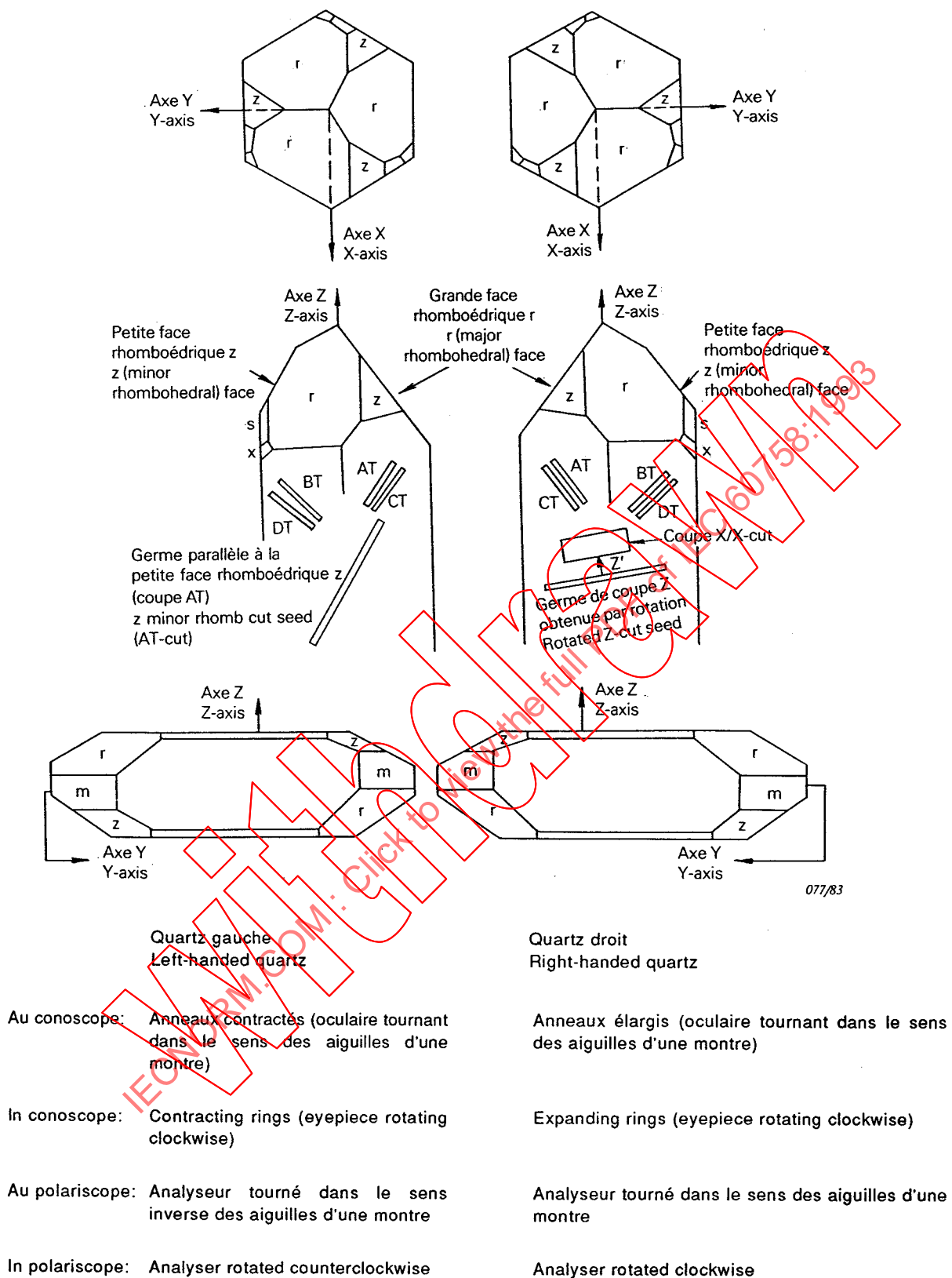


Figure 2 – Axes et faces d'un crystal de quartz
Quartz crystal axis and face designation

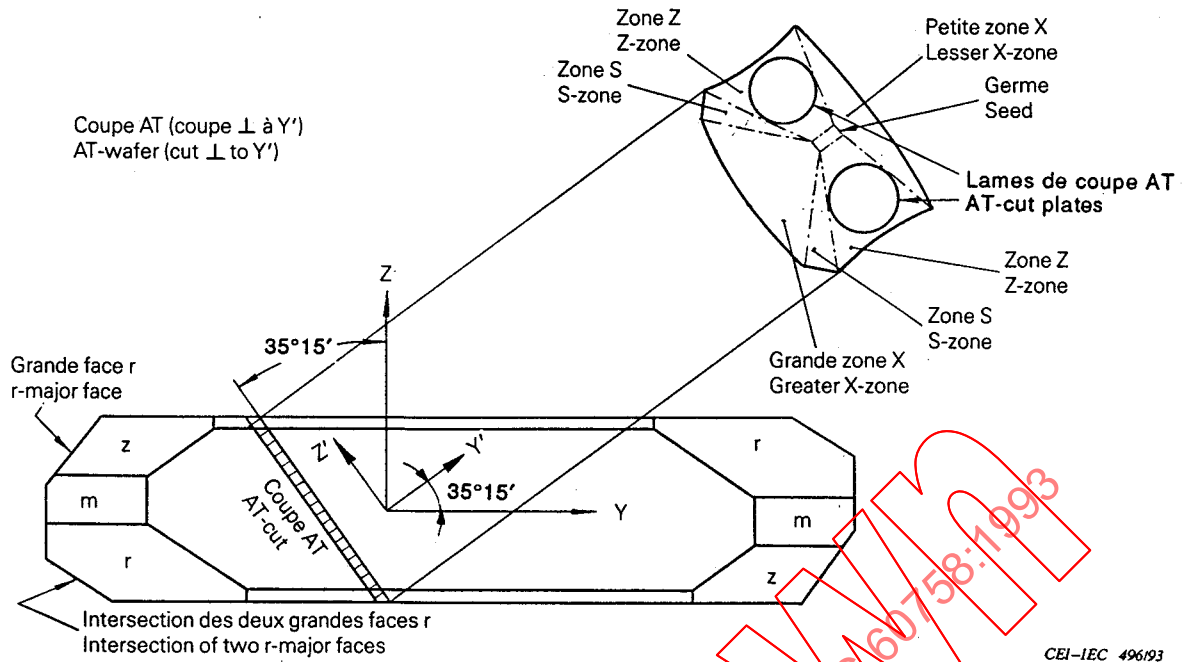


Figure 3a – L'emplacement des lames de coupe AT dans le quartz synthétique droit avec une orientation de 0°
Location of AT-cut plates in right-handed synthetic quartz with 0° orientation

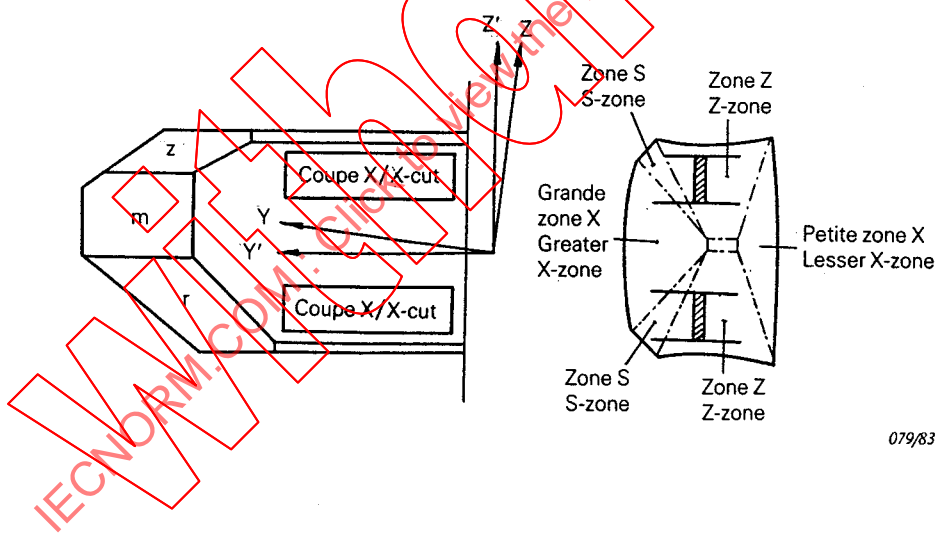


Figure 3b – Emplacement des lames de coupe X
Location of X-cut plates

Figure 3 – Exemple typique de découpage des lames de coupe AT et celles de coupe X de la zone de croissance Z dans un cristal de quartz synthétique

Typical example of cutting wafers of AT-cut plate and X-cut plate from Z-zone growth in synthetic quartz crystal

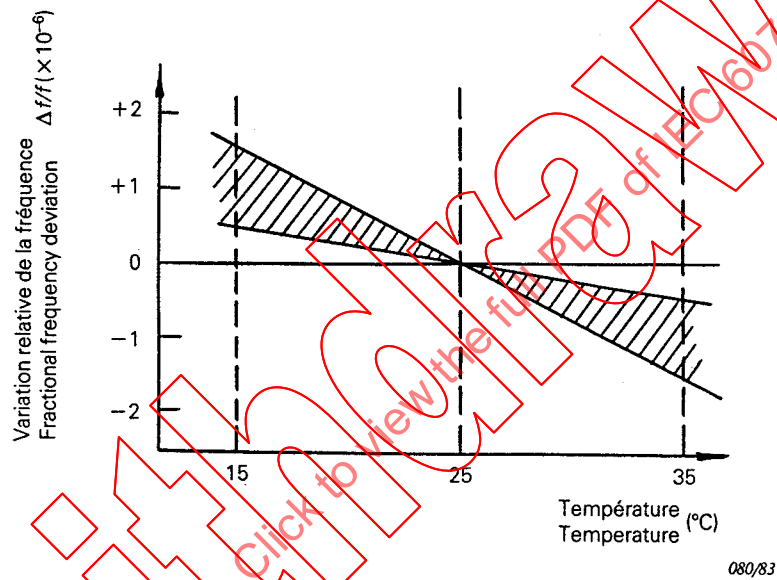
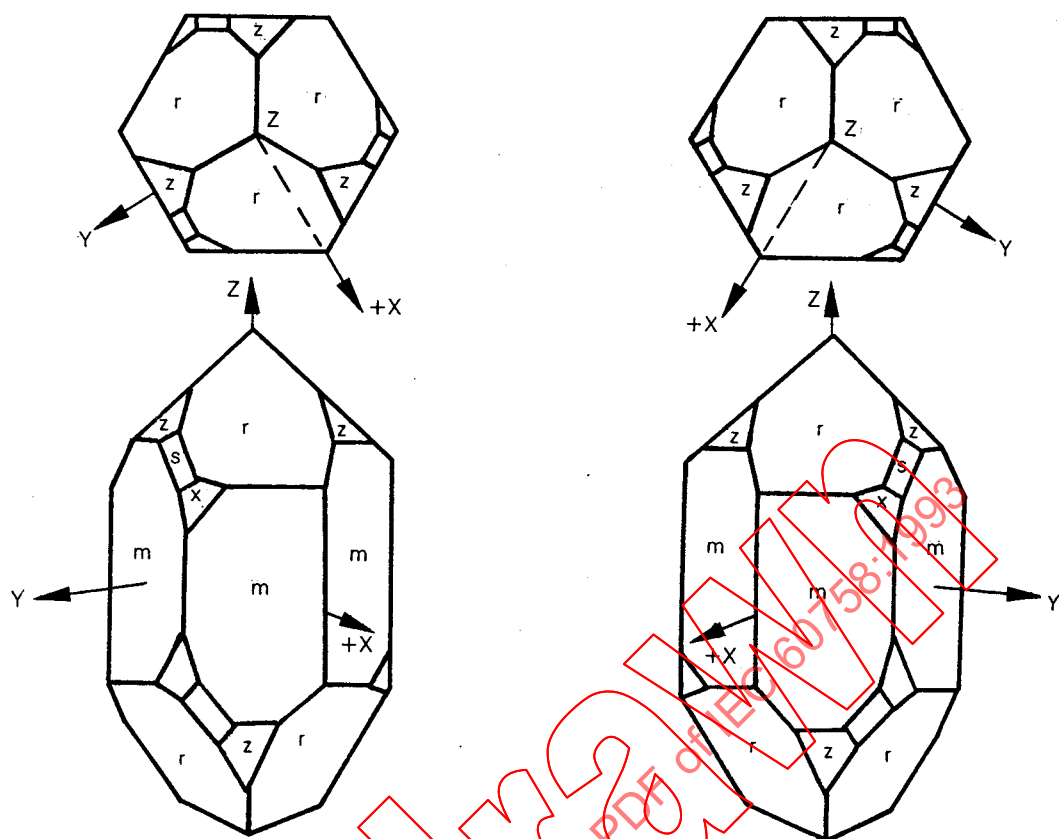


Figure 4 – Courbe fréquence-température d'un quartz d'essai pour la pente

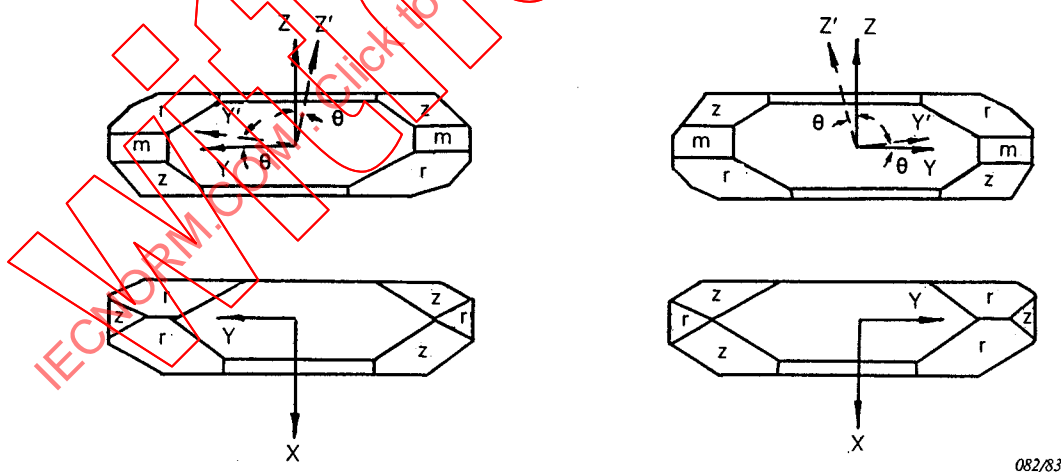
Frequency-temperature characteristics of the test specimen for slope



Quartz gauche
Left-handed quartz

Figure 5a – Cristaux de quartz naturel
Natural quartz crystals

Quartz droit
Right-handed quartz



Quartz gauche
Left-handed quartz

Figure 5b – Cristaux de quartz synthétique
Synthetic quartz crystals

Quartz droit
Right-handed quartz

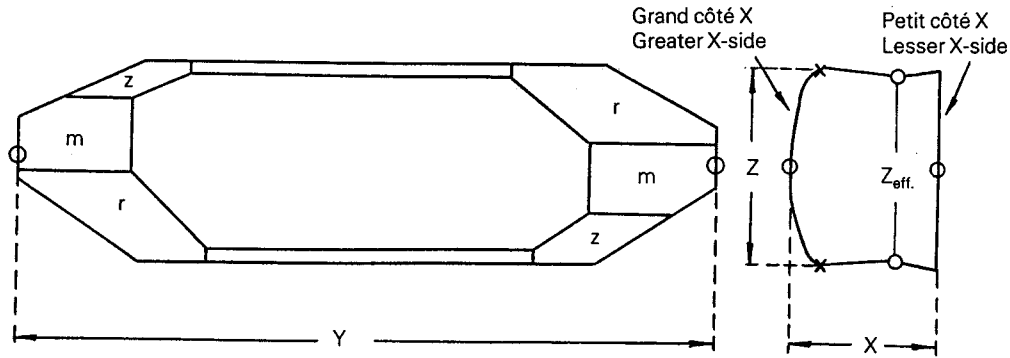
Figure 5 – Désignation des faces et des axes d'un cristal de quartz

Quartz crystal axis and face designation

– Page blanche –

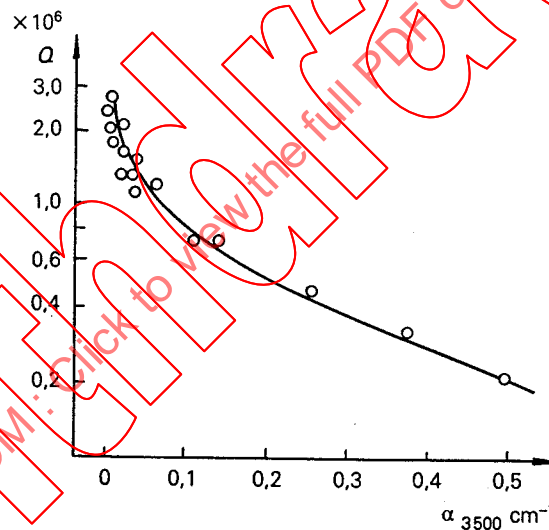
– Blank page –

Withdawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60758:1993



083/83

Figure 6 – Cristal de quartz synthétique cultivé sur un germe de coupe Z de petites dimensions X. Lorsque le germe de coupe Z a des proportions différentes ou lorsqu'on utilise des germes d'autres coupes, la forme des cristaux produits est différente



CEI-IEC 497/93

Figure 7 – Exemple de relation, datant du début des années 70, entre le coefficient d'extinction du rayonnement infrarouge et la valeur du facteur de qualité Q du quartz synthétique. Un réétalonnage récent de la relation Q/α_{3500} [25] conclut que pour α_{3500} mesuré sur des spectrophotomètres modernes, sans condenseur de faisceau, une bonne approximation des facteurs de qualité Q réalistes, à partir d'une courbe ancienne telle que celle montrée ici, est donnée en additionnant l'unité d'ajustage de $0,01 \alpha_{3500}$ à la valeur de α mesurée, et en prenant la valeur de Q correspondant à cette somme. Bien qu'un tel ajustage semble petit dans α , son influence sur les facteurs de qualité Q devient significative dans la gamme de bas α et Q élevé

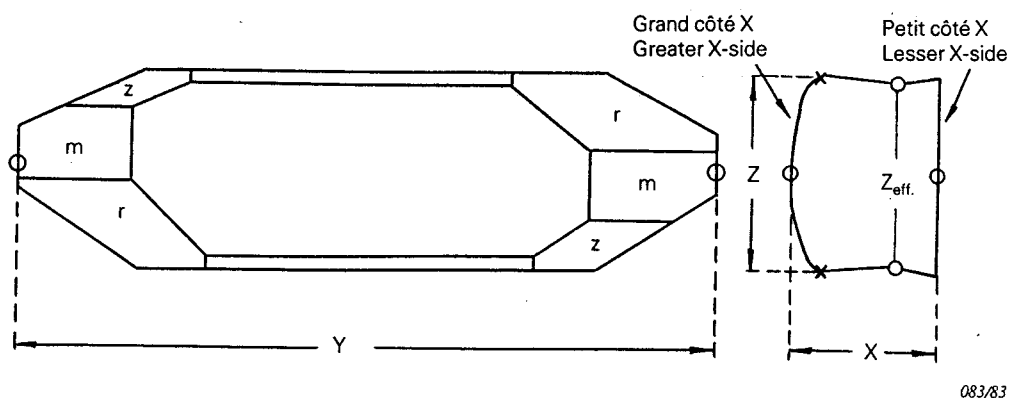


Figure 6 – A synthetic quartz crystal grown on a Z-cut seed of small X-dimensions. Crystals of other shapes are produced when Z-cut seeds of other proportions, or seeds of other cuts, are used

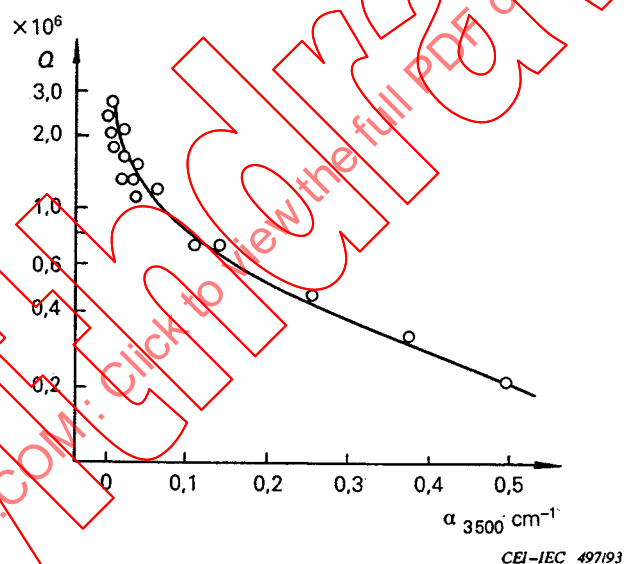


Figure 7 – An example of an early 1970s relation between the extinction coefficient of infra-red radiation and the Q-value of synthetic quartz. A recent recalibration of the Q/α_{3500} relationship [25] concludes that for α_{3500} measured on modern spectrophotometers without a beam condenser, a good approximation to realistic Qs from an old curve, such as shown here, is given by adding a 0,01 α_{3500} unit adjustment to the measured α and taking the Q corresponding to that sum. Although this adjustment appears small in α , its effect on Qs becomes significant in the low- α , high-Q range

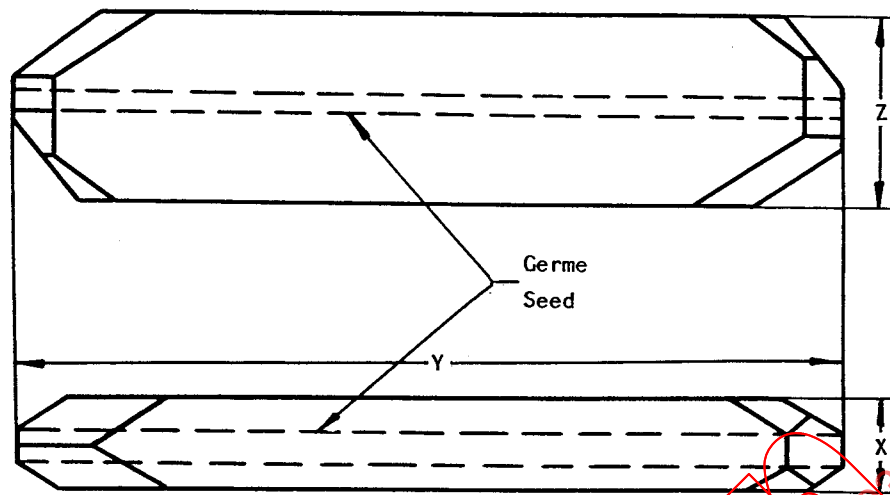


Figure 8a – Germe pour petite dimension X
Small X-dimension seed

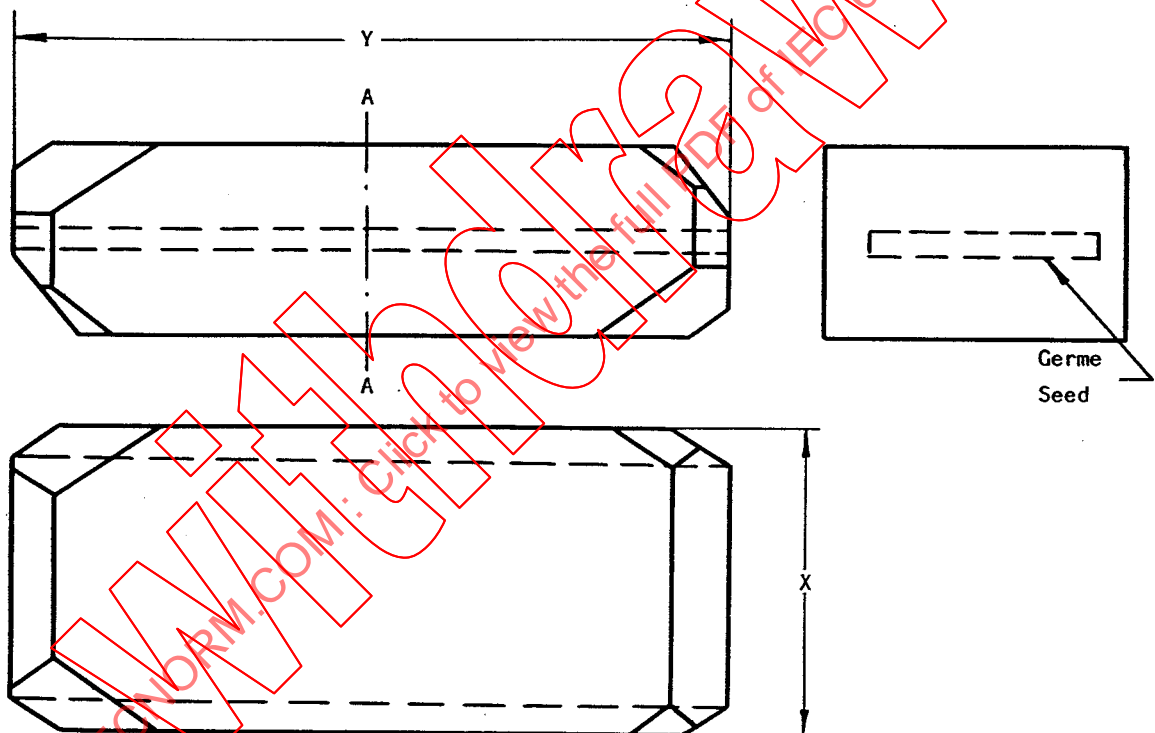


Figure 8b – Germe pour grande dimension X
Large X-dimension seed

Figure 8 – Encombres d'un quartz synthétique préébauché et dimensions par rapport aux axes X, Y et Z

Lumbered synthetic quartz crystal outline and dimensions along X-, Y- and Z-axes

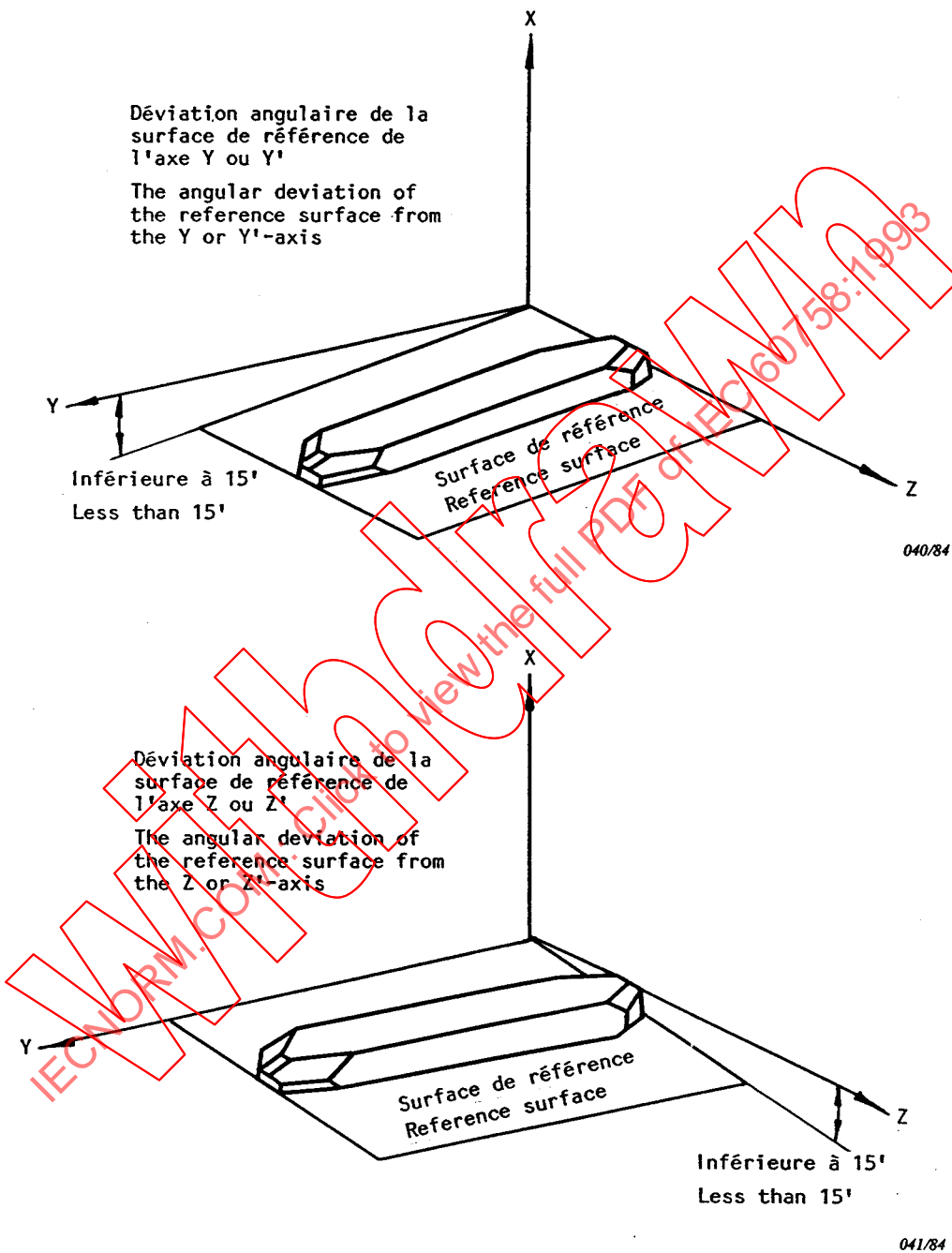


Figure 9 – Déviation angulaire de la surface de référence
Angular deviation for reference surface