

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality –
Part 6: Phase jitter measurement method for quartz crystal oscillators and SAW
oscillators – Application guidelines**

**Oscillateurs pilotés par quartz sous assurance de la qualité –
Partie 6: Méthode de mesure de la gigue de phase pour les oscillateurs à quartz
et les oscillateurs SAW – Lignes directrices pour l'application**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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 corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60679-6

Edition 1.0 2011-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality –
Part 6: Phase jitter measurement method for quartz crystal oscillators and SAW
oscillators – Application guidelines**

**Oscillateurs pilotés par quartz sous assurance de la qualité –
Partie 6: Méthode de mesure de la gigue de phase pour les oscillateurs à quartz
et les oscillateurs SAW – Lignes directrices pour l'application**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 31.140

ISBN 978-2-88912-403-9

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and general concepts.....	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 General concepts	8
3.2.1 Phase jitter	8
3.2.2 r.m.s jitter	9
3.2.3 Peak-to-peak jitter	10
3.2.4 Random jitter	10
3.2.5 Deterministic jitter	11
3.2.6 Period (periodic) jitter	11
3.2.7 Data-dependent jitter	11
3.2.8 Total jitter	11
3.3 Points to be considered for measurement.....	12
3.3.1 Measurement equipment	12
3.3.2 Factors of measurement errors	12
4 Measurement method	13
4.1 General.....	13
4.2 Frequency range and the measurement method	13
4.3 Method using the phase noise measurement value.....	13
4.3.1 Overview	13
4.3.2 Measurement equipment and system.....	13
4.3.3 Measurement item	13
4.3.4 Range of detuning frequency	14
4.3.5 Phase noise measurement method	14
4.4 Measurement method using the specially designed measurement equipment	14
4.4.1 Overview	14
4.4.2 Measurement equipment and system.....	14
4.4.3 Measurement items	14
4.4.4 Number of measurements.....	14
4.5 Block diagram of the measurement.....	14
4.6 Input and output impedance of the measurement system.....	15
4.7 Measurement equipment	15
4.7.1 General	15
4.7.2 Jitter floor	15
4.7.3 Frequency range	15
4.7.4 Output waveform	15
4.7.5 Output voltage	16
4.8 Test fixture	16
4.9 Cable, tools and instruments	16
5 Measurement and the measurement environment.....	16
5.1 Set-up before taking measurements	16
5.2 Points to be considered and noted at the time of measurement	16
5.3 Treatment after the measurement.....	17

6	Measurement	17
6.1	Reference temperature.....	17
6.2	Measurement of temperature characteristics	17
6.3	Measurement under vibration	17
6.4	Measurement at the time of impact.....	17
6.5	Measurement in accelerated ageing	17
7	Other points to be noted	17
8	Miscellaneous	17
	Annex A (normative) Calculation method for the amount of phase jitter.....	18
	Bibliography.....	21
	Figure 1 – Voltage versus time	9
	Figure 2 – Explanatory diagram of the amount of jitter applied to r.m.s. jitter	10
	Figure 3 – Explanatory diagram of random jitter, deterministic jitter, and total jitter	11
	Figure 4 – Equivalent block diagram	15
	Figure A.1 – Concept diagram of SSB phase noise	19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**QUARTZ CRYSTAL CONTROLLED OSCILLATORS
OF ASSESSED QUALITY –****Part 6: Phase jitter measurement method
for quartz crystal oscillators and SAW oscillators –
Application guidelines**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60679-6 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection.

This standard cancels and replaces IEC/PAS 60679-6 published in 2008. This first edition constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
49/935/FDIS	49/944/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of the IEC 60679 series, published under the general title *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

The study of phase jitter measurement methods was conducted in accordance with the agreement during the IEC TC 49 Berlin international meeting in 2001. At this meeting, the decision was made that Japan should assume the responsibilities of this study. Then, the technical committee of the Quartz Crystal Industry Association of Japan (QIAJ) proceeded with this study. This study was substantially conducted during the years 2002 to 2005 and can be referred to as the first stage of the study. The second stage is being continued at present.

Phase jitter has become one of the essential measurement items by digitization of electronic devices. However, theoretically, some ambiguity is still left in the phase jitter. Since no standard measurement method is proposed, suppliers and customers may be mutually exposed to a risk which could cause enormous economic losses.

To avoid this risk, this document provides a standard, based on the study results during the first stage, for each company of QIAJ members to avoid anxiety as to the measurement of the phase jitter and for the purpose of giving guidance without any mistakes.

In this standard, a recommendation to make r.m.s. jitter a measurement object is presented. The reason why this recommendation is submitted is because the oscillators resulting in ultra-low amount of jitter are targeted as the object to be measured.

Oscillators are analogue-type electronic devices. Their sine wave output signals are more favourable than the signals obtained by electronic systems. Moreover, the output is utilized as the reference clock of the measurement equipment, leading to a situation in which the amount of phase jitter is shown to be smaller than the amount of phase jitter of the measurement equipment. Accordingly, this may give the impression that the measured amount of phase jitter is not from the oscillators but rather the amount of phase jitter generated by the measurement equipment, or the measurement system. Therefore, when adopting the amount of other phase jitters as the measurement items, a recommendation is presented to select measurement equipment and a measurement system capable of being verified and confirmed sufficiently, contractually determined between suppliers and customers. Moreover, when the phase noise method is used, the random jitter values need to be discussed after defining the jitter frequency bands from start to end of integrating the phase noise.

In case of doubts related to the measurement values, refer to the application of Allan Variance [1]¹.

Frequency stability was compiled into a single work by IEEE in 1966 [2]. Then, the definition was applied to atomic oscillators, crystal oscillators, as well as electronic systems for telecommunication, information, audio-visual, and the like.

Conventional crystal oscillators and electronic systems have analogue systems and their signal waveforms are sine waves. Therefore, the short-term frequency stability as one field of the frequency stability is measured as the phase noise or Allan Variance. Recently, digitization of electronic systems is progressing. Under such circumstance, the short-term frequency stability has been measured as the phase jitter.

On the other hand, the oscillators are analogue-type electronic devices. For the oscillators, the signals having square waves or waveforms similar thereto are demanded by users to be easily fit into the electronic systems. Naturally, for the short-term frequency stability, the measurement as the phase jitter is frequently demanded by users.

For advance application in electronic information and communication technology: (e.g.: advanced satellite communications, control circuits for electric vehicle (EV) and etc.), necessity arises for the measurement method for common guidelines of phase jitter. In these

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

days, measurement method of phase jitter also becomes more important from the electromagnetic influence (EMI) point of view.

In that sense, international standardization as IEC 60679-6 of phase jitter measurement method is significant and timely. The measurement method of phase jitter described in this document is the newest method by which quantitative measurement was made possible from the breakthrough of the measurement system technology, in the hope to get attention from not only a device engineer but also a system engineer and expected to be widely used.

QUARTZ CRYSTAL CONTROLLED OSCILLATORS OF ASSESSED QUALITY –

Part 6: Phase jitter measurement method for quartz crystal oscillators and SAW oscillators – Application guidelines

1 Scope

This part of the IEC 60679 series applies to the phase jitter measurement of quartz crystal oscillators and SAW oscillators used for electronic devices and gives guidance for phase jitter that allows the accurate measurement of r.m.s. jitter.

In the measurement method, phase noise measurement equipment or a phase noise measurement system is used.

The measuring frequency range is from 10 MHz to 1 000 MHz.

This standard applies to quartz crystal oscillators and SAW oscillators used in electronic devices and modules that have the multiplication or division functions based on these oscillators. The type of phase jitter applied to these oscillators is the r.m.s. jitter. In the following text, these oscillators and modules will be referred to as “oscillator(s)” for simplicity.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60679-1:2007, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 1: Generic specification*

3 Terms, definitions and general concepts

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60679-1:2007 apply.

Units, drawings, codes, and characters are also based on IEC 60679-1.

3.2 General concepts

3.2.1 Phase jitter

The phase jitter of oscillators means an electronic noise of signal waveforms in terms of time. On the other hand, the phase jitter is described as a jitter in which the frequency of signal deflection exceeds 10 Hz and as a wander in which the frequency is 10 Hz or less.

It is difficult to observe the wander of oscillators. The wander is a phenomenon which is confirmed in electronic parts such as optical cables susceptible to expansion and contraction even by a small amount of temperature changes. Therefore, the wander is generally not discussed in the oscillators. In this document also, phase jitter is targeted only to the jitter.

As for signals, an ideal cycle (t) is inversely proportional to a frequency (f). More specifically, the relation is expressed by Equation (1).

$$t = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Actually, the cycle is varied by receiving various influences. This phenomenon is the phase jitter and can be confirmed by thickening of edges of waveforms when using oscilloscopes or the like. Regarding the method for measuring and evaluating such phase jitter, statistical measurement techniques are utilized as shown in Figure 1. The numerical values in Figure 1 are treated as a symbol. The position of 0,5 of signal waveform is defined as a reference point in the vertical axis, and the edges of the reference point are defined to be not varied. When attention is paid to the edges after one cycle, every time when the signals repeatedly move on the screen of CRT in the lateral direction, the edges after one cycle are not reproduced. Then, plurality edges have become to exist. This phenomenon is induced when repeatedly measuring the signals, and referred to as the phase jitter.

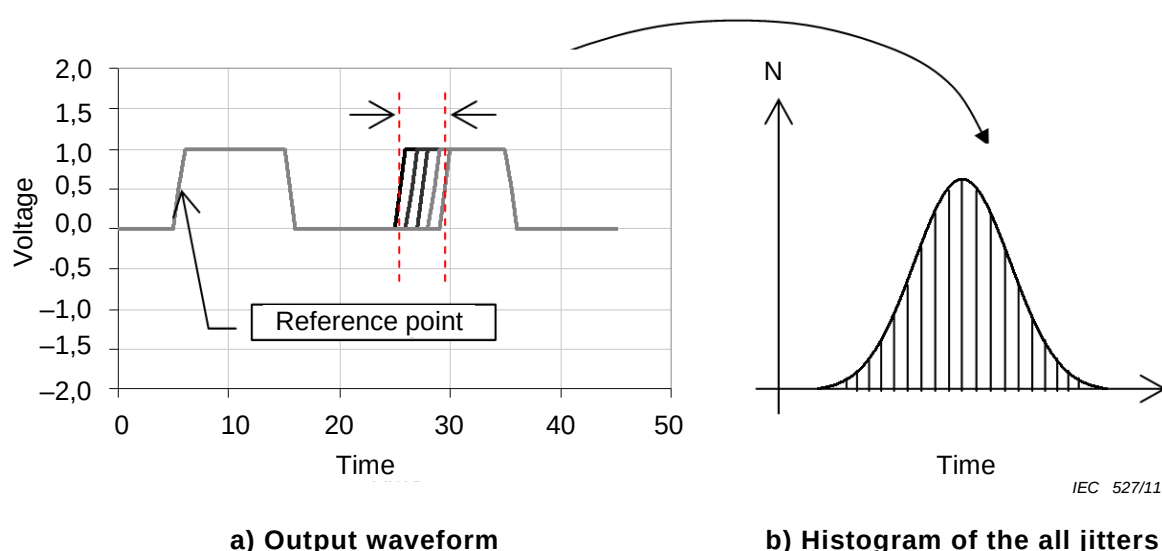


Figure 1 – Voltage versus time

This phase jitter is treated as a normal distribution. Then, when analysed, the phase jitter can be divided into several types of properties. More specifically, the phase jitter is classified in several types. In this document, the phase jitter is classified in the seven types as described below. In the following, these properties and the cause systems are made clear.

3.2.2 r.m.s jitter

The r.m.s. jitter is the phase jitter which comes to have the normal distribution shown in Figure 2. The r.m.s. jitter is a standard deviation obtained on the basis of statistical treatments and defined as a 1σ portion

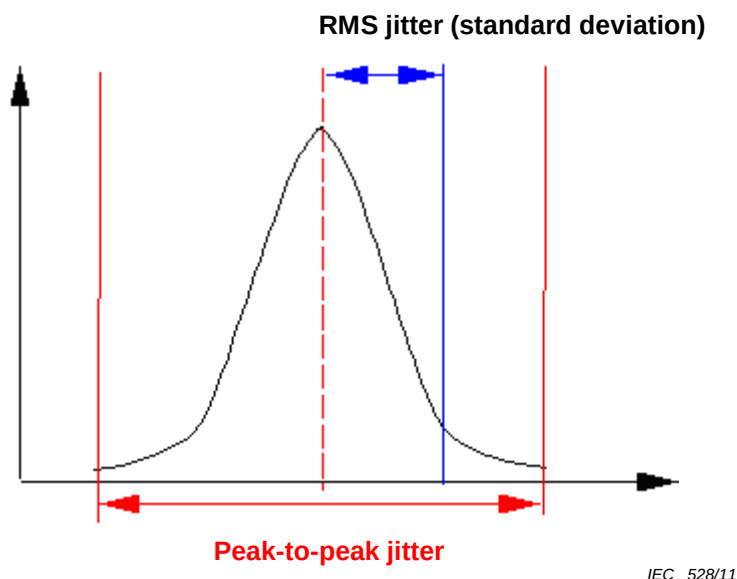


Figure 2 – Explanatory diagram of the amount of jitter applied to r.m.s. jitter

From statistics, any measurement data is meant to exist in 1σ at a probability of 68,26 %. Therefore, when the measurement times are 10 000, approximately 6 826 pieces of the measurement data are considered to be contained. On the contrary, 31,74 % (3 174 pieces) of the measurement data is indicated to be outside the plus and minus sides of 1σ . If the data outside the definition is considered to be errors, 31,74 % can be considered to be the error rate.

3.2.3 Peak-to-peak jitter

The peak-to-peak jitter is the phase jitter which comes to have the normal distribution shown in Figure 2. The amount of phase jitter of one cycle is totalized and statistically treated on the base point of the reference point of phase jitter shown in Figure 1. In this case, the amount of phase jitter is assumed to provide the normal distribution.

The difference between the maximum value and the minimum value (namely, change width) is referred to as the peak-to-peak jitter. Since the jitter values become larger as the measurement times are increased, the jitter also becomes the total jitter as described later. This term comes on when negotiating specifications between customers and oscillator makers.

NOTE Since the peak-to-peak jitter or the r.m.s. jitter indicates the amount of phase jitter to the measurement times thereof, the jitter indicates operating conditions of measurement samples in a short period of time. Moreover, the jitter has values effective only to an ideal normal distribution (Gaussian distributions), and the effectiveness can be maintained to be low in cases of non-Gaussian distributions having distorted distributions such as binomial distributions and chi-square distributions. Accordingly, when applying the peak-to-peak jitter or the r.m.s. jitter, the measurement times are required to be clearly defined contractually between customers and supplier sides.

3.2.4 Random jitter

The random jitter is shown in Figure 3. The random jitter represents unpredictable phase jitter components.

The random jitter naturally and inductively occurs as influenced by the characteristics, thermal noise, etc., originally involved in the measurement equipment per se or oscillators. Furthermore, random jitter has the characteristics that the distribution width of measurement values becomes larger (namely, boundless characteristics) as the observation period of time becomes longer. Therefore, the distribution chart can be considered as an ideal normal distribution. Moreover, the random jitter is determined as a standard deviation based on the distribution chart obtained by the measurement of phase jitter. Accordingly, in the case of oscillators, the random jitter may become the amount of jitter equivalent to the r.m.s. jitter. Moreover, since the random jitter becomes the amount of jitter of the measurement equipment

per second, the random jitter is one of the measures for judging applicability to measuring the phase jitter of oscillators.

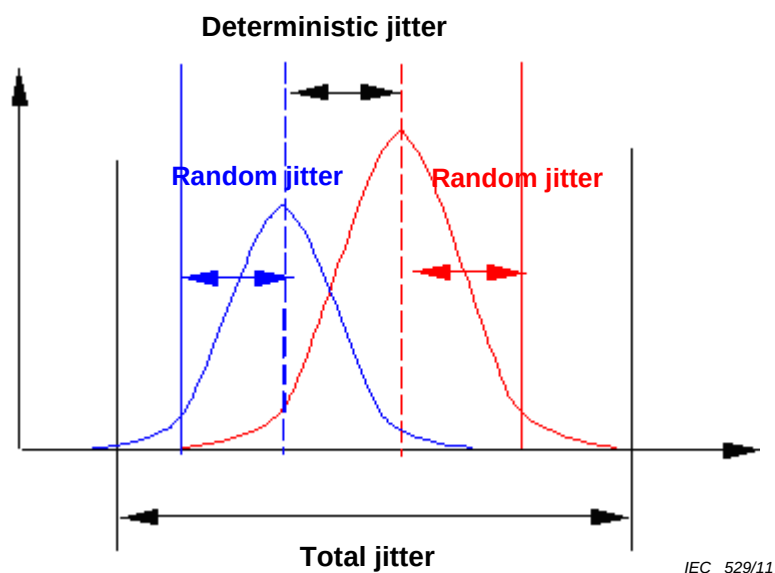


Figure 3 – Explanatory diagram of random jitter, deterministic jitter, and total jitter

3.2.5 Deterministic jitter

The deterministic jitter occurs by various factors of regularity (circuit designs, electromagnetic induction, or induced from external environment), and has characteristics inasmuch as the change width of distribution has a boundary and thus can be expressed by the parts sandwiched between right and left random jitters. On the other hand, the components forming the deterministic jitter include the period jitter or periodic jitter and the data-dependent jitter.

3.2.6 Period (periodic) jitter

The period jitter or periodic jitter shows variations of timings of multiple cycles consecutively provided such as two cycles and three cycles. The period jitter or periodic jitter can be determined by grasping the relationship with the r.m.s. jitter between the multiple cycles and each cycle, and thus grasping whether or not periodic irregularities appear. As for the periodic components of this jitter, such components are considered as an electronic noise caused by the power supply and cross-talk from electronic parts around oscillators to be measured, and further from cores in the vicinity in the case of IC.

If the Fast Fourier Transform (FFT) can be executed, the frequency as the cause clearly appears as a spectrum. Although this jitter is naturally required to be considered for the oscillators, it is difficult to detect the jitter by using measurement equipment in general.

3.2.7 Data-dependent jitter

The data-dependent jitter is considered to be the jitter components due to duty cycle distortion and inter symbol interference, and is negligible for oscillators.

3.2.8 Total jitter

The total jitter is defined as the jitter obtained by totalizing all of the jitters.

3.3 Points to be considered for measurement

3.3.1 Measurement equipment

For the oscillators, requests of infinite variety are provided by customers. The output waveforms are not limited to square waves. The demands for output voltage as small as not applicable to the measurement equipment may also be provided.

Since the oscillators have an ultra-low noise, such a case may be experienced that the amount of jitter of the measurement equipment *per se* is detected. Therefore, for the amount of jitter of the measurement equipment *per se*, the measurement equipment shall have the jitter floor smaller by one digit as compared with the amount of jitter of assumed oscillators. Moreover, the frequency range and the output waveforms are requested to be applicable not only to square waves but also to sine waves.

Since measurement equipment in general, are provided with the specification of a degree applicable to digital electronic systems, a sufficient study is required for adapting the measurement equipment for oscillator purposes.

- a) In case of digital oscilloscopes, no appropriate measurement equipment for such oscillator purpose is found.
- b) When applying digital oscilloscopes to the phase jitter measurement, it is recommended to select the measurement equipment and the measurement system capable of being sufficiently verified and confirmed, and to be determined by contract between suppliers and customers.
- c) When applying time interval based analysers to the phase jitter measurements, the following shortcomings are observed; compared to oscillators, the random jitter of jitter floor is equivalent, or larger; the application of sine waves is difficult; the low frequency cannot be applied to the range of such oscillators, and the output voltage is low so that an amplifier is required. Therefore, selecting the time interval based analysers requires careful consideration.
- d) The phase jitter may be calculated from phase noise measurement values by using the phase noise measurement equipment or measurement system. In this case, the detuned frequency shall be determined by contract between suppliers and customers. When the detuned frequency does not remain in the range of the phase noise measurement equipment or the measurement system, in particular, when the upper limit of the detuned frequency becomes a floor level, care shall be taken not to create misunderstanding between customers and suppliers, by defining that the voltage of floor level is exactly according to the contract established between them.

Within the range investigated during the first stage of the study, no devices satisfying the requirements were found among sampling oscilloscopes and specially designed measurement equipment. However, since information is obtained that a part of specially designed measurement equipment satisfying the requirements has been put on the market, the specially designed measurement equipment falls within the scope of this standard.

3.3.2 Factors of measurement errors

With regard to oscillators, the factors contributing to phase jitter measurement errors are the following:

- a) Power supply
The power supply is required for driving the oscillators. If unstable power supply is used, the unstable power supply is observed as converted into jitter. Therefore the use of power supply having a sufficiently low noise is desirable. Since losses occur on the wiring cable between power supply terminals and oscillators or amplifiers, and since contact resistance is produced, the amount of phase jitter may be increased from this part.
- b) Test fixer and load

The load is formed of resistors and fixed capacitors. Since the resistors exist, generation of electronic noise cannot be avoided. The possibility of playing a role in collecting the electronic noise as an antenna may be exemplified.

c) Amplifier (when an amplifier at the time of measurement is used)

The amplifier is formed of electronic parts including active elements and resistors. Therefore, generation of electronic noise cannot be avoided.

d) Cable

The cable including losses therein and therefore is a source of / generating electronic noise. Since the reflectance changes as the impedance changes in function of the length caused by temperature characteristics, the change may be misread as the wander. An electronic noise due to contact change of connectors may occur. The possibility of playing the role of collecting the electronic noise as an antenna may be exemplified.

e) Input-output impedance of measurement system

The load impedance of oscillators widely ranges from 5 Ω to 100 M Ω . The parts used for the load impedance include the following three types:

- 1) capacitor only;
- 2) resistance element only;
- 3) combined use of a capacitor and a resistance element.

In 1) only the capacitor phase jitter measurement values can be neglected. In 2) and in 3) attention is needed because the phase jitter measurement values cannot be neglected by the thermal noise from the resistance element.

f) Measurement of phase jitter for frequencies exceeding 1 GHz

In general, the waveforms of signals (including demodulated signals) exceeding 1 GHz are modified sine waves. Therefore, attention is needed because the amount of phase jitter, which suppliers and customers intended, may be difficult to obtain by sampling oscilloscopes or specially designed measurement equipment.

4 Measurement method

4.1 General

The measurement method applied to oscillators is based on the following.

4.2 Frequency range and the measurement method

The measurement range shall be 10 MHz to 1 000 MHz. The phase noise measurement equipment (system) or the specially designed phase jitter measurement equipment shall be used as measurement method.

4.3 Method using the phase noise measurement value

4.3.1 Overview

The recommended method for measuring phase jitter using phase noise measurements is as given in 4.3.2 to 4.3.4 below.

4.3.2 Measurement equipment and system

The measurement equipment and system shall be the phase noise measurement equipment or the phase noise measurement system.

4.3.3 Measurement item

The measurement item shall be the r.m.s jitter.

NOTE Only random jitter. No period jitter.

4.3.4 Range of detuning frequency

The range of detuning frequency should be determined through a prearrangement and contract between a customer and a supplier. The formula to calculate phase jitter from phase noise is described in Annex A.

4.3.5 Phase noise measurement method

The range of detuned frequency shall be determined by contract between customers and suppliers after discussion. The formula for calculating the r.m.s. jitter from phase noise is based on the calculation method for the amount of phase jitter shown in Annex A.

An orthogonal phase detection method (also referred to as orthogonal comparison method or PLL method), or the measurement equipment having built-in electronic circuits for cancelling a noise in the measurement system (for example, circuits adopting a cross-correlation method) shall be used as phase noise measurement methods.

4.4 Measurement method using the specially designed measurement equipment

4.4.1 Overview

The requirements for the method using the specially designed measurement equipment are based on the following.

4.4.2 Measurement equipment and system

The measurement equipment and system shall be the specially designed SONET/SDH measurement equipment using a time interval analyser.

4.4.3 Measurement items

The measurement items shall be the r.m.s jitter and the period (periodic) jitter.

4.4.4 Number of measurements

The number of measurements shall be determined by contract between customers and suppliers after discussion. The target number of measurements shall be 20 000 times or more.

NOTE Attention is needed because this device may not meet the requirements of oscillators for the following reasons:

- a) The measurable range of the measurement equipment may not meet the frequency of the oscillators to be measured.
- b) The output voltage of the oscillators is lower as compared with this device. For this reason, an amplifier is required, and the necessity of evaluating the phase jitter of the amplifier arises.
- c) The realization of square waves, such as CMOS, LVDS, and LVPECL, is difficult because harmonics components decrease in the frequency bands exceeding 300 MHz. For this reason, the signal waveforms become sine waves, clipped-sine waves and the like. It is difficult to analyse them by the specially designed SONET/SDH measurement equipment, and thus a decrease in measurement accuracy is possible.

4.5 Block diagram of the measurement

A representative block diagram is shown in Figure 4. A practical block diagram is utilized as modified forms of Figure 4.

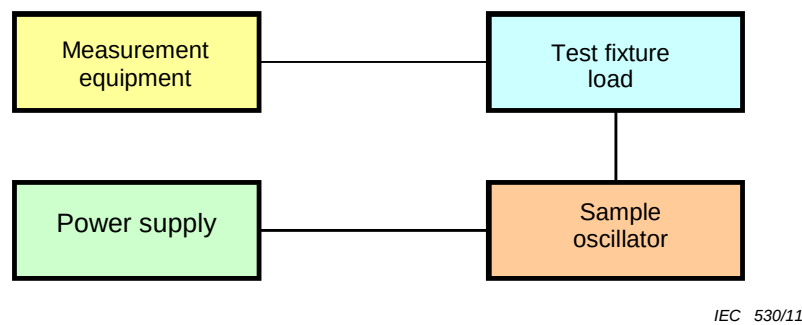


Figure 4 – Equivalent block diagram

4.6 Input and output impedance of the measurement system

The load impedance of oscillators widely ranges from 5 Ω to 100 M Ω . The parts to be applied are the types shown below. However, since numerous demands are made by customers, the values of this load impedance are infinite.

- a) capacitor only;
- b) resistor only;
- c) both, capacitor and resistor;
- d) compliment output with bias.

Here, since the measurement system is unified into 50 Ω , the input-output impedance of measurement systems shall be 50 Ω . For this reason, the load impedance of oscillators shall also be 50 Ω .

The changes of the oscillation output voltage depends on the load impedance of oscillators. For this reason, the thermal noise of load circuits also changes.

As a result, since the amount of phase jitter changes, a recommendation is presented to suppliers and customers, when adopting any load impedance other than 50 Ω , to conduct a detailed study and examination and to determine the impedance contractually.

4.7 Measurement equipment

4.7.1 General

The requirements for the measurement equipment are described in the following subclauses. There is no necessity of adhering to these requirements. However, it is important to adopt measurement equipment satisfying the requirements of oscillators.

4.7.2 Jitter floor

The jitter floor shall take values of 0,05 ps or less as the random jitter or values smaller by one digit as compared with the phase jitter demanded for the oscillators.

4.7.3 Frequency range

The frequency range shall be 10 MHz to 1 000 MHz. Several items of measurement equipment may be used according to each frequency band.

4.7.4 Output waveform

The output waveforms shall be CMOS, LVDS, LVPECL, clipped-sine waves, sine waves, etc.

NOTE CMOS, LVDS, and LVPECL originally refer to the type of devices and not to a waveform per se. However, they are also used as the terms for waveforms and are, therefore, described as the type of output waveforms in this document.

4.7.5 Output voltage

The output voltage shall be 350 mV or more.

4.8 Test fixture

The requirements for measurement implements are shown below:

- a) Connection between oscillators to be measured and measurement implements
The application of sockets, connectors, screws, clips, and the like may be allowed. In addition, the oscillators to be measured and the measurement implements shall be ensured to be mechanically and electrically connectable.
- b) Compatibilization of oscillators to be measured and measurement implements
The oscillators to be measured and the measurement implements shall be capable of being earthed.
- c) Although it is possible to use measurement implements without built-in load impedance, it is recommended to use measurement implements with built-in load impedance in order to reduce influences, on the phase jitter of the oscillators to be measured, from a thermal noise or the like coming from the load impedance.

4.9 Cable, tools and instruments

- Cable: the double-shield type of a 50 Ω system shall be used. The cable shall be as short as possible.
- Connectors: the 50 Ω system shall be used. It is recommended that SMA or N-type connectors be used.

NOTE From the viewpoint of a measuring method, this measuring system is a 50 Ω system, but the actual load impedance of an oscillator is not a 50 Ω system. When a measuring system is not a 50 Ω system, it is recommended that both, the user and the supplier agree on the use of such a system and clearly define the new measurement system contractually.

5 Measurement and the measurement environment

5.1 Set-up before taking measurements

Attention should be paid to the following:

- a) The entire measurement system and the oscillators to be measured shall be installed in a measurement chamber at least 2 h previously.
- b) The measurement equipment shall be set to operate for 2 h or more.
- c) The frequency stability of clock signals in the measurement equipment shall be verified to be smaller than, or equivalent to, the frequency stability of the oscillators to be measured.
- d) The power supply voltage of the oscillators to be measured and the measurement equipment shall be verified to be set to the a.c. voltage and the d.c. voltage as requested.
- e) Restrictions shall be provided for the operation of surrounding electronic devices so as not to produce an electronic noise from the surrounding environment.

5.2 Points to be considered and noted at the time of measurement

No vibration of the measurement system shall be caused. No movement shall be caused. No shifting of the cable position shall be made.

5.3 Treatment after the measurement

It is preferable not to disassemble the measurement system after performing measurements. Periodical inspection and calibration of the measurement equipment should be ensured.

6 Measurement

6.1 Reference temperature

The reference temperature shall be $+25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

6.2 Measurement of temperature characteristics

Only the oscillator to be measured shall be immobilized in the precisely variable temperature bath as appropriately selected, and the temperature characteristics shall be measured. No vibration shall be caused.

6.3 Measurement under vibration

Only the oscillator to be measured shall be fixed to the shaker as appropriately selected and caused to vibrate. No vibration of the measurement equipment shall be caused.

6.4 Measurement at the time of impact

Only the oscillator to be measured shall be fixed to the impact machine as appropriately selected to apply impact thereto. Moreover, no shock wave or no vibration accompanied with the impact shall be provided for the measurement equipment.

In addition, this testing is not realistic because the impact period of time is shorter than the measurement period of time. If this testing is performed, a recommendation is given to suppliers and customers to conduct a detailed study and examination and to determine the measurement contractually.

6.5 Measurement in accelerated ageing

Only the oscillator to be measured shall be set to the temperature and time, according to the appropriately selected specifications for the temperature bath, and then caused to immobilize. The accelerated ageing shall thus be measured.

7 Other points to be noted

Precaution shall be taken so as to obtain measurement results understandable by suppliers and customers. This is realisable by eliminating any possibility that an electronic noise may be involved in the measurement system from the supply source line and also by paying attention to the phase jitter of the devices applied to the measurement system, or to be applied around the system.

8 Miscellaneous

With regard to the amount of phase jitter of quartz crystal oscillators and SAW oscillators, as well as modules that have a multiplication function or a division function based on these oscillators, customers and suppliers shall conduct a detailed study and examination, and determine this contractually.

Annex A (normative)

Calculation method for the amount of phase jitter

A.1 General

This annex gives the method of calculating the amount of phase jitter from phase noise measurement results.

A.2 Explanation

When the amount of phase jitter is calculated from the phase noise measurement results, the r.m.s. jitter can be obtained. The details are described below.

If a spectrum analyser or a phase noise measurement system is used, the phase jitter can be analysed as to the frequency components which can be used for the cause analysis of the phase jitter. According to the measurement of the phase jitter by the phase noise measurement system, the ultra-low amount of phase jitter, which cannot be measured by other jitter measurement methods, can be measured, and thus the phase noise measurement system is suitable for evaluating highly stable devices such as crystal oscillators. With regard to the signals of crystal oscillators, various types of signal waveforms such as sine waves and square waves are requested by customers. Among them, as for the sine wave signals, the application of the phase noise measurement system is theoretical and appropriate. However, as for the square wave signals, although error-increasing factors are involved, since any other method capable of firmly measuring the ultra-low amount of phase jitter has not yet been found, the phase noise measurement system is actually obliged to be applied even to the square wave signals.

In general, when the measurement results of an SSB phase noise of crystal oscillators are viewed, the offset frequency in the horizontal axis is described such as 10 Hz to 1 MHz, 1 Hz to 1 MHz, and 1 Hz to 10 MHz in many cases. In particular, for the offset frequency of 10 kHz or more as the floor level, the offset frequency is described as 1 MHz or 10 MHz. Such offset frequency is obtained because filters are provided in the measurement equipment.

On the other hand, as for the phase jitter, since such filters are not required, the measurement values can be obtained regardless of the offset frequency. Therefore, no complete coincidence can be maintained to be provided for the phase noise measurement values and the phase jitter measurement values. However, in the case of oscillators having the ultra-low amount of phase jitter such as the crystal oscillators, the phase noise measurement values and the phase jitter need to be correlated, and, therefore, the phase noise and the phase jitter are used for convenience.

A.3 Relations between phase noise and phase jitter

When phase modulations are demodulated by a phase detector (converting phase fluctuations into voltage fluctuations), the relationship between phase and voltage can be expressed by Equation (A.1), wherein κ_ϕ is a constant, and the unit is K_ϕ (V/rad).

$$\Delta V_{\text{out}} = \text{K}_\phi \times \Delta \phi \quad (\text{A.1})$$

When the converted phase fluctuations are measured by a spectrum analyser, the relationship can be expressed by Equation (A.2).

$$\Delta V_{\text{rms}}(f) = K_{\phi} \times \Delta \phi_{\text{rms}}(f) \text{ (V)} \quad (\text{A.2})$$

wherein, if $S_{\text{v}_{\text{rms}}}(f)$ is defined as the spectral density function of the voltage fluctuations (output fluctuations of the phase detector) as measured, the spectral density function of the phase fluctuations can be expressed by Equation (A.3).

$$\begin{aligned} S_{\phi}(f) &= \frac{(\Delta \phi_{\text{rms}}(f))^2}{B} \\ &= \frac{(\Delta V_{\text{rms}}(f))^2}{K_{\phi}^2 \times B} \\ &= \frac{S_{\text{v}_{\text{rms}}}(f)}{K_{\phi}^2} \left(\frac{\text{rad}^2}{\text{Hz}} \right) \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

When the results are converted into the single sideband (SSB) phase noise as shown below, the SSB phase noise can be expressed by Equation (A.4),

$$L(f) = \frac{S_{\phi}(f)}{2} \quad (\text{A.4})$$

wherein $S_{\phi}(f)$ is a dB value relative to 1 rad, and also the power spectral density function of the phase fluctuations, and $L(f)$ is the SSB phase noise.

A total phase deviation in the designated band, namely, the phase jitter, can be expressed by Equations (A.5) and (A.6).

$$\Phi = \sqrt{\int_A^B S_{\phi}(f) \times df} \text{ (rad)} \quad (\text{A.5})$$

$$\Phi = \sqrt{\int_A^B 2 \cdot L(f) \times df} \text{ (rad)} \quad (\text{A.6})$$

Therefore, the shaded parts (area of SSB phase noise) shown in Figure A.1 can be referred to as the phase jitter.

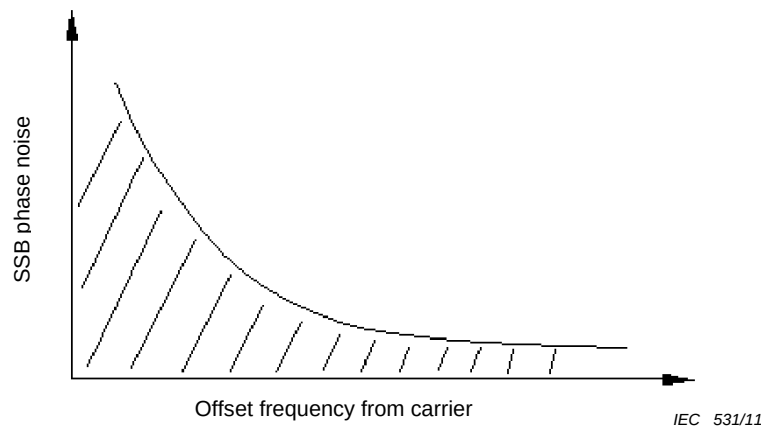


Figure A.1 – Concept diagram of SSB phase noise

This area corresponds to the r.m.s. jitter. Here, if the offset frequency range is different, the phase jitter calculation value becomes different. Since the fact is a shortcoming of this method, attention should be paid when calculating the phase jitter from the SSB phase noise.

Bibliography

- [1] EVA S. FERRE-PIKAL, *PM and AM Noise Measurement Techniques – Part I*, IEEE I.F.C.S. Tutorials, 2003 available at < http://www.ieee-uffc.org/freqcontrol/tutorials/Ferre_Pikal_2002_files/frame.htm>
 - [2] IEEE, *Special Issue on Frequency Stability, Proc.*, Volume 54, No.2, 1966-2
 - [3] IEC/TS 61994-3: 2004, *Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection – Glossary – Part 3: Piezoelectric and dielectric oscillators*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
INTRODUCTION.....	26
1 Domaine d'application	28
2 Références normatives	28
3 Termes, définitions et concepts généraux.....	28
3.1 Termes et définitions	28
3.2 Concepts généraux	28
3.2.1 Gigue de phase	28
3.2.2 Gigue en valeur efficace	29
3.2.3 Gigue crête-à-crête	30
3.2.4 Gigue aléatoire	30
3.2.5 Gigue déterministe	31
3.2.6 Gigue temporelle (périodique)	31
3.2.7 Gigue dépendante des données	32
3.2.8 Gigue totale.....	32
3.3 Éléments à prendre en considération lors de la mesure.....	32
3.3.1 Appareil de mesure	32
3.3.2 Facteurs d'erreurs de mesure	33
4 Méthode de mesure.....	33
4.1 Généralités.....	33
4.2 Gamme de fréquence et méthode de mesure	33
4.3 Méthode d'utilisation de la valeur de mesure du bruit de phase	34
4.3.1 Présentation	34
4.3.2 Système et appareil de mesure	34
4.3.3 Élément de mesure.....	34
4.3.4 Gamme de la fréquence de désyntonisation	34
4.3.5 Méthode de mesure du bruit de phase	34
4.4 Méthode de mesure utilisant l'appareil de mesure spécialement conçu.....	34
4.4.1 Présentation	34
4.4.2 Système et appareil de mesure	34
4.4.3 Éléments de mesure.....	34
4.4.4 Nombre de mesures	34
4.5 Schéma fonctionnel de la mesure	35
4.6 Impédance d'entrée et de sortie du système de mesure	35
4.7 Appareil de mesure	35
4.7.1 Généralités.....	35
4.7.2 Valeur plancher de la gigue	36
4.7.3 Gamme de fréquences	36
4.7.4 Forme d'onde de sortie	36
4.7.5 Tension de sortie.....	36
4.8 Montage d'essais	36
4.9 Câble, outils et instruments	36
5 Mesure et environnement de mesure	36
5.1 Installation préalable à la prise de mesures.....	36
5.2 Éléments à prendre en considération et à observer au moment de la prise de mesure	37
5.3 Traitement après mesure.....	37

6	Mesure	37
6.1	Température de référence	37
6.2	Mesure des caractéristiques de température	37
6.3	Mesure en présence de vibrations	37
6.4	Mesure au moment du choc.....	37
6.5	Mesure en condition de vieillissement accéléré	37
7	Autres éléments à observer	37
8	Divers.....	38
	Annexe A (normative) Méthode de calcul de la quantité de gigue de phase	39
	Bibliographie.....	42
	Figure 1 – Rapport entre la tension et la durée	29
	Figure 2 – Diagramme explicatif de la quantité de gigue appliquée à la gigue en valeur efficace.....	30
	Figure 3 – Diagramme explicatif de la gigue aléatoire, de la gigue déterministe et de la gigue totale.....	31
	Figure 4 – Schéma fonctionnel équivalent.....	35
	Figure A.1 – Schéma conceptuel du bruit de phase à BLU	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

OSCILLATEURS PILOTÉS PAR QUARTZ SOUS ASSURANCE DE LA QUALITÉ –

Partie 6: Méthode de mesure de la gigue de phase pour les oscillateurs à quartz et les oscillateurs SAW – Lignes directrices pour l'application

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60679-6 a été établie par le comité d'études 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence.

Cette norme annule et remplace l'IEC/PAS 60679-6 publié en 2008. Cette première édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
49/935/FDIS	49/944/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série de normes CEI 60679, publiées sous le titre général *Oscillateurs pilotés par quartz de qualité reconnue*, est disponible sur site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

L'étude des méthodes de mesure de la gigue de phase a été menée selon les accords établis pendant la réunion internationale du TC 49 de la CEI qui s'est tenue à Berlin, en 2001. Lors de cette réunion, le Japon a été désigné comme responsable de cette étude. Par la suite, le comité technique QIAJ (Quartz Crystal Industry Association of Japan) a entamé cette étude. L'étude a été menée principalement entre 2002 et 2005 et peut être considérée comme la première étape de l'étude. La seconde étape n'est pas encore achevée à ce jour.

La gigue de phase est devenue l'un des éléments essentiels à mesurer en raison de la numérisation des appareils électroniques. Cependant, en théorie, quelques ambiguïtés demeurent au sujet de la gigue de phase. Aucune méthode de mesure normalisée n'étant proposée, les fournisseurs comme les clients s'exposent à des risques de pertes financières importantes.

Afin de limiter ces risques, le présent document constitue une norme, basée sur les résultats de la première étape d'étude menée, pour rassurer les entreprises membres de la QIAJ en ce qui concerne la mesure de la gigue de phase, et leur fournir ainsi une assistance efficace.

La présente Norme présente également une recommandation permettant de faire de la gigue en valeur efficace un objet de mesure. Cette recommandation est soumise parce que les oscillateurs donnant une quantité très faible de gigue constituent l'objet à mesurer.

Les oscillateurs sont des appareils électroniques de type analogique. Leurs signaux de sortie sinusoïdaux sont plus favorables que les signaux obtenus à l'aide de systèmes électroniques. En outre, la sortie est utilisée comme l'horloge de référence de l'appareil de mesure ce qui conduit à une situation dans laquelle la quantité de gigue de phase est moins élevée que la quantité de gigue de phase de l'appareil de mesure. De même, ceci peut donner l'impression que la quantité de gigue de phase mesurée ne provient pas des oscillateurs, mais de la quantité de gigue de phase générée par l'appareil de mesure ou le système de mesure. Ainsi, si l'on considère la quantité de gigue de phase comme un élément de mesure, une recommandation est proposée pour sélectionner un appareil de mesure et un système de mesure pouvant faire l'objet d'une vérification et d'une confirmation suffisantes, ainsi que d'un contrat entre les fournisseurs et les clients. En outre, lorsque la méthode du bruit de phase est utilisée, les valeurs de la gigue aléatoire doivent faire l'objet d'une discussion après la définition des bandes de fréquence de gigue, du début à la fin de l'intégration du bruit de phase.

En cas de doute sur les valeurs de mesure, se reporter à l'application de variance d'Allan [1]¹.

La stabilité de fréquence a été synthétisée en un document unique par l'IEEE en 1966 [2]. La définition a été appliquée aux oscillateurs atomiques, aux oscillateurs à quartz, ainsi qu'aux systèmes électroniques destinés aux télécommunications, informations, données audiovisuelles et aux autres domaines similaires.

Les oscillateurs à quartz conventionnels et les systèmes électroniques comportent des systèmes analogiques et leurs signaux sont sinusoïdaux. Ainsi, la stabilité de la fréquence à court terme, en tant que champ de la stabilité de la fréquence, est mesurée comme le bruit de phase ou variance d'Allan. La numérisation des systèmes électroniques a évolué récemment. Dans ces circonstances, la stabilité de la fréquence à court terme a été mesurée comme la gigue de phase.

D'autre part, les oscillateurs sont des appareils électroniques de type analogiques. Pour les oscillateurs, les utilisateurs souhaitent que les signaux comportant des ondes carrées ou des formes d'ondes similaires, faciles à utiliser dans les systèmes électroniques. De toute

¹ Les chiffres entre crochets font référence à la Bibliographie.

évidence, pour la stabilité de la fréquence à court terme, la mesure de la gigue de phase est fréquemment requise par les utilisateurs.

Pour des applications évoluées dans le domaine des communications et des informations électroniques (par exemple les communications par satellite, les circuits de commande pour véhicules électriques, etc.), il devient nécessaire que la méthode de mesure de la gigue de phase fasse l'objet de lignes directrices communes. De nos jours, l'importance d'une méthode de mesure de la gigue de phase est également accrue par les phénomènes liés à l'influence électromagnétique.

C'est pourquoi une normalisation internationale, telle que la CEI 60679-6, d'une méthode de mesure de la gigue de phase est importante et opportune. La méthode de mesure de la gigue de phase décrite dans le présent document est la nouvelle méthode qui a rendu possible les mesures quantitatives grâce aux progrès de la technologie des systèmes de mesure. Elle devrait retenir l'attention des ingénieurs chargés des dispositifs, mais aussi des ingénieurs systèmes et être couramment utilisée.

OSCILLATEURS PILOTÉS PAR QUARTZ SOUS ASSURANCE DE LA QUALITÉ –

Partie 6: Méthode de mesure de la gigue de phase pour les oscillateurs à quartz et les oscillateurs SAW – Lignes directrices pour l'application

1 Domaine d'application

La présente partie de la série CEI 60679 s'applique à la mesure de la gigue de phase des oscillateurs à quartz et des oscillateurs SAW utilisés sur des appareils électroniques. Elle fournit également des lignes directrices sur la gigue de phase qui permet de mesurer précisément une gigue en valeurs efficaces.

Dans la méthode de mesure, un appareil de mesure des bruits de phase ou un système de mesure des bruits de phase est utilisé.

La gamme de fréquences mesurées s'étend de 10 MHz à 1 000 MHz.

La présente norme concerne les oscillateurs à quartz et les oscillateurs SAW utilisés sur des appareils électroniques et des modules dont les fonctions de multiplication ou de division sont basées sur ces oscillateurs. Le type de gigue de phase qui s'applique à ces oscillateurs est la gigue en valeur efficace. Pour plus de simplicité, ces oscillateurs et modules seront désignés comme « oscillateur(s) » dans la suite du texte.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 60679-1:2007, *Quartz crystal controlled oscillators of assessed quality – Part 1: Generic specification* (disponible uniquement en anglais)

3 Termes, définitions et concepts généraux

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60679-1:2007 s'appliquent.

Les unités, les dessins, les codes et les caractères sont basés sur la CEI 60679-1.

3.2 Concepts généraux

3.2.1 Gigue de phase

La gigue de phase des oscillateurs correspond à un bruit électronique des formes d'ondes de signal en termes de durée. La gigue de phase est également décrite comme une gigue pour laquelle la fréquence de déviation du signal est supérieure à 10 Hz, ainsi que comme un dérapage pour lequel la fréquence est inférieure ou égale à 10 Hz.

Il est difficile d'observer un dérapage des oscillateurs. Le dérapage est un phénomène confirmé dans des éléments électroniques tels que les câbles optiques susceptibles d'expansion et de contraction d'une petite quantité de variation de température. Par conséquent, le dérapage ne fait pas l'objet de discussion pour les oscillateurs. Dans le présent document, la gigue de phase s'applique uniquement à la gigue.

Pour les signaux, un cycle idéal (t) est inversement proportionnel à une fréquence (f). De manière plus spécifique, la relation est exprimée par l'Equation (1).

$$t = \frac{1}{f} \quad (1)$$

En réalité, le cycle est modifié par différentes influences. Ce phénomène correspond à la gigue de phase et peut être confirmé par l'épaississement des bords des formes d'onde en cas d'utilisation d'oscilloscopes ou d'autres appareils du même type. En ce qui concerne la méthode de mesure et d'évaluation d'une telle gigue de phase, des techniques de mesure statistique sont utilisées comme cela est représenté à la Figure 1. Les valeurs numériques de la Figure 1 sont traitées comme un symbole. La position de 0,5 de la forme d'onde des signaux est définie comme un point de référence dans l'axe vertical, et les bords du point de référence ne doivent pas varier. Par une observation attentive des bords après un cycle, on constate que chaque fois que les signaux se déplacent dans une direction latérale sur l'écran du tube cathodique de manière répétitive, les bords après un cycle ne sont pas reproduits. Plusieurs bords apparaissent alors. Ce phénomène qui se produit lors de mesures répétées des signaux, s'appelle la gigue de phase.

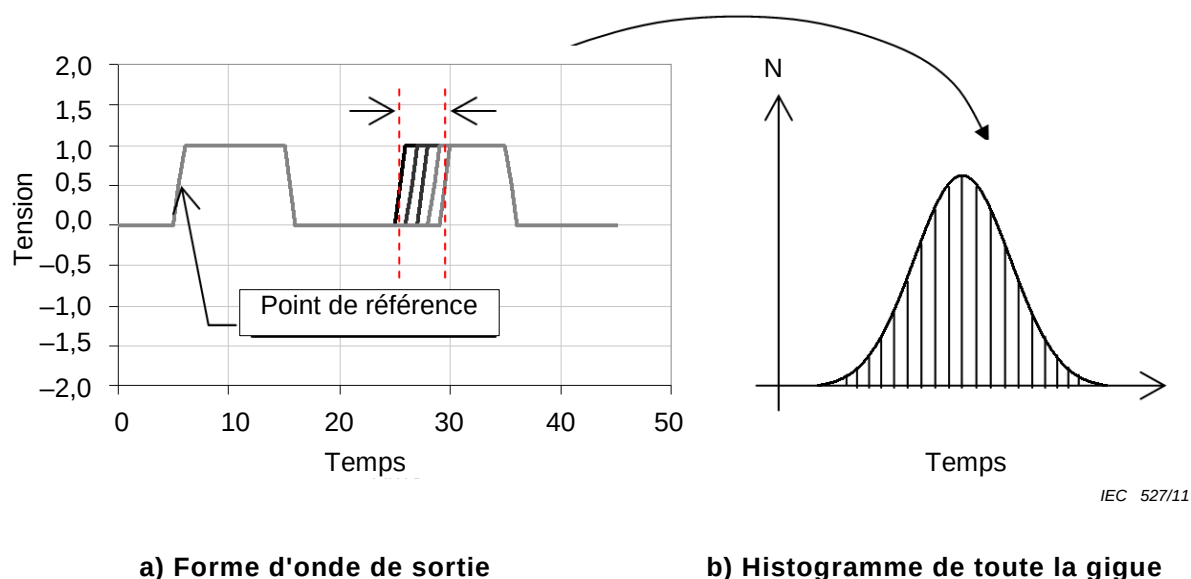


Figure 1 – Rapport entre la tension et la durée

La gigue de phase est traitée comme une distribution normale. Puis, après analyse, la gigue de phase peut être divisée en plusieurs types de propriétés. Plus spécifiquement, la gigue de phase est classifiée selon plusieurs types. Dans le présent document, la gigue de phase est classifiée selon les sept types décrits ci-après. Dans la figure suivante, ces propriétés ainsi que les systèmes de cause sont clarifiés.

3.2.2 Gigue en valeur efficace

La gigue en valeur efficace est la gigue de phase qui se présente comme une distribution normale, telle que présentée à la Figure 2. La gigue en valeur efficace est un écart type obtenu en se basant sur des traitements statistiques et définie comme une portion de 1σ .

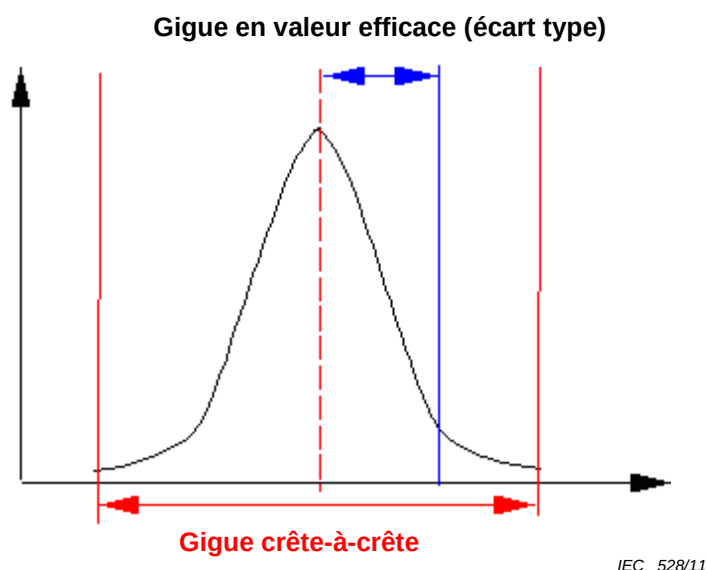


Figure 2 – Diagramme explicatif de la quantité de gigue appliquée à la gigue en valeur efficace

D'un point de vue statistique, toute donnée de mesure doit exister en 1σ à une probabilité de 68,26 %. Par conséquent, lorsque les durées de mesure sont de 10 000, environ 6 826 éléments de données de mesure sont considérés comme contenus. En revanche, 31,74 % (3 174 éléments) des données de mesure sont indiqués comme extérieurs aux côtés positif et négatif de 1σ . Si les données extérieures à la définition sont considérées comme des erreurs, alors 31,74 % est considéré comme le taux d'erreur.

3.2.3 Gigue crête-à-crête

La gigue crête-à-crête est la gigue de phase qui se présente comme une distribution normale, telle que présentée à la Figure 2. La quantité totale de gigue de phase d'un cycle est établie et traitée statistiquement sur le point de base du point de référence de la gigue de phase présentée à la Figure 1. Dans ce cas, la quantité de gigue de phase est supposée fournir une distribution normale.

La différence entre la valeur maximale et la valeur minimale (c'est-à-dire la largeur de variation) est appelée la gigue crête-à-crête. Étant donné que les valeurs de gigue deviennent plus larges à mesure que la durée des mesures augmente, la gigue devient également la gigue totale, telle que décrite dans la suite du présent document. Ce terme fait partie des spécifications à négocier entre les clients et les fabricants d'oscillateurs.

NOTE Étant donné que la gigue crête-à-crête ou la gigue en valeur efficace indique la quantité de gigue de phase pour les durées de mesure, la gigue indique les modes opératoires des échantillons de mesure sur une courte durée. En outre, la gigue comprend des valeurs qui ne sont effectives que lors d'une distribution normale idéale (distributions gaussiennes). L'effectivité peut ainsi être maintenue à un niveau faible dans le cas des distributions non-gaussiennes comprenant des distributions déformées (comme les distributions binomiales et les distributions de la Loi X^2). De même, lorsque la gigue crête-à-crête ou la gigue en valeur efficace est appliquée, il est nécessaire que les durées de mesure soient clairement définies contractuellement entre clients et fournisseurs.

3.2.4 Gigue aléatoire

La gigue aléatoire est présentée à la Figure 3. La gigue aléatoire représente des composants imprévisibles de la gigue de phase.

La gigue de phase se produit naturellement et de manière inductive sous l'influence des caractéristiques, du bruit thermique, etc., liés à l'origine aux oscillateurs ou à l'appareil de mesure lui-même. En outre, la gigue aléatoire est caractérisée par le fait que la distribution des valeurs de mesure s'élargit (caractéristiques infinies) à mesure que la période d'observation augmente. Ainsi, le diagramme de distribution peut être considéré comme une

distribution normale idéale. En outre, la gigue aléatoire est déterminée comme l'écart type fondé sur le diagramme de distribution obtenu à partir de la mesure de la gigue de phase. De même, dans le cas des oscillateurs, la gigue aléatoire peut devenir la quantité de gigue équivalente à la gigue en valeur efficace. Étant donné que la gigue aléatoire devient la quantité de gigue de l'appareil de mesure par seconde, la gigue aléatoire est l'une des mesures permettant de déterminer l'applicabilité de la mesure de la gigue de phase des oscillateurs.

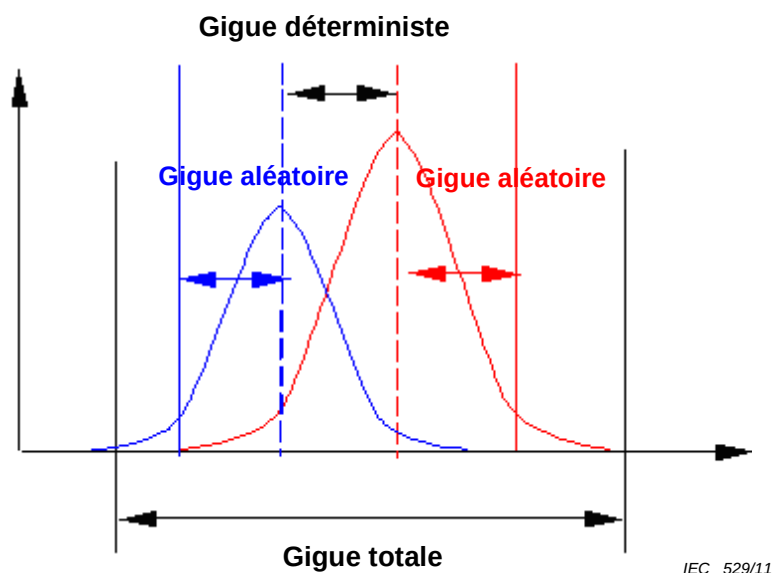


Figure 3 – Diagramme explicatif de la gigue aléatoire, de la gigue déterministe et de la gigue totale

3.2.5 Gigue déterministe

La gigue déterministe est induite par différents facteurs de régularité (conception du circuit, induction électromagnétique, ou induite par un environnement externe). Elle est caractérisée dans ce sens lorsque la largeur de variation de la distribution comprend une limite et peut donc être exprimée par les parties comprises entre les giges aléatoires de gauche et de droite. D'autre part, les composants de la gigue déterministe comprennent la gigue temporelle (ou gigue périodique) et la gigue dépendante des données.

3.2.6 Gigue temporelle (périodique)

La gigue temporelle (ou gigue périodique) présente les variations des durées de plusieurs cycles consécutifs, comme deux et trois cycles. La gigue temporelle (ou gigue périodique) peut être déterminée en comprenant la relation avec la gigue en valeur efficace entre les différents cycles et chacun des cycles, et donc, en déterminant la présence ou l'absence d'irrégularités périodiques. Quant aux composants périodiques de cette gigue, ils sont considérés comme un bruit électronique causé par l'alimentation et la diaphonie provenant des éléments électroniques autour des oscillateurs à mesurer, et provenant également des noyaux présents à proximité dans le cas d'un circuit intégré.

Si la transformée de Fourier rapide peut être appliquée, la fréquence comme cause apparaît sous forme de spectre. Bien que cette gigue doive être prise en compte pour les oscillateurs, il est difficile de détecter la gigue en utilisant un appareil de mesure en général.

3.2.7 Gigue dépendante des données

La gigue dépendante des données représente les composants de la gigue à la suite de la distorsion d'un cycle de service et à l'interférence inter-symbole. Elle est négligeable pour les oscillateurs.

3.2.8 Gigue totale

La gigue totale correspond à la gigue obtenue en additionnant toutes les giges.

3.3 Éléments à prendre en considération lors de la mesure

3.3.1 Appareil de mesure

Pour les oscillateurs, les clients émettent des exigences extrêmement variées. Les formes d'onde de sortie ne se limitent pas aux ondes carrées. Des exigences visant une tension de sortie si faible qu'elle ne s'applique pas à l'appareil de mesure peuvent également être émises.

Étant donné que les oscillateurs présentent un bruit très faible, il peut arriver que la gigue de l'appareil de mesure lui-même soit détectée. Ainsi, pour la gigue de l'appareil de mesure lui-même, l'appareil de mesure doit avoir une valeur plancher de gigue inférieure d'une unité à la gigue des oscillateurs présumés. En outre, la gamme de fréquences et les formes d'onde de sortie devront être applicables non seulement aux ondes carrées mais aussi aux ondes sinusoïdales.

L'appareil de mesure étant généralement accompagné d'une spécification applicable jusqu'à un certain point aux systèmes électroniques numériques, une étude suffisante est nécessaire pour adapter l'appareil de mesure en fonction de l'oscillateur.

- a) Il n'existe aucun appareil de mesure adéquat pour les oscillateurs numériques.
- b) Pour effectuer une mesure de gigue de phase sur des oscilloscopes numériques, il est recommandé de sélectionner l'appareil de mesure et le système de mesure pouvant faire l'objet d'une vérification et d'une confirmation suffisante. Ce choix est à déterminer par contrat entre fournisseurs et clients.
- c) Lorsqu'on applique des analyseurs basés sur des intervalles de temps aux mesures de la gigue de phase, on observe les défauts suivants: par rapport aux oscillateurs, la gigue aléatoire de la valeur plancher de la gigue est équivalente ou supérieure, l'application d'ondes sinusoïdales est difficile, la basse fréquence ne peut pas être appliquée à la plage de tels oscillateurs, et la tension de sortie est si faible qu'elle implique l'utilisation d'un amplificateur. Ainsi, les analyseurs basés sur des intervalles de temps devront être sélectionnés avec précaution.
- d) La gigue de phase peut être calculée à partir des valeurs de mesure du bruit de phase à l'aide de l'appareil ou du système de mesure du bruit de phase. Dans ce cas, la fréquence désynchronisée doit être déterminée par contrat entre les fournisseurs et les clients. Lorsque la fréquence désynchronisée ne reste pas dans la plage de l'appareil de mesure ou du système de mesure du bruit de phase, et notamment lorsque la limite supérieure de la fréquence désynchronisée devient un niveau plancher, on doit veiller à ne pas créer de malentendu entre clients et fournisseurs en définissant que la tension du niveau plancher est exactement conforme à celle indiquée dans le contrat qui les lie.

Selon la première étape de l'étude, aucun appareil répondant aux exigences n'a été trouvé parmi les oscilloscopes à échantillon et les appareils de mesure spécialement conçus. Cependant, grâce aux informations obtenues indiquant qu'une partie des appareils de mesure spécialement conçus et répondant aux exigences ont été commercialisés, l'appareil de mesure spécialement conçu est couvert par le domaine d'application de la présente norme.

3.3.2 Facteurs d'erreurs de mesure

Pour les oscillateurs, les facteurs contribuant aux erreurs de mesure de la gigue de phase sont les suivants:

a) Alimentation

Une alimentation électrique est nécessaire au pilotage des oscillateurs. Si l'alimentation utilisée est instable, on observe une conversion de l'alimentation instable sur la gigue. Il est donc préférable d'utiliser une alimentation présentant un bruit suffisamment faible. Puisque des pertes se produisent le long du câblage d'alimentation entre les bornes d'alimentation et les oscillateurs ou les amplificateurs. Et en raison de l'apparition d'une résistance de contact, la gigue de phase peut augmenter sur cette partie.

b) Charge et fixateur d'essai

La charge est composée de résistances et de condensateurs fixes. Étant donnée la présence de résistances, l'existence de bruit électronique est inévitable. On peut supposer qu'elles captent le bruit électronique telle une antenne.

c) Amplificateur (lorsqu'un amplificateur est utilisé pour la mesure)

L'amplificateur est composé de composants électroniques, comprenant des éléments actifs et des résistances. Par conséquent, la production de bruit électronique est inévitable.

d) Câble

Le câble introduisant des pertes, génère du bruit électronique. Le facteur de réflexion variant avec l'impédance en fonction de la longueur en raison des caractéristiques de température, cette variation peut être interprétée à tort comme un dérapage. Un bruit électronique dû à une variation de contact entre les connecteurs peut se produire. On peut supposer qu'ils captent le bruit électronique telle une antenne.

e) Impédance d'entrée et de sortie du système de mesure

L'impédance de charge des oscillateurs varie à l'intérieur d'une gamme allant de 5 Ω à 100 M Ω . Les parties utilisées pour l'impédance de charge sont des trois types suivants:

- 1) un condensateur seul;
- 2) un élément de résistance seul;
- 3) un condensateur et un élément de résistance combinés.

En 1) seules les valeurs de mesure de la gigue de phase du condensateur peuvent être négligées. En 2) et en 3), il est nécessaire de prendre des précautions car les valeurs de mesure de la gigue de phase ne peuvent pas être négligées en raison du bruit thermique provenant de l'élément de résistance.

f) Mesure de la gigue de phase pour les fréquences supérieures à 1 GHz

En général, les formes d'ondes des signaux (y compris des signaux démodulés) supérieures à 1 GHz correspondent à des ondes sinusoïdales modifiées. Par conséquent, il est nécessaire de prendre des précautions parce que la quantité de la gigue de phase, souhaitée par les fournisseurs et les clients, peut être difficile à obtenir avec des oscilloscopes à échantillonnage ou des appareils de mesure spécialement conçus.

4 Méthode de mesure

4.1 Généralités

La méthode de mesure appliquée aux oscillateurs est basée sur les points suivants.

4.2 Gamme de fréquence et méthode de mesure

La plage de mesures doit être comprise entre 10 MHz et 1 000 MHz. L'appareil (ou le système) de mesure du bruit de phase ou l'appareil spécialement conçu pour la mesure de la gigue de phase doit être utilisé comme méthode de mesure.

4.3 Méthode d'utilisation de la valeur de mesure du bruit de phase

4.3.1 Présentation

La méthode recommandée pour la mesure de la gigue de phase utilisant des mesures du bruit de phase est présentée en 4.3.2 à 4.3.4 ci-dessous.

4.3.2 Système et appareil de mesure

Le système ou l'appareil utilisé doit être l'appareil de mesure du bruit de phase ou le système de mesure du bruit de phase.

4.3.3 Élément de mesure

L'élément de mesure doit être la gigue en valeur efficace.

NOTE Uniquement la gigue aléatoire. Pas la gigue périodique.

4.3.4 Gamme de la fréquence de désintonisation

Il convient que la gamme de fréquences de désintonisation soit déterminée suivant un accord et un contrat préalables entre le client et le fournisseur. La formule permettant de calculer la gigue de phase à partir du bruit de phase est décrite dans l'Annexe A.

4.3.5 Méthode de mesure du bruit de phase

La gamme de fréquences désintonisées doit être déterminée par contrat entre les clients et les fournisseurs après négociation. La formule permettant de calculer la gigue en valeur efficace à partir du bruit de phase est basée sur la méthode de calcul de la gigue de phase, présentée à l'Annexe A.

Une méthode de détection de phase orthogonale (également appelée méthode de comparaison orthogonale, ou méthode PLL), ou l'appareil de mesure comprenant des circuits électroniques intégrés pour supprimer le bruit dans le système de mesure (par exemple, des circuits adoptant un procédé d'inter-corrélation) doit être utilisé comme méthode de mesure du bruit de phase.

4.4 Méthode de mesure utilisant l'appareil de mesure spécialement conçu

4.4.1 Présentation

Les exigences pour la méthode utilisant l'appareil de mesure spécialement conçu sont basées sur les points suivants.

4.4.2 Système et appareil de mesure

Le système et l'appareil de mesure doivent être l'appareil de mesure SONET/SDH spécialement conçu utilisant un analyseur basé sur des intervalles de temps.

4.4.3 Éléments de mesure

Les éléments de mesure doivent comprendre la gigue en valeur efficace et la gigue périodique.

4.4.4 Nombre de mesures

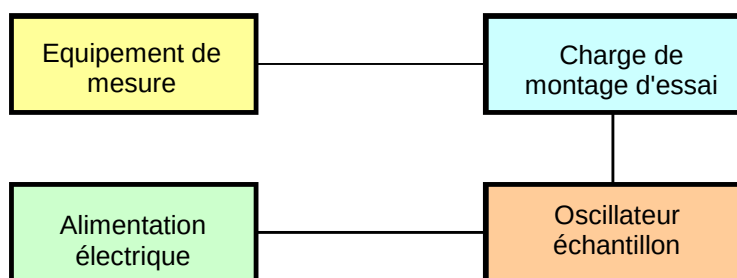
Le nombre de mesures doit être déterminé par contrat entre les clients et les fournisseurs après négociation. Le nombre cible de mesures doit être 20 000 fois ou plus.

NOTE Il est nécessaire d'être vigilant car il est possible que cet appareil ne réponde pas aux exigences des oscillateurs, pour les raisons suivantes:

- a) La plage mesurable de l'appareil de mesure peut ne pas être conforme à la fréquence des oscillateurs à mesurer.
- b) La tension de sortie des oscillateurs est inférieure à celle de cet appareil. Pour cette raison, il est nécessaire d'utiliser un amplificateur et d'évaluer la gigue de phase de l'amplificateur.
- c) La réalisation d'ondes carrées, telles que les CMOS, LVDS et LVPECL est difficile du fait que les composantes harmoniques diminuent dans les bandes de fréquences supérieures à 300 MHz. Pour cette raison, les ondes du signal deviennent sinusoïdales, sinusoïdales écrêtées et similaire. Ces ondes sont difficiles à analyser à l'aide de l'appareil de mesure SONET/SDH spécialement conçu, et par conséquent, il est possible que la mesure obtenue soit moins précise.

4.5 Schéma fonctionnel de la mesure

La Figure 4 constitue un schéma fonctionnel représentatif. Des formes modifiées de la Figure 4 sont utilisées pour le schéma fonctionnel pratique.



IEC 530/11

Figure 4 – Schéma fonctionnel équivalent

4.6 Impédance d'entrée et de sortie du système de mesure

L'impédance de charge des oscillateurs varie à l'intérieur d'une plage allant de 5 Ω à 100 M Ω . Les parties à appliquer appartiennent aux types indiqués ci-après. Cependant, à la demande des clients, les valeurs de cette impédance de charge sont infinies.

- a) un condensateur seul;
- b) une résistance seule;
- c) un condensateur et une résistance;
- d) une sortie avec polarisation.

Ici, puisque le système de mesure est unifié à 50 Ω , l'impédance d'entrée et de sortie des systèmes de mesure doit être de 50 Ω . Pour cette raison, l'impédance de charge des oscillateurs doit également être de 50 Ω .

Les variations de la tension d'oscillation de sortie sont fonction de l'impédance de charge des oscillateurs. Dès lors, le bruit thermique des circuits de charge subit également des variations.

Étant données les variations de la quantité de gigue de phase, il est recommandé aux fournisseurs et aux clients, de mener, avant d'adopter une impédance de charge différente de 50 Ω , une étude et un examen détaillés et de déterminer contractuellement l'impédance à utiliser.

4.7 Appareil de mesure

4.7.1 Généralités

Les exigences sur l'appareil de mesure sont décrites dans les paragraphes suivants. Il n'est pas nécessaire d'adhérer à ces exigences. Toutefois, il est important d'adopter un appareil de mesure qui satisfasse aux exigences relatives aux oscillateurs.

4.7.2 Valeur plancher de la gigue

La valeur plancher de la gigue doit être inférieure ou égale à 0,05 ps, comme la gigue aléatoire, ou doit prendre des valeurs inférieures d'une unité par rapport à la gigue de phase exigée pour les oscillateurs.

4.7.3 Gamme de fréquences

La gamme de fréquences doit être comprise entre 10 MHz to 1 000 MHz. Différents éléments de l'appareil de mesure peuvent être utilisés selon chaque bande de fréquence.

4.7.4 Forme d'onde de sortie

Les formes d'onde de sortie doivent correspondre aux CMOS, LVDS, LVPECL, ondes sinusoïdales écrêtées, ondes sinusoïdales, etc.

NOTE Les CMOS, LVDS, et LVPECL correspondent initialement au type de dispositif et non à une forme d'onde à proprement parler. Cependant, ils servent également de termes pour exprimer les formes d'ondes et sont, par conséquent, décrits comme le type de formes d'ondes de sortie, dans le présent document.

4.7.5 Tension de sortie

La tension de sortie doit être supérieure ou égale à 350 mV.

4.8 Montage d'essais

Les exigences pour les outils de mesure sont présentées ci-après :

- a) Connexion entre les oscillateurs à mesurer et les outils de mesure.
L'utilisation de prises, de connecteurs, de vis, de clips et d'autres outils similaires peut être autorisée. En outre, les oscillateurs à mesurer et les outils de mesure doivent être raccordables mécaniquement et électriquement.
- b) Compatibilité entre les oscillateurs à mesurer et les outils de mesure.
Les oscillateurs à mesurer et les outils de mesure doivent pouvoir être mis à la terre.
- c) Bien qu'il soit possible d'utiliser des outils de mesure sans impédance de charge intégrée, il est recommandé d'utiliser des outils de mesure avec une impédance de charge intégrée afin de diminuer les influences sur la gigue de phase des oscillateurs à mesurer générées par le bruit thermique ou les influences similaires générées par l'impédance de charge.

4.9 Câble, outils et instruments

- Câble: de type surblindé utilisé d'un système de 50 Ω doit être utilisé. Le câble doit être le plus court possible.
- Connecteurs: le système de 50 Ω doit être utilisé. L'utilisation des connecteurs SMA ou de type N est recommandée.

NOTE Du point de vue de la méthode de mesure, ce système de mesure est un système de 50 Ω , mais l'impédance de charge réelle d'un oscillateur n'est pas un système de 50 Ω . Si un système de mesure n'est pas un système de 50 Ω , il est recommandé que l'utilisateur et le fournisseur soient d'accord sur un tel système et définissent clairement le nouveau système de mesure de manière contractuelle.

5 Mesure et environnement de mesure

5.1 Installation préalable à la prise de mesures

Il convient de porter une attention particulière aux points suivants:

- a) Le système de mesure complet et les oscillateurs à mesurer doivent être installés dans une enceinte de mesure au moins 2 heures à l'avance.
- b) L'appareil de mesure doit être réglé pour fonctionner pendant au moins 2 heures.

- c) La stabilité de la fréquence des signaux d'horloge dans l'appareil de mesure doit être vérifiée et doit s'avérer inférieure ou équivalente à la stabilité de la fréquence des oscillateurs à mesurer.
- d) La tension d'alimentation des oscillateurs à mesurer, ainsi que l'appareil de mesure, doivent être vérifiés et réglés sur la tension alternative et sur la tension continue requises.
- e) Des restrictions doivent être prévues pour le fonctionnement des appareils électroniques voisins afin que l'environnement proche ne produise aucun bruit électronique.

5.2 Éléments à prendre en considération et à observer au moment de la prise de mesure

Aucune vibration provenant du système de mesure ne doit être constatée. Aucun déplacement ne doit être observé. Aucun déplacement de la position des câbles ne doit être constaté.

5.3 Traitement après mesure

Il est préférable de ne pas démonter le système de mesure après avoir effectué les mesures. Il convient d'assurer une vérification et un étalonnage réguliers de l'appareil de mesure.

6 Mesure

6.1 Température de référence

La température de référence doit être de $+25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

6.2 Mesure des caractéristiques de température

Seuls les oscillateurs destinés à être mesurés doivent être maintenus dans un bain de température variable choisi de manière précise et appropriée et les caractéristiques de température doivent être mesurées. Aucune vibration ne doit être observée.

6.3 Mesure en présence de vibrations

Seul l'oscillateur destiné à être mesuré doit être fixé au shaker approprié et soumis aux vibrations. Aucune vibration provenant de l'appareil de mesure ne doit être constatée.

6.4 Mesure au moment du choc

Seul l'oscillateur destiné à être mesuré doit être fixé à la machine à chocs choisie de manière appropriée pour appliquer un choc. En outre, aucune onde de choc ni aucune vibration provoquée par le choc ne doit être constatée sur l'appareil de mesure.

De plus, cet essai n'est pas réaliste parce que la durée du choc est inférieure à celle de la mesure. Si cet essai est effectué, il est recommandé aux fournisseurs et aux clients de mener une étude et un examen détaillés et de déterminer la mesure par contrat.

6.5 Mesure en condition de vieillissement accéléré

Seul l'oscillateur destiné à être mesuré doit être réglé à la température et à la durée conformément aux spécifications correctement sélectionnées pour le bain de température avant d'être immobilisé. Le vieillissement accéléré doit alors être mesuré.

7 Autres éléments à observer

Des précautions doivent être prises pour obtenir des résultats de mesures compréhensibles par les fournisseurs comme par les clients. Ceci est réalisable en éliminant toute possibilité de bruit électronique dans le système de mesure provenant de la source d'alimentation et en

prêtant également attention à la gigue de phase des dispositifs appliqués au système de mesure ou qui seront installés autour du système.

8 Divers

Étant donnée la quantité de gigue de phase des oscillateurs à quartz, des oscillateurs SAW et des modules dont une fonction de multiplication ou de division est basée sur ces oscillateurs, les clients et les fournisseurs doivent mener une étude et un examen détaillés pour déterminer la gigue de phase par contrat.

Annexe A (normative)

Méthode de calcul de la quantité de gigue de phase

A.1 Généralités

La présente annexe donne la méthode de calcul de la quantité de gigue de phase à partir des résultats de la mesure du bruit de phase.

A.2 Explication

Lorsque la quantité de gigue de phase est calculée à partir des résultats de la mesure du bruit de phase, il est possible de déterminer la valeur efficace de la gigue. Des détails sont donnés ci-dessous.

Si un système de mesure du bruit de phase ou un analyseur de spectre est utilisé, la gigue de phase peut être analysée comme les composantes de la fréquence qui peuvent être utilisées afin d'analyser les causes de la gigue de phase. Avec la mesure de la gigue de phase effectuée à partir du système de mesure du bruit de phase, une quantité très faible de gigue de phase, qui ne peut être mesurée au moyen d'autres méthodes de mesure de gigue, peut être mesurée. Par conséquent, le système de mesure du bruit de phase est approprié pour l'évaluation des dispositifs particulièrement stables, tels que les oscillateurs à quartz. Quant aux signaux des oscillateurs à quartz, divers types de formes d'ondes de signal, tels que les ondes sinusoïdales et les ondes carrées, sont demandés par les clients. Parmi ces ondes, comme pour les signaux sinusoïdaux, l'application du système de mesure du bruit de phase est théorique et approprié. Cependant, pour les signaux à onde carrée, il n'existe à ce jour aucune autre méthode permettant de mesurer avec exactitude des quantités très faibles de gigue de phase. C'est pourquoi malgré l'existence de facteurs d'amplification d'erreur, le système de mesure du bruit de phase reste le système à appliquer, même aux signaux à ondes carrées.

En général, lorsque les résultats des mesures d'un bruit de phase à BLU d'oscillateurs à quartz sont étudiés, le décalage de fréquence dans l'axe horizontal est indiqué sous la forme de 10 Hz à 1 MHz, de 1 Hz à 1 MHz et de 1 Hz à 10 MHz dans la plupart des cas. Plus particulièrement, pour le décalage de fréquence supérieur ou égal à 10 kHz comme niveau du plancher, la fréquence décalée est décrite comme 1 MHz ou 10 MHz. Ce décalage de fréquence est obtenu à l'aide des filtres fournis avec l'appareil de mesure.

En revanche, comme pour la gigue de phase, les filtres de ce type n'étant pas obligatoires, les valeurs de mesure peuvent être obtenues quel que soit l'écart de fréquence. Par conséquent, aucune coïncidence absolue ne peut être maintenue pour les valeurs de la mesure du bruit de phase ni pour les valeurs de la mesure de la gigue de phase. Cependant, pour les oscillateurs dont la quantité de gigue de phase est très faible comme les oscillateurs à quartz, les valeurs de la mesure du bruit de phase et de la gigue de phase doivent être corrélées, permettant d'utiliser le bruit de phase et la gigue de phase pour des questions pratiques.

A.3 Relations entre le bruit de phase et la gigue de phase

Lorsque les modulations de phase sont démodulées par un détecteur de phase (en convertissant les fluctuations de phase en fluctuations de tension), la relation entre la phase et la tension peut être exprimée par l'équation (A.1), où κ_ϕ est une constante, et l'unité est κ_ϕ (V/rad).

$$\Delta V_{\text{out}} = K_{\phi} \times \Delta \phi \quad (\text{A.1})$$

Lorsque les fluctuations de phase converties sont mesurées par un analyseur de spectre, la relation peut être exprimée par l'Equation (A.2).

$$\Delta V_{\text{rms}}(f) = K_{\phi} \times \Delta \phi_{\text{rms}}(f) \text{ (V)} \quad (\text{A.2})$$

où, si $S_{\text{vms}}(f)$ est défini comme la fonction de la densité spectrale des fluctuations de la tension (fluctuations de sortie du détecteur de phase) lors de la mesure, la fonction de la densité spectrale des fluctuations de phase peut être exprimée par l'Equation (A.3).

$$\begin{aligned} S_{\phi}(f) &= \frac{(\Delta \phi_{\text{rms}}(f))^2}{B} \\ &= \frac{(\Delta V_{\text{rms}}(f))^2}{K_{\phi}^2 \times B} \\ &= \frac{S_{\text{vms}}(f)}{K_{\phi}^2} \left(\frac{\text{rad}^2}{\text{Hz}} \right) \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

Lorsque les résultats sont convertis en bruit de phase à bande latérale unique (BLU) comme représenté ci-dessous, le bruit de phase à BLU peut être exprimé par l'Equation (A.4).

$$L(f) = \frac{S_{\phi}(f)}{2} \quad (\text{A.4})$$

où $S_{\phi}(f)$ représente une valeur en dB par rapport à 1 rad, ainsi que la fonction de densité spectrale de puissance des fluctuations de phase, et $L(f)$ représente le bruit de phase à bande latérale unique (BLU).

Un écart total de phase dans la bande sélectionnée, appelée gigue de phase, peut être exprimé par les Equations (A.5) et (A.6).

$$\Phi = \sqrt{\int_A^B S_{\phi}(f) \times df} \text{ (rad)} \quad (\text{A.5})$$

$$\Phi = \sqrt{\int_A^B 2 \cdot L(f) \times df} \text{ (rad)} \quad (\text{A.6})$$

Ainsi, les parties contrastées (zone de bruit de phase à BLU) présentées à la Figure A.1 peuvent être désignées comme la gigue de phase.

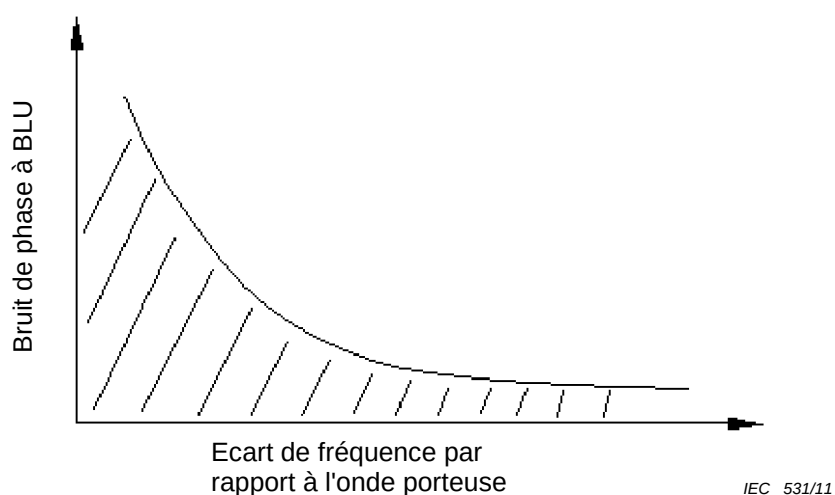


Figure A.1 – Schéma conceptuel du bruit de phase à BLU

Cette zone correspond à la gigue en valeur efficace. Dans ce cas, si la gamme de fréquences d'écart est différente, la valeur du calcul de la gigue de phase est également modifiée. Puisque l'application représente un raccourci de cette méthode, il convient d'accorder une attention particulière au calcul de la gigue de phase à partir du bruit de phase à BLU.

Bibliographie

- [1] EVA S. FERRE-PIKAL, *PM and AM Noise Measurement Techniques – Part I*, IEEE I.F.C.S. Tutorials, 2003 available at < http://www.ieee-uffc.org/freqcontrol/tutorials/Ferre_Pikal_2002_files/frame.htm>
 - [2] IEEE, *Special Issue on Frequency Stability, Proc.*, Volume 54, No.2, 1966-2
 - [3] IEC/TS 61994-3: 2004, *Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection – Glossary – Part 3: Piezoelectric and dielectric oscillators*
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch