

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61580-3

Première édition
First edition
1997-06

**Méthodes de mesure appliquées
aux guides d'ondes –**

**Partie 3:
Variation du temps de groupe**

Methods of measurement for waveguides –

**Part 3:
Variation of group delay**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61580-3: 1997

Numéros des publications

Les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000 dès le 1er janvier 1997.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61580-3

Première édition
First edition
1997-06

**Méthodes de mesure appliquées
aux guides d'ondes –**

**Partie 3:
Variation du temps de groupe**

Methods of measurement for waveguides –

**Part 3:
Variation of group delay**

© IEC 1997 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

J

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	6
2 Généralités	6
3 Principe	6
4 Montages d'essai	8
4.1 Montage d'essai 1	8
4.1.1 Equipement d'essai	10
4.1.2 Procédure	12
4.1.3 Expression des résultats	12
4.2 Montage d'essai 2	12
4.2.1 Equipement d'essai	14
4.2.2 Procédure	16
4.2.3 Expression des résultats	16
5 Exigences	16
Figures	
1 Montage d'essai 1	10
2 Montage d'essai 2	14

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61580-3:1997

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object.....	7
2 General	7
3 Principle	7
4 Test set-up	9
4.1 Test set-up 1	9
4.1.1 Test equipment	11
4.1.2 Procedure	13
4.1.3 Expression of results.....	13
4.2 Test set-up 2	13
4.2.1 Test equipment	15
4.2.2 Procedure.....	17
4.2.3 Expression of results.....	17
5 Requirements	17
Figures	
1 Test set-up 1.....	11
2 Test set-up 2.....	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURE APPLIQUÉES AUX GUIDES D'ONDES –

Partie 3: Variation du temps de groupe

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61580-3 a été établie par le sous-comité 46B: Guides d'ondes et dispositifs accessoires, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs et accessoires pour communications et signalisation.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
46B/224/FDIS	46B/227/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF MEASUREMENT FOR WAVEGUIDES –**Part 3: Variation of group delay**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61580-3 has been prepared by subcommittee 46B: Waveguides and their accessories, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, R.F. connectors and accessories for communication and signalling.

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

FDIS	Report on voting
46B/224/FDIS	46B/227/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.

MÉTHODES DE MESURE APPLIQUÉES AUX GUIDES D'ONDES –

Partie 3: Variation du temps de groupe

1 Domaine d'application et objet

Cette partie de la CEI 61580 est applicable à la variation de temps de groupe des ondes propagées dans les guides d'ondes ou ensembles de guides d'ondes. L'objectif des méthodes d'essai données ci-dessous est de caractériser la variation du temps de groupe d'une onde propagée dans les guides d'ondes ou ensembles de guides d'ondes.

2 Généralités

La variation du temps de groupe d'un guide d'ondes en fonction de la fréquence décrit les variations de la dérivée ou de la pente de la caractéristique de phase dans la bande de fréquence. La variation de temps de groupe également souvent appelée distorsion du temps de groupe est présente dans tous les guides d'ondes ayant un mode de propagation des ondes avec une dépendance non linéaire de la fréquence sur la longueur d'onde. De plus des variations dimensionnelles le long du guide d'ondes, des réflexions simples ou multiples, des structures de filtres, des propagations multimode, etc. peuvent causer des variations additionnelles de temps de groupe.

Des signaux de bande non nulle transmis dans des médias présentant de grandes variations du temps de groupe peuvent être altérés de telle manière que dans le cas extrême, les informations contenues dans la bande ne peuvent être restaurées.

3 Principe

Trois principales mesures sont actuellement utilisées:

- a) la différentiation numérique statique;
- b) la mesure en modulation d'amplitude (AM);
- c) la mesure en modulation de fréquence (FM).

Les méthodes a) et c) demandent des équipements d'essai onéreux et/ou compliqués, ainsi l'assemblage d'un montage d'essai à partir d'éléments singuliers peut ne pas être recommandé. Cependant, des équipements d'essai dédiés, procurent des mesures précises de variations de temps de groupe avec une représentation convenable des données.

La méthode b) peut être montée à partir d'équipements standards de laboratoire d'essais RF.

Pour les essais, un signal RF modulé ou non est envoyé dans le guide d'ondes en essai (WUT). A la sortie, la phase du signal RF (ou du signal démodulé) est comparée avec la phase de référence à l'entrée du WUT.

METHODS OF MEASUREMENT FOR WAVEGUIDES –

Part 3: Variation of group delay

1 Scope and object

This part of IEC 61580 is applicable to the variation of group delay of a wave propagated in waveguide or waveguide assemblies. The objective of the test procedures given below is to characterize the group delay variation of a wave propagated in waveguide or waveguide assemblies.

2 General

Group delay variation of a waveguide versus frequency, describes the variations of the derivative or the slope of the phase characteristic within the bandwidth. Group delay variation, often referred to as group delay distortion also, is found in all waveguide with wave propagation modes having a non-linear dependence of frequency on wavelength. Furthermore, dimensional variations along waveguide, single or multiple reflections, filter structures, multi-mode propagation, etc. can cause additional group delay variations.

Signals of non-zero bandwidth transmitted through media exhibiting large group delay variations can be altered in such a way that, in the extreme case, the information contained in the bandwidth cannot be restored.

3 Principle

Three main measurement principles are currently used:

- a) static numerical differentiation;
- b) AM measurement;
- c) FM measurement.

Methods a) and c) require expensive and/or complicated test equipment, therefore assembling a test set-up from single components can not be recommended. However, dedicated test equipment does provide accurate group delay variation measurements with convenient data presentation.

Method b) can be assembled from current RF-laboratory test equipment.

For the test, an unmodulated or modulated RF-signal is sent through the waveguide under test (WUT). At the output, the phase of the RF signal (or of the demodulated signal) is compared with the reference phase at the input of the WUT.

La variation du temps de groupe est alors dérivée en utilisant des calculs ou traitements de signaux basés sur la formule

$$\begin{aligned}\Delta\tau &= \tau(\omega) - \tau(\omega_0) \\ \tau(\omega) &= \frac{-d\phi}{d\omega} = \frac{-1 \times d\phi}{2\pi \times df}\end{aligned}\quad (1)$$

où

- τ est le temps de groupe en secondes;
- $\Delta\tau$ est la variation du temps de groupe;
- ϕ est la phase de transmission en radians;
- ω est la fréquence en radians;
- f est la fréquence en hertz.

NOTE – La comparaison des mesures de variations de temps de groupe par la mesure directe de la phase (et calculs complémentaires) avec les résultats des méthodes à porteuse modulée peut être difficile. Une compensation pour la largeur de modulation en fonction de la largeur des pas discrets peut être nécessaire dans la routine de calcul.

4 Montages d'essai

Deux montages d'essai sont décrits ci-dessous. La figure 1 décrit un montage à utiliser pour les méthodes a) b) ou c) permettant une mesure directe des variations de temps de groupe. La figure 2 décrit un montage d'essai à utiliser pour la méthode b). Il peut être assemblé à partir d'éléments de laboratoire d'essais standards. Des calculs additionnels pour dériver la valeur correcte du temps de groupe sont nécessaires.

4.1 Montage d'essai 1

Ce montage d'essai utilise un analyseur de réseaux qui mesure directement la phase à deux fréquences étroitement espacées et puis calcule la pente (approximation de la dérivée).

REMARQUE – Il convient de faire attention à l'intervalle entre les deux fréquences (appelé «ouverture»). Augmenter l'ouverture tend à moyenniser des petites variations du temps de groupe car les petites variations de phases sont perdues. Des erreurs surviennent lorsqu'il y a plus de 180° de décalage de phase entre deux points adjacents. Cependant pour une incertitude de résolution <1% on doit maintenir un décalage de phase >1° entre deux points de fréquence.

Group delay variation is then derived using computation or signal processing based on the formula:

$$\begin{aligned}\Delta\tau &= \tau(\omega) - \tau(\omega_0) \\ \tau(\omega) &= \frac{-d\phi}{d\omega} = \frac{-1 \times d\phi}{2\pi \times df}\end{aligned}\quad (1)$$

where

- τ is the group delay in seconds;
- $\Delta\tau$ is the variation of group delay;
- ϕ is the transmission phase in radians;
- ω is the frequency in radians;
- f is the frequency in hertz.

NOTE – The comparison of group delay variation measurements obtained by direct phase measurement (and subsequent computation) with test results from a modulated carrier method may be difficult. Compensation for the modulation bandwidth in respect to the discrete step-width in the computation routine for group delay calculation may be necessary.

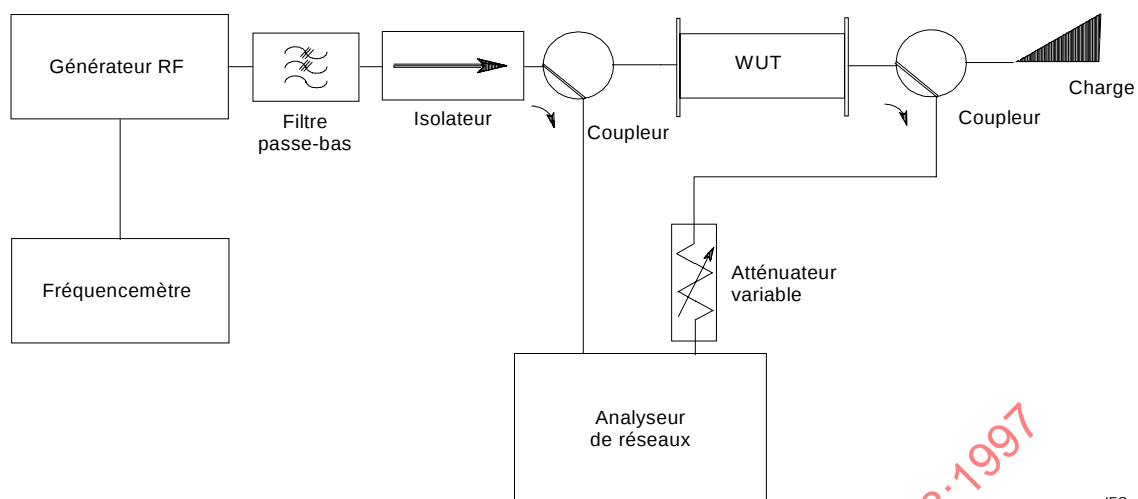
4 Test set-up

Two test set-ups are described below. Figure 1 describes a test set-up to be used for any of the methods a), b), or c) allowing direct measurement of group delay variation. Figure 2 describes a test set-up to be used for method b). It can be assembled from standard laboratory test equipment. Additional computation for deriving the correct group delay values is necessary.

4.1 Test set-up 1

This test set-up uses a network analyzer which directly measures the phase at two closely spaced frequencies and then computes the slope (approximation of the derivative).

REMARK – Attention should be paid to the interval between the two frequencies (called "aperture"). Increasing the aperture tends to average out fine grain variations in the group delay data because the fine grain variations in the phase data are lost. Errors will occur when there is more than 180° of phase shift between adjacent frequency points. However, for <1% resolution uncertainty, one must maintain >1° phase shift between frequency points.



IEC 869/97

Figure 1 – Montage d'essai 1

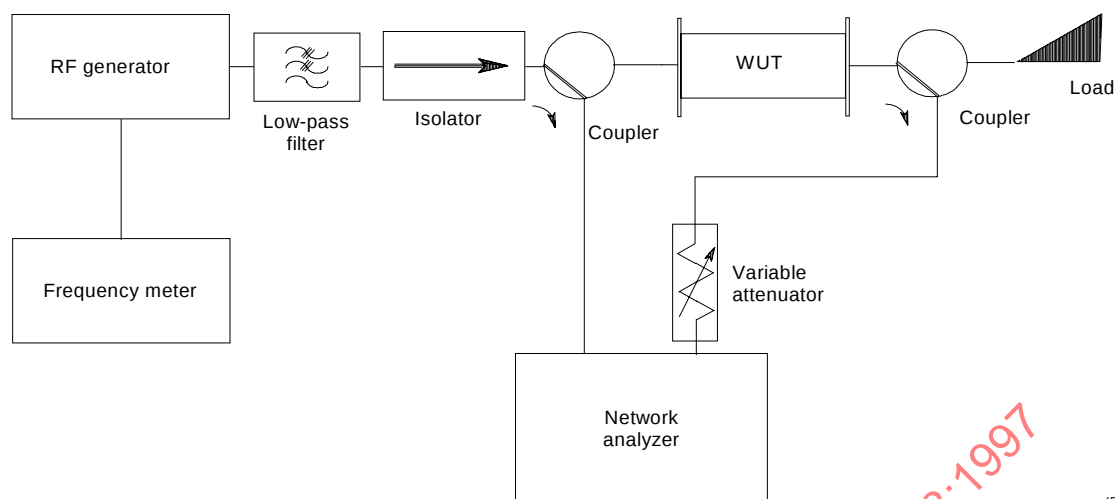
4.1.1 Equipement d'essai

L'équipement d'essai selon la figure 1 est composé de:

- un générateur RF (voir remarque 1)
- un filtre passe-bas (voir remarque 2)
- un isolateur (voir remarque 3)
- des coupleurs directionnels (voir remarque 4)
- un atténuateur (voir remarque 5)
- une charge (voir remarque 6)
- un analyseur de réseaux (voir remarque 7)

REMARQUES:

- 1) Il convient que le générateur ait une précision en fréquence suffisante à la mesure à faire. Dans la plupart des cas un synthétiseur devrait être nécessaire.
- 2) Peut être enlevé en fonction du niveau des parasites harmoniques.
- 3) Peut être enlevé lorsque les pertes de réflexion de la transition guide/coax sont meilleures que 26 dB.
- 4) Directivité > 40 dB.
Pertes de réflexion de la voie incidente > 26 dB.
- 5) Optionnel, selon l'analyseur de réseaux.
- 6) Charge, pertes de réflexion meilleures que 40 dB.
- 7) Des analyseurs de réseaux incluent le générateur et les coupleurs directionnels. Dans ce cas, il convient d'utiliser les routines internes de corrections d'erreurs.



IEC 869/97

Figure 1 – Test set-up 1

4.1.1 Test equipment

The test equipment according to figure 1 consists of:

- RF-generator (see remark 1)
- low-pass filter (see remark 2)
- isolator (see remark 3)
- directional couplers (see remark 4)
- attenuator (see remark 5)
- load (see remark 6)
- network analyzer (see remark 7)

REMARKS:

- 1) The generator should have a sufficient frequency accuracy for the measure to be performed. In the most of cases a synthesizer should be necessary.
- 2) May be omitted depending on the level of harmonics.
- 3) May be omitted where the return loss of the coaxial to waveguide transition is better than 26 dB.
- 4) Directivity > 40 dB.
Main line return loss > 26 dB.
- 5) Optional, depending on network analyzer.
- 6) Load; return loss better than 40 dB.
- 7) Some network analyzers provide built-in generator and directional couplers. If available, built-in error correction routines should be used.

4.1.2 Procédure

- Si applicable procéder à l'étalonnage de l'analyseur de réseaux selon les instructions du fabricant.
- Connecter l'une à l'autre les deux sorties de l'équipement d'essai pour établir une ligne étalon. La ligne étalon sert non seulement à mesurer les variations de temps de groupe mais aussi à vérifier le retard absolu produit par la longueur électrique du WUT.
- Insérer le WUT. Si nécessaire décaler l'analyseur de réseaux pour compenser le retard absolu.
- Enregistrer les variations du temps de groupe du WUT.

Attention: Pour des mesures de variations de temps de groupe dans la gamme des nanosecondes, il faut que les sorties de l'instrumentation soient étroitement adaptées à l'impédance caractéristique spécifiée ou aux dimensions du guide d'ondes.

4.1.3 Expression des résultats

Les variations du temps de groupe peuvent être lues comme une fonction directe de la fréquence sur la courbe enregistrée.

4.2 Montage d'essai 2

La porteuse RF est modulée en amplitude (AM) et la variation du temps de groupe est mesurée comme une fonction de la distorsion de l'enveloppe du signal modulé.

Après être passé dans le WUT, le signal modulé est démodulé (détecteur). Dans le comparateur de phase, les signaux démodulé et de référence produisent un signal de sortie selon la formule suivante:

$$\tau(\omega) = \frac{-1 \times \Delta\phi}{2\pi \times f_m} \quad (2)$$

où:

- τ est le temps de groupe en secondes;
- $\Delta\phi$ est la variation de phase de la modulation en radians;
- f_m est la fréquence de la modulation en hertz.

NOTE – Des variations rapides du temps de groupe du WUT peuvent être moyennées si la fréquence de modulation est trop grande. Il convient donc d'utiliser des fréquences différentes de modulation pour les mesures.

REMARQUES – Il faut choisir une amplitude moyenne de modulation (~50 %). Si le facteur de modulation est trop petit, la réponse sera pauvre, s'il est trop élevé, il peut engendrer des distorsions de phase dans les modulateur et détecteur utilisés.

4.1.2 Procedure

- If applicable, perform network analyzer calibration according to the manufacturer's instructions.
- Connect the two test ports of the test equipment together to establish a calibration line. This calibration line serves not only for measuring the group delay variation but also checks for the absolute delay produced by the electrical length of the WUT.
- Insert the WUT. Offset the network analyzer to compensate for the absolute delay if necessary.
- Record the group delay variation of the WUT.

Caution: For group delay variation measurements in the Nanosecond-range, the test ports of the instrumentation must be very closely matched to the specified characteristic impedance or waveguide dimension.

4.1.3 Expression of results

The group delay variation can be read as a function of frequency directly from the recorded curve.

4.2 Test set-up 2

The RF carrier is amplitude modulated and the group delay variation is measured as a function of the distortion of the envelope of the modulated signal.

After passing through the WUT, the modulated signal is demodulated (detector). In the phase comparator, the demodulated signal and the reference signal produce an output signal according to the following formula:

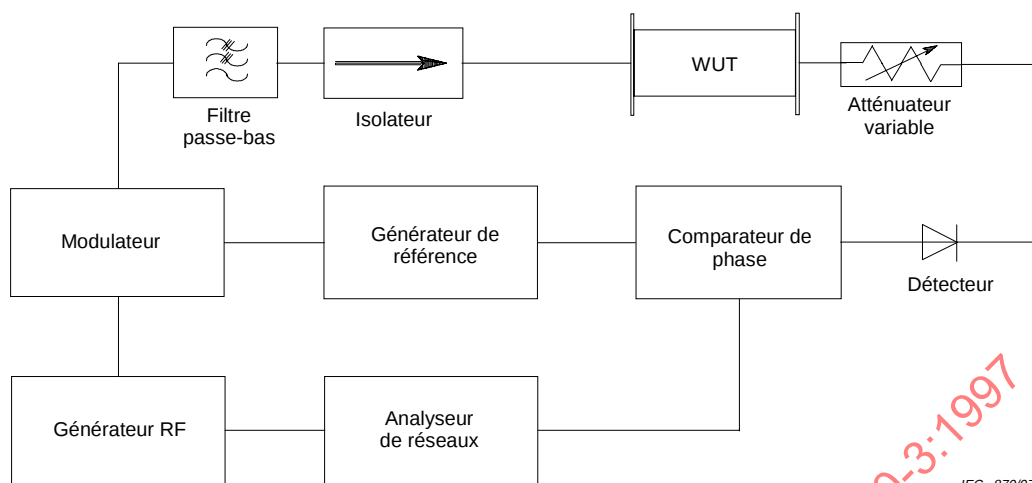
$$\tau(\omega) = \frac{-1 \times \Delta\phi}{2\pi \times f_m} \quad (2)$$

where

- τ is the group delay in seconds;
- $\Delta\phi$ is the variation of phase of modulation in radians;
- f_m is the frequency of the modulation in hertz.

NOTE – Fast variations in the group delay response of the WUT can be averaged out, if the modulation frequency is too large. Therefore, different modulation frequencies should be used during the measurements.

REMARKS – A medium amplitude modulation factor (~50 %) has to be chosen. If the modulation factor is too small, the response will be poor; if it is too large, it could lead to phase distortions in the modulator/detector used.



IEC 870/97

Figure 2 – Montage d'essai 2

4.2.1 Equipement d'essai

L'équipement d'essai selon la figure 2 est composé de:

- un générateur RF à balayage
- un filtre passe-bas (voir remarque 1)
- un modulateur d'amplitude (voir remarque 2)
- un isolateur (voir remarque 3)
- un atténuateur variable (voir remarque 4)
- un détecteur (voir remarque 5)
- un générateur de référence (voir remarque 6)
- un comparateur de phase (voir remarque 6)
- un enregistreur

REMARQUES:

- 1) En fonction du niveau des parasites harmoniques peut être enlevé.
- 2) Il convient que le modulateur d'amplitude soit exempt de modulation de phase.
- 3) Peut être enlevé lorsque les pertes de réflexion de la transition guide/coax sont meilleures que 26 dB et si le détecteur est suffisamment linéaire sur l'étendue de la variation d'amplitude.
- 4) Optionnel, selon l'analyseur de réseaux.
- 5) Il faut soigneusement contrôler la linéarité du détecteur en fonction des variations d'amplitude.
- 6) Le générateur de référence et le comparateur de phase peuvent être remplacés par un analyseur de réseaux basse fréquence.