IEC 60679-2

Edition 2.0 2026-08

NORME INTERNATIONALE

Oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques sous assurance de la qualité -
Partie 2: Lignes directrices pour l'utilisation des oscillateurs

ICS 31.140

ISBN 978-2-8327-1418-8

IEC 60679-2:2026-08(fr)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2026 IEC, Geneva, Switzerland

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 Secretariat
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

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.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch
Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org
Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 6
1 Domaine d'application 7
2 Références normatives 7
3 Termes et définitions 7
4 Principe de fonctionnement des oscillateurs à quartz 7
5 Classification des oscillateurs à quartz 10
5.1 Généralités 10
5.2 SPXO (oscillateur d'horloge) 11
5.3 TCXO 13
5.4 VCXO 15
5.5 Oscillateur à quartz à enceinte à température régulée 17
5.6 DCXO (Disciplining Control Crystal Oscillator) 18
5.7 PLXO 20
6 Tenue de la fréquence des oscillateurs à quartz 21
7 Spécification et mesure des performances de l'oscillateur 22
7.1 Généralités 22
7.2 Effets environnementaux 22
7.3 Variations de la fréquence aléatoire 23
7.4 Bruit de phase 26
7.5 Sortie différentielle des oscillateurs à quartz 27
8 Paramètres de spécification clés 27
8.1 Généralités 27
8.2 Durée de conditionnement 28
8.2.1 Généralités 28
8.2.2 SPXO 29
8.2.3 TCXO 29
8.2.4 OCXO 29
8.2.5 DCXO 30
8.2.6 PLXO 30
8.3 Plage d'ajustage de la fréquence 30
8.3.1 Généralités 30
8.3.2 Oscillateur à quartz simple en boîtier 30
8.3.3 Pilote compensé en température 31
8.3.4 Oscillateur à quartz à enceinte à température régulée 31
8.3.5 DCXO et PLXO 31
8.4 Tenue de la fréquence dans les conditions de température en régime établi 31
9 Caractéristiques à spécifier dans les fiches article 32
10 Précautions d'utilisation des oscillateurs à quartz 36
10.1 Généralités 36
10.2 Alimentation électrique 36
10.2.1 Résistance interne de l'alimentation 36
10.2.2 Bruit provenant de l'alimentation 36
10.3 Tension de commande d'entrée 37
10.3.1 Linéarité de la variation de fréquence 37
10.3.2 Polarité de la tension de commande 38

10.4 CEM (Compatibilité électromagnétique) 39
10.5 Sélection des condensateurs de dérivation 39
10.6 Oscillateurs à boucle à verrouillage de phase 40
10.7 DES (Décharge électrostatique) 41
Annexe A (informative) Sortie différentielle des oscillateurs à quartz 42
A.1 Fréquence d'horloge et niveau du signal 42
A.2 Caractéristiques de l'onde de sortie différentielle 43
A.3 Avantage et précaution du signal différentiel 44
A.4 Avantage de l'oscillateur à sortie différentielle 45
A.5 Evaluation du signal de sortie différentiel 45
Bibliographie 46

Figure 1 – Mouvement du pendule oscillant 8
Figure 2 – Circuit de l'oscillateur de Colpitts 9
Figure 3 – Circuit équivalent d'un circuit oscillant de Colpitts 9
Figure 4 – Schéma de base d'un oscillateur à quartz 10
Figure 5 – Caractéristiques fréquence-température de cristaux de coupe AT selon différents angles d'orientation 12
Figure 6 – Caractéristiques fréquence-température d'un cristal type de diapason 12
Figure 7 – Circuit oscillant CMOS et circuit équivalent 13
Figure 8 – Schémas fonctionnels de différents pilotes compensés en température 14
Figure 9 – Circuit oscillant VCXO et circuit équivalent 15
Figure 10 – Oscillateur à quartz commandé par une tension avec circuits ajoutés pour améliorer la largeur de bande et la linéarité 16
Figure 11 – Diagramme de l'oscillateur à quartz à contrôle disciplinant 18
Figure 12 – Diagramme de transition d'état de fonctionnement de DCXO 20
Figure 13 – Type d'oscillateur à quartz et tenue de la fréquence 21
Figure 14 – Spectre de puissance de sortie classique d'un oscillateur à quartz 23
Figure 15 – Dépendance de la stabilité à court terme (variance d'Allan) sur le temps de moyennage de l'échantillon pour un oscillateur à quartz typique 26
Figure 16 – Comportement classique de tenue de la fréquence d'un oscillateur à quartz à enceinte à température régulée après la mise sous tension initiale 32
Figure 17 – Forme d'onde de sortie 37
Figure 18 – Caractéristiques de bruit de phase 37
Figure 19 – Exemple de circuit d'entrée d'un oscillateur à quartz commandé par une tension à polarité positive 37
Figure 20 – Caractéristiques de tension de commande-variation de fréquence (polarité positive) 38
Figure 21 – Caractéristiques de tension de commande-variation de fréquence (polarité négative) 38
Figure 22 – Exemple de circuit d'entrée pour oscillateur à quartz commandé par une tension à polarité négative 38
Figure 23 – Simulation de la réponse en fréquence d'un condensateur de dérivation 39
Figure 24 – Distance entre l'oscillateur à quartz et le condensateur de dérivation 40
Figure 25 – Image d'amplification de gigue par montage en cascade de boucle à verrouillage de phase 41

Figure A.1 – Fréquence d'horloge en fonction du niveau du signal (fréquence de front constante) 42
Figure A.2 – Formes d'onde d'horloge et spécifications 43
Figure A.3 – Effet du bruit (sortie unique) 43
Figure A.4 – Effet du bruit (sortie différentielle) 44
Figure A.5 – Bruit en mode commun 44
Figure A.6 – Diagramme de l'œil 45

Tableau 1 – Liste des paramètres classiques de l'oscillateur 28
Tableau 2 – Paramètres de stabilisation de l'oscillateur à quartz à enceinte à température régulée 29
Tableau 3 – Liste de contrôle des paramètres recommandés 33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

Oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques sous assurance de la qualité - Partie 2: Lignes directrices pour l'utilisation des oscillateurs

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un brevet pouvait être exigé à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

L'IEC 60679-2 a été établie 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. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1981. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) quelques nouveaux contenus qui reflètent les dernières technologies de fabrication;
b) ajout de contenu sur le principe de fonctionnement des oscillateurs à quartz;
c) ajout de contenu sur les précautions d'utilisation des oscillateurs à quartz.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
49/1540/FDIS	49/1544/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60679, publiées sous le titre général *Oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques de qualité contrôlée*, se trouve sur le site Web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

– reconduit,
– supprimé, ou
– révisé.

INTRODUCTION

Les oscillateurs à quartz sont souvent utilisés pour fournir les fréquences stables requises pour les télécommunications, les navigations et les systèmes de traitement de données. En fonction de la fréquence de fonctionnement, des conditions ambiantes et de la conception spécifique de l'oscillateur, les oscillateurs à quartz sont capables d'assurer une stabilité de fréquence variant de 1×10^{-4} à 1×10^{-10}.

Le présent document propose les lignes directrices décrivant les propriétés générales, les caractéristiques de performance et les précautions d'utilisation des oscillateurs à quartz.

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60679 décrit les propriétés générales, les caractéristiques de performance et les précautions d'utilisation des oscillateurs à quartz. Le présent document décrit principalement les oscillateurs à quartz, mais certaines descriptions s'appliquent également aux oscillateurs autres que les unités de cristal (les résonateurs MEMS, par exemple).

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60679-1, *Oscillateurs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques sous assurance de la qualité - Partie 1: Spécification générique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 60679-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

– IEC Electropedia: disponible à l'adresse https://www.electropedia.org/
– ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse https://www.iso.org/obp

4 Principe de fonctionnement des oscillateurs à quartz

Le principe de fonctionnement des oscillateurs à quartz est plus facile à comprendre que celui d'un pendule. Pour maintenir le balancement d'un pendule, il convient de détecter la position et le point temporel de l'amplitude maximale du pendule, et il convient de répéter l'opération consistant à repousser le pendule de manière à maintenir le point temporel et la position. Le pendule correspond à une unité de cristal qui comprend un amplificateur avec un circuit de rétroaction qui fournit la force de détection et de refoulement (voir Figure 1).

Un amplificateur de rétroaction classique (circuit de Colpitts) est représenté à la Figure 2, où les signaux aux deux bornes de l'unité de cristal sont divisés au niveau des condensateurs C_A et C_B, l'un connecté côté entrée et l'autre côté sortie. Il peut être considéré que, dans le cas du pendule, la "détection" est donnée côté entrée de l'amplificateur de rétroaction et que la "force de refoulement" est donnée côté sortie. Ici, R_A et R_B sont des résistances de décharge assurant une polarisation invariable à la borne de base du transistor d'oscillation,R_E est une résistance de rétroaction négative connectée à l'émetteur et R_C est une résistance de charge connectée au collecteur.

Ensuite, dans l'état d'oscillation (voir la Figure 3), le côté du circuit de l'oscillateur qui est vu depuis les bornes de l'unité de cristal peut être représenté par un circuit en série de capacité d'entrée équivalente C_i et de résistance d'entrée équivalente R_i. Dans ce cas, le côté unité de cristal équivaut à une inductance effective inductive L_e et une résistance effective R_e, les conditions d'oscillation du cristal étant les suivantes: