

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

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

**RECOMMANDATION DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC RECOMMENDATION**

**Publication 314A**

Première édition — First edition

1971

---

**Premier complément à la Publication 314 (1970)**

**Enceintes à température réglée pour les quartz**

---

**First supplement to Publication 314 (1970)**

**Temperature control devices for quartz crystal units**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60314A:1971

# Withdrawn

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

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

**RECOMMANDATION DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC RECOMMENDATION**

**Publication 314A**

Première édition — First edition

1971

---

**Premier complément à la Publication 314 (1970)**

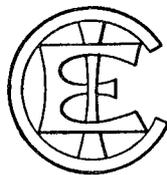
**Enceintes à température régulée pour les quartz**

---

**First supplement to Publication 314 (1970)**

**Temperature control devices for quartz crystal units**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

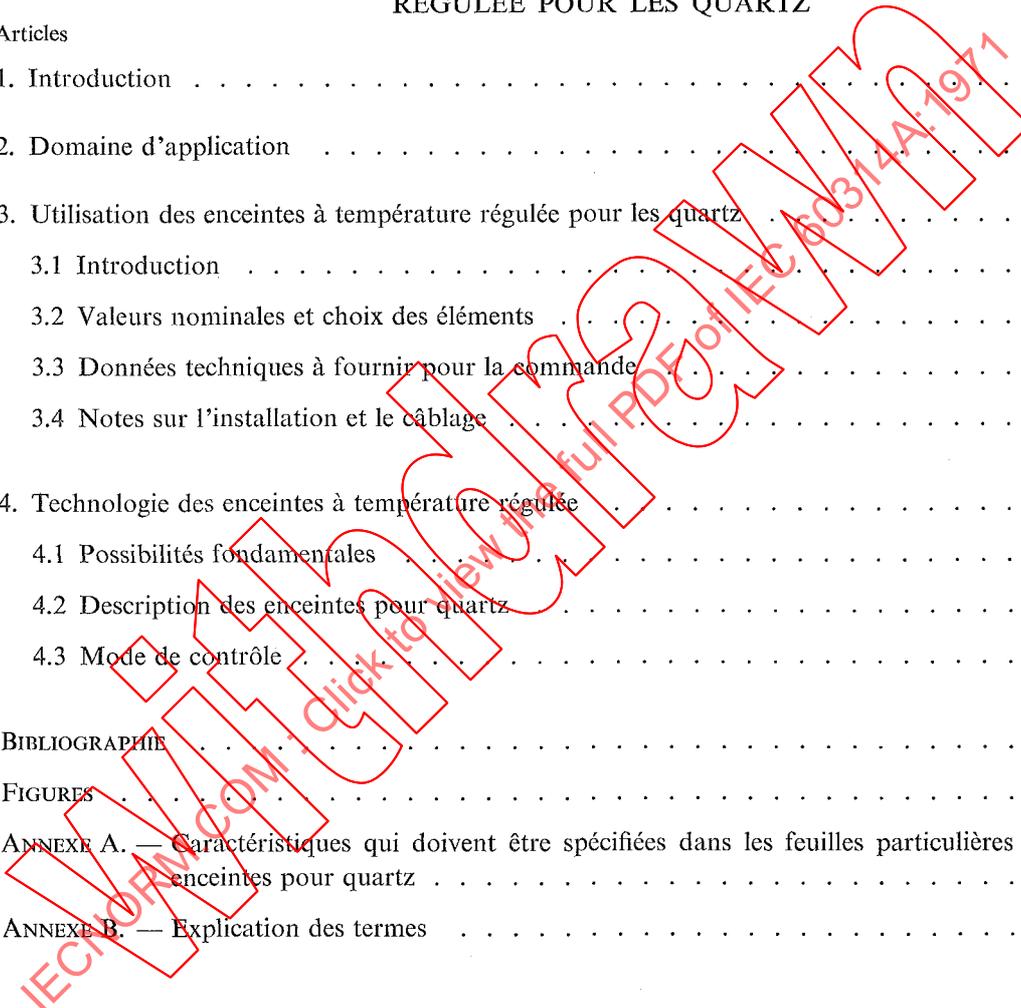
Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE . . . . .	4
PRÉFACE . . . . .	4
<b>CHAPITRE III: GUIDE D'EMPLOI DES ENCEINTES A TEMPÉRATURE RÉGULÉE POUR LES QUARTZ</b>	
Articles	
1. Introduction . . . . .	6
2. Domaine d'application . . . . .	6
3. Utilisation des enceintes à température régulée pour les quartz . . . . .	6
3.1 Introduction . . . . .	6
3.2 Valeurs nominales et choix des éléments . . . . .	8
3.3 Données techniques à fournir pour la commande . . . . .	12
3.4 Notes sur l'installation et le câblage . . . . .	14
4. Technologie des enceintes à température régulée . . . . .	16
4.1 Possibilités fondamentales . . . . .	16
4.2 Description des enceintes pour quartz . . . . .	16
4.3 Mode de contrôle . . . . .	18
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	20
FIGURES . . . . .	21
ANNEXE A. — Caractéristiques qui doivent être spécifiées dans les feuilles particulières pour les enceintes pour quartz . . . . .	26
ANNEXE B. — Explication des termes . . . . .	30



## CONTENTS

	Page
FOREWORD . . . . .	5
PREFACE . . . . .	5
<b>CHAPTER III: GUIDE TO THE USE OF TEMPERATURE CONTROL DEVICES FOR QUARTZ CRYSTAL UNITS</b>	
Clause	
1. Introduction . . . . .	7
2. Scope . . . . .	7
3. Application of temperature control devices for crystal units . . . . .	7
3.1 Introduction . . . . .	7
3.2 Rating and selection . . . . .	9
3.3 Ordering data . . . . .	13
3.4 Notes on installation and wiring . . . . .	15
4. Temperature control device technology . . . . .	17
4.1 Fundamental possibilities . . . . .	17
4.2 Layout of crystal ovens . . . . .	17
4.3 Mode of control . . . . .	19
BIBLIOGRAPHY . . . . .	20
FIGURES . . . . .	21
APPENDIX A. — Characteristics to be specified in article sheets for crystal ovens . . . . .	27
APPENDIX B. — Explanation of terms . . . . .	31

IEC TR 60314A:1971  
Click to view the full PDF of IEC 60314A:1971

---

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PREMIER COMPLÉMENT A LA PUBLICATION 314 (1970)**  
**ENCEINTES A TEMPÉRATURE RÉGULÉE POUR LES QUARTZ**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

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

Elle comprend le chapitre III de la Publication 314 de la CEI.

Un projet de ce chapitre III fut discuté lors de la réunion tenue à Leningrad en mai 1966, à la suite de laquelle un nouveau projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1967. Afin de tenir compte des observations reçues, le projet fut révisé conformément à la décision prise par le Comité d'Etudes N° 49 pendant sa réunion tenue à Milan en juin 1968. Ce projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en janvier 1969.

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

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pologne
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Finlande	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Iran	Turquie
Israël	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIRST SUPPLEMENT TO PUBLICATION 314 (1970)**  
**TEMPERATURE CONTROL DEVICES FOR QUARTZ CRYSTAL UNITS**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 49, Piezo-electric Devices for Frequency Control and Selection.

It forms Chapter III of IEC Publication 314.

A draft of Chapter III was discussed at the meeting held in Leningrad in May 1966, as a result of which a new draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1967. In view of the comments received during the voting period, the draft was reviewed in accordance with the decision taken by Technical Committee No. 49 during the meeting held in Milan in June 1968. This draft was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in January 1969.

The following countries voted in favour of publication of Chapter III:

Australia	Italy
Belgium	Japan
Canada	Poland
Czechoslovakia	Romania
Denmark	South Africa
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Iran	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom

## PREMIER COMPLÉMENT A LA PUBLICATION 314 (1970)

### ENCEINTES A TEMPÉRATURE RÉGULÉE POUR LES QUARTZ

#### CHAPITRE III: GUIDE D'EMPLOI DES ENCEINTES A TEMPÉRATURE RÉGULÉE POUR LES QUARTZ

##### 1. Introduction

Ce chapitre a été établi pour répondre à la demande généralement exprimée tant par l'utilisateur que par le constructeur d'un guide d'emploi des enceintes à température régulée pour les quartz afin que ces enceintes puissent être utilisées au mieux.

Bien qu'il y ait d'autres dispositifs pouvant être utilisés pour le contrôle de la température du quartz en fonction de la variation prévue de la température ambiante, ce guide est limité aux enceintes à température régulée qui doivent stabiliser la température du quartz à une valeur prescrite.

Du fait même que les enceintes à température régulée de ce type ne compensent pas parfaitement les changements de température et qu'elles sont sujettes à certaines tolérances de production, leurs caractéristiques thermiques doivent être choisies avec un soin particulier pour chaque cas d'application en tenant compte de celles du quartz.

Il faut ajouter à cela que les caractéristiques électriques et mécaniques peuvent être très différentes suivant la conception de l'enceinte et qu'elles doivent être considérées avec un soin particulier afin de choisir l'enceinte la plus convenable.

##### 2. Domaine d'application

Un chapitre de cette nature ne peut ni donner la théorie complète des enceintes à température régulée ni traiter tous les problèmes qui peuvent se présenter en pratique, mais il explique l'importance des caractéristiques principales des ETR et il montre comment elles déterminent les performances limites en fonction des caractéristiques du quartz.

Bien que quelques caractéristiques individuelles d'une enceinte à température régulée soient liées entre elles, certaines combinaisons des caractéristiques qui sont discutées dans ce guide sont impossibles à atteindre dans la pratique. Pour cette raison, on devrait utiliser au maximum les feuilles particulières existantes.

Les feuilles particulières normalisées, telles que celles, par exemple, de la Publication 314 de la C.E.I., ainsi que les spécifications nationales ou les feuilles de caractéristiques publiées par des constructeurs individuels, décrivent les produits qui sont sur le marché. L'ensemble de leurs caractéristiques est choisi de telle façon que la pièce soit utilisée pour le maximum d'applications. Une multiplicité de types ne différant que de peu l'un de l'autre n'est pas économique et restreint l'interchangeabilité; il faut préférer les types normalisés des enceintes à température régulée, d'autant plus que les quartz normalisés convenables sont plus faciles à approvisionner.

##### 3. Utilisation des enceintes à température régulée pour les quartz

###### 3.1 Introduction

La fonction de l'enceinte à température régulée est de maintenir un ou plusieurs quartz placés dans leur logement à une température spécifiée constante (voir figure 1, page 21). Indépendamment

**FIRST SUPPLEMENT TO PUBLICATION 314 (1970)**  
**TEMPERATURE CONTROL DEVICES FOR QUARTZ CRYSTAL UNITS**

**CHAPTER III: GUIDE TO THE USE OF TEMPERATURE CONTROL DEVICES  
FOR QUARTZ CRYSTAL UNITS**

**1. Introduction**

This Chapter has been compiled in response to a generally expressed desire on the part of both user and manufacturer for a guide to the use of temperature control devices for crystal units, so that these devices may be used to their best advantage.

Although devices are conceivable and may be of use which control the temperature of a crystal unit according to a prescribed function of the ambient temperature, the following is restricted to temperature control devices which should stabilize the temperature of the crystal unit at a prescribed value.

As even temperature control devices of this type do not perfectly smooth out the temperature variations and are subjected to certain production tolerances, their thermal characteristics must be carefully considered for each application in connection with those of the crystal unit.

In addition, there are electrical and mechanical characteristics which may be vastly different, depending on the design, and must be carefully considered in selecting a suitable temperature control device.

**2. Scope**

A Chapter of this nature cannot give a detailed introduction to the theory of temperature control devices, nor can all the problems encountered in practice be dealt with, but the importance of the principal characteristics of temperature control devices is explained, and it is shown how these characteristics determine the ultimate performance in conjunction with the characteristics of the crystal unit.

Since some individual characteristics of temperature control devices are inter-related, certain combinations of the characteristics discussed in this guide are impossible to achieve in practice. Existing article sheets should therefore be used as far as possible.

Standard article sheets such as, for instance, those of IEC Publication 314 or national specifications or data sheets issued by the individual manufacturers, quote products available on the market. The combination of their characteristics is chosen so that the product is fitted for as many applications as possible. Since a multiplicity of slightly different types is uneconomical and restricts interchangeability, preference should be given to the standard types of temperature control devices, especially since standard crystal units fitting them are readily available.

**3. Application of temperature control devices for crystal units**

**3.1 Introduction**

The function of a temperature control device is to keep one or more crystal units, located in its chamber, at a specified constant temperature (see Figure 1, page 21). Independently of the

des moyens utilisés pour la stabilisation de la température, on peut juger l'enceinte à température régulée par ses caractéristiques thermiques, électriques et mécaniques.

Dans la suite du texte, le terme général « enceinte à température régulée pour quartz » est abrégé par « ETR » et, comme les ETR les plus répandues stabilisent la température par un chauffage contrôlé, elles sont souvent nommées : « enceintes chauffantes pour quartz ».

### 3.2 Valeurs nominales et choix des éléments

#### 3.2.1 Généralités

Les enceintes pour quartz présentent des variations de la température du logement du quartz (voir figure 2, page 22) qui, bien qu'elles soient petites, entraînent un changement correspondant de la fréquence du quartz placé dans l'enceinte.

Pour déterminer la tolérance sur la fréquence désirée, il est nécessaire de considérer l'ensemble des caractéristiques de l'enceinte pour quartz et du quartz associé. Pour cette raison, l'importance des caractéristiques principales de l'enceinte pour quartz et, si nécessaire, celles du quartz associé, sont expliquées ci-dessous.

En tenant compte des propriétés thermiques du quartz et de l'enceinte pour quartz, la variation relative de la fréquence est donnée en première approximation par le produit du changement de la température du logement du quartz par le coefficient fréquence-température ( $Tc_t$ ) du quartz. Les changements de fréquence dus au vieillissement du quartz et de l'enceinte pour quartz doivent être pris en considération séparément.

La variation de la fréquence en fonction des changements de température est réduite au minimum si le point d'inversion (c'est-à-dire le maximum ou le minimum) de la courbe fréquence-température du quartz (voir la Publication 122-2 de la CEI: Quartz pour oscillateurs, Section trois: Guide d'emploi des quartz pour oscillateurs, paragraphe 3.4) coïncide avec la température de fonctionnement, c'est-à-dire, dans le cas des quartz à température contrôlée, coïncide avec la température moyenne du logement du quartz. Des exemples de relations entre les caractéristiques considérées sont montrés à la figure 3, page 23.

La courbe « a » de la figure 3a montre la caractéristique température-fréquence du quartz qui représente presque la plus petite variation de la fréquence et une position correspondante du point d'inversion pour des quartz à température non contrôlée dans une gamme de températures considérée. La courbe relative « a » de la figure 3c montre cependant une très grande variation quand le quartz fonctionne dans l'enceinte à température régulée à une température élevée.

La courbe « b » de la figure 3a montre la caractéristique fréquence-température idéale du quartz pour le fonctionnement dans l'enceinte pour quartz dont la caractéristique est montrée à la figure 3b. La courbe « b » de la figure 3c montre les performances améliorées, obtenues de ce quartz quand il fonctionne dans cette enceinte à température régulée.

Cependant, dans la pratique, le point d'inversion du quartz ne peut pas être fixé exactement à la température spécifiée. En plus, il y a des types de coupes de quartz dont le point d'inversion est limité à certaines gammes de températures. C'est pourquoi l'utilisateur des enceintes pour quartz doit envisager l'utilisation de quartz dont le coefficient température-fréquence ( $Tc_t$ ) est inférieur à la valeur maximale spécifiée dans la gamme totale des variations de température du logement du quartz.

Une courbe typique pour un quartz de ce genre — correspondant aux meilleures conditions dans la pratique actuelle — est la courbe « c » de la figure 3. Compte tenu de la dispersion individuelle des quartz, il faut aussi prendre en considération la dispersion individuelle de la température moyenne du logement du quartz dans la production de série des ETR. Cet exemple montre que généralement un quartz bien conçu pour de larges gammes de températures ambiantes ne convient pas pour donner des résultats optimaux quand il fonctionne dans une ETR.

means used for temperature stabilization, a temperature control device can be assessed on the basis of its thermal, electrical and mechanical characteristics.

In the following text, the general term “temperature control device for crystal units” is abbreviated to “TCD” and as the most widely used TCDs stabilize the temperature by means of controlled heating, they are often referred to as: “crystal ovens”.

### 3.2 *Rating and selection*

#### 3.2.1 *General*

Crystal ovens exhibit variations of the crystal chamber temperature (see Figure 2, page 22) which, though being small, involve a corresponding variation of the frequency of the crystal accommodated in the oven.

In order to meet a desired frequency tolerance, it is necessary that the characteristics of the crystal oven and the associated crystal are considered jointly. For this reason, the significance of the main characteristics of a crystal oven and, as far as necessary, those of the associated crystal are explained as follows.

Taking into account the thermal properties of the crystal unit and the crystal oven, the relative frequency variation of the crystal in the crystal oven is given, to a first approximation, by the product of the variation of the crystal chamber temperature and the temperature coefficient ( $Tc_f$ ) of the crystal. Frequency variations due to ageing of the crystal unit and the crystal oven must be taken into account separately.

The frequency variation of the crystal unit resulting from temperature changes is minimized if the “turnover point” (i.e. maximum or minimum) of the frequency vs temperature curve of the crystal unit (see IEC Publication 122-2: Quartz Crystal Units for Oscillators, Section Three: Guide to the Use of Quartz Oscillator Crystals, Sub-clause 3.4) coincides with the operating temperature, i.e. in the case of temperature-controlled crystal units, coincides with the mean crystal chamber temperature. Examples of the dependence of the characteristics considered are shown in Figure 3, page 23.

Curve “a” of Figure 3a shows the frequency vs temperature characteristic of a crystal unit which presents an almost optimally small frequency variation and a suitable relative position of the turnover point for a non temperature-controlled crystal over the considered ambient temperature range. In Figure 3c, the related curve “a” reveals, however, a very large frequency variation when this crystal is operated at an elevated temperature in a crystal oven.

Curve “b” of Figure 3a shows the frequency vs temperature characteristic of a crystal which is ideal for operation in a crystal oven whose characteristic is given in Figure 3b. Curve “b” in Figure 3c shows the much improved performance obtained from this crystal when operated in this oven.

However, in practice, the crystal turnover point cannot be exactly positioned at a specified temperature. In addition, there are crystal cuts of a type for which the turnover point is restricted to certain temperature ranges. Therefore, the user of crystal ovens must consider the use of crystals whose temperature coefficient ( $Tc_f$ ) is less than a specified maximum value over the total range of the variations of the crystal chamber temperature.

A typical curve for a crystal of this kind—which corresponds best to the conditions prevailing in actual practice—is curve “c” in Figure 3. Apart from the unit-to-unit spread of the crystal units, consideration must also be given to the unit-to-unit spread of the mean crystal chamber temperature within a production series of crystal ovens. This example shows that, in general, a crystal unit well designed for operation over wide ranges of ambient temperature is unlikely to give optimum results when it is operated in a TCD.

Dans les applications exigeant une stabilité de fréquence extrême, il faut considérer séparément les divers facteurs influant sur la température du logement du quartz.

### 3.2.2 *Facteurs influant sur la température du logement du quartz*

Le choix de la température nominale du logement du quartz dans l'enceinte pour quartz dépend de la gamme de températures de fonctionnement de l'enceinte pour quartz, qui diffère en général de la gamme de températures de fonctionnement spécifiée de l'appareillage. Il est nécessaire, par exemple, de choisir la température nominale des ETR qui fonctionnent par chauffage seul (voir aussi le paragraphe 4.1) un peu plus haute (par exemple de 5 °C) que la température de fonctionnement maximale prévue. La caractéristique de l'ETR définit la relation entre la température moyenne du logement du quartz et la température ambiante (voir figure 2, page 22).

La valeur de la température moyenne du logement du quartz de l'ETR spécifiée par l'utilisateur (température nominale du logement du quartz) ne peut être ajustée que dans la gamme préalablement déterminée de la tolérance d'étalonnage de température du logement du quartz.

De plus, il y a des variations de température du logement du quartz qui résultent :

- des variations de la température ambiante;
- des changements de la tension de fonctionnement;
- des phénomènes de vieillissement (principalement dus aux changements à long terme de l'élément thermo-sensible);
- du processus de régulation qui provoque souvent l'ondulation de la température du logement du quartz.

La tolérance d'étalonnage et la tolérance de vieillissement de la température moyenne du logement du quartz à 20 °C et à la tension nominale fixent la limite, d'une part, de l'écart fixe et, d'autre part, de la variation lente de la température nominale du logement du quartz.

Dans les applications exigeant une précision de fréquence particulière, l'influence de ces deux effets peut souvent être éliminée par un « recalage » périodique de la fréquence du quartz (voir Publication 122-2 de la CFEI, paragraphe 3.6.3).

#### 3.2.2.1 *Variation de la température moyenne du logement du quartz dans la gamme de températures de fonctionnement*

En fait, l'effet de la variation de la température moyenne du logement du quartz dans la gamme de températures de fonctionnement sur la fréquence ne peut pas être éliminé. La variation de la température moyenne du logement du quartz dans la gamme de températures ambiantes est approximativement le quotient de la gamme de températures de fonctionnement par le facteur de réduction ou le produit de la gamme de températures de fonctionnement par le coefficient de contrôle de l'enceinte pour quartz (« le coefficient de contrôle » est l'inverse du « facteur de réduction »). En calculant de cette façon la variation de la température moyenne du logement du quartz dans la gamme de températures de fonctionnement, il faut noter que le facteur de réduction de l'enceinte pour quartz dépend généralement de la position du point de fonctionnement de l'enceinte dans la gamme de températures de fonctionnement. Le signe algébrique du facteur de réduction peut être positif, négatif ou alterné, (voir figure 2, page 22 et paragraphe 4.3.1).

#### 3.2.2.2 *Ondulation de la température du logement du quartz*

L'ondulation de la température du logement du quartz est une propriété dont il est impossible de tirer une conclusion directe en ce qui concerne la variation résultante de la fréquence du quartz. L'espace d'air entre la surface contrôlée et le boîtier du quartz ainsi que l'espace du gaz (ou même l'espace sous vide) entre la paroi du boîtier et l'élément du quartz fonctionnent comme un double système thermique de filtre en combinaison avec les capacités thermiques du boîtier et d'élément du quartz. L'atténuation de l'ondulation de la température par ce système de filtre est d'autant meilleure que la cadence de coupure est plus élevée.

In applications requiring extreme frequency accuracy, a separate consideration of the various factors affecting the crystal chamber temperature is advisable.

### 3.2.2 *Factors affecting the crystal chamber temperature*

The selection of the nominal crystal chamber temperature of the crystal oven is based on the operating temperature range of the crystal oven, which differs in general from the specified operating temperature range of the equipment. It is, for instance, necessary to choose the nominal temperature of TCDs which work only in connection with heating (see also Sub-clause 4.1) slightly higher (e.g. by 5 °C) than the maximum anticipated operating temperature. The characteristic of the TCD describes the dependence of the mean crystal chamber temperature on the ambient temperature (see Figure 2, page 22).

The mean crystal chamber temperature value of the crystal oven specified by the user (nominal crystal chamber temperature) can only be adjusted within a predetermined crystal chamber temperature calibration tolerance.

In addition, variations of the crystal chamber temperature occur resulting from:

- variations of the ambient temperature;
- changes of the operating voltage;
- ageing phenomena (mainly due to long-term changes of the temperature sensor);
- the regulating process, which often causes a ripple on crystal chamber temperature.

The calibration tolerance and the ageing tolerance on the mean crystal chamber temperature at 20 °C and at rated voltage provide a limit on the one hand to a fixed, and on the other hand to a slowly varying, deviation from the nominal crystal chamber temperature.

In applications requiring particular frequency accuracy, the influence of these two effects can often be eliminated by periodic “pulling” of the crystal frequency (see IEC Publication 122-2, Sub-clause 3.6.3).

#### 3.2.2.1 *Variation of the mean crystal chamber temperature over the operating temperature range*

Basically, the effect of the variation of the mean crystal chamber temperature over the operating temperature range on frequency cannot be eliminated. The variation of the mean crystal chamber temperature over the ambient temperature range is approximately the quotient of the operating temperature range and the reduction factor or the product of operating temperature range and the ratio of control of the crystal oven (the “ratio of control” is the reciprocal of the “reduction factor”). In so computing the variation of the mean crystal chamber temperature over the operating temperature range, it must be noted that the reduction factor of the crystal oven depends in general on the position of the operating point of the oven within the operating temperature range. The algebraic sign of the reduction factor may be positive, negative or alternating (see Figure 2, page 22 and Sub-clause 4.3.1).

#### 3.2.2.2 *Crystal chamber temperature ripple*

The temperature ripple of a crystal oven is a property from which no direct conclusion can be drawn as to the resulting frequency variation of the crystal unit. The air space between the controlled surface and the crystal holder as well as the gas (or vacuum) space between holder wall and crystal element act as a double thermal system in conjunction with the thermal capacities of the holder and crystal element. The smoothing of the temperature ripple by the filter system is better, the higher the switching rate of the crystal oven.

D'autre part, une cadence de coupure élevée entraîne une usure rapide des contacts et une mise hors service plus rapide de l'ETR.

Par conséquent, le changement de la fréquence du quartz dû à l'ondulation de la température de l'enceinte pour quartz dépend pour une grande part de la fréquence du quartz, de la construction et du remplissage de gaz ou du vide utilisés, aussi bien que de l'amplitude et de la durée d'un cycle d'ondulation de la température.

Il faut aussi noter que l'ondulation de la température n'est pas constante, mais qu'elle est une fonction de la tension appliquée, ainsi que de la température ambiante. L'utilisateur doit prendre cela en considération lorsqu'il choisit l'ETR convenant à une application particulière.

### 3.2.2.3 *Gradient de température du logement du quartz*

L'amplitude de l'ondulation de la température du logement du quartz et la cadence de coupures de l'enceinte pour quartz donnent la valeur du gradient de température du logement du quartz, ce qui est un autre moyen d'estimer l'influence de l'ondulation de la température du logement du quartz sur la fréquence du quartz.

L'utilisateur doit noter qu'à cause du gradient de température du logement du quartz, des changements de fréquence supérieurs à ceux qui ressortiraient normalement de l'examen de la caractéristique du coefficient fréquence-température du quartz, du régime permanent et des caractéristiques de l'enceinte pour quartz peuvent avoir lieu. Ceci est dû aux gradients thermiques qui s'établissent dans la lame de quartz, et dans les applications exigeant une stabilité de fréquence extrême (inférieure à  $1 \times 10^{-7}$ ), cet effet peut être important et doit être pris en considération. Pour plus ample information sur cet effet, il est recommandé à l'utilisateur de demander conseil au fabricant du quartz.

### 3.2.2.4 *Temps de mise en température*

Les remarques faites ci-dessus au sujet de l'ondulation de la température s'appliquent aussi au temps de mise en température ou à la vitesse de chauffage. Le temps de mise en température jusqu'à ce que la fréquence du quartz soit dans les tolérances spécifiées est généralement plus long que celui demandé pour la mise en température du logement du quartz.

### 3.2.3 *Source d'alimentation*

En général, la puissance maximale est la somme de la puissance consommée pour le chauffage maximal d'une part et la puissance consommée par le circuit de régulation éventuel pour la puissance de chauffage maximal d'autre part. A l'aide de la perte calorifique par degré Celsius de température qui est une mesure de la puissance de chauffage qui doit être consommée par degré Celsius de surtempérature \*, la puissance de chauffage peut être calculée pour n'importe quel point désirable de la gamme de températures de fonctionnement et par conséquent on peut concevoir la source d'alimentation nécessaire.

3.2.4 Outre les paramètres donnés ci-dessus, il y a un certain nombre d'autres facteurs dont l'importance diffère en fonction des applications. L'exemple incorporé d'une feuille particulière donne une liste des paramètres qui doivent être pris en considération. Comme ces paramètres montrent certaines corrélations physiques et techniques, un certain nombre d'aspects doivent être considérés et, s'il y a lieu, discutés avec le fabricant.

### 3.3 *Données techniques à fournir pour la commande*

Si la commande a pour objet une enceinte pour quartz de forme connue, les données suivantes doivent être spécifiées :

— forme de l'enceinte pour quartz;

---

\* La surtempérature, au sens de cette recommandation, est la différence entre la température du logement du quartz et la température ambiante.

On the other hand, a higher switching rate entails the drawback that the switching contacts, if any, wear out more rapidly.

Hence, the frequency variation of the crystal resulting from the temperature ripple of the crystal oven depends to a large extent on the crystal frequency, design, and gas or vacuum filling used as well as the amplitude and the duration of one cycle of the temperature ripple.

It should also be noted that the temperature ripple is not a constant but a function of both the applied voltage and the ambient temperature. The user should take these facts into account when assessing the suitability of a TCD for any particular purpose.

#### 3.2.2.3 *Rate of change of crystal chamber temperature*

The amplitude of the crystal chamber temperature ripple and the switching rate of the crystal oven give the value of the rate of change of crystal chamber temperature, which is another means of estimating the influence of the ripple of the crystal chamber temperature on the crystal unit frequency.

It should be noted by the user that due to the rate of change of the crystal chamber temperature, frequency variations greater than would be normally expected from an examination of the steady state crystal frequency-temperature coefficient characteristic and the crystal oven characteristics can occur. This is due to thermal gradients set up in the quartz plate and, in applications requiring extreme frequency stability (less than 0.1 ppm), this effect may be of consequence and should be considered. For further information on this effect, the user is recommended to seek advice from the crystal supplier.

#### 3.2.2.4 *Warm-up time*

The remarks made concerning the temperature ripple also apply to the warm-up time or to the warm-up rate. The warm-up time for the frequency of the crystal unit to reach its specified tolerance is in general longer than that for the crystal chamber temperature of the crystal oven.

#### 3.2.3 *Power supply consideration*

In general, the maximum power is the sum of the maximum heating power and the power for the regulating circuit (if any) with maximum heating power. With the aid of the heat loss per unit temperature, which is a measure of the heating power to be expended per degree Celsius overtemperature\*, the average heating power can be calculated for any desired point of the operating temperature range and hence an efficient power supply can be designed.

3.2.4 Besides the above-mentioned parameters, there are a number of other factors whose importance differs with the application. The enclosed sample of an article sheet gives a survey of the parameters to be taken into account. Since these parameters show certain physical and technical interconnections, a number of aspects must be considered and, if necessary, clarified with the manufacturer.

#### 3.3 *Ordering data*

If the order for a crystal oven of known layout is involved, the following data will essentially be necessary:

— layout of the crystal oven;

---

\* Overtemperature, as understood in this Recommendation, is the difference between the crystal chamber temperature and the ambient temperature.

- température nominale du logement du quartz;
- gamme de températures de fonctionnement;
- tension de fonctionnement.

Si le type de l'enceinte pour quartz doit être choisi par le fabricant, les données suivantes doivent être spécifiées:

- boîtier du quartz utilisé;
- température nominale du logement du quartz;
- gamme de températures de fonctionnement;
- déviation admissible entre la température du logement du quartz et la température nominale du logement du quartz (s'il est nécessaire, les exigences individuelles relatives à la température du logement du quartz doivent être établies);
- tension de fonctionnement;
- et d'autres paramètres en accord avec le modèle de la feuille particulière s'ils sont importants pour un cas d'application déterminé.

Si le fabricant doit fournir les enceintes pour quartz avec des quartz, des données supplémentaires pour le quartz deviennent nécessaires telles que:

- fréquence(s) nominale(s); ou gamme nominale de fréquences;
- tolérance sur la fréquence (les exigences individuelles doivent être établies, s'il est nécessaire);
- données de circuit, capacité de charge;
- niveau d'excitation;
- exigences spéciales éventuelles;
- marquage.

### 3.4 *Notes sur l'installation et le câblage*

#### 3.4.1 *Généralités*

Tous les paramètres spécifiés de l'enceinte pour quartz se rapportent au fonctionnement en air calme. Si, cependant, l'enceinte pour quartz est incorporée à l'appareil de telle façon que cette condition de référence ne puisse pas être tenue, par exemple s'il y a ventilation ou radiation incidente thermique, la caractéristique thermique de l'enceinte pour quartz peut changer considérablement.

#### 3.4.2 *Appareillage auxiliaire*

Le fonctionnement de l'enceinte pour quartz du type tout-ou-rien peut exiger des composants extérieurs tels que relais ou lampes. Pour tous les composants utilisés (c'est-à-dire relais, thermomètres à contact), il est important que leurs limites de tension et de courant ne soient pas dépassées.

La durée de service des contacts (surtout quand les cadences de coupures sont élevées) est plus longue lorsque la charge est petite. Ceci diminue aussi le danger d'étincelage qui peut produire des interférences dans l'appareillage de communication utilisé. En outre, il peut être avantageux d'utiliser un étouffeur d'étincelles de conception appropriée.

#### 3.4.3 *Influence de l'ETR sur les caractéristiques électriques du quartz*

L'influence de l'ETR sur les caractéristiques électriques du quartz ne doit pas être négligée. En particulier, il faut considérer que les capacités des fils entre la base de l'ETR et le quartz à l'intérieur de l'ETR peuvent augmenter largement la capacité de charge du quartz. Pour diminuer au minimum, d'une part, ces capacités résiduelles indésirables et, d'autre part, la perte calorifique du logement du quartz par les fils, leur diamètre doit être aussi petit que possible. La résistance de ces fils étant ajoutée à celle du quartz, celle-ci peut quelquefois être augmentée sensiblement.

- nominal crystal chamber temperature;
- operating temperature range;
- operating voltage.

If the type of crystal oven is to be selected by the manufacturer, the following data should be specified:

- crystal holder used;
- nominal crystal chamber temperature;
- operating temperature range;
- permissible deviation of the crystal chamber temperature from the nominal crystal chamber temperature (if necessary, the individual requirements relating to the crystal chamber temperature should be stated);
- operating voltage;
- and further parameters according to the sample article sheet if they are important for the specific application.

If the manufacturer is to supply crystal ovens with crystals, additional data for the crystal become necessary, such as:

- nominal frequency (frequencies); or nominal frequency range;
- frequency tolerance (if necessary, the individual requirements should be stated);
- circuit data, load capacity;
- drive level;
- special requirements, if any;
- marking.

### 3.4 *Notes on installation and wiring*

#### 3.4.1 *General*

All specified parameters of the crystal oven relate to operation in motionless air. If, however, the crystal oven is incorporated in a unit so that this reference condition is not complied with, e.g. as a result of air draft or incident thermal radiation, the thermal behaviour of the crystal oven may change considerably.

#### 3.4.2 *Auxiliary apparatus*

The operation of a switching type crystal oven may require external components such as relays or lamps. For all components used (e.g. relays, contact thermometers), it is important that their voltage and current ratings are not exceeded.

The life of the contacts (especially when high switching rates are involved) is longest when the load placed on them is small. This also reduces the sparking hazard, which may give rise to interference in connected communications equipment. An additional, correctly designed, spark-quenching unit can be used to good advantage.

#### 3.4.3 *Effect of the TCD on the electrical properties of the crystal unit*

The influence of the TCD on the electrical properties of the crystal unit must not be neglected. Particular consideration shall be given to the fact that the capacitances of the leads between the TCD base and the crystal unit inside the TCD may largely contribute to the load capacitance of the crystal unit. In order to minimize on the one hand these undesired residual capacitances and on the other the heat leakage from the crystal chamber along these wires, their diameter is made as small as possible. Since the resistance of these wires is added to that of the crystal unit, the

Dans certaines gammes de fréquences, l'inductance de ces fils peut intervenir, comme aussi les capacités additionnelles réparties que l'on rencontre dans les ETR à plusieurs positions, surtout lorsqu'on considère que ces capacités additionnelles réparties peuvent varier proportionnellement au nombre des quartz placés dans une ETR. C'est pourquoi pour obtenir la caractéristique optimale de la combinaison du (des) quartz et de l'ETR, il est nécessaire de considérer l'ensemble de ces deux dispositifs.

#### 4. Technologie des enceintes à température régulée

##### 4.1 Possibilités fondamentales

Le problème du maintien du logement du quartz à une température constante peut être résolu de trois façons différentes en fonction de la valeur relative de la température nominale par rapport à la gamme de températures ambiantes :

- a) La température nominale est plus haute que la température ambiante maximale et la compensation de la perte calorifique dans la chambre s'effectue par un système de chauffage contrôlé automatiquement.
- b) La température nominale est plus basse que la température ambiante minimale et la compensation de l'augmentation de température dans la chambre est obtenue par un système de refroidissement contrôlé automatiquement.
- c) La température nominale est située dans la gamme de températures ambiantes et la compensation est obtenue par une combinaison des procédés utilisés dans les alinéas a) et b).

La basse température de fonctionnement du procédé b) donne un vieillissement plus faible pour le quartz.

En comparaison avec le procédé a), le procédé c) peut amener à diminuer considérablement la puissance exigée.

Les enceintes à température régulée conformément à b) et c) sont peu utilisées pour le moment et c'est pourquoi les remarques suivantes concernent seulement les enceintes pour quartz du type a).

##### 4.2 Description des enceintes pour quartz

Les enceintes pour quartz considérées ici sont représentées schématiquement à la figure 4, page 24. Enveloppe (métallique) de bonne conductibilité thermique, la chemise chauffante encercle le logement du quartz, si possible de tous côtés, et porte l'élément chauffant en général directement sur sa face extérieure. L'élément thermo-sensible est fixé au point convenable, dans la plupart des cas, sur ou dans la chemise chauffante. L'élément chauffant et l'enveloppe extérieure sont séparés par une couche thermo-isolante.

4.2.1 Grâce à sa bonne conductibilité thermique, la chemise chauffante assure un niveau très uniforme de température de la face intérieure, délimitant le logement du quartz (espace contrôlé). Sa capacité thermique empêche les variations brusques de température qui apparaissent sur la surface extérieure (ou dans son environnement) d'être transmises au logement du quartz. En d'autres termes, les ondes de chaleur ou les impulsions sont ainsi atténuées.

4.2.2 L'élément thermo-sensible contrôle la puissance de chauffage, et comprend habituellement :

- un thermostat bimétallique;
- un thermomètre à mercure à contact; ou
- une résistance variable en fonction de la température.

Les thermostats bimétalliques sont simples et durables. Le pouvoir de coupure relativement élevé de leurs contacts permet, en général, la mise en circuit directe de la puissance de chauffage.

latter may at times be noticeably increased. In certain frequency regions, the inductance of these leads may also be troublesome, as may be the effects of the additional distributed capacities encountered in multiposition TCDs especially when it is considered that these additional distributed capacitances may vary according to the number of crystal units fitted in the TCD. In order to obtain optimum performance from a combination of crystal(s) and a TCD, it is, therefore, necessary to consider these two items in common.

#### 4. Temperature control device technology

##### 4.1 *Fundamental possibilities*

Fundamentally, the problem of keeping the crystal chamber at a constant temperature can be solved in three ways by adopting three fundamental relative positions of the nominal temperature with respect to the ambient temperature range:

- a) Nominal temperature higher than the maximum ambient temperature and compensation for the heat loss in the chamber by an automatically controlled heating system.
- b) Nominal temperature below the minimum temperature and compensation for the increase of heat in the chamber by an automatically controlled cooling system.
- c) Nominal temperature within the ambient temperature range and a combination of the procedures according to items a) and b).

Owing to the lower working temperature, procedure b) yields a lower ageing rate for the crystal unit.

Compared to procedure a), procedure c) can bring a marked decrease of the required power.

At the present time, temperature control devices according to b) and c) are not yet in large-scale usage and for this reason the following remarks deal only with crystal ovens of type a).

##### 4.2 *Layout of crystal ovens*

The layout of crystal ovens as dealt with herein is illustrated in Figure 4, page 24. A (metallic) sheath of good thermal conductivity, the heating jacket surrounds the crystal chamber on all sides, if possible, and carries the heater element in general directly at its outer side. The temperature sensor is attached to a suitable point, commonly at or in the heating jacket. The heater element and an external cover are separated by a thermal insulating layer.

4.2.1 The heating jacket, because of its good thermal conductivity, provides a highly uniform temperature level throughout its inner area, the boundary surface of the crystal chamber (controlled space). Its thermal capacity prevents sudden temperature variations appearing on its outer surface (or in its environments) being transmitted to the crystal chamber. That is, heat waves or pulses are attenuated.

4.2.2 The temperature sensor controls the heating power and is usually:

- a bimetallic thermostat relay;
- a contact-making mercury thermometer; or
- a temperature-dependent resistor.

Bimetallic thermostat relays are simple and rugged. The relatively high load rating of their contacts permits, in general, direct switching of the heating power.

Les thermomètres à mercure à contact fonctionnent habituellement avec une précision plus élevée que les thermostats bimétalliques et procurent en général des enceintes pour quartz de précision supérieure, mais la faible puissance de coupure de leurs contacts exige habituellement un circuit associé sous forme de relais ou d'amplificateurs. Un inconvénient des thermomètres à contact est leur sensibilité mécanique relativement grande, spécialement aux chocs pendant le fonctionnement.

Les résistances variables en fonction de la température conviennent principalement comme éléments thermo-sensibles pour réaliser un contrôle continu. En particulier, quand elles sont montées dans un circuit en pont en combinaison avec des amplificateurs convenables, les résistances variables en fonction de la température permettent une régulation précise de la température.

#### 4.3 *Mode de contrôle*

Il y a les enceintes pour quartz avec commande par « tout-ou-rien » (avec régulation en deux points) et les enceintes avec contrôle continu.

##### 4.3.1 Dans l'enceinte avec commande par tout-ou-rien, l'élément thermo-sensible régule le chauffage de la manière suivante:

Si la température de l'élément thermo-sensible descend au-dessous de sa température de mise en circuit, la puissance de chauffage est mise en circuit. Après une certaine période de temps, la température de l'élément thermo-sensible s'élève, dépasse sa température de mise en circuit, et le système de chauffage est coupé.

Par suite des pertes thermiques dans l'ambiance, ce processus se répète. Ce mécanisme est représenté schématiquement à la figure 5, page 25, pour un type particulier d'ETR. Il faut noter dans cet exemple qu'à cause des constantes de temps thermiques de l'enceinte pour quartz et de l'élément thermo-sensible, la tension de chauffage appliquée sous la forme d'impulsions prend la forme d'ondes de chaleur sinusoïdales, les ondes de chaleur étant décalées en phase par rapport à la puissance chauffante appliquée. La température moyenne de l'élément thermo-sensible retarde ces changements de la température ambiante d'une certaine quantité afin d'obtenir une régulation correcte du chauffage.

Les ondes de chaleur qui sont encore présentes au niveau de l'élément thermo-sensible sont atténuées en allant vers le quartz.

S'il est nécessaire pour une application plus précise, l'ondulation de température peut être encore réduite par des éléments supplémentaires de filtres thermiques. En fonction de la disposition de l'élément thermo-sensible, la variation de la température de fonctionnement peut avoir lieu dans le même sens ou en sens opposé à la variation de la température moyenne de l'élément thermo-sensible.

Une variante intéressante de la régulation par tout-ou-rien est l'enceinte pour quartz régulée par changement d'état. La surface contrôlée d'une telle enceinte est formée par une couche d'un compound spécialement choisi pour son bas point de fusion. La partie intérieure de ce compound est à l'état solide et sa partie extérieure est à l'état liquide à la fin du cycle de chauffage. La transition de l'état solide à l'état liquide donne une augmentation de volume qui, au moyen d'un diaphragme, actionne un commutateur contrôlant la puissance de chauffage. La partie chauffante est représentée dans ce cas par la surface délimitant la partie liquide de la partie solide du compound, la chaleur latente nécessaire à la fusion établissant une action très efficace d'amortisseur de chaleur.

##### 4.3.2 Dans une enceinte pour quartz à contrôle continu, le courant de chauffage n'est jamais interrompu et sa valeur est continuellement contrôlée par l'élément thermo-sensible et l'amplificateur, de sorte que la puissance de chauffage compense la perte thermique dans le logement du quartz. Les enceintes pour quartz avec contrôle continu n'ont pas de contacts qui peuvent être endommagés et qui provoquent de temps en temps des impulsions indésirables de courant. Mais, en général, leur circuit de régulation est plus complexe que celui d'une enceinte pour quartz avec commande par tout-ou-rien.

Contact-making thermometers usually operate with higher accuracy than bimetallic thermostat relays and thus in general provide crystal ovens of higher precision, but the low load rating of their contacts normally requires an associated circuit in the form of relays or amplifiers. A drawback of these contact-making thermometers is their relatively high mechanical sensitivity, especially to shock during operation.

Temperature-dependent resistors are predominantly suited as temperature sensors for continuous control. The temperature-dependent resistor permits an accurate temperature regulation, especially when arranged in a bridge circuit and in association with suitable amplifiers.

#### 4.3 *Mode of control*

There are so-called on/off crystal ovens (with two-point regulation) and ovens with continuous control.

##### 4.3.1 In an on/off oven the temperature sensor regulates the heating in the following way:

If the temperature of the sensor drops below its switching temperature, the heating power is turned on. After some time, therefore, the temperature of the sensor increases, its switching temperature is exceeded and the heating system is turned off.

By thermal losses to the environment, this process is repeated. This mechanism is schematically represented in Figure 5, page 25, for a particular type of TCD. It can be recognized in this example that, by the thermal time constants of the crystal oven and the temperature sensor, the heating power applied in the form of pulses is shaped to sine-like heat waves, the heat waves being shifted in phase with respect to the applied heating power. The mean temperature of the temperature sensor retards the changes of the ambient temperature by a certain amount to provide proper regulation of the heating.

The heat waves still present at the temperature sensor are further smoothed out on their way to the crystal.

If a more precise application is necessary, the temperature ripple at the crystal can be further reduced by additional thermal filter elements. Depending on the arrangement of the temperature sensor, the variation of the mean crystal chamber temperature over the operating temperature range may take place in the same or opposite sense as the variation of the mean sensor temperature.

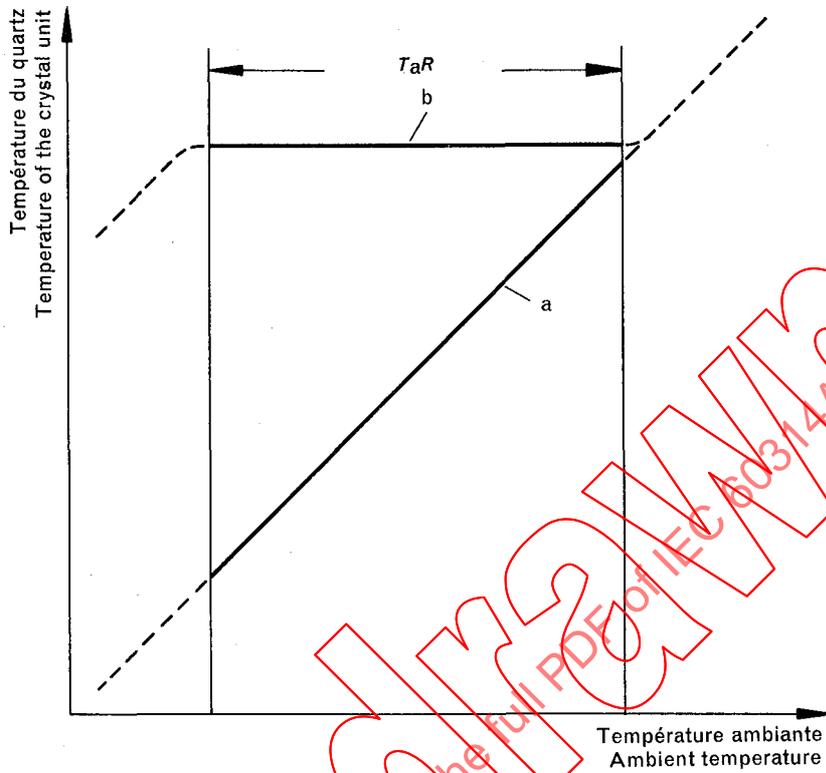
An interesting variant of the on/off regulator is the "change-of-state crystal oven". The controlled surface of such an oven is formed by a layer of a specially selected low melting point compound, with its inner part in the solid state and the outer part in the liquid state when warm-up time has elapsed. The transition from the solid to the liquid state results in a volume increase that, by means of a diaphragm, operates a switch which controls the heating power. The heated level is in this case represented by the interface of the solid state and the liquid-state matter, the required latent heat of fusion providing a highly effective heat buffer action.

##### 4.3.2 In a continuously controlled crystal oven, an uninterrupted heating current flows, the magnitude of which is continuously controlled by an amplifier and by the temperature sensor so that the heating power just offsets the heat loss in the crystal chamber. Continuously controlled crystal ovens do not have contacts that may fail and which sometimes cause undesired current pulses. But, in general, their regulating circuit is more complex than that of the on/off crystal oven.

BIBLIOGRAPHIE

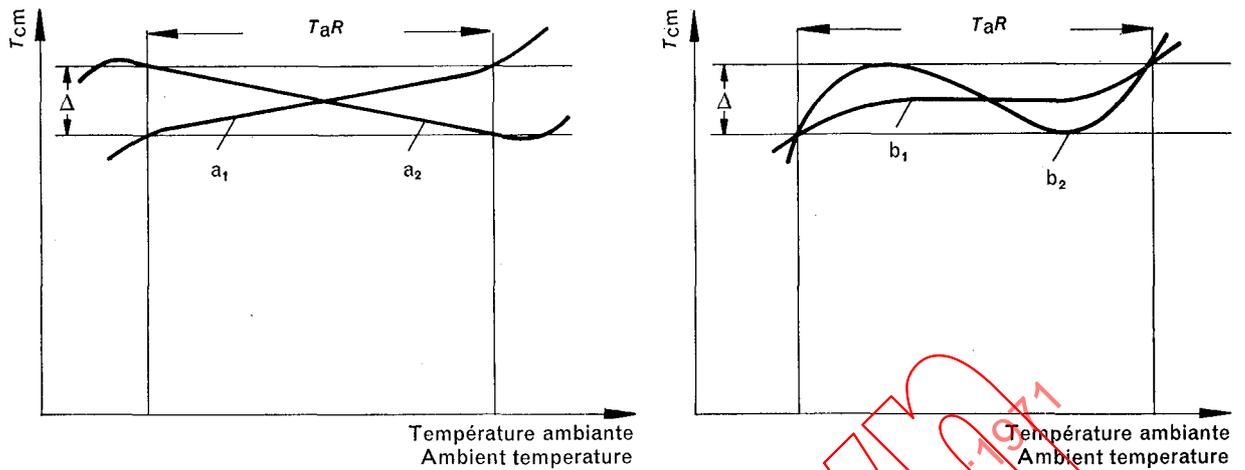
BIBLIOGRAPHY

- Scheibe, A. Die Piezoelektrizität des Quarzes. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig, 1938.
- Buchanan, J.P. Handbook of Piezoelectric Crystals for Radio Equipment Designers. VADC Technical Report 54-248, U.S. Department of Commerce Office of Technical Services, Washington 25, D.C.
- Vigoureux, P. Quartz Vibrators. Her Majesty's Stationery Office, London, 1950.
- Booth, C.F.
- Stahlschuss Thermostate, Funktechnik, 15. Jg. (1960), H. 7, S. 217-220.
- Langer, N. Stetig geregelter Schwingquarz-Thermostat für gedruckte Schaltungen. Siemens-Zeitschrift, 35 Jg. (1961), H. 3, S. 164.
- Crane, B.B. Inexpensive Oven Thermostat. Electronics, 1 October 1957, p. 222-224.
- Herzberg, E.N. Temperature regulator for close temperature control. Journal of Scientific Instr., Vol. 37, August 1960, p. 285-289.
- Crocker, W.S. Fusion Temperature Controls. Machine Design, Dec. 13, 1956, p. 115-121.
- Lemmermann, H.H.P.
- Alvares, R. Fusion Heat Stabilizes Crystal. Electronics, May 1956, p. 208-212.
- Fewings, D.J. Crystal Ovens. British Communications and Electronics, Vol. 8 (1961), No. 11, p. 844-847.
- Fewings, D.J. The Change-of-State Crystal Oven. Journal British I.R.E., February 1961, p. 137-142.
- Smith, W.L. Quartz Crystal Thermometer for Measuring Temperature Deviations in the  $10^{-3}$  to  $10^{-6}$ C Range.
- Spencer, W.J. The Review of Scientific Instruments, Vol. 34, No. 3, March 1963.
- Böttcher, W. Der Zweipunktregler an Regelstrecken mit Totzeit-Elektrowärme, Band 22, Nr. 5, Mai 1964, S. 192-197.



- a = sans l'enceinte pour quartz  
without crystal oven
- b = avec l'enceinte pour quartz  
with crystal oven
- $T_a R$  = gamme de températures de fonctionnement  
operating temperature range

FIG. 1 — Relation entre la température du quartz et la température ambiante.  
Dependence of the crystal unit temperature on the ambient temperature.



a = relation linéaire entre la température du logement du quartz et la température ambiante  
with linear dependence of the crystal chamber temperature on the ambient temperature

b = relation non linéaire entre la température du logement du quartz et la température ambiante  
with non-linear dependence of the crystal chamber temperature on the ambient temperature

a<sub>1</sub> = sous-compensé  
undercompensated

b<sub>1</sub> = sous-compensé  
undercompensated

a<sub>2</sub> = surcompensé  
overcompensated

b<sub>2</sub> = surcompensé  
overcompensated

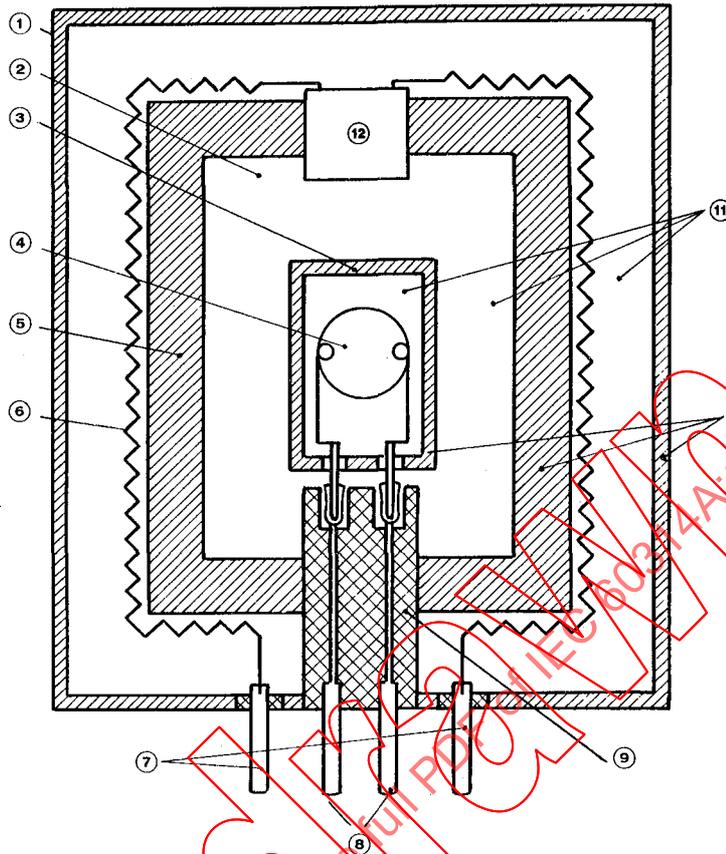
T<sub>cm</sub> = température moyenne du logement du quartz  
mean crystal chamber temperature

T<sub>aR</sub> = gamme de températures de fonctionnement  
operating temperature range

Δ = variation de la température moyenne du logement du quartz dans la gamme de températures de fonctionnement  
variation of the mean crystal chamber temperature within the operating temperature range

FIG. 2. — Caractéristiques typiques de l'enceinte pour quartz.  
Typical crystal oven characteristics.





- |  |  |
|--|--|
| ① = capot<br>cover                           | ⑦ = sorties de l'élément chauffant<br>heater terminals                   |
| ② = logement du quartz<br>crystal chamber    | ⑧ = sorties du quartz<br>crystal terminals                               |
| ③ = boîtier du quartz<br>crystal holder      | ⑨ = isolation électrique<br>electrical insulation                        |
| ④ = résonateur à cristal<br>crystal vibrator | ⑩ = capacité et conduction thermiques<br>thermal capacity and conduction |
| ⑤ = chemise chauffante<br>heating jacket     | ⑪ = isolation thermique<br>thermal insulation                            |
| ⑥ = enroulement chauffant<br>heater winding  | ⑫ = élément thermo-sensible<br>temperature sensor                        |

FIG. 4. — Représentation schématique de l'enceinte pour quartz.  
Schematic representation of the layout of a crystal oven.

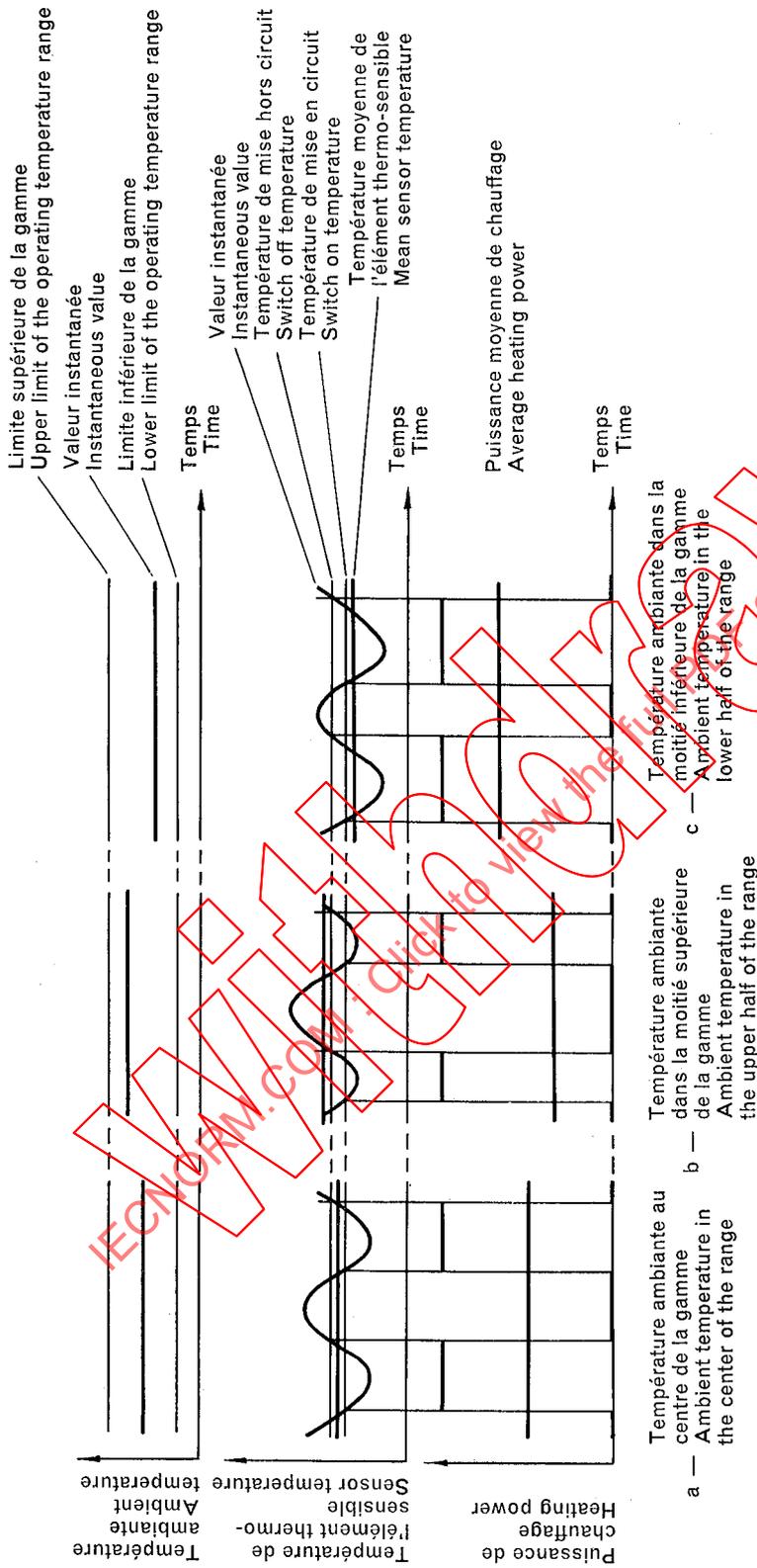


Fig. 5. — Température de l'élément thermo-sensible et tension moyenne d'alimentation en fonction de la température ambiante pour l'enceinte pour quartz avec contrôle par tout-ou-rien.  
 Sensor temperature and mean heating power as function of the ambient temperature for a crystal oven with on/off control.

## ANNEXE A

### CARACTÉRISTIQUES QUI DOIVENT ÊTRE SPÉCIFIÉES DANS LES FEUILLES PARTICULIÈRES POUR LES ENCEINTES POUR QUARTZ

Les feuilles particulières pour les enceintes pour quartz, comme celles qui sont contenues par exemple dans les prospectus des firmes, doivent spécifier les données suivantes pour un type d'enceinte pour quartz:

1. Description.
2. Particularités de construction.
3. Caractéristiques thermiques.
4. Caractéristiques électriques.

#### 1. Description

- 1.1 Destinée au boîtier.
- 1.2 Élément thermo-sensible.
- 1.3 Indicateur de régulation.
- 1.4 Dispositifs de chauffage additionnel.
- 1.5 Instructions d'installation (douille pour l'enceinte, dispositifs de fixation, blocage, position de montage, etc.).
- 1.6 Circuit additionnel (en supplément du circuit de régulation).

#### 2. Particularités de construction

- 2.1 Dimensions extérieures.
- 2.2 Dimensions du logement du quartz.
- 2.3 Boîtier du quartz.
- 2.4 Culot ou position des sorties ou dispositifs de fixation pour circuits imprimés.
- 2.5 Place de marquage.
- 2.6 Résistance aux chocs et aux vibrations.
- 2.7 Conditions climatiques (spécification de groupe).
- 2.8 Poids.

#### 3. Données thermiques

- 3.1 Température nominale du logement du quartz.
- 3.2 Gamme de températures de fonctionnement.
- 3.3 Gamme de températures de service.
- 3.4 Gamme de températures de stockage.
- 3.5 Tolérance sur l'étalement de température du logement du quartz.
- 3.6 Variation de la température moyenne du logement du quartz dans la gamme de températures de fonctionnement.
- 3.7 Variation de la température moyenne du logement du quartz pour des variations de la tension de fonctionnement à 20 °C et à la tension nominale.
- 3.8 Ondulation de la température (différentielle de température).
- 3.9 Gradient de température du logement du quartz.
- 3.10 Tolérance de vieillissement de la température moyenne du logement du quartz.
- 3.11 Temps de mise en température.

## APPENDIX A

### CHARACTERISTICS TO BE SPECIFIED IN ARTICLE SHEETS FOR CRYSTAL OVENS

Article sheets for crystal ovens, e.g. as contained in prospectuses of firms, should specify the following data for a type of crystal oven:

1. Description.
2. Design features.
3. Thermal data.
4. Electrical data.

#### 1. **Description**

- 1.1 Suitable for crystal holder.
- 1.2 Temperature sensor.
- 1.3 Signal switch.
- 1.4 Additional heating facilities.
- 1.5 Installation instructions (oven holder, fastening facilities, retainer, mounting position, etc.).
- 1.6 Additional circuit (for supplementing the regulating circuit).

#### 2. **Design features (type)**

- 2.1 External dimensions.
- 2.2 Dimensions of the crystal chamber.
- 2.3 Crystal holder.
- 2.4 Socket for, or positions of, the terminal-fastening facilities for printed circuits.
- 2.5 Marking location.
- 2.6 Resistance to shock and vibration.
- 2.7 Suitability for climatic conditions (group specification).
- 2.8 Weight.

#### 3. **Thermal data**

- 3.1 Nominal crystal chamber temperature.
- 3.2 Operating temperature range.
- 3.3 Operable temperature range.
- 3.4 Storage temperature range.
- 3.5 Crystal chamber temperature calibration tolerance.
- 3.6 Variation of the mean crystal chamber temperature over the operating temperature range.
- 3.7 Variation of the mean crystal chamber temperature for variations of the operational voltage at 20 °C and at rated voltage.
- 3.8 Temperature ripple (temperature differential).
- 3.9 Rate of change of crystal chamber temperature.
- 3.10 Crystal chamber temperature ageing tolerance.
- 3.11 Warm-up time.

- 3.12 Cadence de coupures.
  - 3.13 Dépassement transitoire.
  - 3.14 Facteur de réduction.
  - 3.15 Rapport cyclique de fonctionnement.
  - 3.16 Connecteurs de signal:
    - a) indication des « températures basses »;
    - b) indication des « températures hautes ».
  
  - 4. **Caractéristiques électriques**
    - 4.1 Tension d'alimentation, tolérance de tension, type de courant.
    - 4.2 Puissance maximale (des valeurs séparées sont possibles pour les cas où il y a ou non un système de chauffage additionnel).
    - 4.3 Puissance moyenne.
    - 4.4 Capacités des sorties du quartz:
      - a) broche/broche;
      - b) broche/corps.
    - 4.5 Résistance d'isolement des sorties du quartz:
      - a) broche/broche;
      - b) broche/corps.
    - 4.6 Résistance des sorties du quartz.
    - 4.7 Schéma des connexions des broches.
    - 4.8 Puissance permise de l'élément thermo-sensible.
    - 4.9 Puissance permise de l'indicateur de régulation.
- 

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 60314A:1971

- 3.12 Switching rate.
- 3.13 Overshoot.
- 3.14 Reduction factor.
- 3.15 Duty cycle.
- 3.16 Signal switch:

- a)* indication of “low temperatures”;
- b)* indication of “high temperatures”.

4. **Electrical data**

- 4.1 Operating voltage, permissible voltage deviation, type of current.
- 4.2 Maximum power (separate values are possible for cases with or without additional heater system).
- 4.3 Average power.
- 4.4 Capacitances of the crystal terminals:
  - a)* pin/pin;
  - b)* pin/enclosure.
- 4.5 Insulation resistance of the crystal terminals:
  - a)* pin/pin;
  - b)* pin/enclosure.
- 4.6 Resistance of the crystal terminals.
- 4.7 Diagram of pin connections.
- 4.8 Permissible rating of the temperature sensor.
- 4.9 Permissible rating of the signal switch.

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 60314A:1971

Withhold

ANNEXE B

EXPLICATION DES TERMES

Les termes donnés ci-dessous peuvent avoir un sens différent dans d'autres branches de la technologie, mais ne s'appliquent ici qu'aux ETR pour les quartz.

N° de série	Terme	Explication
1.	Enceinte à température régulée pour les quartz (en abrégé: ETR)	C'est un dispositif destiné à contenir un ou plusieurs quartz et à maintenir la température du (des) quartz relativement constante dans des conditions mécaniques, électriques et climatiques diverses.
2.	Logement du quartz	C'est la cavité de l'ETR occupée par le(s) quartz.
3.	Enceinte pour quartz	ETR dans laquelle la température est régulée par le chauffage pour compenser la perte de chaleur du dispositif.
4.	Élément thermo-sensible	L'élément thermo-sensible est l'élément sensible à la température nécessaire pour la régulation automatique de la température de l'ETR. Il peut commander la puissance d'alimentation soit directement, soit indirectement. <i>Note.</i> — Le contrôle de la puissance de l'enceinte à cristal peut être accompli soit par un dispositif de mise en circuit qui alimente par intermittence l'élément chauffant, soit par un dispositif continuellement variable qui fournit la puissance à l'élément chauffant de façon proportionnelle à l'écart entre la température du logement du quartz et la température spécifiée.
5.	Température du logement du quartz	Température instantanée existant à l'emplacement du résonateur à cristal.
6.	Température moyenne du logement du quartz	La moyenne des températures minimales et maximales du logement du quartz quand l'ETR fonctionne dans des conditions stabilisées de la température ambiante et de la tension d'alimentation. <i>Note.</i> — La température de référence à laquelle sont rapportés toutes les tolérances et tous les écarts est la température moyenne du logement du quartz pour la température extérieure de 20 °C (si d'autres températures sont demandées, elles doivent être choisies dans la Publication 68-1 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Première partie: Généralités) et pour la tension spécifiée.
7.	Température nominale du logement du quartz	C'est la température moyenne spécifiée du logement du quartz de l'ETR.
8.	Tolérance d'étalonnage	Ecart admissible entre la température moyenne et la température nominale du logement du quartz pour la température extérieure de 20 °C (si d'autres températures sont demandées, elles doivent être choisies dans la Publication 68-1 de la CEI) et pour la tension spécifiée. <i>Note.</i> — Cette tolérance est liée à la fabrication.
9.	Tolérance de vieillissement	Tolérance permise sur le changement de la température moyenne du logement du quartz dans une période donnée quand la mesure est effectuée à 20 °C (si d'autres températures sont demandées, elles doivent être choisies dans la Publication 68-1 de la CEI) et pour la tension spécifiée.
10.	Ondulation de la température	Différence entre la température minimale et maximale du logement du quartz quand l'ETR fonctionne à tension spécifiée constante et à une température ambiante spécifiée constante dans la gamme