

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

Quartz crystal units of assessed quality – Part 1: Generic specification

Résonateurs à quartz sous assurance de la qualité – Partie 1: Spécification générique

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60122-1:2002/AMD1:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

**Quartz crystal units of assessed quality –
Part 1: Generic specification**

**Résonateurs à quartz sous assurance de la qualité –
Partie 1: Spécification générique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.140

ISBN 978-2-8322-7377-7

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection.

This bilingual version (2019-11) corresponds to the monolingual English version, published in 2017-12.

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

FDIS	Report on voting
49/1254/FDIS	49/1259/RVD

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

The French version of this amendment has not been voted upon.

The committee has decided that the contents of this amendment and the base publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

1.2 Normative references

Add the following reference to the existing list of normative references:

IEC 61760-1:2006, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*

4.9 Endurance test procedure

Replace Subclause 4.9 with the following new content:

4.9 Endurance test procedure

4.9.1 Standard aging test for production verification

4.9.1.1 Purpose

This test is usable for the statistical verification of aging performance in the production process.

4.9.1.2 Procedure

- Take sample from the production lot.
- Initial measurement of f_s and R_1 at $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$.
- Store in oven at $T_{\text{oven}} = (+85 \pm 3) ^\circ\text{C}$.
- Take and record additional measurements after 1 day and at least three more times at time intervals recommended in Annex A.
- For the measurement, remove the crystals from oven, and store at room temperature for 1 h, avoiding temperature shocks. Measurement of f_s and R_1 at $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ in accordance with IEC 60444-5 or equivalent.
- Final measurement of f_s and R_1 at $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ after 30 days.

4.9.1.3 Evaluation

The difference between the highest and lowest frequency measurement shall not exceed the specified value. The resistance R_1 shall never exceed the specified maximum values.

4.9.2 Accelerated aging

4.9.2.1 Purpose

For special applications, an accelerated aging procedure at higher temperatures is applied to shorten the verification time and/or to gain performance data at higher operating temperatures.

4.9.2.2 Procedure

The procedure is as in 4.9.1, except that the preferred oven temperature is $T_{\text{oven}} = +105 ^\circ\text{C}$, $+125 ^\circ\text{C}$ or $+150 ^\circ\text{C}$. This temperature has to be lower or equal to the specified maximum storage temperature.

The ratio between the storage time at $25 ^\circ\text{C}$ and the storage time at an elevated temperature T_{oven} to achieve the same amount of frequency aging is called "time acceleration factor" (TAF). This factor depends on the design of the crystal unit and on the production process. It can be determined experimentally as described in Annex A, or taken from experience with structurally similar crystals, or can be mutually agreed between the manufacturer and the user.

If the time acceleration factor TAF is not otherwise specified, the following approach is recommended.

Applying Arrhenius's law, the time acceleration factor TAF is related to the activation energy E_a (in eV) by the following equation:

$$\text{TAF} = e^{\frac{E_a \cdot \left(\frac{1}{T_{\text{ref}}} - \frac{1}{T_{\text{oven}}} \right)}{k}}$$

where

k is Boltzmann's constant ($k \approx 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$), and the temperatures are given in K.

Published experimental results (see [6] and [7]) show that the activation energy E_a is decreasing over time, i.e. the acceleration factor becomes lower with the aging time. Furthermore, E_a varies between the different crystals and oscillators, depending on frequency, package size, resonator design and production processes. The observed values of E_a were between $> 0,1 \text{ eV}$ and $< 1 \text{ eV}$.

A common assumption is $TAF = 12$ for $T_{oven} = +85\text{ °C}$, i.e. 30 days (1 month) aging at 85 °C are considered to be equivalent to 365 days (12 months) aging at 25 °C , which corresponds to an activation energy E_a of $0,38\text{ eV}$.

With this value of E_a , the time acceleration factor for other aging temperatures can be calculated. Table 5 below shows the time acceleration factor TAF and the number of days N_d equivalent to 365 days at 25 °C .

Table 5 – Time acceleration factors for $E_a = 0,38\text{ eV}$

T_{oven} °C	TAF	N_d days
+25	1	365
+85	12	30
+105	23	16
+125	41	9
+150	79	5

Other time acceleration factors may be agreed between the manufacturer and the user based on their own reliability calculations.

4.9.2.3 Evaluation

The evaluation is as in 4.9.1.

4.9.3 Reference aging test

4.9.3.1 Purpose

This procedure is used for higher confidence level. This method should be used for high-precision crystals and as reference method in case of dispute.

4.9.3.2 Procedure

See Annex A.

4.9.3.3 Evaluation

The test data of the series resonance frequency f_s is subjected to the data fitting procedure.

The frequency measurement data $f_i(t)$ shall be fitted using the method of least squares of the following function (logarithmic fit):

$$\left[\frac{\Delta f(t)}{f_{init}} \right] = a_0 + a_1 \times \ln(a_2 \times t + 1)$$

where

$\Delta f(t)$ is the frequency difference of the crystal t days after the start of the aging cycle and the initial frequency f_{init} measured after the stabilization time t_{stab} (the time origin for measurements analysis shall be the beginning of the stabilization period).

The coefficients a_0 , a_1 and a_2 are constants to be determined from the least squares fit.

The default fitting algorithm is the logarithmic fit. In some cases, namely when the aging response has a very small curvature, the logarithmic fit may not yield reasonable results. In this case, the following polynomial fit is recommended to be calculated additionally:

$$\left[\frac{\Delta f(t)}{f_{\text{init}}} \right] = a_0 + a_1 \times t + a_2 \times t^{\frac{1}{2}} + a_3 \times t^{\frac{1}{3}}$$

This approach should only be used if the square root of the least square fit variance (SLQ) of the measurements from the polynomial fit is at least five times smaller than that of the logarithmic fit.

The total frequency change and the aging rate at the end of the specified aging period ($t = T_a$) shall be determined from the fitting equation using the constants determined from the least squares fit. The square root of the least squares fit variance of the measurements from the curve-fit function shall not exceed 5 % of the total aging change allowed during the test period.

For the logarithmic fitting (default), the aging rate (in ppm or ppb¹ per day) at $t = T_a$ is:

$$\left[\frac{d\left(\frac{\Delta f(t)}{f_{\text{init}}}\right)}{dt} \right]_{t=T_a} = \frac{a_1 \times a_2}{a_2 \times T_a + 1} \approx \frac{f(T_a + 1) - f(T_a)}{f_{\text{init}}}$$

If the polynomial fitting was used, the aging rate at $t = T_a$ ($T_a > 0$) is:

$$\left[\frac{d\left(\frac{\Delta f(t)}{f_{\text{init}}}\right)}{dt} \right]_{t=T_a} = a_1 + \frac{a_2}{2} \times T_a^{-\frac{1}{2}} + \frac{a_3}{3} \times T_a^{-\frac{2}{3}}$$

The projected total frequency change for a time period shall be calculated with the following formulas:

$$\text{Aging per month} \approx \frac{f(T_a + 30) - f(T_a)}{f_{\text{init}}}$$

$$\text{Aging per (1st) year} \approx \frac{f(T_a + 365) - f(T_a)}{f_{\text{init}}}$$

$$\text{Aging over } N \text{ years} \approx \frac{f(T_a + N \times 365) - f(T_a)}{f_{\text{init}}}$$

The resistance R_1 shall never exceed the specified maximum values.

¹ ppm = parts per million; ppb = parts per billion.

4.9.4 Extended aging

4.9.4.1 Purpose

The purpose is to evaluate the reliability and long-term performance.

4.9.4.2 Procedure

This test shall be carried out in accordance with 4.9.1, except that the continuous periods shall be 1 000 h, 2 000 h or 8 000 h, as prescribed in the detail specification and shall be used for information purposes only.

The measurements shall be carried out at $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ or any other specified reference temperature in accordance with IEC 60444-5 or equivalent.

The measurement intervals can be extended to two weeks or longer. For the intermediate and the final measurement, the crystals can be removed from the oven, and stored at room temperature for 1 h. Thermal shocks should be avoided.

4.9.4.3 Evaluation

The difference between the highest and lowest frequency measurement shall not exceed the specified value (if applicable). The resistance R_1 shall never exceed the specified maximum values.

This test shall be used for information only. The crystal units used for these tests should not be supplied to any customer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60122-1:2002/AMD1:2017

Add the following new Annex A:

Annex A (normative)

Procedure for the determination of the fitting parameters for the frequency aging

A.1 Assumption

A general description of frequency aging is possible in the form of:

$$\Delta f/f(t, T) = g(t) \times h(T)$$

where

$$g(t) = b_0 + b_1 \times \log(b_2 \times t + 1) \text{ (logarithmic fit);}$$

or

$$g(t) = c_0 + c_1 \times (t - t_0) + c_2 \times (t - t_0)^{1/2} + c_3 \times (t - t_0)^{1/3} \text{ (polynomial fit);}$$

and

$$h(T) = a_1 \times \exp(E_a \times (1/T_{\text{ref}} - 1/T)/k)$$

where

k is Boltzmann's constant ($k \approx 8,617 \times 10^{-5}$ eV/K), and the temperatures are given in K;
 T_{ref} is 298 K.

A.2 Determination of the fitting parameters b_0 , b_1 , b_2 (and/or c_0 , c_1 , c_2 , c_3) and a_1 , and E_a

The procedure of Table A.1 shall be applied.

Table A.1 – Procedure for the determination of the frequency aging parameters

Procedure	Conditions
Aging test procedure	Passive
Reflow solder test	2x ROHS-profile (IEC 61760-1:2006) ^a
Initial pre-aging (time and temperature)	48 h at >20 K above upper operating temperature, but $T < \text{upper storage temperature}$
Sample size per lot (from one production lot)	$\geq 30^*$ depending on needed confidence level
Number of aging temperatures	3
Recommended aging temperatures	85 °C, 105 °C, 125 °C, 150 °C ^a depending on application, $T < \text{specified upper storage temperature}$
Recommend temperature for measurement	(25 ± 2) °C, measurement > 1 h after removal from the temperature chamber. Avoid thermal shocks.
Recommended aging time	500 h, 1 000 h, 2 000 h ^a depending on needed confidence level
Test intervals (in "logarithmic" steps)	After 48 h stabilization: 24 h, 72 h, 250 h, 500 h, 750 h, 1 000 h (1 500 h, 2 000 h)
Algorithms to determine $g(t)$ and $h(T)$	Least square fitting ^b $g(t)$: log fit and polynomial fit Polynomial fit – only if sum of least squares SLQ < 5 times SLQ of logarithmic fit $h(T)$: least square fitting Result: E_a E_a may vary with time. Use E_a for $t \geq 500$ h
^a If not otherwise specified. ^b For monotonic aging, all measurements shall be used for the curve fitting. If the aging trend is not monotonic, the measurement period shall be extended up to 40 days or longer after the extremum in the aging trend, and the measurements from 12 days after the extremum is reached at the end of the aging measurement period shall be fit to the above functions for $g(t)$.	

Bibliography

Replace the Bibliography with the following new Bibliography:

- [1] IEC 60068-2-58:1999, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Td: Solderability, resistance to dissolution of metallization and soldering heat of Surface Mounting Devices (SMD)*
- [2] IEC 60068-2-64:1993, *Environmental testing – Part 2: Tests methods – Test Fh: Vibration, broad-band random (digital control) and guidance*
- [3] IEC 60410:1973, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*
- [4] IEC QC 001002-1:1998, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of procedure – Part 1: Administration*
- [5] IEC Guide 102:1996, *Electronic components. Specification structures for quality assessment (Qualification approval and capability approval)*
- [6] Wang S-Y, Neubig B., Sato K., Hosoda T., Seydel E, Wu J-H, Ma T-F, Wang Ji, *Aging Models and Parameters of Quartz Crystal Resonators and Oscillators*; Proc. 2015 Symp on Piezoelectricity, Acoustic Waves and Device Applications, p. 382-385

- [7] Shen, C-N, Yang X-W, Chang C, Chao M-C, *The Study of Activation Energy (E_a) by Aging and High Temperature Storage for Quartz Resonator's Life Evaluation*; Proc. 2010 Symp on Piezoelectricity, Acoustic Waves and Device Applications, p. 118-122
-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60122-1:2002/AMD1:2017

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 49 de l'IEC: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence.

La présente version bilingue (2019-11) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-12.

Le texte anglais de cet amendement est issu des documents 49/1254/FDIS et 49/1259/RVD.

Le rapport de vote 49/1259/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

La version française de cet amendement n'a pas été soumise au vote.

Le comité a décidé que le contenu de cet amendement et de la publication de base ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera:

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

1.2 Références normatives

Ajouter la référence suivante à la liste existante des références normatives:

IEC 61760-1:2006, *Technique du montage en surface – Partie 1: Méthode de normalisation pour la spécification des composants montés en surface (CMS)*

4.9 Méthodes d'essai d'endurance

Remplacer le paragraphe 4.9 par le nouveau paragraphe suivant:

4.9 Méthodes d'essai d'endurance

4.9.1 Essai de vieillissement normalisé pour la vérification de la production

4.9.1.1 Objet

Cet essai est utilisable pour la vérification statistique de la caractéristique de vieillissement au cours du processus de production.

4.9.1.2 Procédure

- Prélever un échantillon du lot de production.
- Effectuer la mesure initiale de f_s et R_1 à $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$.
- Stocker dans une étuve à $T_{\text{oven}} = (+85 \pm 3) ^\circ\text{C}$.
- Prendre et relever des mesures supplémentaires après 1 jour et au moins trois autres fois à des intervalles de temps recommandés à l'Annexe A.
- Pour la mesure, retirer les résonateurs à quartz de l'étuve et les stocker à température ambiante pendant 1 h, en évitant des chocs thermiques. Mesurer f_s et R_1 à $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ conformément à l'IEC 60444-5 ou norme équivalente.
- Effectuer la mesure finale de f_s et R_1 à $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ après 30 jours.

4.9.1.3 Evaluation

La différence entre les plus hautes et les plus basses mesures de fréquence ne doit pas dépasser la valeur spécifiée. La résistance R_1 ne doit jamais dépasser les valeurs maximales spécifiées.

4.9.2 Vieillissement accéléré

4.9.2.1 Objet

Pour les applications particulières, une procédure de vieillissement accéléré à des températures plus élevées est appliquée afin de réduire le temps de vérification et/ou pour obtenir des données de performance à des températures de fonctionnement plus élevées.

4.9.2.2 Procédure

La procédure est la même qu'en 4.9.1, sauf que la température de l'étuve préférentielle est $T_{\text{oven}} = +105 ^\circ\text{C}$, $+125 ^\circ\text{C}$ ou $+150 ^\circ\text{C}$. Cette température doit être inférieure ou égale à la température de stockage maximale spécifiée.

Le rapport entre la durée de stockage à $25 ^\circ\text{C}$ et la durée de stockage à une température élevée T_{oven} pour obtenir la même quantité de vieillissement en fréquence est appelé « facteur d'accélération temporelle » (TAF, *time acceleration factor*). Ce facteur dépend de la conception du résonateur à quartz et du processus de production. Il peut être déterminé expérimentalement tel que décrit à l'Annexe A, ou défini à partir de l'expérience avec des résonateurs à quartz associables, ou peut faire l'objet d'un accord mutuel entre le fabricant et l'utilisateur.

Si le facteur d'accélération temporelle TAF n'est pas spécifié par ailleurs, l'approche suivante est recommandée.

En appliquant la loi d'Arrhenius, le facteur d'accélération temporelle TAF est lié à l'énergie d'activation E_a (en eV) par l'équation suivante:

$$\text{TAF} = e^{\frac{E_a \cdot \left(\frac{1}{T_{\text{ref}}} - \frac{1}{T_{\text{oven}}} \right)}{k}}$$

où

k est la constante de Boltzmann ($k \approx 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$), et les températures sont données en K.

Les résultats expérimentaux publiés (voir [6] et [7]) montrent que l'énergie d'activation E_a diminue avec le temps, c'est-à-dire que le facteur d'accélération diminue avec la durée de vieillissement. En outre, E_a varie entre les différents résonateurs et oscillateurs à quartz, en fonction de la fréquence, de la taille de l'emballage, de la conception du résonateur et des

processus de production. Les valeurs observées de E_a étaient comprises entre $> 0,1$ eV et < 1 eV.

Une hypothèse commune est $TAF = 12$ pour $T_{oven} = +85$ °C, c'est-à-dire qu'un vieillissement de 30 jours (1 mois) à 85 °C est considéré comme équivalent à un vieillissement de 365 jours (12 mois) à 25 °C, ce qui correspond à une énergie d'activation E_a de 0,38 eV.

Avec cette valeur de E_a , le facteur d'accélération temporelle pour d'autres températures de vieillissement peut être calculé. Le Tableau 5 ci-dessous présente le facteur d'accélération temporelle TAF et le nombre de jours N_d équivalant à 365 jours à 25 °C.

Tableau 5 – Facteurs d'accélération temporelle pour $E_a = 0,38$ eV

T_{oven} °C	TAF	N_d jours
+25	1	365
+85	12	30
+105	23	16
+125	41	9
+150	79	5

D'autres facteurs d'accélération temporelle peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur, en se fondant sur leurs propres calculs de fiabilité.

4.9.2.3 Evaluation

L'évaluation est telle que décrite en 4.9.1.

4.9.3 Essai de vieillissement de référence

4.9.3.1 Objet

Cette procédure est utilisée pour un niveau de confiance plus élevé. Il convient d'utiliser cette méthode pour les résonateurs à quartz de haute précision et comme méthode de référence en cas de litige.

4.9.3.2 Procédure

Voir l'Annexe A.

4.9.3.3 Evaluation

Les données d'essai de la fréquence de résonance série f_s sont soumises à la procédure d'ajustement des données.

Les données de mesure de fréquence $f_i(t)$ doivent être ajustées à l'aide de la méthode des moindres carrés de la fonction suivante (ajustement logarithmique):

$$\left[\frac{\Delta f(t)}{f_{init}} \right] = a_0 + a_1 \times \ln(a_2 \times t + 1)$$

où

$\Delta f(t)$ est la différence entre la fréquence du résonateur à quartz t jours après le début du cycle de vieillissement et la fréquence initiale f_{init} mesurée après le temps de

stabilisation t_{stab} (l'origine temporelle pour l'analyse des mesures doit être le début de la période de stabilisation).

Les coefficients a_0 , a_1 et a_2 sont des constantes à déterminer à partir de l'ajustement par la méthode des moindres carrés.

L'algorithme d'ajustement par défaut est l'ajustement logarithmique. Dans certains cas, à savoir lorsque la réponse au vieillissement présente une très faible courbure, l'ajustement logarithmique peut ne pas donner des résultats raisonnables. Dans ce cas, il est recommandé de calculer en plus l'ajustement polynomial suivant:

$$\left[\frac{\Delta f(t)}{f_{\text{init}}} \right] = a_0 + a_1 \times t + a_2 \times t^{\frac{1}{2}} + a_3 \times t^{\frac{1}{3}}$$

Il convient de n'utiliser cette approche que si la racine carrée de la variance d'ajustement par la méthode des moindres carrés (SLQ) des mesures à partir de l'ajustement polynomial est au moins cinq fois inférieure à celle de l'ajustement logarithmique.

La variation totale de fréquence et la vitesse de vieillissement à la fin de la période de vieillissement spécifiée ($t = T_a$) doivent être déterminées à partir de l'équation d'ajustement en utilisant les constantes déterminées à partir de l'ajustement par la méthode des moindres carrés. La racine carrée de la variance d'ajustement par la méthode des moindres carrés des mesures à partir de la fonction d'ajustement de la courbe ne doit pas dépasser 5 % de la variation totale du vieillissement autorisée au cours de la période d'essai.

Pour l'ajustement logarithmique (par défaut), la vitesse de vieillissement (en ppm ou ppb¹ par jour) à $t = T_a$ est:

$$\left[\frac{d\left(\frac{\Delta f(t)}{f_{\text{init}}} \right)}{dt} \right]_{t=T_a} = \frac{a_1 \times a_2}{a_2 \times T_a + 1} \approx \frac{f(T_a + 1) - f(T_a)}{f_{\text{init}}}$$

Si l'ajustement polynomial a été utilisé, la vitesse de vieillissement à $t = T_a$ ($T_a > 0$) est:

$$\left[\frac{d\left(\frac{\Delta f(t)}{f_{\text{init}}} \right)}{dt} \right]_{t=T_a} = a_1 + \frac{a_2}{2} \times T_a^{-\frac{1}{2}} + \frac{a_3}{3} \times T_a^{-\frac{2}{3}}$$

La variation totale de fréquence prévue pour une durée doit être calculée à l'aide des formules suivantes:

$$\text{Vieillissement par mois} \approx \frac{f(T_a + 30) - f(T_a)}{f_{\text{init}}}$$

¹ ppm = parties par million; ppb = parties par milliard.

$$\text{Vieillissement par (1^{ère}) année} \approx \frac{f(T_a + 365) - f(T_a)}{f_{\text{init}}}$$

$$\text{Vieillissement pendant } N \text{ années} \approx \frac{f(T_a + 365) - f(T_a)}{f_{\text{init}}}$$

La résistance R_1 ne doit jamais dépasser les valeurs maximales spécifiées.

4.9.4 Vieillissement prolongé

4.9.4.1 Objet

L'objet est d'évaluer la fiabilité et la performance à long terme.

4.9.4.2 Procédure

Cet essai doit être effectué conformément à 4.9.1, à l'exception des temps de vieillissement continus qui doivent être portés à 1 000 h, 2 000 h ou 8 000 h, comme prescrit dans la spécification particulière, et doit être utilisé à titre informatif uniquement.

Les mesures doivent être réalisées à $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ ou toute autre température de référence spécifiée, conformément à l'IEC 60444-5 ou norme équivalente.

Les intervalles de mesure peuvent être étendus à deux semaines ou plus. Pour les mesures intermédiaire et finale, les résonateurs à quartz peuvent être retirés de l'étuve, et stockés à température ambiante pendant 1 h. Il convient d'éviter les chocs thermiques.

4.9.4.3 Evaluation

La différence entre les plus hautes et les plus basses mesures de fréquence ne doit pas dépasser la valeur spécifiée (le cas échéant). La résistance R_1 ne doit jamais dépasser les valeurs maximales spécifiées.

Cet essai doit être utilisé à titre informatif uniquement. Il convient que les résonateurs à quartz utilisés pour ces essais ne soient fournis à aucun client.

Ajouter la nouvelle Annexe A suivante:

Annexe A (normative)

Procédure pour la détermination des paramètres d'ajustement pour le vieillissement en fréquence

A.1 Hypothèse

Une description générale du vieillissement en fréquence est possible sous la forme suivante:

$$\Delta f/f(t, T) = g(t) \times h(T)$$

où

$$g(t) = b_0 + b_1 \times \log(b_2 \times t + 1) \text{ (ajustement logarithmique);}$$

ou

$$g(t) = c_0 + c_1 \times (t - t_0) + c_2 \times (t - t_0)^{(1/2)} + c_3 \times (t - t_0)^{(1/3)} \text{ (ajustement polynomial);}$$

et

$$h(T) = a_1 \times \exp(E_a \times (1/T_{\text{ref}} - 1/T)/k)$$

où

k est la constante de Boltzmann ($k \approx 8,617 \times 10^{-5}$ eV/K), et les températures sont données en K;

T_{ref} est 298 K.

A.2 Détermination des paramètres d'ajustement b_0, b_1, b_2 (et/ou c_0, c_1, c_2, c_3) et a_1 , et E_a

La procédure du Tableau A.1 doit s'appliquer.