

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62007-2

Première édition
First edition
1997-09

**Dispositifs optoélectroniques à semiconducteurs
pour application dans les systèmes
à fibres optiques –**

**Partie 2:
Méthodes de mesure**

**Semiconductor optoelectronic devices
for fibre optic system applications –**

**Part 2:
Measuring methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62007-2:1997

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les 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**

62007-2

Première édition
First edition
1997-09

**Dispositifs optoélectroniques à semiconducteurs
pour application dans les systèmes
à fibres optiques –**

**Partie 2:
Méthodes de mesure**

**Semiconductor optoelectronic devices
for fibre optic system applications –**

**Part 2:
Measuring methods**

© 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

XA

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application.....	8
2 Références normatives	8
3 Méthodes de mesure pour les photoémetteurs	8
3.1 Flux énergétique ou courant direct des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge et des diodes laser avec ou sans fibre amorce	8
3.2 Temps de commutation d'une diode émettrice en infrarouge et d'une diode électroluminescente avec ou sans fibre amorce	10
3.3 Fréquence de coupure en petits signaux (f_c) des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge et des diodes laser avec ou sans fibre amorce	14
3.4 Courant de seuil des diodes laser avec ou sans fibre amorce.....	16
3.5 Bruit relatif en intensité des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge et des diodes laser avec ou sans fibre amorce	20
3.6 Temps de commutation d'une diode laser avec ou sans fibre amorce.....	22
3.7 Rapport porteur sur bruit des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge, des diodes laser et d'un module laser avec ou sans fibre amorce	26
3.8 Paramètre S_{11} des diodes laser, électroluminescentes et émettrices en infrarouge, des modules laser avec ou sans fibre amorce	30
3.9 Rapport de contrôle d'un module laser avec fibres amorces, avec ou sans élément refroidisseur.....	34
3.10 Largeur spectrale de mode d'une diode laser avec ou sans fibre amorce.....	36
3.11 Courant de modulation correspondant à 1 dB de compression ($I_{F(1\text{ dB})}$) dans les diodes électroluminescentes et les diodes émettrices en infrarouge ...	40
3.12 Distorsion d'intermodulation «deux tons» (D_{12}, D_{21}) des diodes électroluminescentes et diodes émettrices en infrarouge	44
3.13 Longueur d'onde centrale ($\bar{\lambda}$) et largeur efficace du spectre ($\Delta\lambda_{\text{eff}}$) des diodes laser et des modules à diodes laser	48
3.14 Distorsions composites des diodes laser ou des modules laser pour les systèmes ou sous-systèmes de transmission analogique par fibres optiques	52
3.15 Distorsions de second et de troisième ordres des diodes laser ou des modules laser pour les systèmes ou sous-systèmes de transmission analogique par fibres optiques.....	58
3.16 Rendement différentiel (η_d) d'une diode laser avec/sans fibre amorce ou d'un module laser	62
3.17 Résistance différentielle r_d d'une diode laser avec/sans fibre amorce	64
4 Méthodes de mesure pour les dispositifs photosensibles.....	66
4.1 Bruit d'une photodiode PIN	68
4.2 Facteur d'excès de bruit d'une photodiode à avalanche avec ou sans fibre amorce	70

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Measuring methods for photoemitters	9
3.1 Radiant power or forward current of light-emitting diodes (LED), infrared-emitting diodes (IRED) and laser diodes with or without pigtails	9
3.2 Switching times of infrared-emitting diode and light-emitting diode with or without pigtails	11
3.3 Small signal cut-off frequency (f_c) of light-emitting diodes (LED), infrared-emitting diodes (IRED) and laser diodes with or without pigtails	15
3.4 Threshold current of laser diodes with or without pigtails	17
3.5 Relative intensity noise of light-emitting diodes (LED), infrared-emitting diodes (IRED) and laser diodes with or without pigtails	21
3.6 Switching times of a laser diode with or without pigtails	23
3.7 Carrier to noise ratio of light-emitting diodes, infrared-emitting diodes, laser diodes and a laser module with or without pigtails	27
3.8 S_{11} parameter of infrared emitting diodes, light-emitting diodes, laser diodes, laser modules with or without pigtails	31
3.9 Tracking error for a laser module with pigtails, with or without cooler	35
3.10 Spectral linewidth of a laser diode with or without pigtails	37
3.11 Modulation current at 1 dB efficacy compression ($I_{F(1\text{ dB})}$) of light emitting diodes (LED) and infrared emitting diodes (IRED)	41
3.12 Two-tone intermodulation distortion (D_{12} , D_{21}) of light emitting diodes (LED) and infrared emitting diodes (IRED)	45
3.13 Central wavelength (λ) and r.m.s. spectrum bandwidth ($\Delta\lambda_{\text{rms}}$) of laser diode or laser diode modules	49
3.14 Composite distortions of laser diodes or laser modules for fibre optic analogue transmission systems or subsystems	53
3.15 Second-order and third-order intermodulation distortions of laser diodes or laser modules for fibre optic analogue transmission systems or subsystems	58
3.16 Differential efficiency (η_d) of a laser diode with/without pigtail or a laser module	63
3.17 Differential (forward) resistance r_d of a laser diode with/without pigtail	65
4 Measuring methods for sensitive devices	67
4.1 Noise of a PIN photodiode	69
4.2 Excess noise factor of an avalanche photodiode with or without pigtails	71

Articles	Pages
4.3 Fréquence de coupure en petits signaux d'une photodiode avec ou sans fibre amorce	74
4.4 Facteur de multiplication d'une photodiode à avalanche avec ou sans fibre amorce	76
4.5 Temps de commutation d'une photodiode PIN ou d'une photodiode à avalanche avec ou sans fibre amorce	80
4.6 Sensibilité d'un module PIN-FET	84
4.7 Réponse en fréquence ($\Delta S/S$) d'un module PIN-FET	88
4.8 Densité spectrale de bruit $P_{no,\lambda}$ en sortie d'un module PIN-FET	90
4.9 Densité spectrale de bruit en basse fréquence ($P_{no,\lambda,LF}$) et de la fréquence de remontée du bruit basse fréquence (f_{cor}) en sortie d'un module PIN-FET	94
4.10 Puissance minimale détectable d'un module PIN-FET	96
Annexe A (informative) – Index des références croisées	102

Clause	Page
4.3 Small-signal cut-off frequency of a photodiode with or without pigtails	75
4.4 Multiplication factor of an avalanche photodiode (APD) with or without pigtails	77
4.5 Switching times of a PIN photodiode or an avalanche photodiode (APD) with or without pigtails	81
4.6 Responsivity of a PIN-FET module	85
4.7 Frequency response flatness ($\Delta S/S$) of a PIN-FET module.....	89
4.8 Output noise power (spectral) density $P_{no,\lambda}$ of a PIN-FET module.....	91
4.9 Low frequency output noise power (spectral) density ($P_{no,\lambda,LF}$) and corner frequency (f_{cor}) of a PIN-FET module	95
4.10 Minimum detectable power of PIN-FET module.....	97
Annex A (informative) – Cross references index.....	103

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS OPTOÉLECTRONIQUES À SEMICONDUCTEURS POUR APPLICATION DANS LES SYSTÈMES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 2: Méthodes de mesure

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 62007-2 a été établie par le comité d'études 47C: Dispositifs optoélectroniques, d'affichage et d'imagerie, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette première édition remplace partiellement la deuxième édition de la CEI 60747-5 (1992) et son amendement 1 et constitue une révision technique (voir également l'annexe A: Index des références croisées).

Elle doit être lue conjointement avec les CEI 60747-5-1, CEI 60747-5-2, CEI 60747-5-3 et la CEI 62007-1.

Le domaine couvert par cette norme sera désormais placé sous la responsabilité du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Le texte de cette norme est issu de la CEI 60747-5 (1992) et son amendement 1 et en partie des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86/113/FDIS	86/114/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.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR OPTOELECTRONIC DEVICES
FOR FIBRE OPTIC SYSTEM APPLICATIONS –****Part 2: Measuring methods**

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 62007-2 has been prepared by sub-committee 47C: Optoelectronic, display and imaging devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This first edition replaces partially the second edition of IEC 60747-5 (1992) and its amendment 1, and constitutes a technical revision (see also annex A: Cross references index).

It should be read jointly with IEC 60747-5-1, IEC 60747-5-2, IEC 60747-5-3 and IEC 62007-1.

The field of this standard will henceforth be placed under the responsibility of IEC technical committee 86: Fibre optics.

The text of this standard is based partly on IEC 60747-5 (1992) and its amendment 1 and partly on the following documents:

FDIS	Report on voting
86/113/FDIS	86/114/RVD

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

Annex A is for information only.

DISPOSITIFS OPTOÉLECTRONIQUES À SEMICONDUCTEURS POUR APPLICATION DANS LES SYSTÈMES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 2: Méthodes de mesure

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 62007 décrit les méthodes de mesure applicables aux dispositifs optoélectroniques à semiconducteurs utilisés dans le domaine des systèmes et sous-systèmes à fibres optiques.

2 Références normatives

Il n'y a pas de références normatives dans cette partie de la CEI 62007.

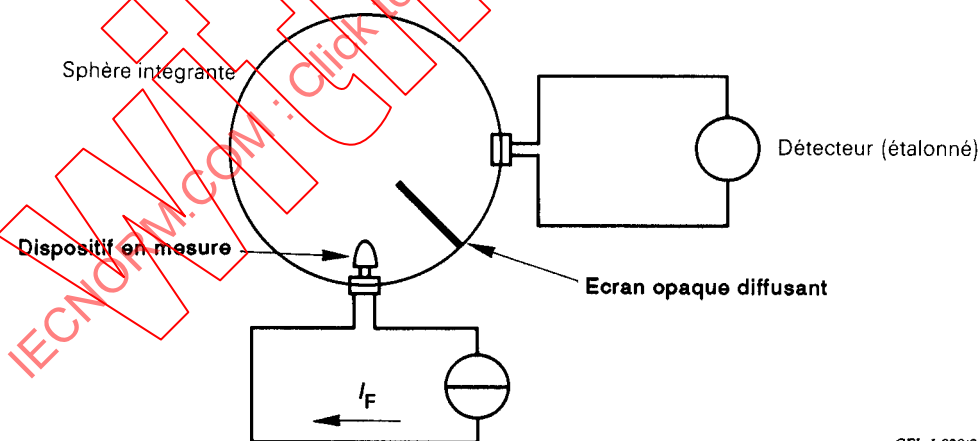
3 Méthodes de mesure pour les photoémetteurs

3.1 Flux énergétique ou courant direct des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge et des diodes laser avec ou sans fibre amorce

a) But

Mesurer le flux énergétique ϕ_e ou le courant direct I_F des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge et des diodes laser, avec ou sans fibre amorce, dans des conditions spécifiées.

b) Appareillage de mesure



CEI 1 029/91

Figure 1

c) Description de l'appareillage et exigences

Le rayonnement émis par le dispositif subit de multiples réflexions sur les parois de la sphère intégrante; cela conduit à un éclairement uniforme de la surface, proportionnel au flux émis. Un détecteur placé sur les parois de la sphère mesure cet éclairement. Un écran opaque protège le détecteur du rayonnement direct du dispositif en mesure.

SEMICONDUCTOR OPTOELECTRONIC DEVICES FOR FIBRE OPTIC SYSTEM APPLICATIONS –

Part 2: Measuring methods

1 Scope

This part of IEC 62007 describes the measuring methods applicable to the semiconductor optoelectronic devices to be used in the field of fibre optic systems and subsystems.

2 Normative references

There are no normative references in this part of IEC 62007.

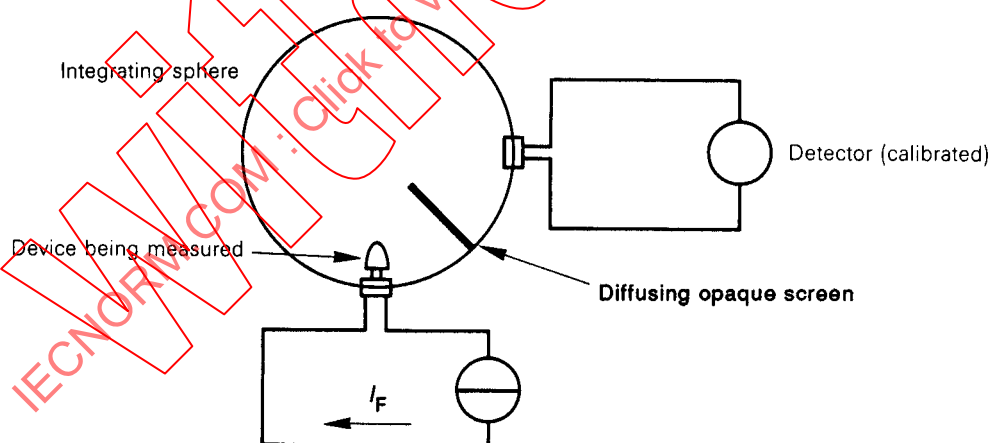
3 Measuring methods for photoemitters

3.1 Radiant power or forward current of light-emitting diodes (LED), infrared-emitting diodes (IRED) and laser diodes with or without pigtailed

a) Purpose

To measure the radiant power ϕ_e or the forward current I_F of light-emitting diodes (LED), infrared-emitting diodes (IRED) and laser diodes, with or without pigtailed, under specified conditions.

b) Measuring equipment



IEC 1 029/91

Figure 1

c) Equipment description and requirements

The radiation emitted by the device is submitted to multiple reflections from the walls of the integrating sphere; this leads to a uniform irradiance of the surface proportional to the emitted flux. A detector located in the walls of the sphere measures this irradiance. An opaque screen shields the detector from the direct radiation of the device being measured.

d) *Précautions à prendre*

Le dispositif en mesure, l'écran et les orifices doivent être petits par rapport à la surface de la sphère.

La surface interne de la sphère et l'écran doivent être recouverts d'un revêtement diffusant ayant un coefficient de réflexion élevé et uniforme (0,8 au moins).

L'ensemble sphère-détecteur doit être étalonné.

Il faut faire attention à une modification possible de la longueur d'onde d'émission maximale et du flux émis du fait de la dissipation de puissance.

Si le dispositif à mesurer fonctionne en impulsions, le détecteur doit indiquer la valeur moyenne du rayonnement mesuré.

e) *Exécution*

Introduire le dispositif émetteur entièrement dans la sphère, de façon qu'aucun rayonnement direct n'atteigne le détecteur.

Pour la mesure du flux énergétique, le courant direct spécifié I_F est appliqué au dispositif et le flux énergétique est mesuré sur le photodétecteur.

Pour la mesure du courant direct, un courant est appliqué au dispositif jusqu'à ce que le flux énergétique spécifié (ϕ_e) soit atteint. La valeur du courant relevée est celle du courant direct recherché.

f) *Conditions spécifiées*

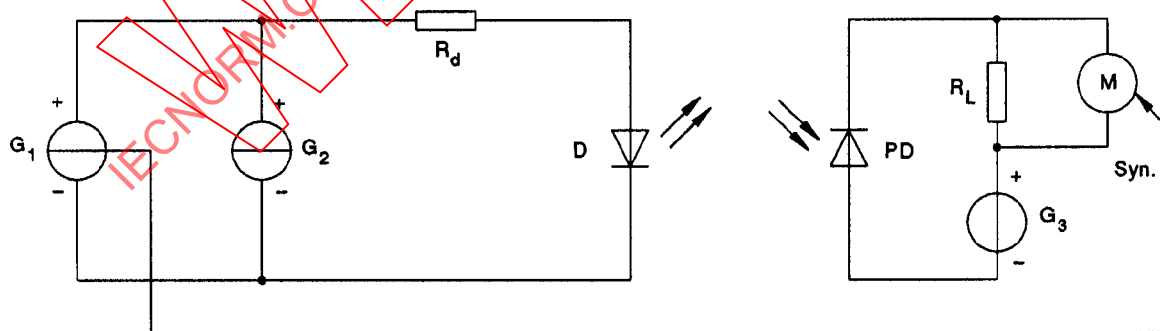
- Température ambiante ou de boîtier.
- Flux énergétique (lors de la mesure du courant direct).
- Courant direct (lors de la mesure du flux énergétique).

3.2 Temps de commutation d'une diode émettrice en infrarouge et d'une diode électroluminescente avec ou sans fibre amorce

a) *But*

Mesurer le temps d'établissement t_{on} (temps de retard à l'établissement $t_{d(on)}$ + temps de croissance t_r), et le temps de coupure t_{off} (temps de retard à la coupure $t_{d(off)}$ + temps de décroissance t_f) d'une diode émettrice en infrarouge et d'une diode électroluminescente avec ou sans fibre amorce.

b) *Schéma*



CEI 1 033/91

Figure 2

d) *Precautions to be observed*

The device being measured, the screen and the apertures shall be small compared to the sphere surface.

The inner surface of the sphere and screen shall have a diffusing coating having a high uniform reflection coefficient (0,8 minimum).

The sphere and detector assembly shall be calibrated.

Change in peak-emission wavelength and flux due to power dissipation shall be taken into account.

When the device being measured is pulsed, the detector shall average the measured radiation.

e) *Measurement procedures*

The emitting device is set at the entrance of the integrating sphere, so that no direct radiation will reach the detector.

For measurement of radiant power, the specified forward current I_F is applied to the device and the radiant power is measured on the photodetector.

For measurement of forward current, a current is applied to the device until the specified radiant power (ϕ_e) is achieved. The value of current is recorded.

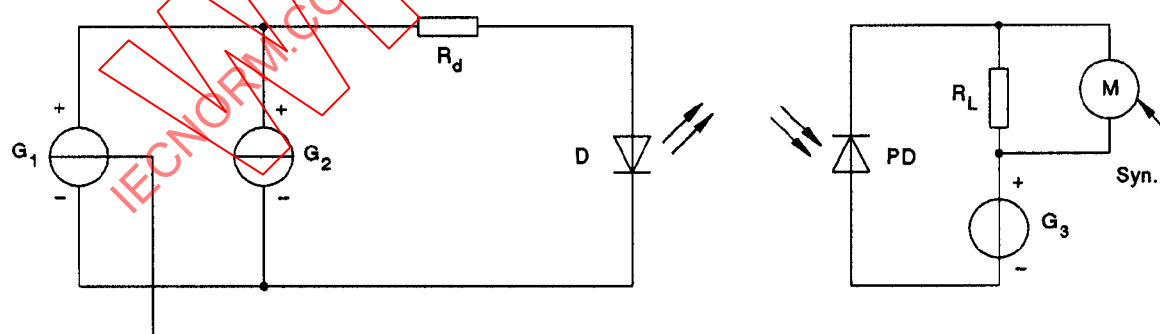
f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature.
- Radiant power (when measuring forward current)
- Forward current (when measuring radiant power)

3.2 Switching times of infrared-emitting diode and light-emitting diode with or without pigtails

a) *Purpose*

To measure the turn-on time t_{on} (turn-on delay time $t_{d(on)}$ + rise time t_r) and turn-off time t_{off} (turn-off delay time $t_{d(off)}$ + fall time t_f) of an infrared-emitting diode and light-emitting diode with or without pigtails.

b) *Circuit diagram*

CEI 1 033/91

Figure 2

c) *Description du circuit*

G_1	=	générateur d'impulsions de courant, à haute impédance
G_2	=	source de courant continu de polarisation
G_3	=	source de tension continue de polarisation
R_d	=	résistance d'adaptation d'impédance avec le générateur
D	=	dispositif en mesure
PD	=	photodiode
R_L	=	résistance de charge
M	=	appareil de mesure
Syn.	=	signal de synchronisation

d) *Précautions à prendre*

Le temps de commutation de la photodiode, le retard à la croissance du circuit et de l'appareil de mesure, les temps de croissance et de décroissance de l'impulsion du courant d'entrée doivent être suffisamment faibles pour ne pas affecter la précision de la mesure.

La puissance optique moyenne de sortie au sommet de l'impulsion optique (voir figure 3) n'est pas nécessairement équivalente au flux énergétique permanent en régime sinusoïdal que l'on obtiendrait à un courant égal à la somme du courant continu de polarisation et du courant d'entrée en impulsions.

Seul l'accès optique du dispositif en mesure doit être pris en compte.

e) *Exécution*

Appliquer le courant continu spécifié et le courant en impulsion spécifié au dispositif en mesure.

Mesurer les temps de commutation avec l'appareil de mesure M.

Le niveau 100 % du flux énergétique de sortie est la puissance de sortie moyenne obtenue au sommet de l'impulsion optique. Le niveau 0 % est une puissance optique de sortie correspondant au courant continu de polarisation.

c) *Circuit description*

- G_1 = current pulse generator, with high impedance
 G_2 = d.c. current bias source
 G_3 = d.c. voltage bias source
 R_d = resistance for matching the impedance with the generator
 D = device being measured
 PD = photodiode
 R_L = load resistance
 M = measuring instrument
 $Syn.$ = synchronization signal

d) *Precautions to be observed*

The switching time of the photodiode, the delay time of the test circuit and measuring instrument, the rise and fall times of the input current pulse shall be short enough not to affect the accuracy of the measurement.

The mean output power obtained at the top of the optical pulse (see figure 3) may not necessarily be equivalent to the c.w. radiant power at a current equal to the sum of the d.c. bias and input pulse current.

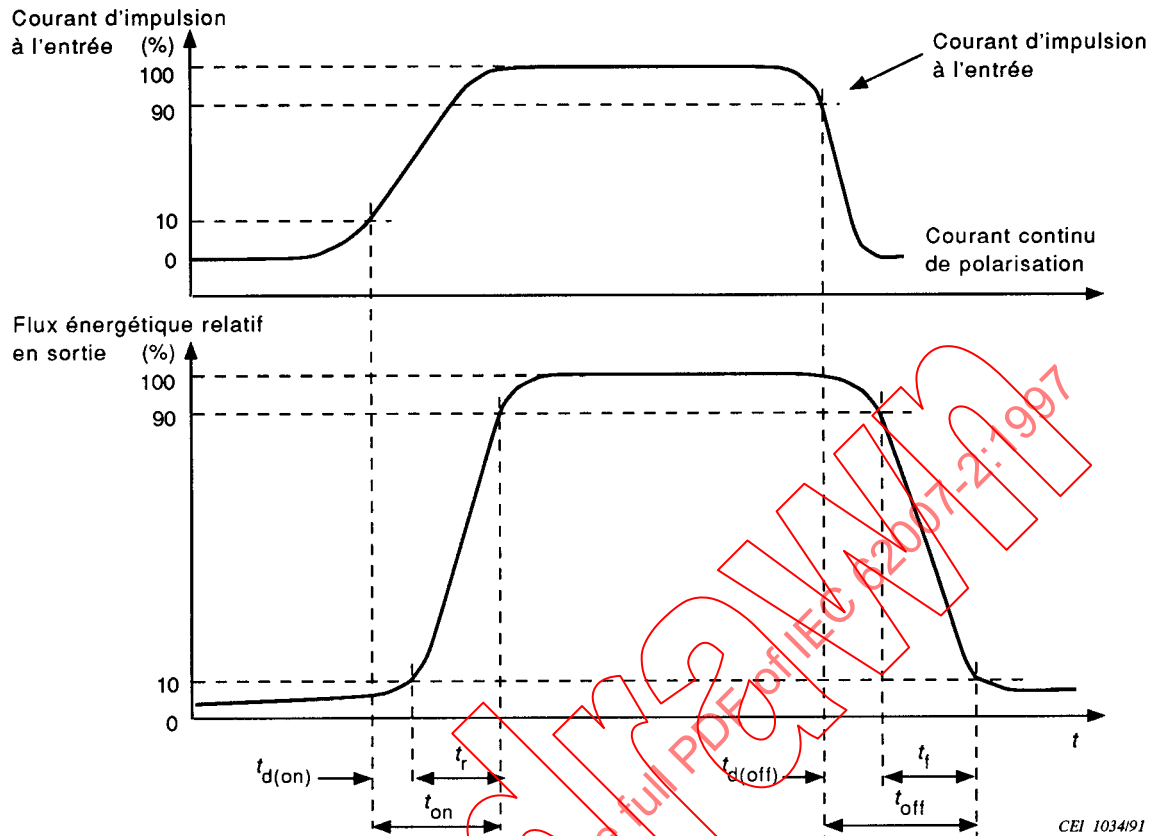
Only the optical port of the device being measured shall be considered.

e) *Measurement procedure*

Apply the specified d.c. and pulse current to the device being measured.

Measure the switching times with the measuring instrument M .

The 100 % radiant output power level is the mean output power obtained at the top of the radiant pulse. The 0 % level is the output power obtained at the d.c. bias current.



$t_{d(on)}$ = temps de retard à l'établissement t_f = temps de décroissance
 t_r = temps de croissance t_{on} = temps d'établissement
 $t_{d(off)}$ = temps de retard à la coupure t_{off} = temps de coupure

Figure 3

f) Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier.
- Courant continu de polarisation.
- Courant d'entrée en impulsion, largeur et rapport cyclique des impulsions.
- Accès optique.
- Configuration optique.

3.3 Fréquence de coupure en petits signaux (f_c) des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge et des diodes laser avec ou sans fibre amorce

a) But

Mesurer la fréquence de coupure en petits signaux (f_c) des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge et des diodes laser avec ou sans fibre amorce, dans des conditions spécifiées.

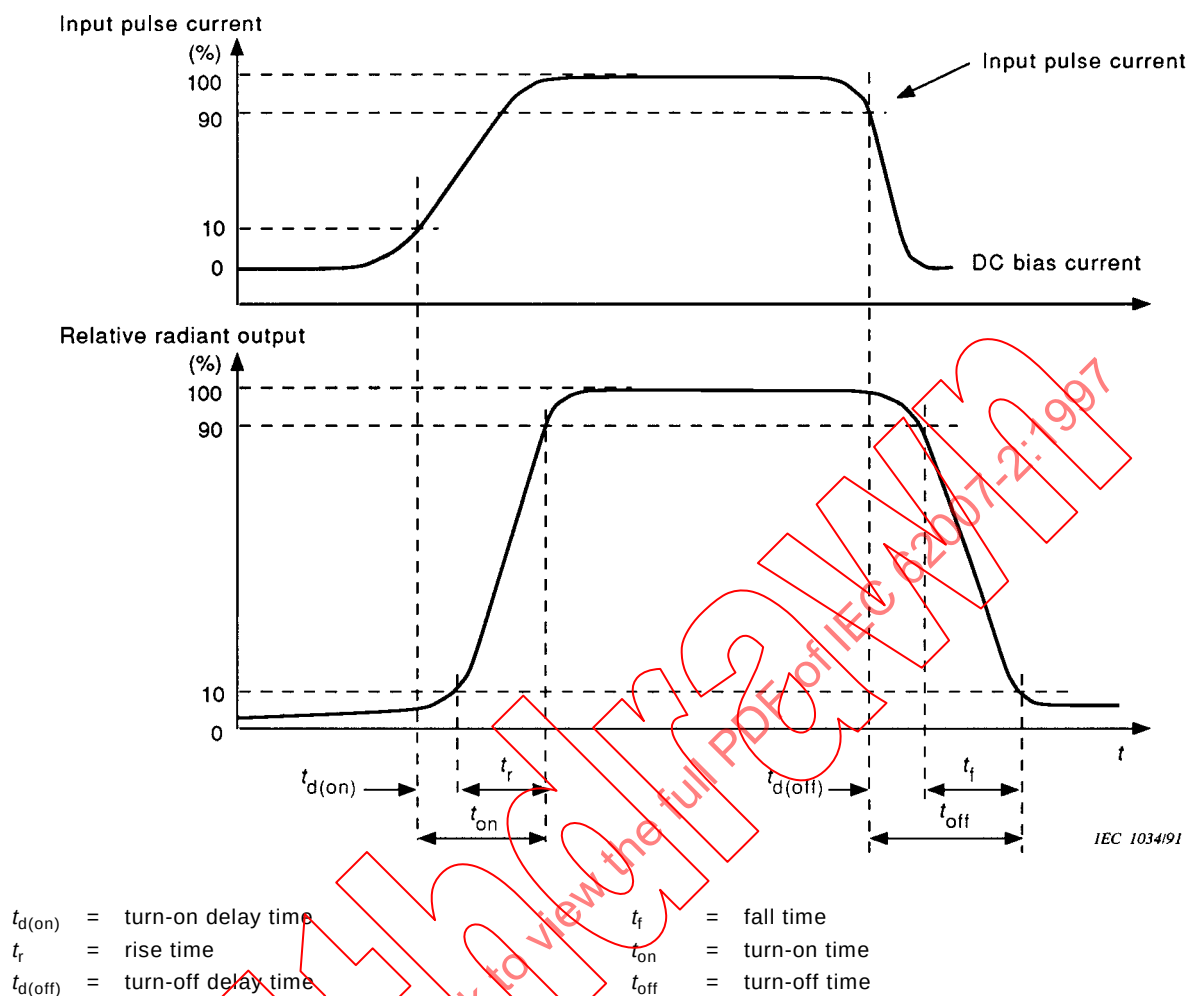


Figure 3

f) Specified conditions

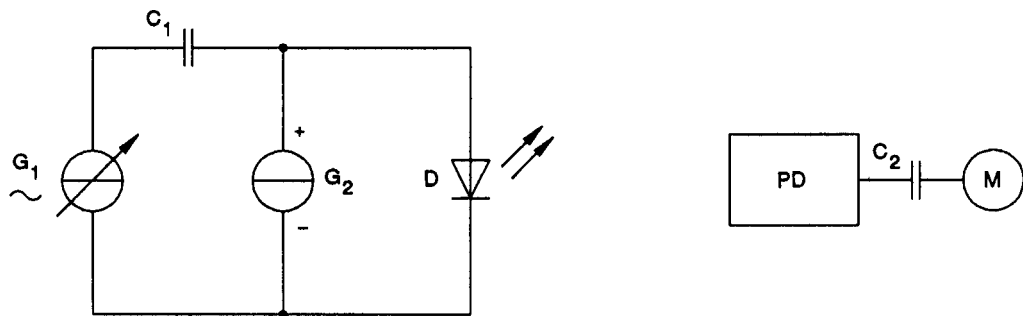
- Ambient or case temperature.
- DC bias current.
- Input pulse current, width and duty cycle.
- Optical port.
- Optical configuration.

3.3 Small signal cut-off frequency (f_c) of light-emitting diodes (LED), infrared-emitting diodes (IRED) and laser diodes with or without pigtailed

a) Purpose

To measure the small-signal cut-off frequency (f_c) of light-emitting diodes (LED), infrared-emitting diodes (IRED) and laser diodes with or without pigtailed, under specified conditions.

b) Schéma



CEI 1035/91

Figure 4

c) Description du circuit et exigences

- D = dispositif en mesure
- G_1 = générateur de courant alternatif à fréquence ajustable
- G_2 = générateur de courant continu
- PD = photodétecteur
- M = appareil de mesure du flux énergétique pulsé
- C_1, C_2 = capacités de couplage

d) Précautions à prendre

Il faut que le flux énergétique réfléchi dans la diode laser soit minimal afin d'éviter les distorsions qui pourraient affecter la précision des mesures. Le photodétecteur doit avoir une réponse en fréquence supérieure à f_c .

e) Exécution

Pour les diodes électroluminescentes et les diodes émettrices en infrarouge, appliquer au dispositif en mesure le courant direct continu spécifié ou le courant direct continu permettant d'obtenir le flux énergétique spécifié.

Pour les diodes laser, ajuster le courant direct à une valeur égale au courant continu direct au-dessus du seuil ou au flux énergétique spécifié.

Moduler le courant direct délivré par G_1 à une fréquence basse (inférieure à $f_c/100$) et mesurer le flux énergétique pulsé sur M.

Augmenter la fréquence de modulation, en gardant constant le niveau de modulation, jusqu'à ce que la valeur du flux énergétique de sortie mesurée sur M soit réduite de moitié.

Cette fréquence est la fréquence de coupure en petits signaux (f_c).

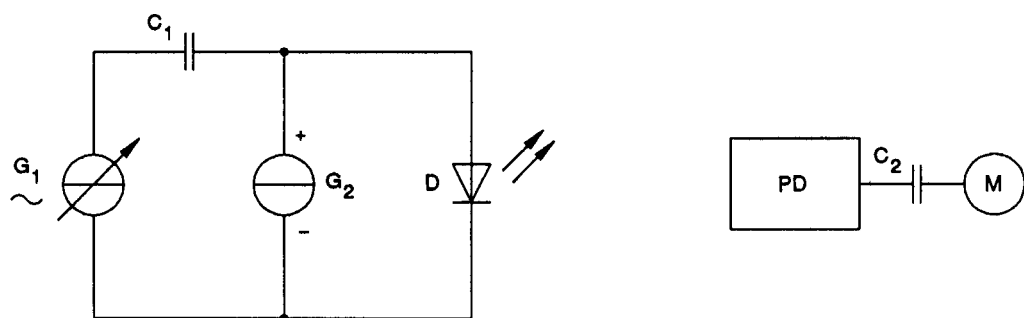
f) Conditions spécifiées

Pour les diodes électroluminescentes et les diodes émettrices en infrarouge:

- température ambiante ou température de boîtier;
- courant direct continu ou flux énergétique.

Pour les diodes laser:

- température ambiante, température de boîtier ou température de l'embase;
- différence entre le courant direct continu (réel) et le courant de seuil ou le flux énergétique.

b) *Circuit diagram*

CEI 1035/91

Figure 4

c) *Circuit description and requirements*

- D = device being measured
 G₁ = adjustable frequency a.c. generator
 G₂ = d.c. generator
 PD = photodetector
 M = measuring instrument for a.c. radiant power
 C₁, C₂ = coupling capacitors

d) *Precautions to be observed*

The radiant power reflected back into the laser diode shall be minimized so as to avoid distortions which could affect the accuracy of the measurements. The photodetector must have a frequency response greater than f_c .

e) *Measurement procedure*

For LED and IRED, the specified direct forward current or the direct forward current required to obtain the specified radiant power is applied to the device being measured.

For laser diodes, the forward current is adjusted to a value equal to the continuous forward current above the threshold or specified radiant power.

The forward current is modulated using generator G₁ at a low frequency (less than $f_c/100$) and the a.c. radiant power is measured on M.

The modulation frequency is increased, keeping the modulation level constant until the output radiant power measured on M has halved.

This frequency is the small-signal cut-off frequency (f_c).

f) *Specified conditions*

For the light-emitting diodes (LED) and infrared-emitting diodes (IRED):

- ambient or case temperature;
- d.c. forward current or radiant power.

For the laser diodes:

- ambient, case or submount temperature;
- difference between (actual) d.c. forward current and threshold current or radiant power.

3.4 Courant de seuil des diodes laser avec ou sans fibre amorce

a) *But*

Mesurer le courant de seuil d'une diode avec ou sans fibre amorce.

b) *Schéma*

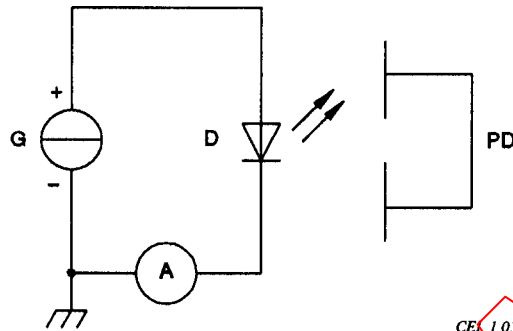


Figure 5

c) *Description du circuit et exigences*

D = dispositif en mesure

PD = photodétecteur destiné à mesurer le flux énergétique incident

A = ampèremètre

G = générateur (impulsions ou courant continu)

Pour la mesure en impulsions, le générateur de courant doit fournir des impulsions d'amplitude, de durée et de rapport cyclique requis.

d) *Précautions à prendre*

Le flux énergétique réfléchi dans la diode laser doit être réduit au maximum. Il ne faut pas dépasser les valeurs limites de la diode laser (I_F et ϕ_e).

e) *Exécution*

Appliquer le courant direct à la diode et enregistrer la courbe du flux énergétique incident provenant de la diode en fonction du courant direct.

Déterminer la valeur du courant direct à laquelle la dérivée seconde de la courbe a son premier maximum (voir figure 6). Le courant direct relevé à ce point est le courant de seuil I_{TH} .

3.4 Threshold current of laser diodes with or without pigtails

a) Purpose

To measure the threshold current of a laser diode, with or without pigtails.

b) Circuit diagram

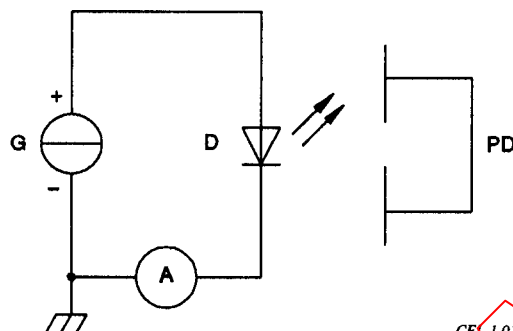


Figure 5

c) Circuit description and requirements

D = device being measured

PD = photodetector measuring incident radiant power

A = ammeter

G = generator (pulsed or d.c.)

For pulse measurement, the current generator shall provide current pulses of the required amplitude, duration and repetition rate.

d) Precautions to be observed

Radiant power reflected back into the laser diode shall be minimized. The limiting values of the laser diode (I_F and ϕ_e) shall not be overstepped.

e) Measurement procedure

A forward current is applied to the diode and the relation between the incident radiant power from the diode and the forward current is recorded.

The forward current at which the second derivative of the recorded curve showing incident radiant power versus the forward current has its first maximum is determined (see figure 6). The forward current at this point is the threshold current I_{TH} .

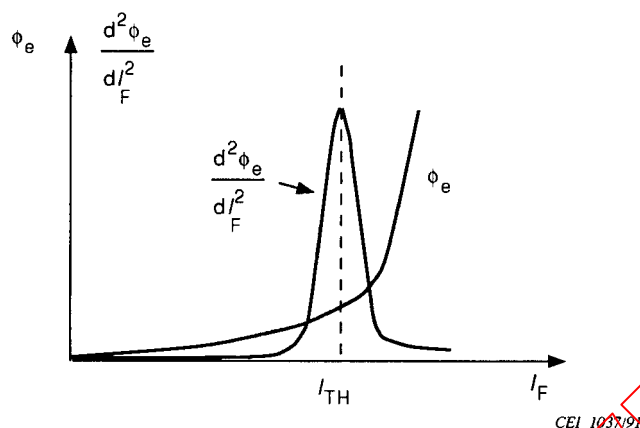


Figure 6

f) *Conditions spécifiées*

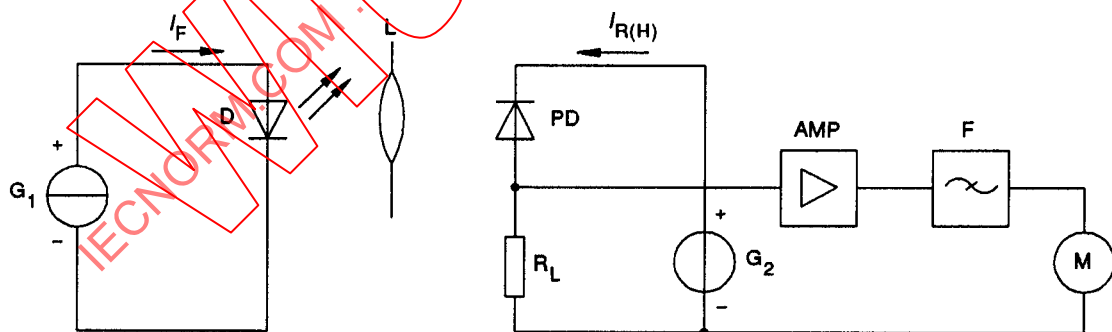
- Température ambiante, de boîtier ou de l'embase.
- Pour les mesures en impulsions, rapport cyclique et durée des impulsions du courant direct.

3.5 Bruit relatif en intensité des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge et des diodes laser avec ou sans fibre amorce

a) *But*

Mesurer le bruit relatif en intensité des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge et des diodes laser avec ou sans fibre amorce, dans des conditions spécifiées.

b) *Schéma*



CEI 1 038/91

Figure 7

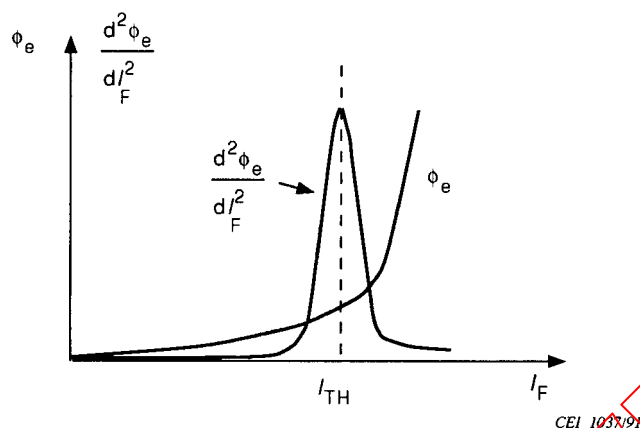


Figure 6

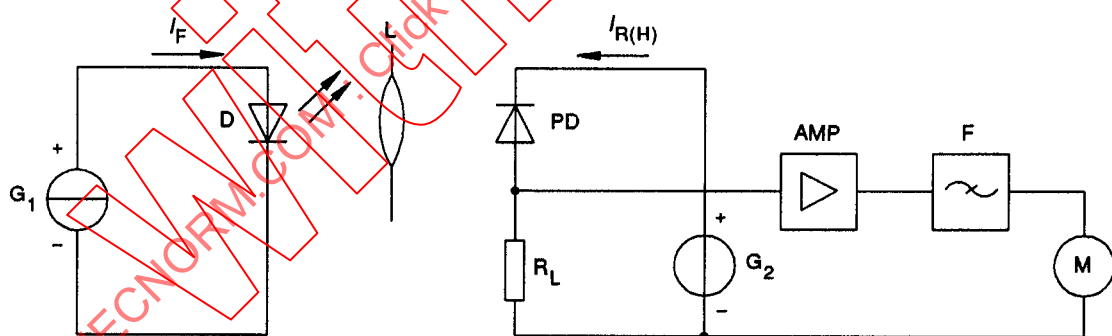
f) *Specified conditions*

- Ambient, case or submount temperature.
- For pulse measurement, repetition frequency and pulse duration of the forward current.

3.5 Relative intensity noise of light-emitting diodes (LED), infrared-emitting diodes (IRED) and laser diodes with or without pigtails

a) *Purpose*

To measure the relative intensity noise (RIN) of LED, IRED and laser diodes, with or without pigtails, under specified conditions.

b) *Circuit diagram*

CEI 1 038/91

Figure 7

c) *Description du circuit*

G_1	=	générateur de courant continu
D	=	dispositif en mesure
L	=	système de lentilles
I_F	=	courant direct
PD	=	photodétecteur
R_L	=	résistance de charge
$I_{R(H)}$	=	courant inverse du photodétecteur sous rayonnement optique
G_2	=	générateur de tension continue de polarisation
AMP	=	amplificateur alternatif de gain G
F	=	filtre de fréquence centrale f_0 et largeur de bruit équivalente Δf_N
M	=	instrument de mesure (par exemple appareil de mesure de niveau, etc.).

d) *Précautions à prendre*

Le flux énergétique réfléchi dans la diode laser doit être réduit au maximum afin d'éviter des distorsions pouvant affecter la précision des mesures.

e) *Exécution*

Appliquer au dispositif un courant continu correspondant au flux énergétique spécifié ϕ_e . Mesurer, à l'aide de l'instrument de mesure M, la puissance de bruit N_t et simultanément le courant inverse $I_{R(H)}$ du photodétecteur sous rayonnement optique.

Remplacer le dispositif photoémetteur mesuré par une source de rayonnement à large bande spectrale dans la même gamme de longueurs d'onde.

Ensuite, ajuster la puissance émise afin d'obtenir sous rayonnement optique, le même courant inverse $I_{R(H)}$ du photodétecteur que celui obtenu initialement et mesurer, à l'aide de l'instrument de mesure M, la puissance de bruit N_d qui correspond au bruit de grenaille du photodétecteur plus au bruit de l'amplificateur.

Le bruit relatif en intensité (*RIN*) se calcule en utilisant la formule:

$$RIN = \frac{N_t - N_d}{R_L \times G \times \Delta f_N \times I_{R(H)}}$$

Il s'exprime en Hz^{-1} .

f) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante, de boîtier ou de l'embase.
- Flux énergétique.
- Fréquence centrale et largeur de bruit équivalente.

3.6 Temps de commutation d'une diode laser avec ou sans fibre amorce

a) *But*

Mesurer les temps de commutation, temps de retard à l'établissement $t_{d(on)}$, temps de croissance t_r , temps de retard à la coupure $t_{d(off)}$ et temps de décroissance t_f d'une diode laser avec ou sans fibre amorce, dans des conditions spécifiées.

c) *Description of the circuit*

G_1	= d.c. current generator
D	= device being measured
L	= lens system
I_F	= forward current
PD	= photodetector
R_L	= load resistance
$I_{R(H)}$	= reverse current of the photodetector under optical radiation
G_2	= d.c. voltage bias generator
AMP	= a.c. amplifier with gain G
F	= filter with centre frequency f_0 and equivalent noise bandwidth Δf_N
M	= measuring instrument (for example level meter, etc.)

d) *Precautions to be observed*

Radiant power reflected back into the laser diode shall be minimized to avoid distortions affecting accuracy of the measurements.

e) *Measurement procedure*

A d.c. current corresponding to the specified radiant power ϕ_e is applied to the device. The noise power N_t is measured by the measuring instrument M and is replaced by reverse current $I_{R(H)}$ of the photodetector, under optical radiation is measured simultaneously.

The photo-emitting device being measured is replaced by a radiation source with broad spectral radiation bandwidth in the same wavelength range.

The irradiant power is adjusted to obtain the same reverse current $I_{R(H)}$ of the photodetector under optical radiation as previously measured. The noise power N_d which corresponds to the photodetector shot-noise plus amplifier noise is measured by the measuring instrument.

RIN is calculated using the formula:

$$RIN = \frac{N_t - N_d}{R_L \times G \times \Delta f_N \times I_{R(H)}}$$

It is expressed in Hz^{-1}

f) *Specified conditions*

- Ambient, case or submount temperature.
- Radiant power.
- Centre frequency and equivalent noise bandwidth.

3.6 Switching times of a laser diode with or without pigtails

a) *Purpose*

To measure the switching times (turn-on delay time $t_{d(on)}$, rise time t_r , turn-off delay time $t_{d(off)}$ and the fall time t_f) of a laser diode with or without pigtails under specified conditions.

b) Schéma

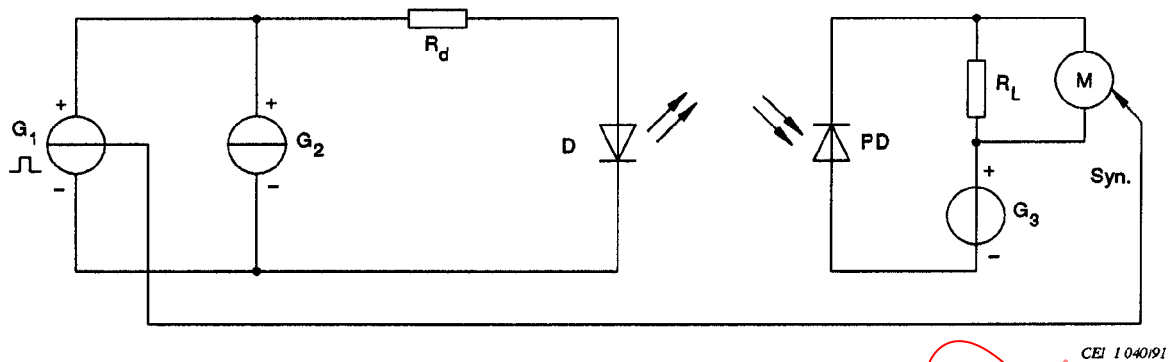


Figure 8

c) Description du circuit

- G_1 = générateur d'impulsions de courant
- G_2 = source de courant continu de polarisation
- G_3 = source de tension continue de polarisation
- R_d = résistance d'adaptation d'impédance avec le générateur
- D = dispositif en mesure
- PD = photodiode
- R_L = résistance de charge
- M = instrument capable de mesurer simultanément les formes d'ondes d'entrée et de sortie
- Syn. = signal de synchronisation.

d) Précautions à prendre

- Le flux énergétique réfléchi dans la diode laser doit être réduit au maximum.
- La largeur d'impulsion et le rapport cyclique doivent être choisis de façon à éviter des effets thermiques significatifs.
- Une pointe de courant due à l'ouverture/fermeture du circuit, les contacts avec des corps à charges électrostatiques, etc., doivent être évités.
- L'impédance de la source de courant continu G_2 doit être suffisamment grande pour ne pas perturber le courant de sortie du générateur d'impulsions G_1 .
- Le temps de commutation de la photodiode PD, et le retard à la croissance du circuit et de l'appareil de mesure doivent être suffisamment faibles pour ne pas affecter la précision de la mesure.

e) Exécution

Appliquer le courant continu et d'impulsion spécifié au dispositif en mesure D.

Mesurer $t_{d(on)}$, t_r , $t_{d(off)}$ et t_f .

NOTE – La valeur moyenne du flux énergétique au sommet de l'impulsion émise peut ne pas être équivalente à celle du flux énergétique émis pour un courant égal à la somme du courant continu de polarisation et de l'impulsion d'entrée.

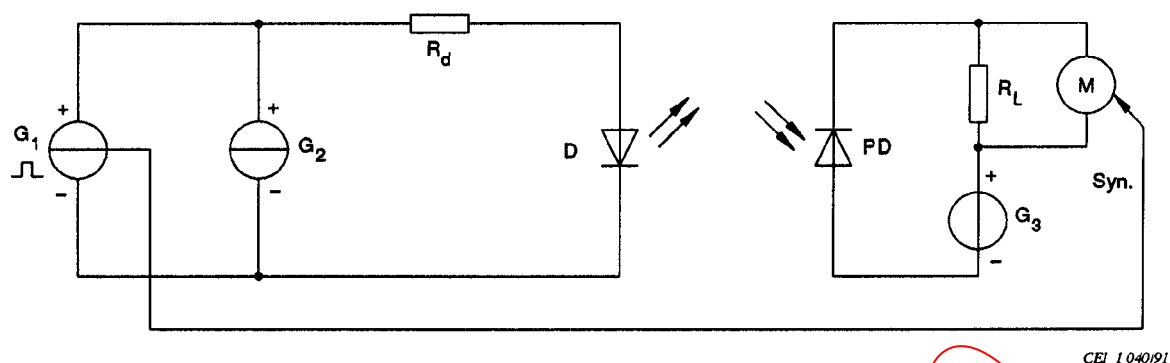
b) *Circuit diagram*

Figure 8

c) *Circuit description*

- G_1 = current pulse generator
 G_2 = d.c. current bias source
 G_3 = d.c. voltage bias source
 R_d = resistance for matching the impedance with the generator
 D = device being measured
 PD = photodiode
 R_L = load resistance
 M = measuring instrument capable of measuring input and output waveforms simultaneously
 $Syn.$ = synchronization signal

d) *Precautions*

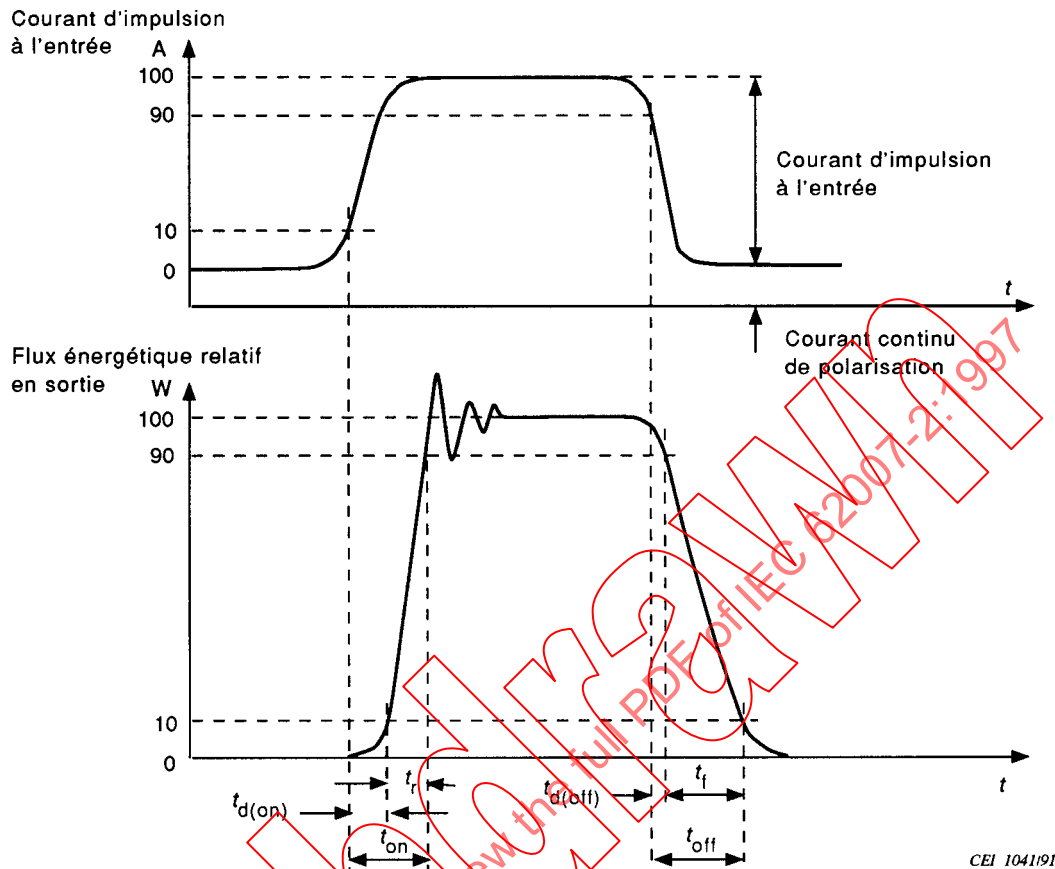
- Radiant power reflected back into the laser diode shall be minimized.
- The pulse width and the duty cycle shall be chosen in order to avoid significant thermal effects.
- A surge current due to switching on/off the circuit, contact with electrostatically charged bodies, etc., shall be avoided.
- The d.c. source G_2 shall have a sufficiently high impedance that does not distort the output of the current pulse generator G_1 .
- The switching time of the photodiode PD , and the delay time of the test circuit and measuring instrument should be fast enough not to affect the accuracy of the measurement.

e) *Measurement procedure*

The specified d.c. and pulse current are applied to the device being measured D .

Values of $t_{d(on)}$, t_r , $t_{d(off)}$ and t_f are determined by the measuring instrument.

NOTE – Mean output power at the top of the relative radiant output pulse may not necessarily be equivalent to the c.w. optical power at a current equal to the sum of the d.c. bias and input pulse current.



NOTE 1 – Les temps de commutation sont définis en figure 9 sauf spécification contraire. Le niveau 100 % est le flux énergétique moyen obtenu au sommet de l'impulsion optique. Le niveau 0 % est le flux énergétique moyen obtenu uniquement par le courant continu de polarisation.

NOTE 2 – Les temps de commutation t_r et t_f sont définis entre 10 % et 90 % du flux énergétique moyen de sortie.

Figure 9

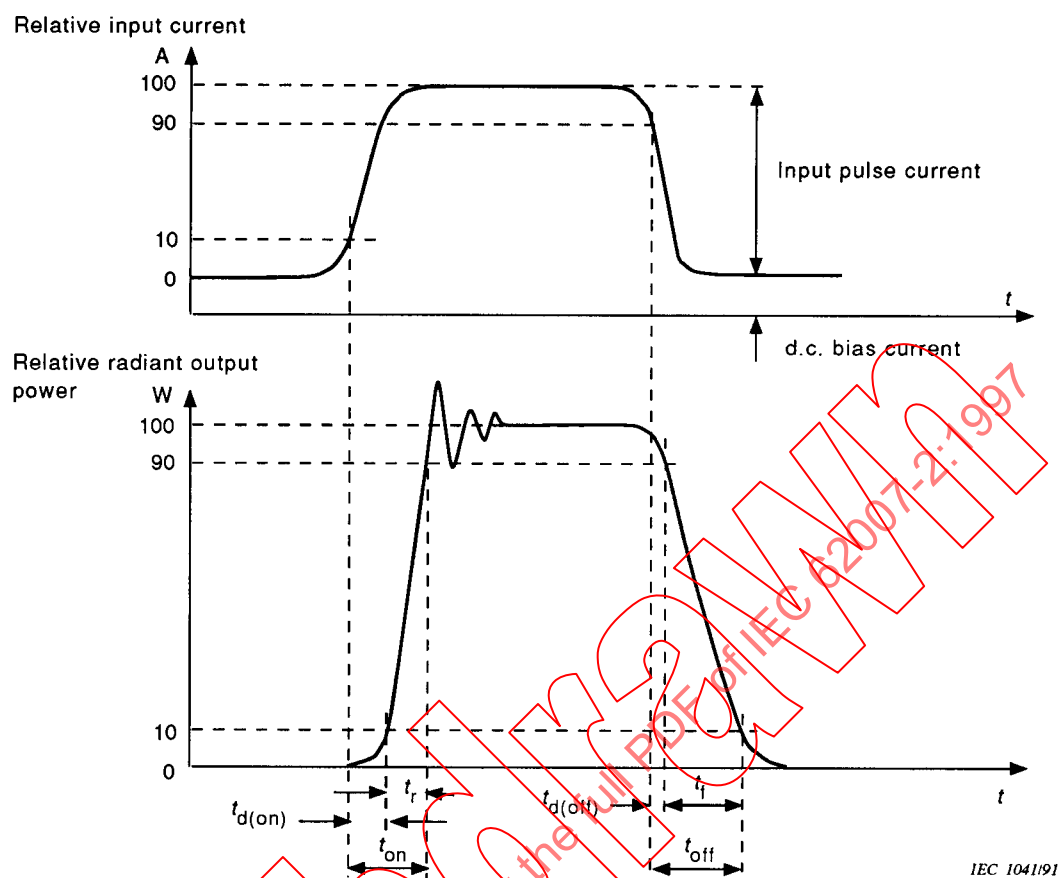
f) Conditions spécifiées

- Températures ambiante, de boîtier ou d'embase.
- Courant de polarisation ou flux énergétique.
- Courant d'impulsion d'entrée, durée et rapport cycliques.

3.7 Rapport porteuse sur bruit des diodes électroluminescentes, des diodes émettrices en infrarouge, des diodes laser et d'un module laser avec ou sans fibre amorce

a) But

Mesurer le rapport porteuse sur bruit à un niveau de flux énergétique (continu) sous des conditions de modulations du courant alternatif spécifiées.



NOTE 1 – The switching times are defined in figure 9 unless otherwise stated. The 100 % level is the mean output power obtained at the top of the optical pulse. The 0 % level is the output power obtained with only the d.c. bias current.

NOTE 2 – The switching times t_r and t_f are defined between 10 % and 90 % of the mean radiation output power, unless otherwise stated.

Figure 9

f) *Specified conditions*

- Ambient, case or submount temperature.
- Bias current or radiant power.
- Input pulse current, width and duty cycles.

3.7 Carrier to noise ratio of light-emitting diodes, infrared-emitting diodes, laser diodes and a laser module with or without pigtails

a) *Purpose*

To measure the carrier to noise ratio at a specified radiant power level (cw) under specified modulation conditions.

b) Schéma

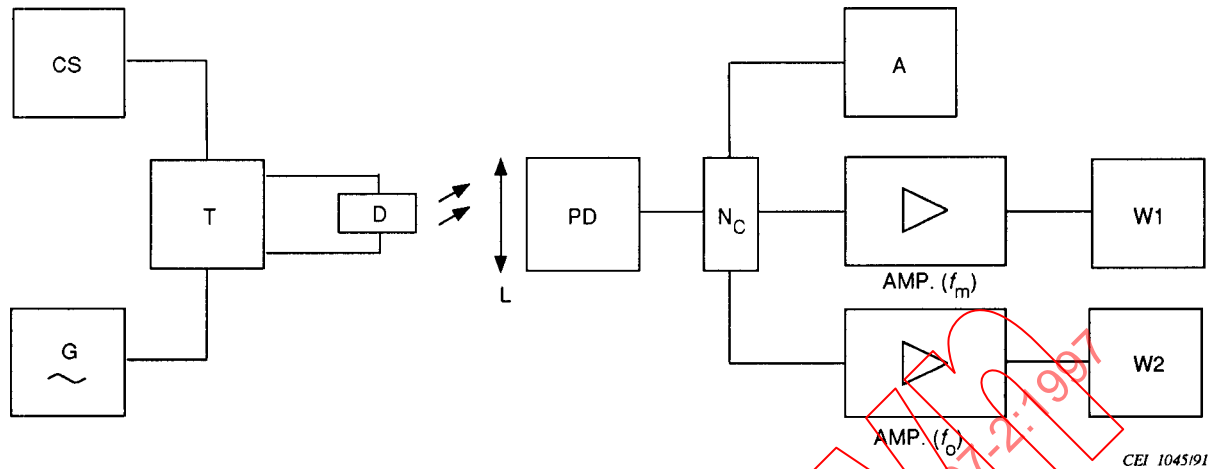


Figure 10

c) Description du circuit et exigences

- CS = générateur de courant continu
- D = dispositif en mesure
- G = générateur de tension alternative
- T = polarisation T ou circuit de polarisation passif
- L = systèmes de lentilles
- PD = photodétecteur
- A = ampèremètre
- AMP(f_m) = amplificateur adapté à la fréquence f_m
- W1 = dispositif de mesure de puissance
- AMP(f_o) = amplificateur et filtre adaptés à la fréquence f_o
- W2 = dispositif de mesure de puissance
- N_C = impédance d'adaptation et réseau diviseur de signaux

d) Précautions à prendre

L'ensemble «photodétecteur + ampèremètre» doit être étalonné comme un dispositif de mesure du flux énergétique dans toute la gamme de longueurs d'onde considérée.

Le système de lentilles doit être conçu de telle sorte:

- qu'il empêche toute réflexion vers la diode ou le module laser;
- qu'il aligne l'accès optique du dispositif en mesure avec celui du photodétecteur.

e) Exécution

Les conditions de commande et d'alimentation spécifiées sont appliquées au dispositif en mesure D.

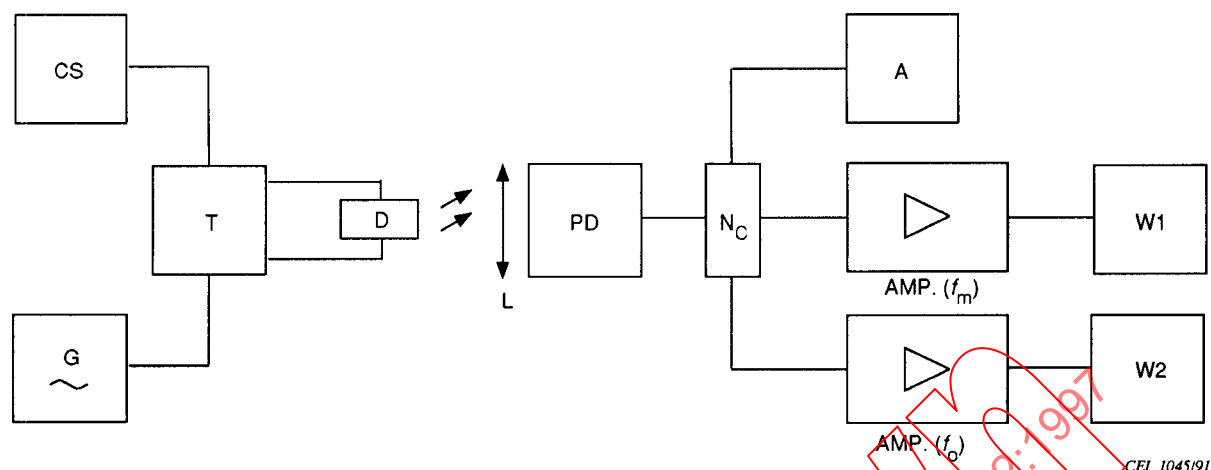
b) *Circuit diagram*

Figure 10

c) *Circuit description and requirements*

- CS = d.c. current source
 D = device being measured
 G = a.c. generator
 T = bias T or passive biasing circuit
 L = focusing lens systems
 PD = photodetector
 A = current measuring instrument
 AMP(f_m) = amplifier suitable for use at frequency f_m
 W1 = power meter
 AMP(f_o) = amplifier and filter suitable for use at frequency f_o
 W2 = power meter
 N_C = impedance matching and signal dividing network

d) *Precautions to be observed*

The associated "photodetector + ammeter" shall be calibrated as a radiant power meter unit over the wavelength range under consideration.

The focusing systems shall be designed:

- to avoid radiation being reflected back into the laser diode or the laser module;
- to bring into focus the optical port of the device being measured onto the optical port of the photodetector.

e) *Measurement procedure*

The specified supply and drive conditions are applied to the device being measured D.

Le photocourant (I_{ph}) résultant de l'éclairement (ϕ_e spécifié) du photodétecteur est d'abord mesuré puis enregistré. Le signal de modulation en fréquence est ensuite appliqué au dispositif en mesure par le circuit de polarisation: fréquence sinusoïdale f_m , profondeur de modulation m . La puissance électrique P_1 à la fréquence f_m est mesurée sur le dispositif W1. P_1 est liée au carré du flux énergétique modulé par la formule:

$$(\Delta\phi_m)^2 = \frac{P_1}{S^2 \times R_C}$$

où

S = sensibilité du photodétecteur PD

R_C = résistance de charge du photodétecteur [entrée de l'amplificateur AMP(f_m)]

La puissance électrique de bruit, N_{tot} , à la fréquence f_0 , dans la bande de fréquence Δf , est mesurée sur le dispositif de mesure de puissance W2 (f_0 doit être aussi près que possible de f_m). Cela est la somme du bruit de grenaille pur associé au courant de la photodiode I_{ph} et de l'excès de bruit causé par les fluctuations d'intensité de rayonnement de la source. Le bruit de grenaille pur doit être mesuré dans les mêmes conditions d'éclairement (même I_{ph}) en utilisant une source de rayonnement à spectre optique large. La puissance électrique N_s de bruit correspondant au bruit de grenaille pur équivalant aux fluctuations de flux énergétique est mesurée sur W2:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{lin} = \frac{(\Delta\phi_m)^2}{\langle \Delta\phi_e^2 \rangle} = \frac{P_1}{(N_{tot} - N_s) \times (\Delta f)}$$

ou

$$\left(\frac{C}{N}\right) = 10 \log_{10} \left(\frac{C}{N}\right)_{lin}$$

f) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante, de boîtier ou d'embase.
- Conditions de polarisation (ϕ_e , I_F ou ΔI_F).
- Fréquence et largeur de bande (f_0 , Δf).
- Fréquence de modulation (f_m).
- Indice de modulation (m):

3.8 Paramètre S_{11} des diodes laser, électroluminescentes et émettrices en infrarouge, des modules laser avec ou sans fibre amorce

a) *But*

Mesurer les parties réelle et imaginaire (ou module et phase) de la caractéristique d'entrée du dispositif pour un niveau de flux énergétique et à une fréquence spécifiés.

Le paramètre S_{11} est le rapport de la tension réfléchie en haute fréquence V_{rl} sur la tension incidente en haute fréquence V_{il} à l'accès d'entrée électrique du dispositif.

$$S_{11} = \frac{V_{rl}}{V_{il}}$$

L'équation équivalente de travail étant:

$$S_{11} = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0}$$

dans laquelle Z_1 est l'impédance d'entrée du dispositif en mesure et Z_0 l'impédance caractéristique de l'équipement de mesure.

The photocurrent (I_{ph}) resulting from the illumination (ϕ_e specified) of the photodetector is measured first and noted. R.F. modulation is applied to the device being measured through the biasing circuit: sinewave frequency f_m , modulation depth m . The electrical power P_1 at frequency f_m is measured on the power meter W1. This electrical power P_1 is related to the modulated radiant power squared as follows:

$$(\Delta\phi_m)^2 = \frac{P_1}{S^2 \times R_C}$$

where:

S = responsivity on the photodetector PD

R_C = load resistance of PD [input of AMP(f_m)]

The noise electrical power N_{tot} at frequency f_0 in the frequency band Δf is measured on the power meter W2 (f_0 should be as close as technically possible to f_m). This is the sum of the pure shot noise associated with the photocurrent I_{ph} and the excess noise due to the radiation source intensity fluctuations. The pure shot noise must be measured under the same illumination conditions (same I_{ph}) using a "broad optical spectrum" radiation source. The electrical noise power corresponding to the pure shot noise equivalent radiant power fluctuations (N_s) can be measured on W2:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{lin} = \frac{(\Delta\phi_m)^2}{\langle \Delta\phi_e^2 \rangle} = \frac{P_1}{(N_{tot} - N_s)} \times (\Delta f)$$

or

$$\left(\frac{C}{N}\right) = 10 \log_{10} \left(\frac{C}{N}\right)_{lin}$$

f) *Specified conditions*

- Ambient, case or submount temperature.
- Measurement bias conditions (ϕ_e , I_F or ΔI_F).
- Frequency and bandwidth (f_0 , Δf).
- Drive frequency (f_m).
- Modulation depth (m).

3.8 S_{11} parameter of infrared emitting diodes, light-emitting diodes, laser diodes, laser modules with or without pigtails

a) *Purpose*

To measure the real and imaginary parts (or modulus and phase) of the input characteristic of a device at a specified radiant power level and at a specified frequency.

The S_{11} parameter is the ratio of the high-frequency reflected voltage V_{rl} to the high-frequency incident voltage V_{il} at the device electrical input port.

$$S_{11} = \frac{V_{rl}}{V_{il}}$$

The equivalent working equation is the following:

$$S_{11} = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0}$$

in which Z_1 is the input impedance of the device being measured and Z_0 the characteristic impedance of the measuring equipment.

b) Schéma

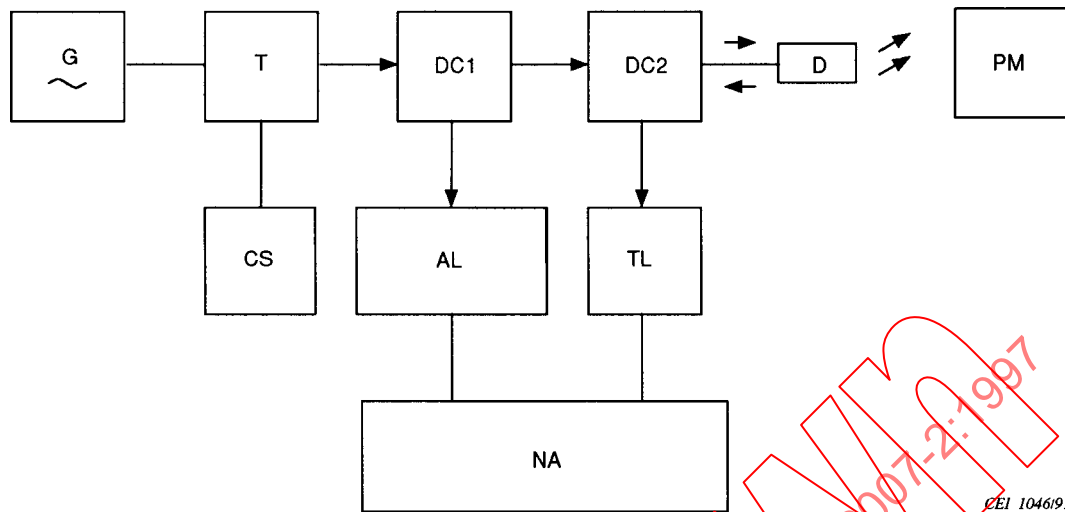


Figure 11

c) Description du circuit et exigences

- G = générateur RF
- T = circuit de polarisation
- CS = source de courant continu
- DC1 = coupleur directionnel (onde incidente)
- DC2 = coupleur directionnel (onde réfléchie)
- AL = ligne de transmission ajustable
- NA = analyseur de réseau
- D = dispositif en mesure
- PM = photodétecteur
- TL = ligne de transmission d'essai

d) Précautions à prendre

L'impédance caractéristique des lignes de transmission, du générateur, des atténuateurs, du support de mesure du dispositif, du circuit de polarisation T et des charges est adaptée à une impédance équivalente, par exemple de 50 Ω , dans la gamme de fréquences spécifiée.

La puissance RF doit rester suffisamment faible pour faciliter un fonctionnement linéaire du dispositif en mesure D.

S'assurer que les accès optiques du dispositif D et du photodétecteur PM sont dans le même alignement.

e) Exécution

Etalonnage:

La ligne de transmission d'étalonnage doit équilibrer la ligne d'essai.

Court-circuiter la ligne d'entrée à l'endroit du dispositif en mesure D.

La fréquence du signal balaie la fréquence spécifiée f , et la longueur de la ligne ajustable est modifiée afin d'obtenir un seul point S_{11} sur le diagramme de Smith (le module est égal à 1 et la phase à 180°).

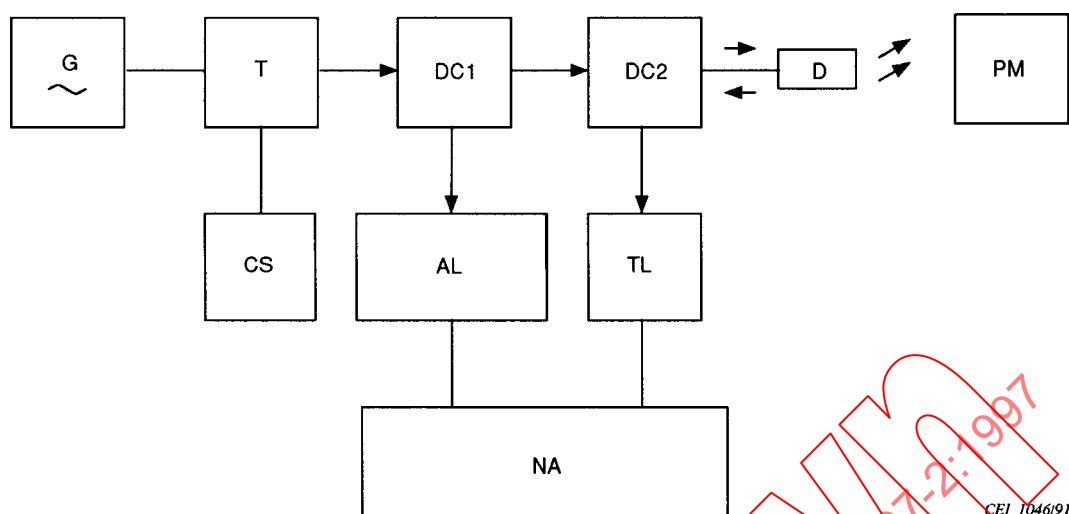
b) *Circuit diagram*

Figure 11

c) *Circuit description and requirements*

G	= RF generator
T	= biasing circuit
CS	= d.c. current source
DC1	= directional coupler forward
DC2	= directional coupler reverse
AL	= adjustable transmission line
NA	= network analyzer
D	= device being measured
PM	= radiant power meter
TL	= test transmission line

d) *Precautions to be observed*

The characteristic impedance of the transmission lines, generator, attenuators, device measuring socket, T-biasing circuit and loads is matched to a common impedance (usually 50 Ω) over the specified frequency range.

The RF power shall remain low enough to allow for linear operation of the device being measured D.

Ensure that the optical ports of the device D and the meter PM are aligned.

e) *Measurement procedure**Calibration:*

The adjustable line shall balance the test line.

A short circuit is connected to the input line at the location of the device being measured.

The a.c. signal frequency is scanned around the specified frequency f , and the adjustable line length is altered in order to obtain one single point S_{11} on the Smith Chart (modulus equal to unity and phase equal to 180°).

Mesure:

Remplacer le court-circuit d'étalonnage par le dispositif en mesure D, appliquer les conditions de polarisation spécifiées (ϕ_e , T_{case} ou T_{amb} , T_{sub}), lire la valeur de S_{11} correspondant au coefficient de réflexion du dispositif D.

f) *Conditions spécifiées*

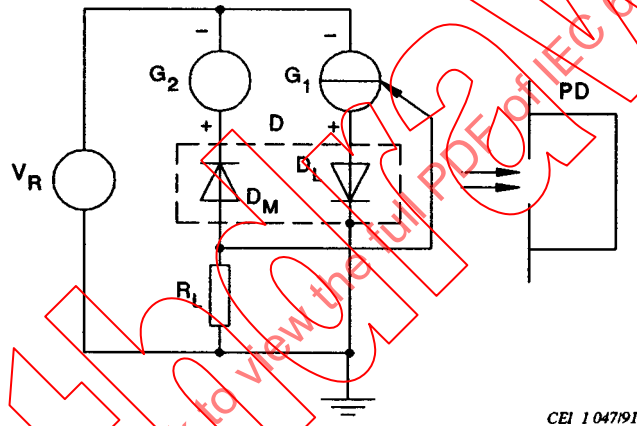
- Température ambiante, de boîtier ou d'embase.
- Conditions d'alimentation et de commande: ϕ_e ou I_F ou ΔI_F , f , m (indice de modulation).

3.9 Rapport de contrôle d'un module laser avec fibres amorces, avec ou sans élément refroidisseur

a) *But*

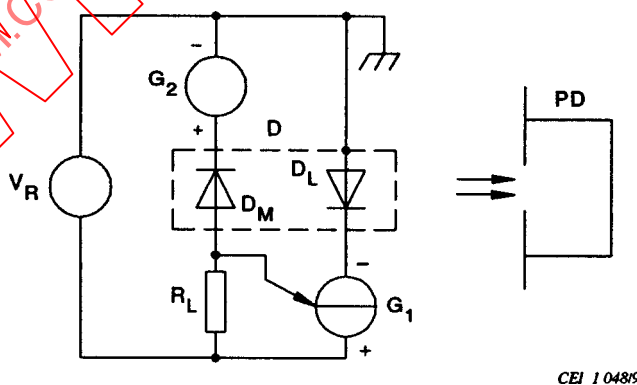
Mesurer les variations maximales du rapport de contrôle entre le flux énergétique de sortie de la fibre et le courant de la photodiode du module laser dans une gamme de températures spécifiée.

b) *Schémas*



CEI 1 047/91

Figure 12a – Diode laser: cathode reliée au boîtier



CEI 1 048/91

Figure 12b – Diode laser: anode reliée au boîtier

Measurement:

The "calibration" short-circuit is replaced by the device being measured D , the bias conditions are applied as specified (ϕ_e , T_{case} , or T_{amb} , T_{sub}), the value of S_{11} corresponding to the reflection coefficient of the device D is read.

f) Specified conditions

- Ambient, case of submount temperature.
- Supply and drive conditions: ϕ_e or I_F or ΔI_F , f , m (modulation depth).

3.9 Tracking error for a laser module with pigtails, with or without cooler**a) Purpose**

To measure the maximum variations of the tracking ratio between the fibre output radiant power and the monitor diode photocurrent of a laser module over a specified temperature range.

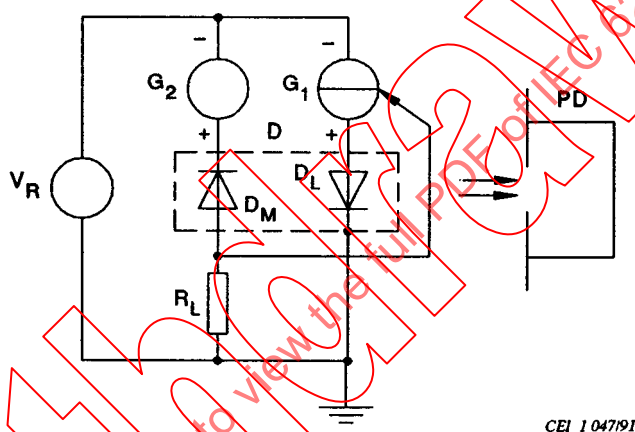
b) Circuit diagrams

Figure 12a – Laser diode: cathode connected to the package

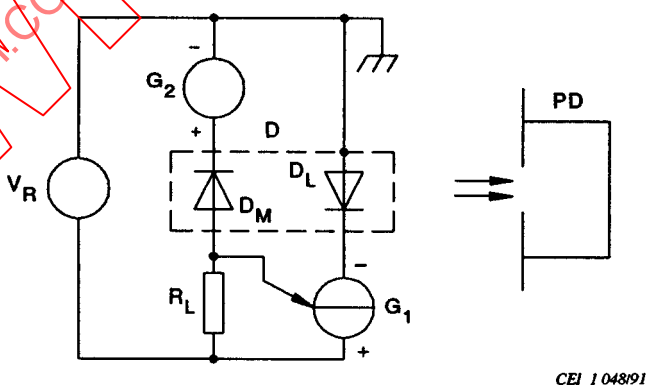


Figure 12b – Laser diode: anode connected to the package

c) *Description du circuit et exigences*

- D = dispositif en mesure
- PD = photodétecteur étalonné (en watts)
- G_1 = source de courant continu, commandée par le courant fourni par la photodiode
- G_2 = source de tension continue
- R_L = résistance de charge
- V_R = voltmètre continu
- D_L = diode laser
- D_M = photodiode de commande

d) *Précautions à prendre*

- Le flux énergétique réfléchi sur la diode laser doit être négligeable.
- Les changements de la température du boîtier doivent être suffisamment lents pour assurer que l'équilibre thermique se fasse à l'intérieur du module et, dans le cas d'un module avec refroidissement, que la température T_{sub} spécifiée soit stabilisée.

e) *Exécution*

Pour chaque point de mesure, régler la source de courant G_1 de telle façon que le courant de commande soit égal à la valeur obtenue avec le rayonnement optique spécifié, à 25 °C.

Régler la température du boîtier dans la gamme spécifiée et relever la valeur du flux énergétique de sortie en fonction soit du temps (figure 13), soit de la température de boîtier (figure 14).

L'erreur de contrôle est donnée par la formule:

$$E_{R1} = \frac{\phi_{e\ 25^\circ\text{C}} - \phi_{e\ \text{min}}}{\phi_{e\ 25^\circ\text{C}}} \times 100 (\%)$$

$$E_{R2} = \frac{\phi_{e\ \text{max}} - \phi_{e\ 25^\circ\text{C}}}{\phi_{e\ 25^\circ\text{C}}} \times 100 (\%)$$

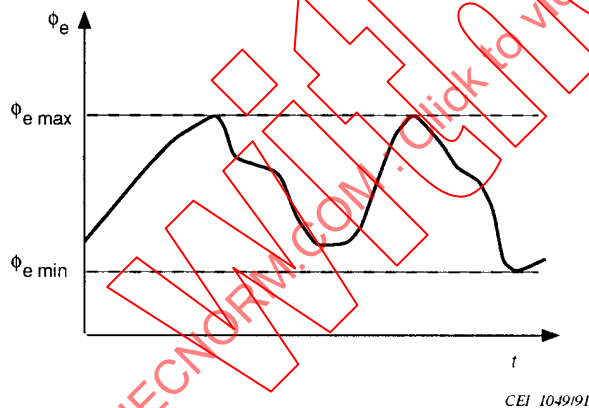


Figure 13

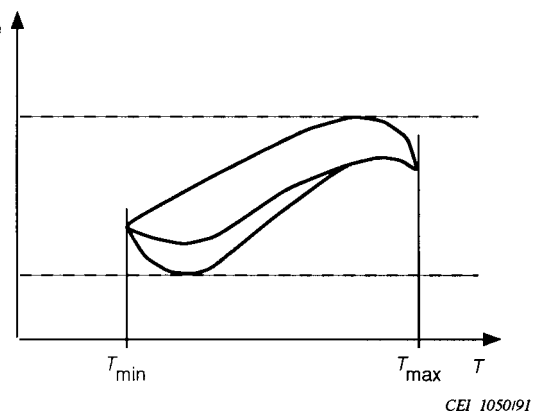


Figure 14

f) *Conditions spécifiées*

- ϕ_e ou ΔI_F à 25 °C
- Gamme de températures de boîtier ou ambiante: $T_{case/amb\ min}$; $T_{case/amb\ max}$.
- Température d'embase (T_{sub}), si nécessaire
- Tension de polarisation (V_R) de la photodiode de commande (D_M).

c) *Circuit description and requirements*

- D = device being measured
 PD = photodetector calibrated (in watts)
 G_1 = d.c. current source, monitored through negative feedback by the photocurrent delivered by the monitor photodiode
 G_2 = d.c. voltage source
 R_L = load resistance
 V_R = d.c. voltmeter
 D_L = laser diode
 D_M = monitor photodiodes

d) *Precautions to be observed*

- The optical radiant power reflected back to the laser diode shall be minimized.
- The changes in case temperature should be slow enough to insure that thermal equilibrium takes place inside the module, and in the case of a module with cooler, that the specified T_{sub} is stabilized.

e) *Measurement procedure*

At each measuring point, the current source G_1 is adjusted until the monitor photocurrent is equal to the value obtained with the specified optical radiation at 25 °C.

The case temperature is scanned over the specified range and the plot of the output radiant power is recorded against either time (figure 13) or case temperature (figure 14).

The tracking error is then given by:

$$E_{R1} = \frac{\phi_{e\ 25^\circ\text{C}} - \phi_{e\ \text{min}}}{\phi_{e\ 25^\circ\text{C}}} \times 100 (\%)$$

$$E_{R2} = \frac{\phi_{e\ \text{max}} - \phi_{e\ 25^\circ\text{C}}}{\phi_{e\ 25^\circ\text{C}}} \times 100 (\%)$$

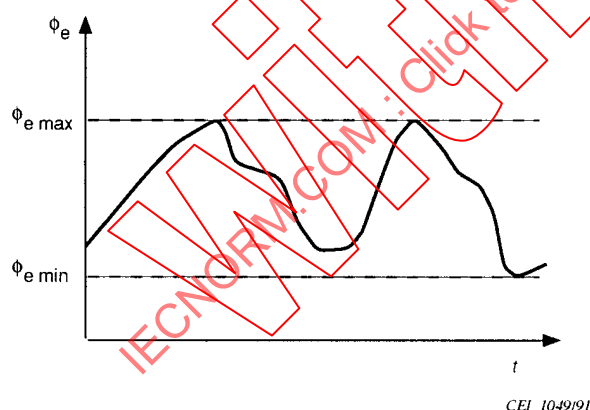


Figure 13

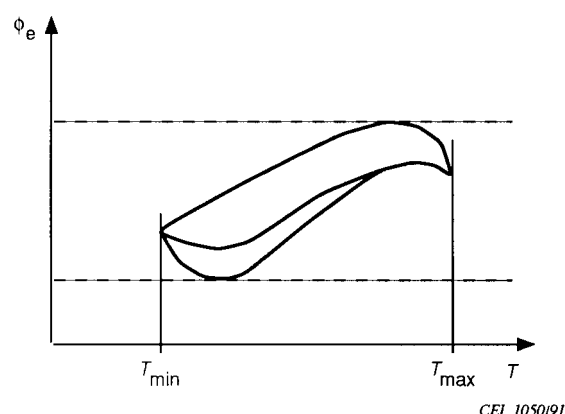


Figure 14

f) *Specified conditions*

- ϕ_e or ΔI_F at 25 °C.
- Case or ambient temperature range $T_{case/amb\ min}$; $T_{case/amb\ max}$.
- Submount temperature (T_{sub}), where appropriate.
- Bias voltage (V_R) of the monitor photodiode (D_M).

a) *But*

b) *Schéma*



G = source de courant continu
D = dispositif en mesure
L1, L2, L3 = lentilles
OI = isolateur optique
AO = modulateur acousto-optique
AO/D = commande du modulateur
M = miroir
P1 = dispositif de réglage de la polarisation
F1, F2, F3 = fibres monomodes
OC = coupleur optique
PD = photodétecteur
AMP = amplificateur
SA = analyseur de spectre

- Réduire au maximum la réflexion du flux énergétique sur la diode laser.
- La longueur de F3 doit être suffisante pour obtenir une plus grande résolution que la largeur spectrale du dispositif en mesure D.
- La fréquence de modulation doit être plus grande que la largeur spectrale du dispositif en mesure D.

3.10 Spectral linewidth of a laser diode with or without pigtails

a) Purpose

To measure the spectral linewidth of a laser diode with or without pigtails.

b) Circuit diagram

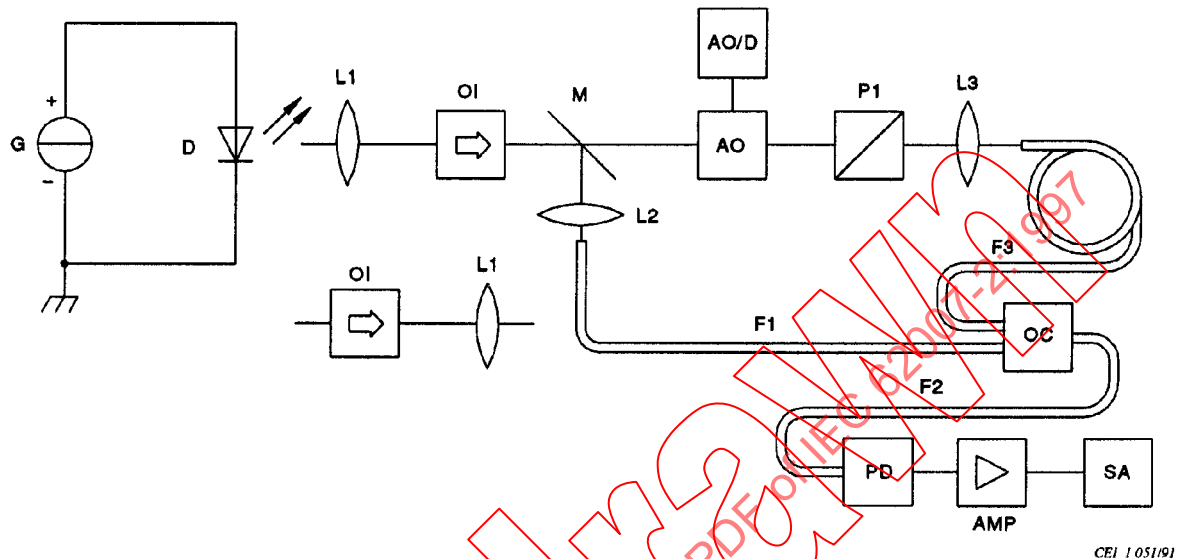


Figure 15

c) Circuit description

G	= d.c. current source
D	= device being measured
L1, L2, L3	= lenses
OI	= optical isolator
AO	= acousto-optic modulator
AO/D	= driver for acousto-optic modulator
M	= mirror
P1	= polarization adjustment device
F1, F2, F3	= single mode fibre
OC	= optical coupler
PD	= detector
AMP	= amplifier
SA	= spectrum analyzer

d) Precautions to be observed

- Radiation power reflected back into the laser diode shall be minimized.
- Length of F3 should be sufficiently long to obtain a greater resolution than the spectral linewidth of the device being measured D.
- Modulation frequency should be higher than the spectral linewidth of the device D.

- Le courant continu spécifié doit être suffisamment stabilisé pour ne pas augmenter la largeur spectrale du dispositif D.

NOTE – La longueur de la fibre F3 doit être déterminée par la résolution de fréquence:

$$\frac{0,75 \ c}{\pi \ L \ n}$$

où

c est la vitesse de la lumière

L est la longueur de F3

n est l'indice de réfraction de la fibre F3.

e) *Exécution*

Appliquer le courant continu spécifié (ΔI_F) au-dessus du courant de seuil ou le courant direct correspondant au flux énergétique spécifié (ϕ_e) au dispositif en mesure D.

Aligner l'accès optique du dispositif D de façon à obtenir le flux énergétique maximal en F1 et F3.

Repérer la valeur crête correspondant à la fréquence de modulation du modulateur AO sur l'analyseur de spectre et tourner P1 afin d'obtenir le flux énergétique maximal. Mesurer la largeur totale à la moitié de la valeur crête maximale relevée. La valeur mesurée est égale à deux fois la largeur de mode du dispositif D.

f) *Conditions spécifiées*

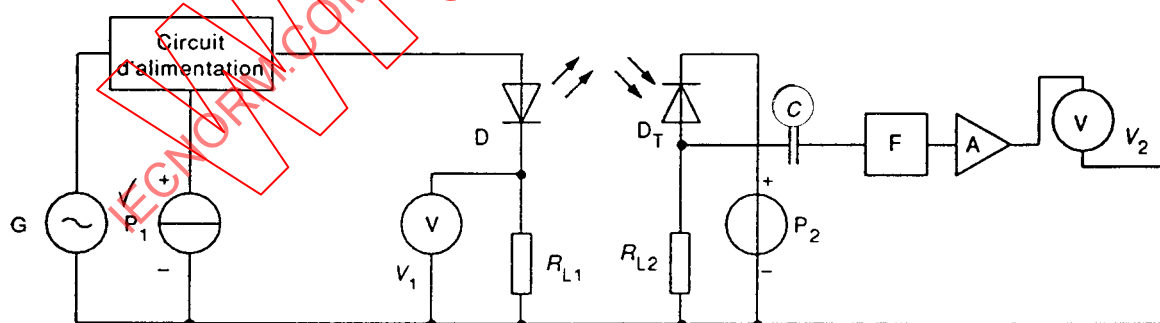
- Température ambiante, de boîtier ou d'embase.
- Courant direct ΔI_F au-dessus du courant de seuil ou flux énergétique ϕ_e .

3.11 Courant de modulation correspondant à 1 dB de compression ($I_{F(1\text{ dB})}$) dans les diodes électroluminescentes et les diodes émettrices en infrarouge

a) *But*

Mesurer le courant de modulation correspondant à une compression d'efficacité de 1 dB dans des conditions spécifiées de modulation et de flux énergétique de sortie.

b) *Schéma*



CEI 963/94

Figure 16

- The specified d.c. current should be sufficiently stabilized so as not to broaden the measured linewidth of the device D.

NOTE – The fibre length of F3 should be determined by the frequency resolution:

$$\frac{0,75 \ c}{\pi \ L \ n}$$

where:

c is the velocity of light

L is the length of F3

n is the refractive index of fibre F3.

e) *Measurement procedure*

The specified d.c. current above threshold (ΔI_F) or the forward current corresponding to the specified radiant power (ϕ_e) is applied to the device D being measured.

The optical port of the device D is aligned to get maximum radiant power into F1 and F3.

A peak corresponding to the modulation frequency of the modulator AO on the spectrum analyzer is observed and P1 is rotated to get the maximum radiant power. Full width at half maximum of the observed peak is measured. The measured value is twice the spectral linewidth of the device D.

f) *Specified conditions*

- Ambient, case or submount temperature.
- Forward current above threshold ΔI_F or radiant power ϕ_e .

3.11 Modulation current at 1 dB efficacy compression ($I_{F(1 \text{ dB})}$) of light emitting diodes (LED) and infrared emitting diodes (IRED)

a) *Purpose*

To measure the modulation current at 1 dB efficacy compression under specified modulation frequency and radiant power output condition.

b) *Circuit diagram*

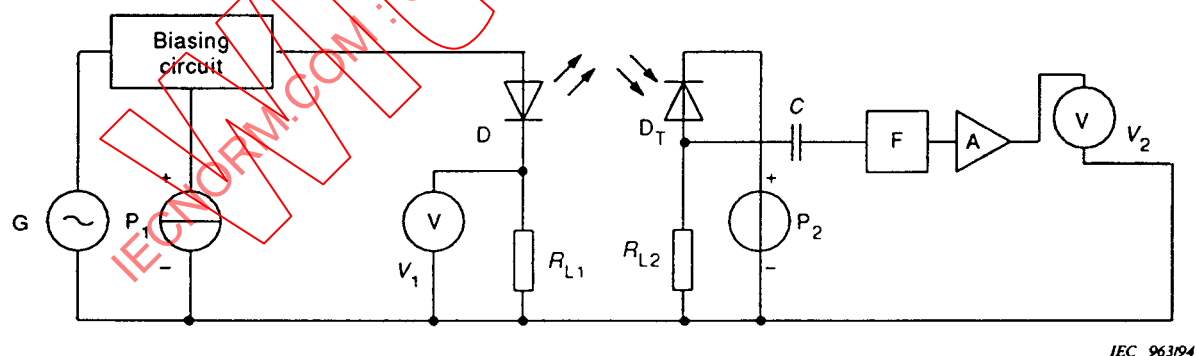


Figure 16

c) Description du circuit et exigences

- D = dispositif en mesure
- G = source du signal sinusoïdal
- C = capacité de couplage
- P₁ = source d'alimentation fournissant à D le flux énergétique Φ_e spécifié
- V, V₁, V₂ = voltmètres alternatifs ou appareils de mesure de tension à large bande
- R_{L1} = résistance de charge permettant d'adapter l'impédance spécifiée pour D
- D_T = détecteur de signaux optiques
- R_{L2} = résistance de charge permettant d'adapter l'impédance spécifiée pour D_T
- P₂ = source d'alimentation fournissant à D_T la tension de fonctionnement
- F = filtre dont la fréquence centrale de la bande passante correspond à la fréquence f de la sortie du signal sinusoïdal
- A = amplificateur

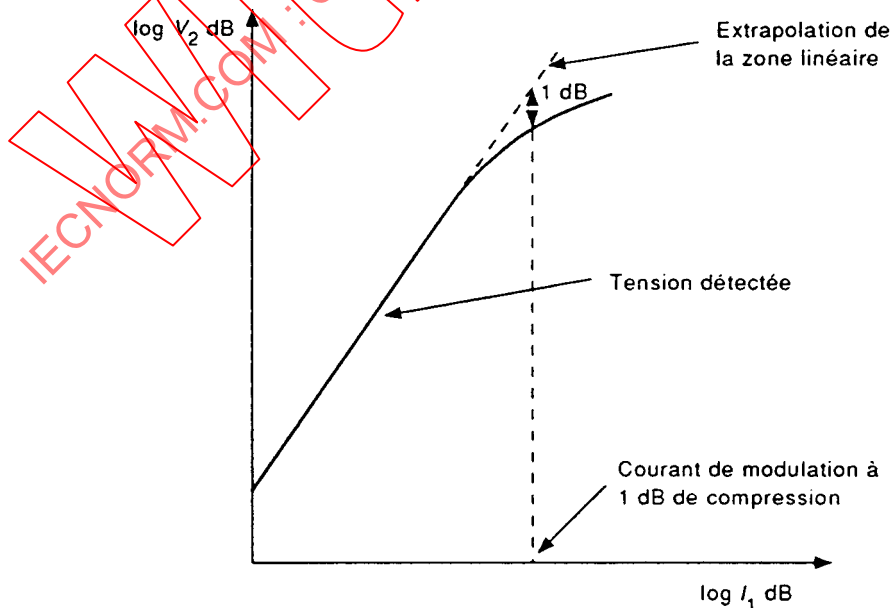
d) Précautions à prendre

L'accès optique du dispositif à mesurer doit, dans la mesure du possible, être couplé à celui du détecteur de signaux optiques.

e) Exécution

Coupler la sortie optique de D à l'accès optique du détecteur D_T. Appliquer le courant d'alimentation généré par P₁ aux connexions de D pour que D émette le flux énergétique spécifié Φ_e en sortie de son accès optique. Appliquer le courant de modulation fourni par le générateur de signaux G à la fréquence de modulation spécifiée. Enregistrer la tension V₂ du signal détecté et la tension de modulation V₁ lorsque le courant de modulation augmente. On détermine le courant de modulation I_1 ($I_1 = V_1/R_{L1}$) à partir de V₁, avec la valeur de R_{L1}. Identifier la zone dans laquelle il existe une relation linéaire entre log V₂ et log I₁. Enregistrer la valeur de I₁ pour laquelle log V₂ est à 1 dB en dessous de la valeur obtenue dans la zone linéaire projetée, comme le montre la figure 17. Cette valeur de I₁: I_{F(1 dB)} est le courant de modulation à 1 dB de compression.

NOTE – Les fonctions des filtres et des voltmètres à courant alternatif sont habituellement incorporées dans les analyseurs de spectre à haute fréquence. On peut utiliser ces appareils à la place des éléments de circuit séparés indiqués dans la description du circuit. Cela permet de mesurer la puissance des signaux en courant alternatif, au lieu de leur amplitude.



CEI 964/94

Figure 17

c) *Circuit description and requirements*

- D = device being measured
 G = sine wave signal source
 C = coupling capacitor
 P₁ = power supply to provide the specified radiant power Φ_e to D
 V, V₁, V₂ = a.c. voltmeter or broadband voltage measuring equipment
 R_{L1} = load resistor for matching the specified electrical impedance of D
 D_T = optical signal detector
 R_{L2} = load resistor for matching the specified electrical impedance of D_T
 P₂ = power supply to provide the operating voltage to D_T
 F = filter with passband centre frequency matched to the frequency f of the sine wave signal source
 A = amplifier

d) *Precautions to be observed*

The optical port of the device being measured shall, as far as possible, be coupled to that of the optical signal detector.

e) *Measurement procedure*

Couple the optical output of D from the optical port to the detector D_T. Apply the supply current generated by P₁ to the appropriate connections of D so as to achieve the specified output radiant power Φ_e from the optical port. Apply modulation current from signal generator G at the specified modulation frequency. Record the detected signal voltage V₂ and the modulation voltage V₁ as the modulation current is increased. The modulation current I_1 ($I_1 = V_1/R_{L1}$) is determined from V₁ using the value of R_{L1}. Identify the region for which there is a linear relationship between log V₂ and log I₁. Record the value of I₁ at which log V₂ is 1 dB below the value resulting from the projected linear region, as shown in figure 17. This value of I₁ is the modulation current at 1 dB efficacy compression $I_{F(1\text{ dB})}$.

NOTE – The functions of the filters and a.c. voltmeters are typically incorporated in r.f. spectrum analyzer instruments. Such instruments can be used in place of the individual circuit elements shown in the circuit description. With this substitution, the measured quantities are a.c. signal powers in place of signal amplitudes.

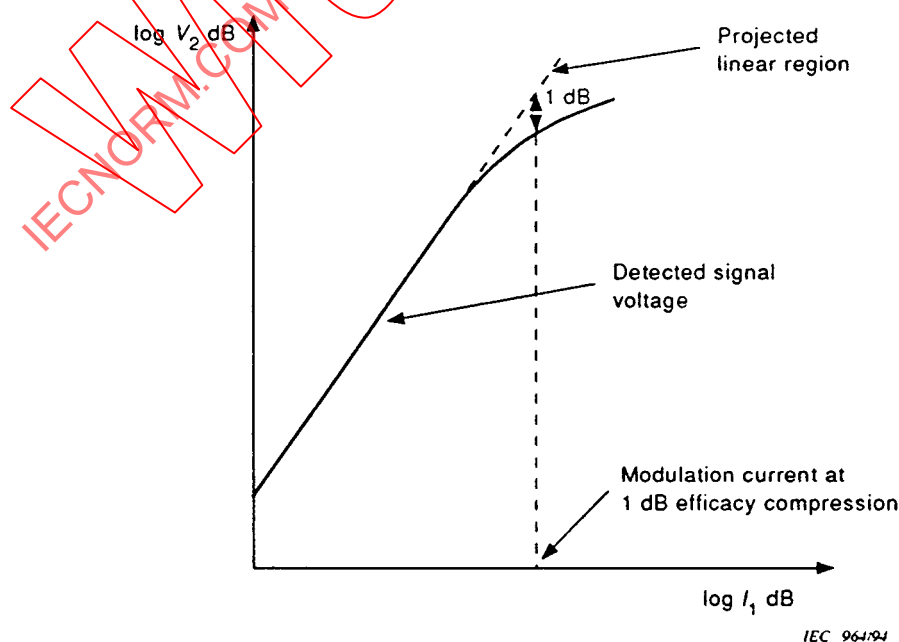


Figure 17

f) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou température du boîtier (T_{amb} ou T_{case})
- Résistances de charge (R_{L1} et R_{L2})
- Longueur d'onde d'émission maximale et largeur du spectre de la source lumineuse (λ_p , $\Delta\lambda$)
- Flux énergétique (Φ_e)
- Fréquence de modulation (f).

3.12 Distorsion d'intermodulation «deux tons» (D_{12} , D_{21}) des diodes électroluminescentes et diodes émettrices en infrarouge

a) *But*

Mesurer la distorsion d'intermodulation «deux tons» des diodes électroluminescentes et des diodes émettrices en infrarouge, dans des conditions spécifiées de résistance de charge et de modulation.

b) *Schéma*

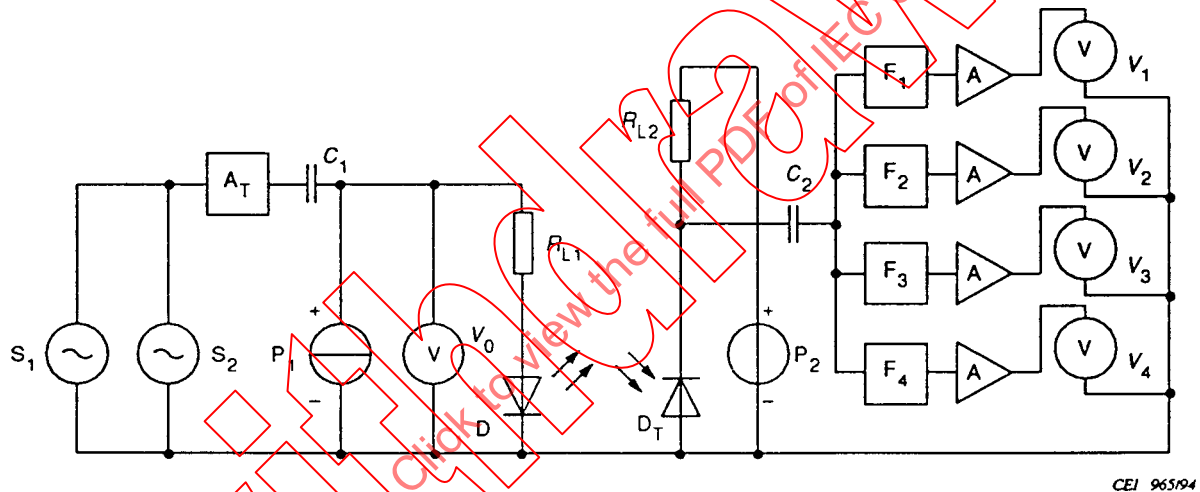


Figure 18

c) *Description du circuit et exigences*

- D = dispositif en mesure
- S_1 , S_2 = sources de signaux sinusoïdaux à deux fréquences (f_1 et f_2)
- C_1 , C_2 = capacités de couplage
- A_T = atténuateur réglable
- P_1 = source d'alimentation fournissant à D le flux énergétique Φ_e spécifié
- V_0 , V_1 , V_2 , V_3 , V_4 = voltmètres alternatifs ou appareils de mesure de tension à large bande
- R_{L1} = résistance de charge permettant d'adapter l'impédance spécifiée pour D
- D_T = détecteur de signaux optiques
- R_{L2} = résistance de charge permettant d'adapter l'impédance spécifiée pour D_T
- P_2 = source d'alimentation de D_T
- F_1 , F_2 , F_3 , F_4 = filtres dont la fréquence centrale de la bande passante correspond aux fréquences (f_1 et f_2) des sources de signaux sinusoïdaux, et aux fréquences d'intermodulation appropriées ($2f_1 - f_2$ et $2f_2 - f_1$)
- A = amplificateur

f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature (T_{amb} or T_{case})
- Load resistances (R_{L1} and R_{L2})
- Peak-emission wavelength and spectral radiation bandwidth of the light source (λ_p , $\Delta\lambda$)
- Radiant power (Φ_e)
- Modulation frequency (f)

3.12 Two-tone intermodulation distortion (D_{12} , D_{21}) of light emitting diodes (LED) and infrared emitting diodes (IRED)

a) *Purpose*

To measure the two-tone intermodulation distortion of a LED/IRED under specified load resistance and modulation condition.

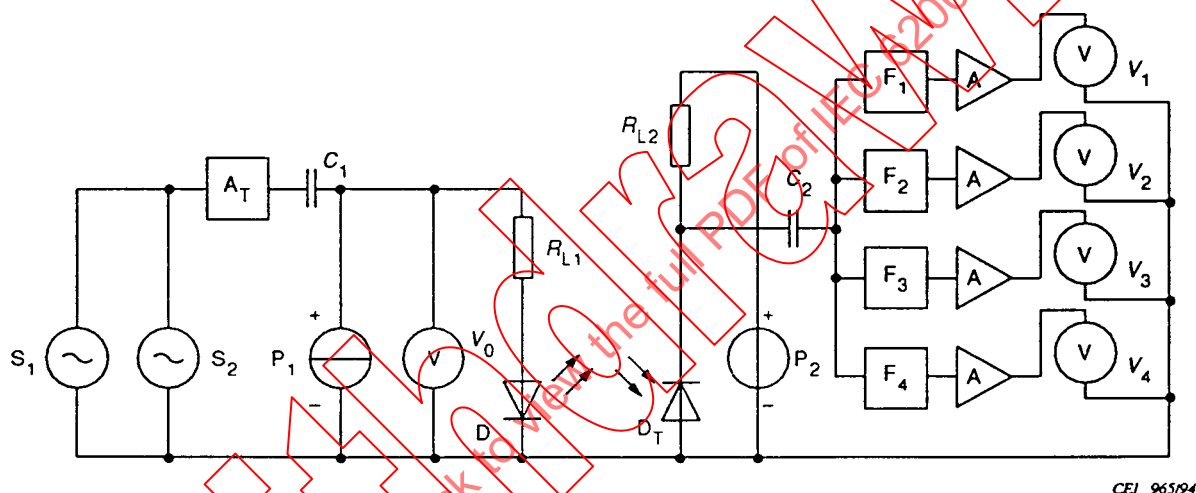
b) *Circuit diagram*

Figure 18

c) *Circuit description and requirements*

- D = device being measured
- S_1 , S_2 = sine wave signal sources at two frequencies (f_1 and f_2)
- C_1 , C_2 = coupling capacitors
- A_T = variable signal attenuator
- P_1 = power supply to provide the specified radiant power Φ_e to D
- V_0 , V_1 , V_2 , V_3 , V_4 = a.c. voltmeters or broadband voltage measuring equipment
- R_{L1} = load resistor for matching the specified electrical impedance of D
- D_T = optical signal detector
- R_{L2} = load resistor for matching the specified electrical impedance of D_T
- P_2 = power supply to D_T
- F_1 , F_2 , F_3 , F_4 = filters with passband centre frequency matched to the frequencies of the sine wave signal sources (f_1 and f_2) and the appropriate intermodulation frequencies ($2f_1 - f_2$ and $2f_2 - f_1$).
- A = amplifier

d) *Précautions à prendre*

L'accès optique du dispositif à mesurer doit être couplé le mieux possible à celui du détecteur d'amplitude de signaux optiques.

NOTE – La définition de la distortion d'intermodulation des DEL/DEI apparaîtra dans un document ultérieur.

e) *Exécution*

Coupler la sortie optique de D à l'accès optique du détecteur D_T . Appliquer les tensions indiquées et fournies par P aux connexions appropriées de D, pour que D émette le flux énergétique spécifié en sortie de son accès optique. Appliquer le courant de modulation fourni par les sources de signaux sinusoïdes S_1 et S_2 , de manière à créer «deux tons» de modulation aux fréquences fondamentales f_1 et f_2 . Les sorties optiques modulées aux fréquences fondamentales sont lues en V_1 et V_2 et les sorties optiques modulées aux fréquences d'intermodulation sont lues en V_3 et V_4 . Régler S_1 et S_2 de manière que V_1 et V_2 soient égales. Faire varier l'affaiblissement du signal en fonction de A_T et enregistrer la tension de modulation V_0 et les tensions des signaux optiques V_1 , V_2 , V_3 et V_4 . Déterminer le rapport d'intermodulation à deux tons en faisant le rapport entre l'amplitude de la bande latérale d'intermodulation la plus importante de la sortie optique modulée (V_3 ou V_4), et l'amplitude des signaux fondamentaux (V_1 ou V_2) en fonction de l'amplitude du signal d'entrée composite (V_0).

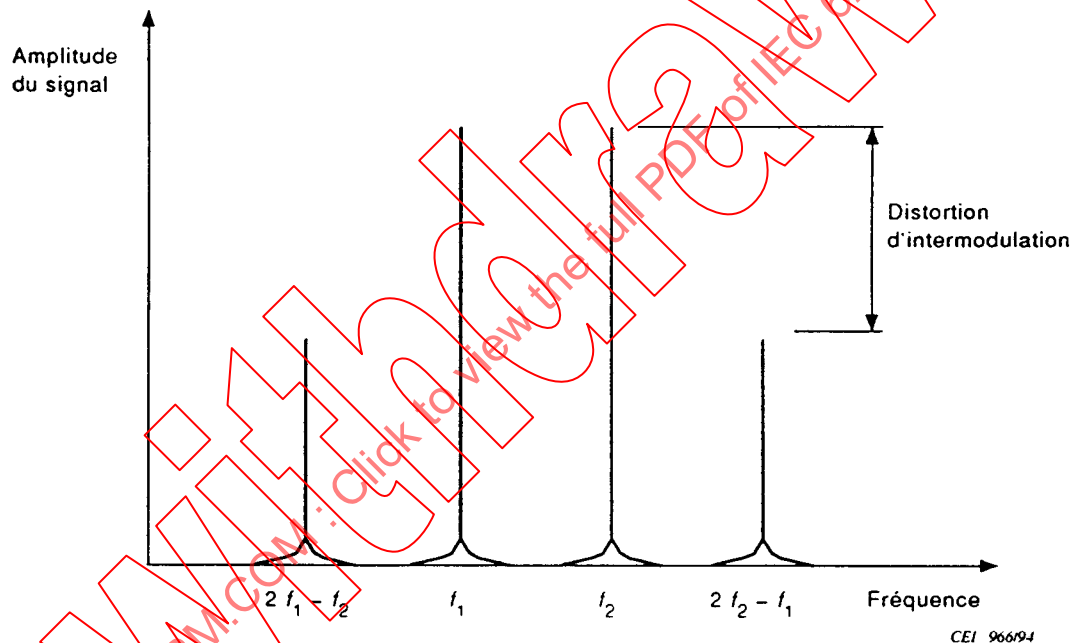


Figure 19

d) *Precautions to be observed*

The optical port of the device being measured shall, as far as possible, be coupled to that of the optical signal detector.

NOTE – The definition of two-tone intermodulation distortion of LED/IRED will be proposed in a later document.

e) *Measurement procedure*

Couple the optical output of D from the specified optical port to the detector D_T . Apply specified supply voltages generated by P to the appropriate connections of D so as to achieve the specified output radiant power from the optical port. Apply modulation current from the two sine wave signal sources S_1 and S_2 so as to create two modulation tones at fundamental frequencies f_1 and f_2 . The modulated optical output at the fundamental frequencies are read on V_1 and V_2 , and the modulated optical output at the intermodulation frequencies are read on V_3 and V_4 . Adjust S_1 and S_2 so that V_1 and V_2 are equal. Vary the signal attenuation with A_T and record the modulation voltage V_0 and the optical signal voltages V_1 , V_2 , V_3 , and V_4 . Determine the two-tone intermodulation ratio by taking the ratio of the amplitude of the larger of the modulated optical output intermodulation sidebands (V_3 or V_4) to the amplitude of the fundamental signals (either V_1 or V_2) as a function of the amplitude of the composite input signal (V_0).

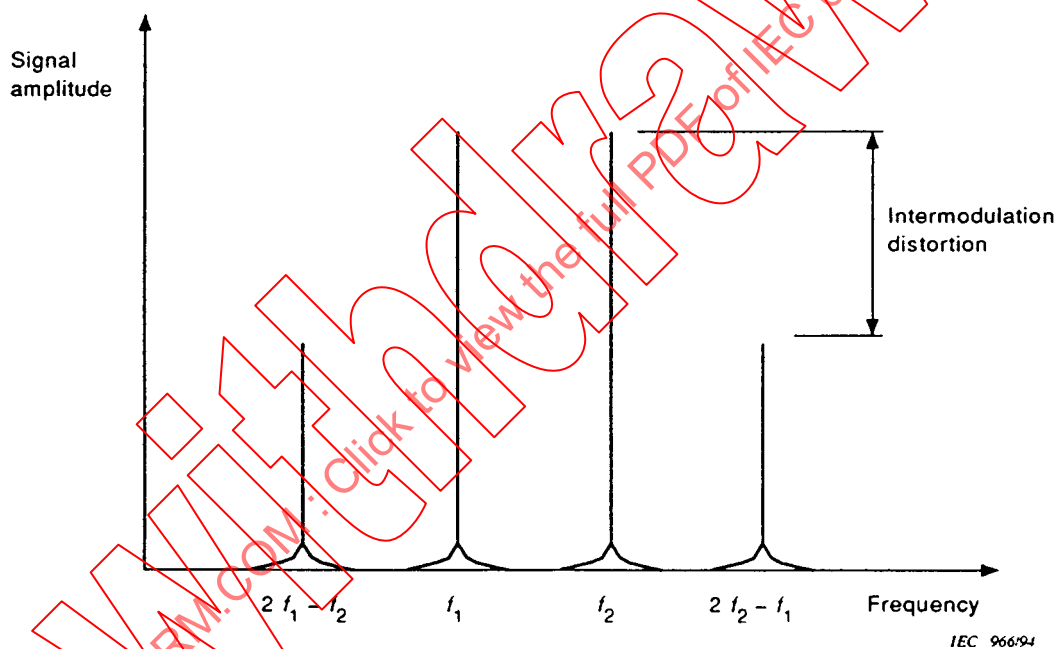


Figure 19

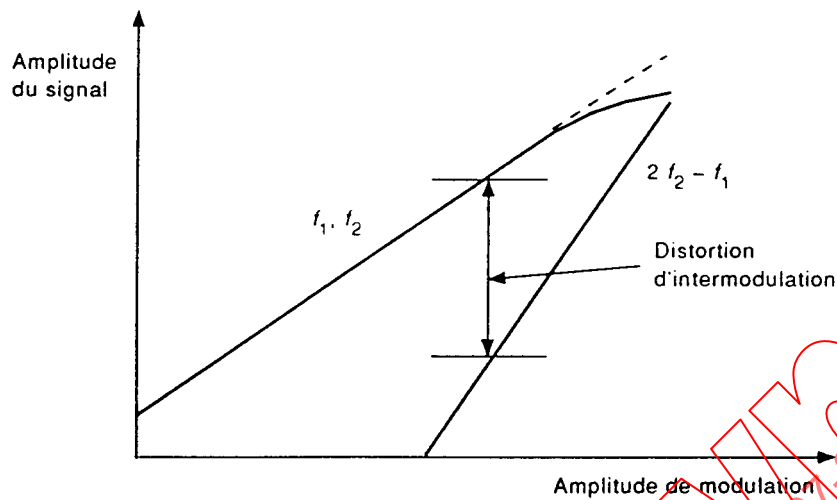


Figure 20

NOTE – Les fonctions des filtres et des voltmètres en courant alternatif sont habituellement incorporées dans les analyseurs de spectre à haute fréquence. On peut utiliser ces appareils à la place des éléments de circuit séparés indiqués dans la description du circuit. Cela permet de mesurer la puissance des signaux en courant alternatif, au lieu de l'amplitude.

f) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou température du boîtier (T_{amb} ou T_{case})
- Flux énergétique (Φ_e)
- Longueur d'onde d'émission maximale et largeur du spectre de rayonnement ($\lambda_p, \Delta\lambda$)
- Fréquences de modulation (f_1, f_2)
- Résistances de charge (R_{L1} et R_{L2})

3.13 Longueur d'onde centrale ($\bar{\lambda}$) et largeur efficace du spectre ($\Delta\lambda_{\text{eff}}$) des diodes laser et des modules à diodes laser

a) *But*

Mesurer la longueur d'onde centrale et la largeur efficace du spectre d'une diode laser ou d'un module à diode laser, fonctionnant dans des conditions de modulation spécifiées.

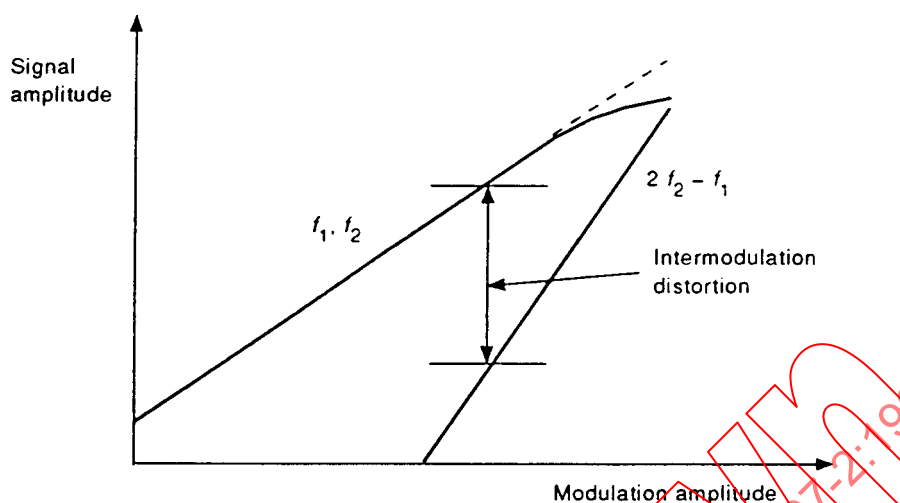


Figure 20

NOTE – The functions of the filters and a.c. voltmeters are usually incorporated in r.f. spectrum analyzer instruments. Such instruments can be used in place of the individual circuit elements shown in the circuit description. With this substitution, the measured quantities are a.c. signal powers in place of signal amplitudes.

f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature (T_{amb} or T_{case})
- Radiant power (Φ_e)
- Peak-emission wavelength and spectral radiation bandwidth ($\lambda_p, \Delta\lambda$)
- Modulation frequencies (f_1, f_2)
- Load resistances (R_{L1} and R_{L2})

3.13 Central wavelength ($\bar{\lambda}$) and r.m.s. spectrum bandwidth ($\Delta\lambda_{rms}$) of laser diode or laser diode modules

a) *Purpose*

To measure the central wavelength and r.m.s. spectrum bandwidth of a laser diode or laser diode module operated under specified modulation conditions.

b) Schéma

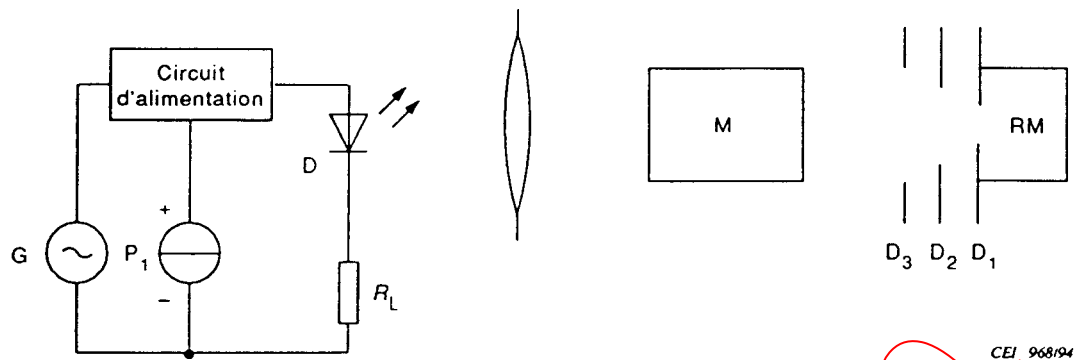


Figure 21

c) Description du circuit

- D = dispositif en mesure
- P = source d'alimentation fournissant à D la valeur spécifiée de courant direct au-dessus du seuil ΔI_F^* ou le flux énergétique Φ_e spécifié 2D
- G = générateur de signaux de modulation fournissant les conditions de modulation spécifiées
- R_L = résistance de charge permettant d'adapter l'impédance spécifiée pour D
- L = système de mise au point par lentilles
- M = monochromateur
- D_3, D_2 = diaphragmes, si nécessaire
- RM = radiomètre (comportant le diaphragme D_1)

NOTE – Un analyseur de spectre optique comporte généralement M et RM. Il peut être utilisé à la place de M et RM.

d) Précautions à prendre

Le flux énergétique réfléchi dans l'accès optique de D doit être aussi faible que possible, de manière à ne pas apporter de modification sensible aux caractéristiques du spectre.

e) Exécution

Ajuster P pour obtenir le courant direct I_F correspondant à ΔI_F^* (au-delà du seuil) spécifié, ou le courant correspondant au flux énergétique Φ_e spécifié.

Régler la longueur d'onde du monochromateur dans la plage voulue, jusqu'à ce qu'on puisse lire la valeur maximale sur le radiomètre.

Enregistrer la valeur donnée par le radiomètre et la longueur d'onde correspondante. Il s'agit de la longueur d'onde d'émission maximale (λ_p).

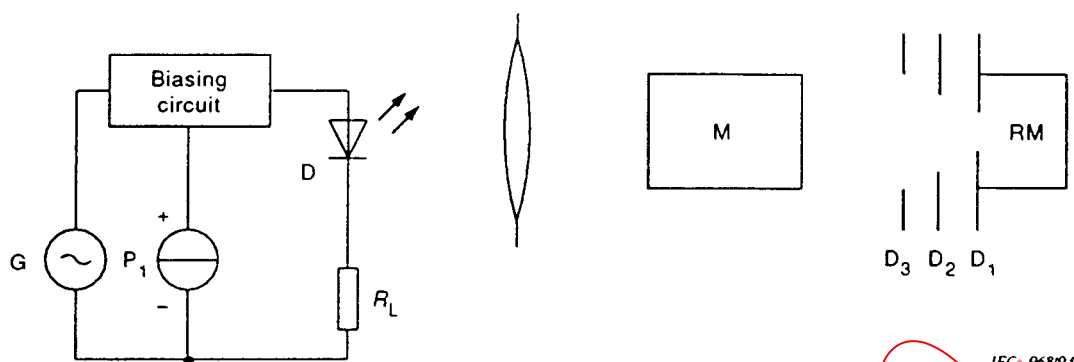
b) *Circuit diagram*

Figure 21

c) *Circuit description and requirements*

- D = device being measured
- P = power supply to provide the specified value of forward current above threshold ΔI_F^* or the specified radiant power Φ_e to 2D
- G = modulation signal generator providing the specified modulation conditions
- R_L = load resistor for matching the electrical impedance of D
- L = focusing lens system
- M = monochromator
- D_3, D_2 = diaphragms, where appropriate
- RM = radiometer (including diaphragm D_1)

NOTE – M together with RM are typically incorporated in an optical spectrum analyzer. Such equipment can be used in place of M and RM.

d) *Precautions to be observed*

Radiant power reflected into the optical port of D shall be minimized to ensure that the spectral characteristics are not significantly affected.

e) *Measurement procedure*

Apply sufficient forward current to reach the specified value of ΔI_F^* or apply the current corresponding to the specified radiant power Φ_e .

Adjust the wavelength of the monochromator within the required range until the maximum reading on the radiometer has been achieved.

Record the reading on the radiometer and the wavelength corresponding to this value. This is the peak emission wavelength (λ_p).

Régler le monochromateur à une longueur d'onde supérieure à λ_p puis l'ajuster pour réduire progressivement cette longueur d'onde. Noter la première longueur (λ_i) à laquelle la puissance est égale ou supérieure au pourcentage spécifié de la valeur maximale lue.

Noter la puissance indiquée par le radiomètre (a_i). Diminuer progressivement la longueur d'onde du monochromateur, jusqu'à ce que la valeur maximale (λ_j) apparaisse sur le radiomètre et que la puissance indiquée par le radiomètre (a_j) corresponde à chaque raie du spectre.

Régler le monochromateur à une longueur d'onde inférieure à λ_p et l'ajuster progressivement à des longueurs d'onde plus grandes. Noter la première longueur d'onde (λ_i) à laquelle la puissance est égale ou supérieure au pourcentage spécifié de la valeur maximale lue. Noter la puissance indiquée (a_i) par le radiomètre. Régler progressivement la longueur d'onde du monochromateur à une longueur plus élevée jusqu'à ce que la valeur maximale (λ_j) apparaisse sur le radiomètre et que la puissance indiquée sur le radiomètre (a_j) corresponde à chaque raie du spectre.

L'équation suivante permet de calculer la longueur d'onde (centrale):

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_i a_i \cdot \lambda_i}{\sum_i a_i}$$

où λ_i est la longueur d'onde et a_i la valeur correspondante de puissance de la i -ième raie du spectre indiquée par le radiomètre. L'équation suivante permet d'obtenir la largeur de spectre efficace:

$$\Delta\lambda_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{\sum_i a_i \cdot (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{\sum_i a_i}}$$

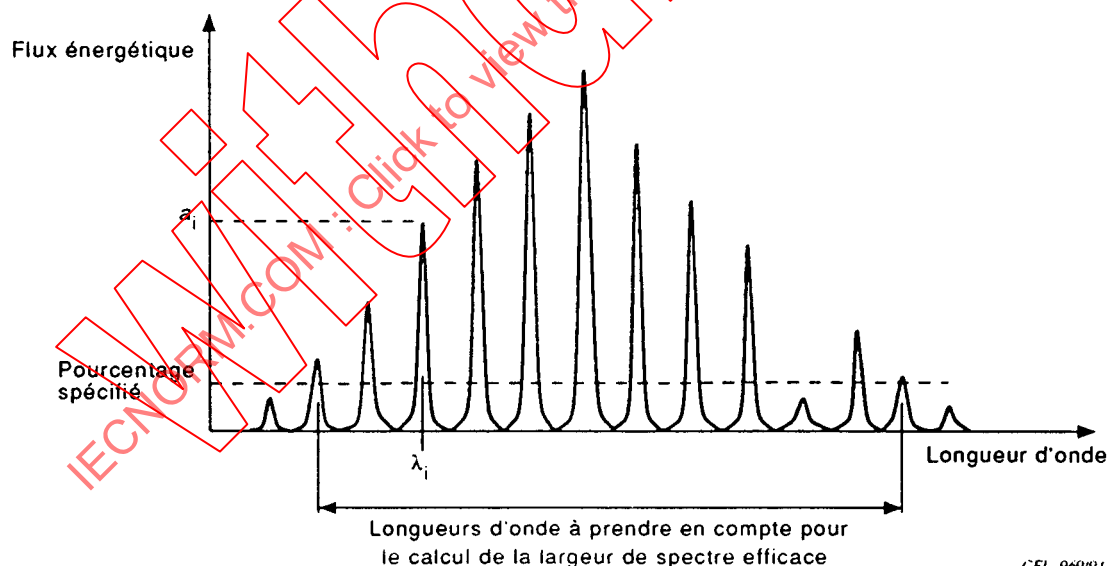


Figure 22

f) Conditions spécifiées

- Température ambiante, du boîtier ou de l'embase (T_{amb} , T_{case} ou T_{sub})
- Flux énergétique (Φ_e) ou courant direct dépassant le seuil (ΔI_F^*)
- Fréquence de modulation (f) et profondeur de modulation (m)
- Pourcentage de la puissance à λ_p qui définit la largeur de spectre efficace, s'il est différent de 1 %.

Set the monochromator to a longer wavelength than λ_p and adjust it to progressively shorter wavelengths. Record the first wavelength (λ_i) at which the power is equal to or higher than the specified percentage of the maximum peak reading.

Record the power reading (a_i) on the radiometer. Adjust the wavelength of the monochromator progressively to shorter wavelength until the maximum reading on the radiometer is obtained and record the wavelengths (λ_i) and the power readings on the radiometer (a_i) corresponding to each spectral line.

Set the monochromator to a shorter wavelength than λ_p and adjust it to progressively longer wavelengths. Record the first wavelength (λ_i) at which the power is equal to or higher than the specified percentage of the maximum peak reading. Record the power reading (a_i) on the radiometer. Adjust the wavelength of the monochromator progressively to longer wavelength until the maximum reading on the radiometer is obtained and record the wavelengths (λ_i) and the power readings on the radiometer (a_i) corresponding to each spectral line.

Calculate the central wavelength from the equation:

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_i a_i \cdot \lambda_i}{\sum_i a_i}$$

where λ_i and a_i are the wavelength and the reading on the radiometer of i -th spectral line. The r.m.s. spectrum bandwidth ($\Delta\lambda_{\text{rms}}$) is derived from the equation

$$\Delta\lambda_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\sum_i a_i \cdot (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{\sum_i a_i}}$$

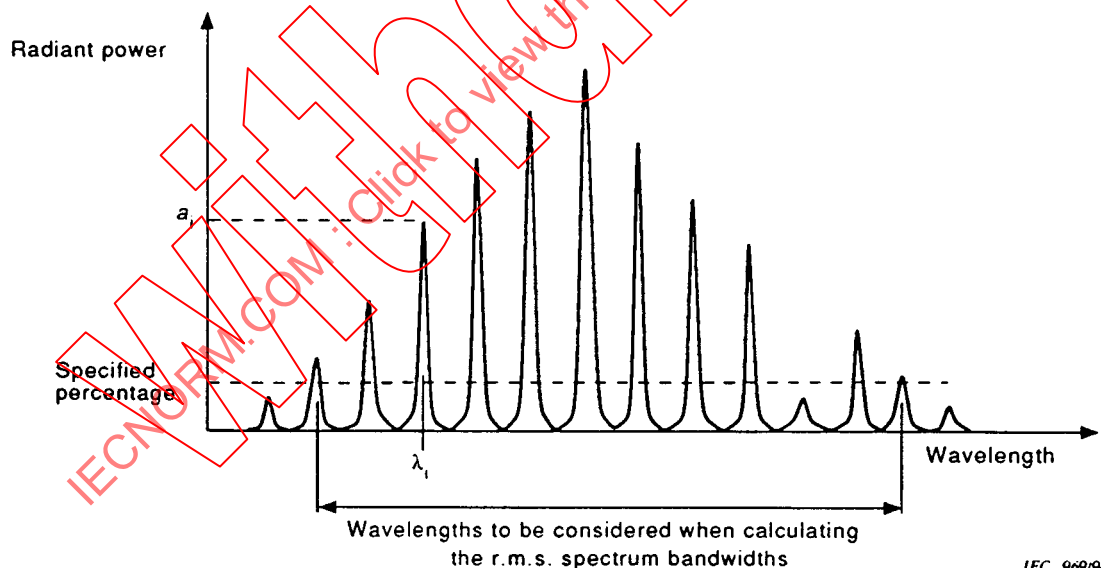


Figure 22

f) *Specified conditions*

- Ambient, case or submount temperature (T_{amb} , T_{case} or T_{sub})
- Radiant power (Φ_e) or forward current above threshold (ΔI_F^*)
- Modulation frequency (f) and modulation factor (m)
- Percentage of the power at λ_p that defines the r.m.s. spectrum bandwidth, if other than 1 %.

3.14 Distorsions composites des diodes laser ou des modules laser pour les systèmes ou sous-systèmes de transmission analogique par fibres optiques

a) But

Mesurer la distorsion composite de second ordre (CSO) et la distorsion composite à triple battement (CTB) d'un laser analogique sous une modulation multivoie spécifiée.

b) Schéma

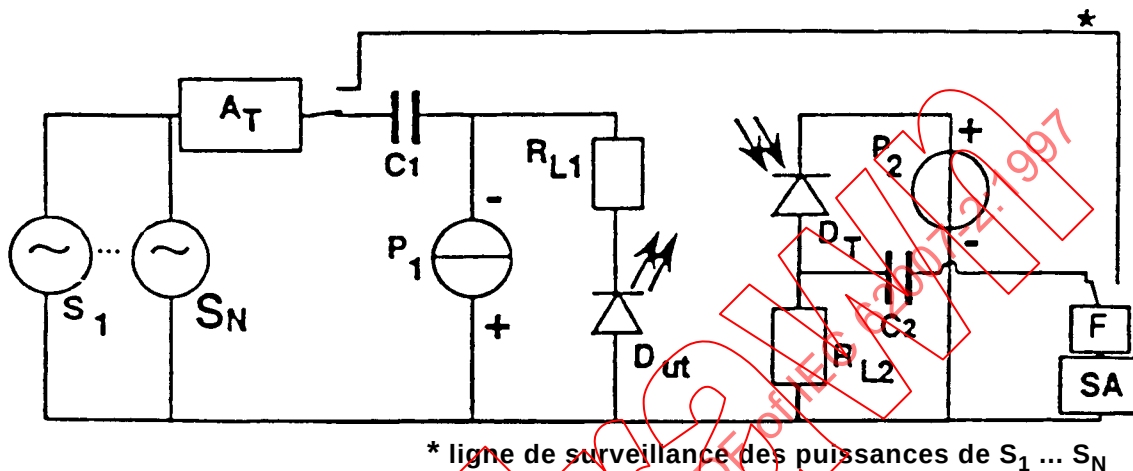


Figure 23 – Schéma

c) Description du circuit et exigences

DUT = dispositif en mesure

$S_1 \dots S_N$ = sources de signaux sinusoïdaux aux fréquences ($f_1 \dots f_N$)

C_1, C_2 = capacités de couplage

A_T = affaiblisseur de signaux variables

P_1 = source d'alimentation fournissant au DUT le flux énergétique Φ_e spécifié

F = filtre dont la fréquence centrale de la bande passante correspond aux fréquences ($f_1 \dots f_N$) des sources de signaux sinusoïdaux et aux fréquences d'intermodulation appropriées $2f_i$, $f_i \pm f_j$ pour la CSO et $3f_i$, $2f_i \pm f_j$ et $f_i \pm f_j \pm f_k$ pour la CTB

SA = analyseur de spectre

R_{L1} = résistance de charge pour adaptation de l'impédance électrique spécifiée du DUT

D_T = détecteur de signaux optiques

R_{L2} = résistance de charge pour adaptation de l'impédance électrique spécifiée du D_T

P_2 = alimentation du D_T

d) Précautions à prendre

Le dispositif doit être couplé efficacement au détecteur de signaux optiques, avec le moins de rétroreflexion possible. Il convient de maintenir la puissance rayonnante absorbée par le détecteur D_T dans les limites de la réponse linéaire du D_T .

3.14 Composite distortions of laser diodes or laser modules for fibre optic analogue transmission systems or subsystems

a) Purpose

To measure the composite second-order distortion (CSO) and composite triple beats distortion (CTB) of an analogue laser under specified multi-channel modulation.

b) Circuit diagram

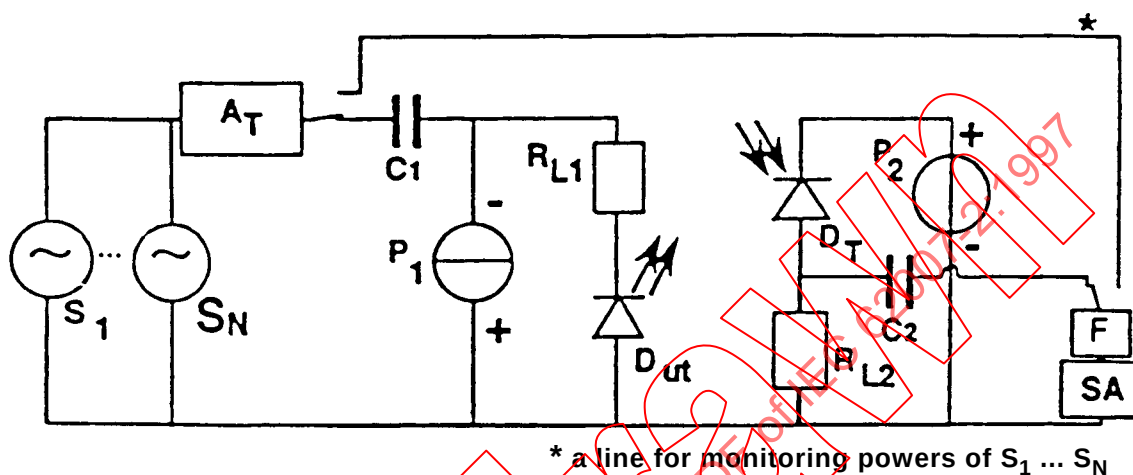


Figure 23 – Circuit diagram

c) Circuit description and requirements

- DUT = device under test
- $S_1 \dots S_N$ = sine wave signal sources at frequencies ($f_1 \dots f_N$)
- C_1, C_2 = coupling capacitors
- A_T = variable signal attenuator
- P_1 = power supply to provide the specified radiant power Φ_e to DUT
- F = filter with passband center frequency matched to the frequencies of the sine wave signal sources ($f_1 \dots f_N$) and the appropriate intermodulation frequencies $2f_i, f_i \pm f_j$ for CSO, and $3f_i, 2f_i \pm f_j$, and $f_i \pm f \pm f_k$ for CTB
- SA = spectrum analyzer
- R_{L1} = load resistor for matching the specified electrical impedance of DUT
- D_T = optical signal detector
- R_{L2} = load resistor for matching the specified electrical impedance of D_T
- P_2 = power supply to D_T

d) Precautions to be observed

The device shall be effectively coupled to the optical signal detector with minimal back reflection. The input optical power to the detector D_T should be kept within the linear response range of D_T .

e) *Exécution*

Coupler la sortie optique du DUT à l'accès optique du détecteur D_T . Appliquer les tensions indiquées et fournies par P_1 aux connexions appropriées de DUT pour que le DUT émette le flux énergétique spécifié en sortie de son accès optique. Appliquer le courant de modulation fourni par les N sources de signaux sinusoïdaux $S_1 \dots S_N$ au DUT de manière à créer N tons de modulation des fréquences de signaux $f_1 \dots f_N$. Il est recommandé de prendre un nombre de canaux supérieur à 10. Les sorties optiques modulées aux fréquences des signaux et les sorties optiques modulées aux fréquences d'intermodulation sont enregistrées sur le SA via un filtre passe-bande F . Régler $S_1 \dots S_N$ de manière que les sorties optiques modulées aux fréquences des signaux soient égales. Faire varier l'affaiblissement du signal en fonction de A_T et enregistrer la puissance de modulation et la puissance du signal optique pour une porteuse. Déterminer la CSO et la CTB par porteuse en faisant le rapport entre l'amplitude des bandes latérales des sorties optiques modulées CSO et CTB la plus importante et l'amplitude du signal en fonction de la puissance de modulation composite et les exprimer en dBc (voir figure 24).

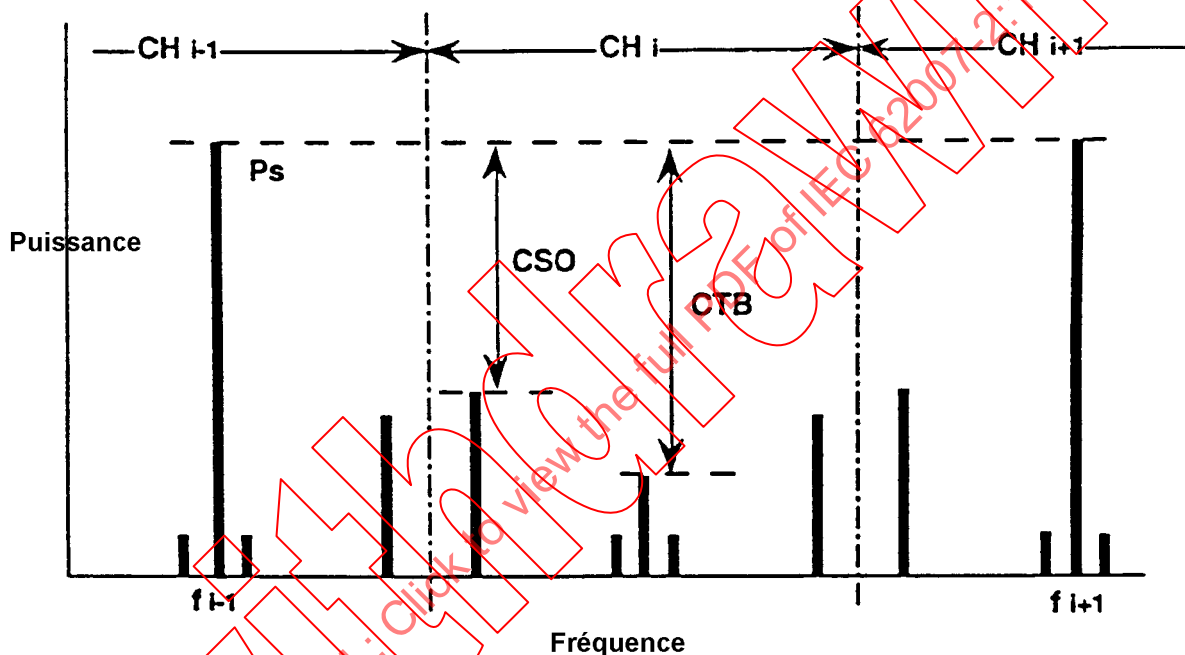


Figure 24 – CSO et CTB

f) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou température du boîtier T_{amb} ou T_{case}
- Flux énergétique moyen Φ_e ou courant ΔI_F
- Milieux et perte d'insertion entre DUT et D_T
- Indice de modulation optique m
- Longueur d'onde d'émission maximale λ_p et largeur du spectre de rayonnement $\Delta\lambda$
- Fréquences de modulation f_1 à f_N
- Résistances de charge R_{L1} et R_{L2}
- Nombre de porteuses et plan de fréquence
- Largeur de bande Δf du filtre F
- Largeur de bande de résolution
- Largeur de bande de vidéo
- Mode de fonctionnement: moyenne ou valeur maximale

e) *Measurement procedure*

Couple the optical output of DUT from the specified optical port to the detector D_T . Apply specified supply voltages generated by P_1 to the appropriate terminations of DUT so as to achieve the specified output radiant power from the optical port. Apply modulation current from the N sine wave sources $S_1...S_N$ to DUT so as to create N modulation tones of signal frequencies $f_1...f_N$. It is recommended to choose a higher channel number than 10. The modulated optical output at the signal frequencies and the modulated optical output at the intermodulation frequencies are recorded on SA through a bandpass filter, F . Adjust $S_1...S_N$ so that the modulated optical output at the signal frequencies are equal. Vary the signal attenuation with A_T and record the modulating power and the optical signal power for a channel. Determine the CSO and CTB per channel by taking the ratio of the amplitude of the larger of the modulated optical output CSO and CTB sidebands to the amplitude of the signal as a function of the composite modulating power and express it in dBc (see figure 24).

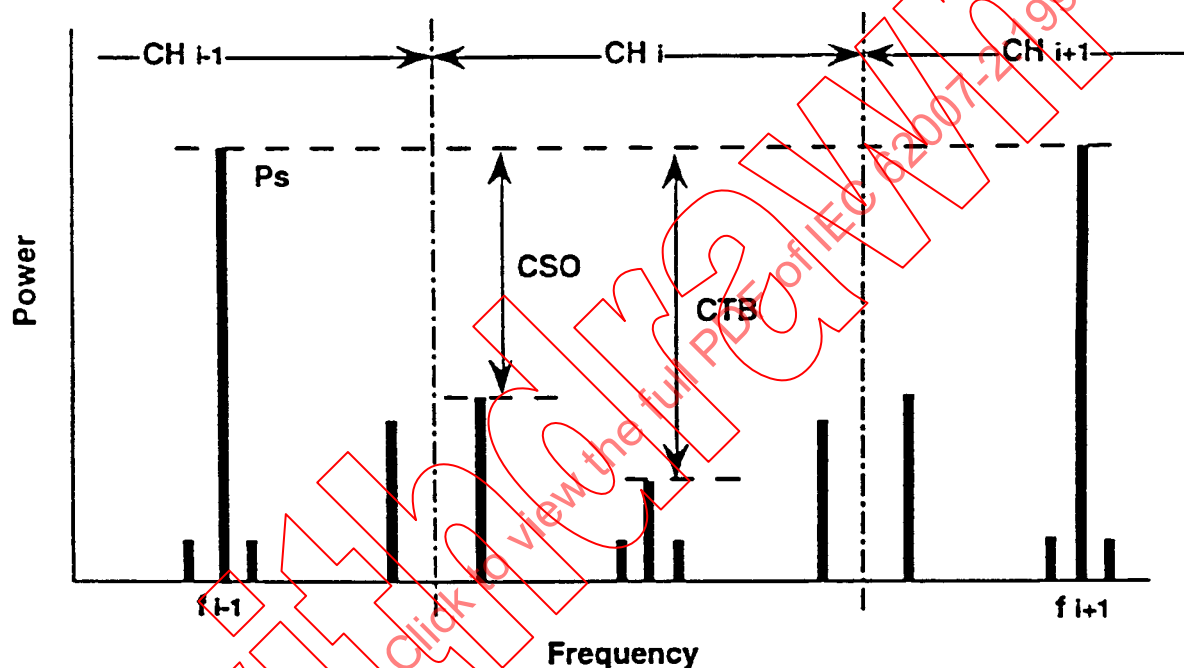


Figure 24 – CSO and CTB

f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature T_{amb} or T_{case}
- Average radiant power Φ_e or current ΔI_F
- Media and the insertion loss between DUT and D_T
- Optical modulation index m
- Peak-emission wavelength λ_p , and spectral radiation bandwidth $\Delta\lambda$
- Modulation frequencies f_1 to f_N
- Load resistances R_{L1} and R_{L2}
- Channel number and channel allocation
- Bandwidth Δf of the filter F
- Resolution bandwidth
- Video bandwidth
- Average or maximum hold condition

3.15 Distorsions de second et de troisième ordres des diodes laser ou des modules laser pour les systèmes ou sous-systèmes de transmission analogique par fibres optiques

a) But

Mesurer la distorsion d'intermodulation de second ordre et la distorsion d'intermodulation de troisième ordre d'un laser analogique dans des conditions de modulation spécifiées.

b) Schéma

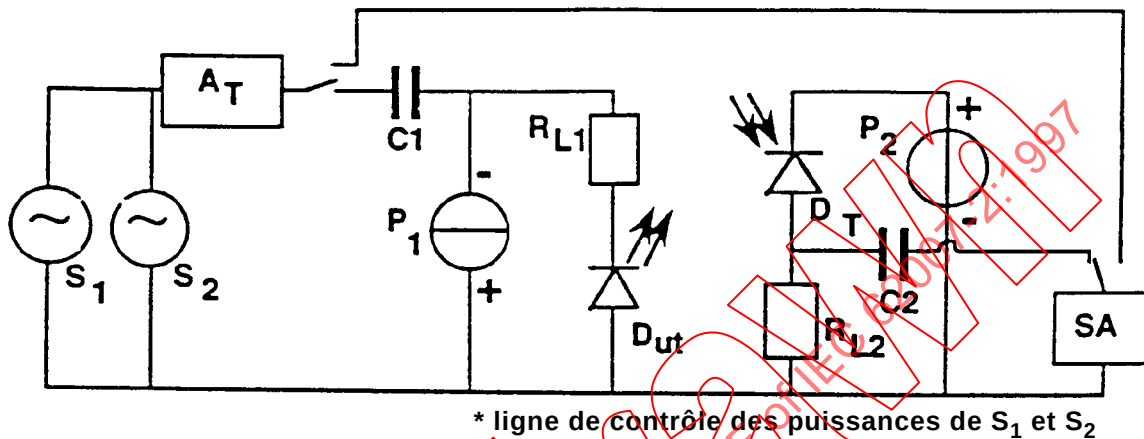


Figure 25 – Schéma

c) Description du circuit et exigences

- DUT = dispositif en mesure
- S_1, S_2 = sources de signaux sinusoïdaux à deux fréquences (f_1 et f_2)
- C_1, C_2 = capacités de couplage
- A_T = atténuateur de signaux variables
- P_1 = source d'alimentation fournissant au DUT le flux énergétique Φ_e spécifié
- SA = analyseur de spectre
- R_{L1} = résistance de charge pour adaptation de l'impédance électrique spécifiée du DUT
- D_T = détecteur de signaux optiques
- R_{L2} = résistance de charge pour adaptation de l'impédance électrique spécifiée du D_T
- P_2 = alimentation du D_T

d) Précautions à prendre

Le dispositif doit être couplé efficacement au détecteur de signaux optiques, avec le moins de rétro-réflexion possible. Il convient de maintenir la puissance rayonnante absorbée par le détecteur D_T dans les limites de la réponse linéaire du D_T .

e) Exécution

Coupler la sortie optique du DUT à l'accès optique du détecteur D_T . Appliquer les tensions indiquées et fournies par P_1 aux connecteurs appropriés du DUT pour que le DUT émette le flux énergétique spécifié en sortie de son accès optique. Appliquer le courant de modulation fourni par les deux sources de signaux sinusoïdaux S_1 et S_2 au DUT de manière à créer deux tons de modulation des fréquences de signaux f_1 et f_2 . Les sorties optiques modulées aux fréquences des signaux et les sorties optiques modulées aux fréquences d'intermodulation sont enregistrées sur le SA. Régler S_1 et S_2 de manière que les sorties optiques modulées aux fréquences des signaux soient égales.

3.15 Second-order and third-order intermodulation distortions of laser diodes or laser modules for fibre optic analogue transmission systems or subsystems

a) Purpose

To measure the second-order intermodulation distortion and the third-order intermodulation distortion of an analogue laser under specified modulation conditions.

b) Circuit diagram

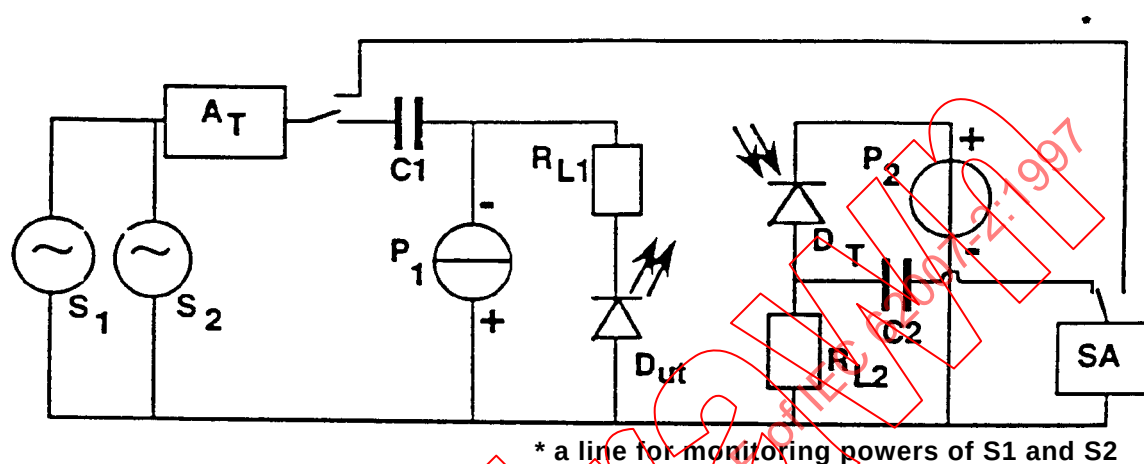


Figure 25 – Circuit diagram

c) Circuit description and requirements

- DUT = device under test
- S_1, S_2 = sine wave signal sources at two frequencies f_1 and f_2
- C_1, C_2 = coupling capacitors
- A_T = variable signal attenuator
- P_1 = power supply to provide the specified radiant power Φ_e to DUT
- SA = spectrum analyzer
- R_{L1} = load resistor for matching the specified electrical impedance of DUT
- D_T = optical signal detector
- R_{L2} = load resistor for matching the specified electrical impedance of D_T
- P_2 = power supply to D_T

d) Precautions to be observed

The device shall be effectively coupled to the optical signal detector with minimal back reflection. The input optical power to the detector D_T should be kept within the linear response range of D_T .

e) Measurement procedure

Couple the optical output of DUT from the specified optical port to the detector D_T . Apply the specified supply voltages generated by P_1 to the appropriate connectors of DUT so as to achieve the specified output radiant power from the optical port. Apply modulation current from the two sine wave sources S_1 and S_2 to DUT so as to create two modulation tones of signal frequencies f_1 and f_2 . The modulated optical output at the signal frequencies and the modulated optical output at the intermodulation frequencies are recorded on SA. Adjust S_1 and S_2 so that the modulated optical output at the signal frequencies are equal.

Faire varier l'affaiblissement du signal en fonction de A_T et enregistrer la puissance de modulation et la puissance du signal optique. Confirmer la pente de IMD_2 ($= 2$) et IMD_3 ($= 3$) par rapport à la puissance de modulation (voir figure 25).

Déterminer IMD_2 et IMD_3 en faisant le rapport entre l'amplitude des bandes latérales d'intermodulation optiques modulées les plus importantes et l'amplitude des signaux.

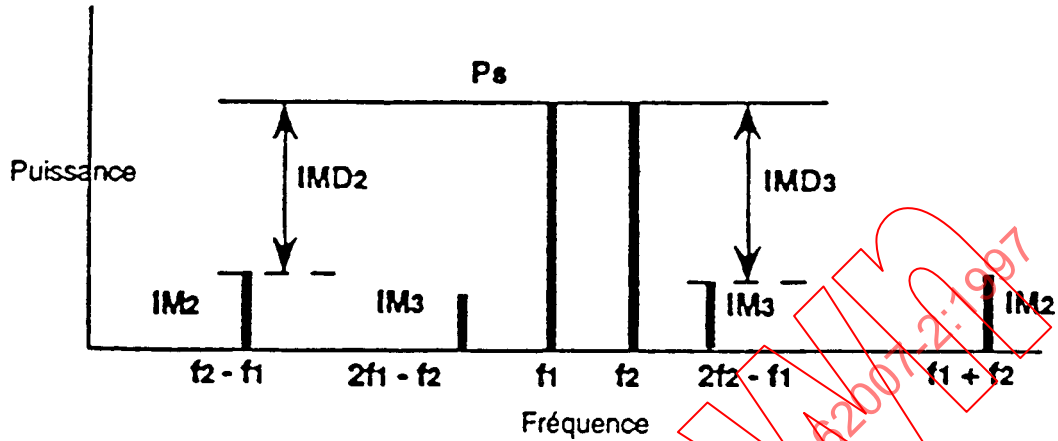


Figure 26 – IMD_2 et IMD_3

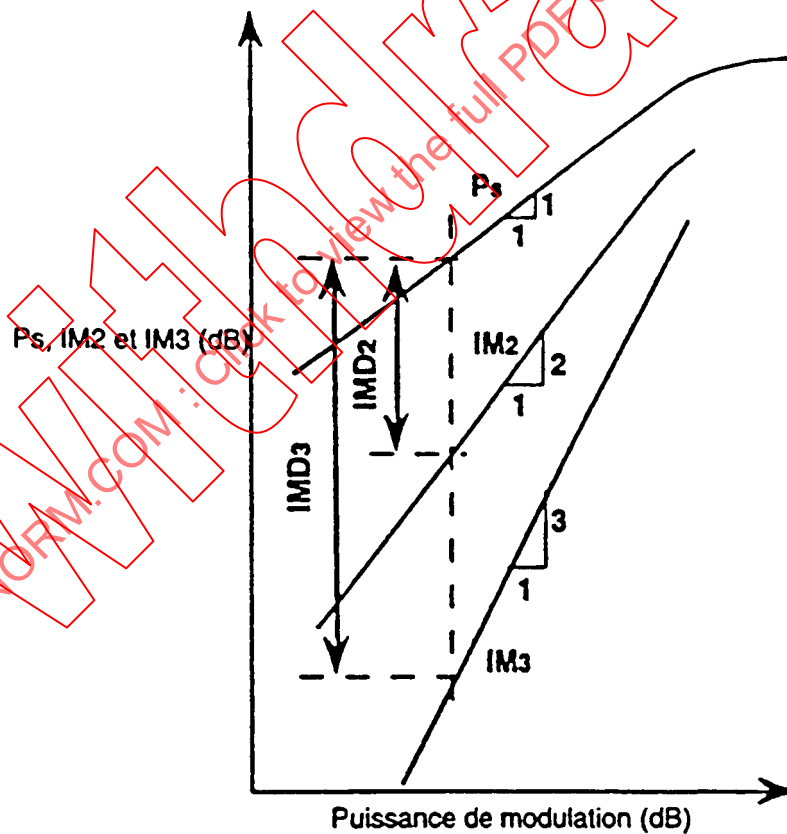
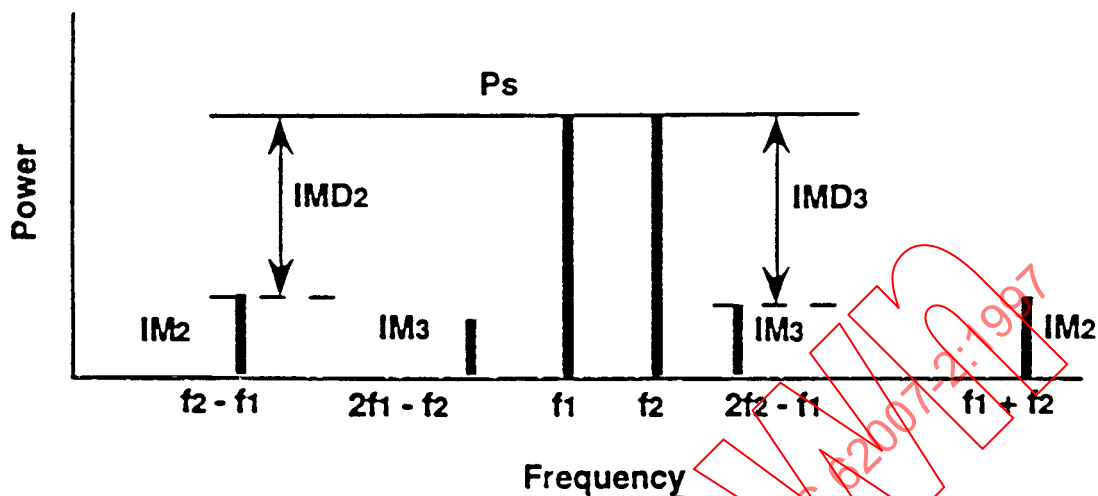
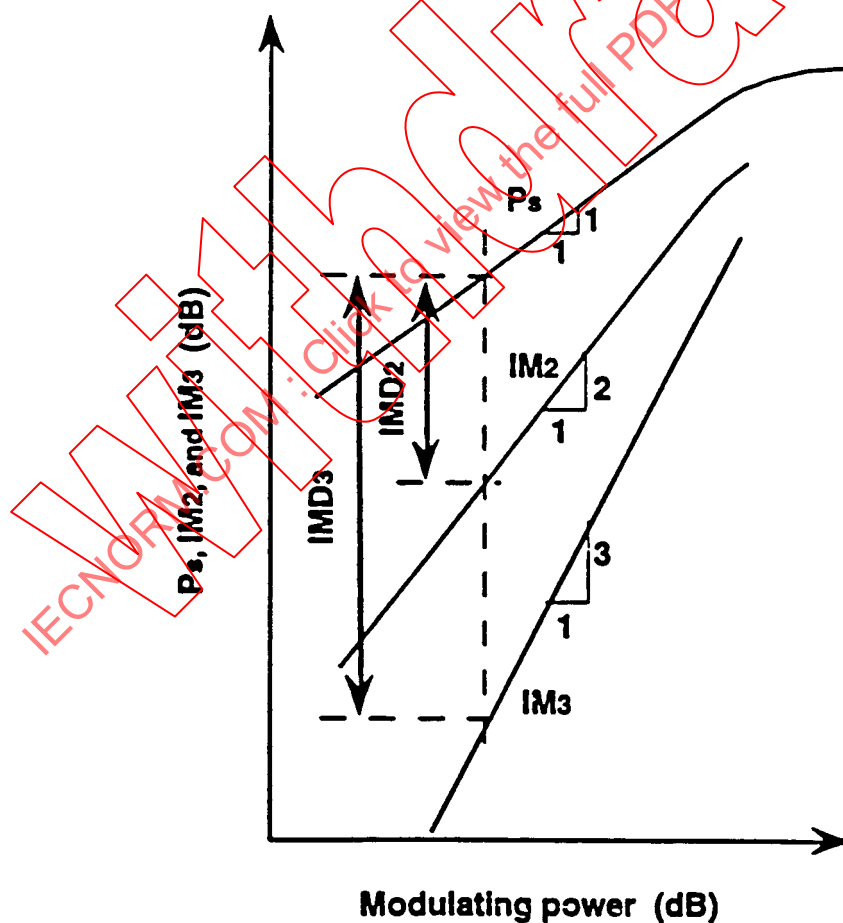


Figure 27 – IMD_2 et IMD_3

- IMD_2 = distorsion d'intermodulation du second ordre
- IMD_3 = distorsion d'intermodulation du troisième ordre

Vary the signal attenuation with A_T and record the modulating power and optical signal power. Confirm the slope of IMD_2 ($= 2$) and IMD_3 ($= 3$) against the modulating power (figure 25). Determine the IMD_2 and IMD_3 by taking the ratio of the amplitude of the larger of the modulated optical intermodulation sidebands to the amplitude of the signals.

Figure 26 – IMD_2 and IMD_3 Figure 27 – IMD_2 and IMD_3

- IMD_2 = second-order intermodulation distortion
- IMD_3 = third-order intermodulation distortion

f) Conditions spécifiées

- Température ambiante ou température du boîtier T_{amb} ou T_{case}
- Flux énergétique moyen Φ_e ou courant ΔI_F
- Milieux et perte d'insertion entre DUT et D_T
- Indice de modulation optique m
- Longueur d'onde d'émission maximale λ_p et largeur du spectre de rayonnement $\Delta\lambda$
- Fréquences de modulation f_1 et f_2
- Résistances de charge R_{L1} et R_{L2}

3.16 Rendement différentiel (η_d) d'une diode laser avec/sans fibre amorce ou d'un module laser

a) But

Mesurer le rendement différentiel η_d d'une diode laser avec ou sans fibre amorce ou d'un module laser.

b) Schéma du circuit et forme d'onde du courant

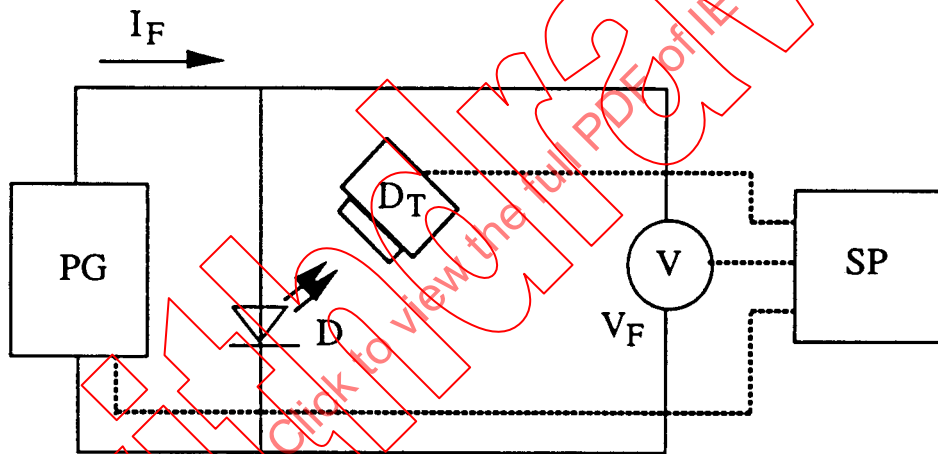


Figure 28 – Schéma du circuit

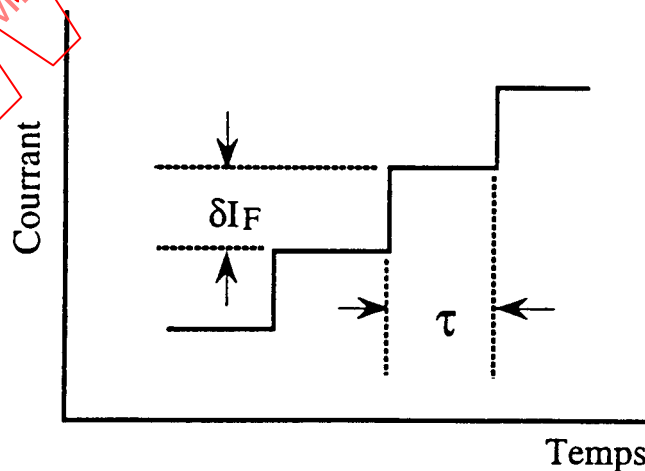


Figure 29 – Forme d'onde du circuit

f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature T_{amb} or T_{case}
- Average radiant power Φ_e or current ΔI_F
- Media and insertion loss between DUT and D_T
- Optical modulation index m
- Peak-emission wavelength λ_p and spectral radiation bandwidth $\Delta\lambda$
- Modulation frequencies f_1 and f_2
- Load resistances R_{L1} and R_{L2}

3.16 Differential efficiency (η_d) of a laser diode with/without pigtail or a laser module

a) *Purpose*

To measure the differential efficiency η_d of a laser diode with/without pigtail or a laser module.

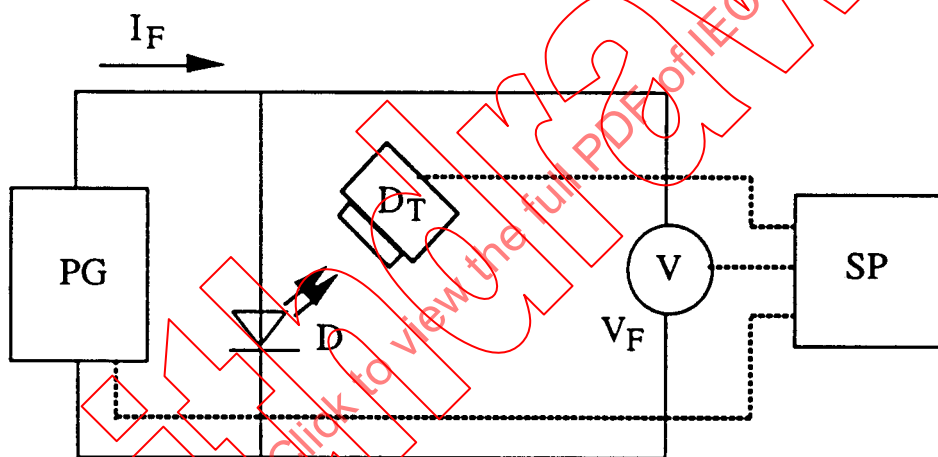
b) *Circuit diagram and current waveform*

Figure 28 – Circuit diagram

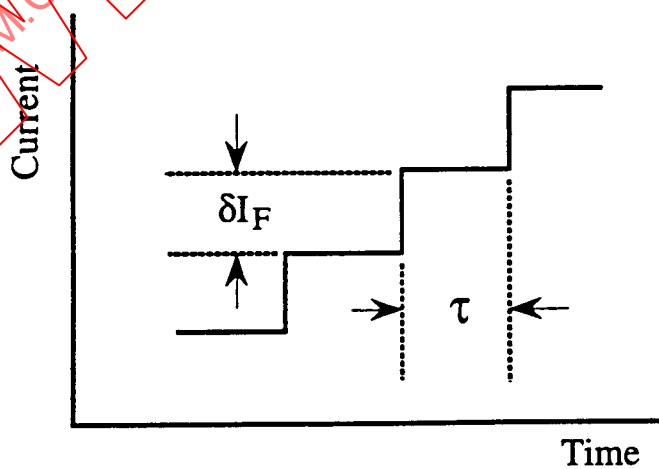


Figure 29 – Current waveform

c) *Description du circuit et exigences*

- D = dispositif à mesurer
- PG = générateur de courant
- D_T = photodétecteur
- SP = traitement du signal

d) *Précautions à prendre*

Le flux énergétique réfléchi doit être minimisé. Les valeurs limites de la diode laser, I_F ou Φ_e , ne doivent pas être dépassées.

e) *Procédure*

La forme d'onde du courant appliquée au dispositif doit être conforme à la figure 29, où δI_F est l'amplitude du pas et $\leq (1/20)\Delta I_F$ et τ , durée du pas, doit être de longueur suffisante pour permettre au dispositif d'atteindre l'équilibre thermique.

NOTE – La durée du pas, τ , ne doit pas être trop petite, autrement les effets thermiques ne seraient pas pris en compte. La valeur minimale recommandée, proche de la constante de temps thermique entre puce et radiateur la plus courante est de 100 μ s.

Enregistrer I_F et Φ_e à chaque niveau de pas.

Déduire η_d du rapport:

$$\eta_d = \delta \Phi_e / \delta I_F, \quad \text{à } \Delta I_F \text{ ou } \Phi_e \text{ spécifiés.}$$

f) *Conditions spécifiées*

- Température de boîtier ou ambiante, température d'embase (T_{amb} , T_{case} ou T_{sub})
- Courant direct au-dessus du seuil (ΔI_F) ou flux énergétique (Φ_e)

3.17 Résistance différentielle r_d d'une diode laser avec/sans fibre amorce

a) *But*

Mesurer la résistance différentielle r_d d'une diode laser avec ou sans fibre amorce.

b) *Schéma du circuit et forme d'onde du courant*

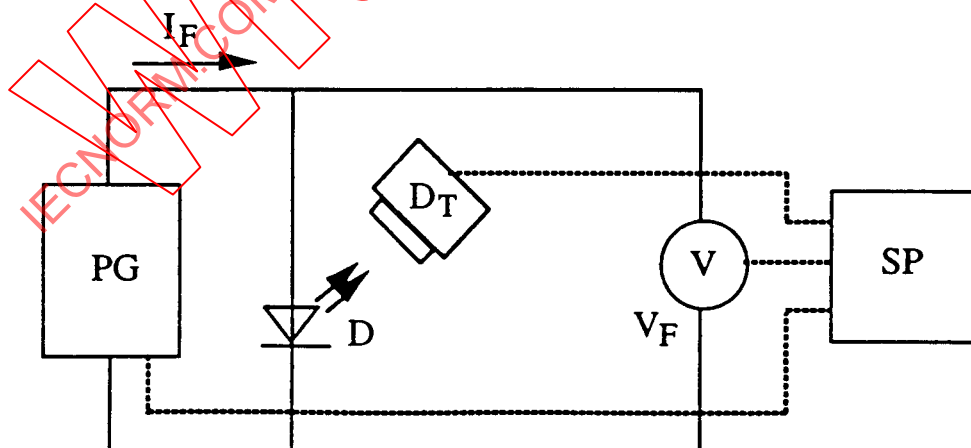


Figure 30 – Schéma du circuit

c) *Circuit description and requirements*

- D = device being measured
 PG = current step generator
 D_T = photodetector
 SP = signal processing equipment

d) *Precautions to be observed*

Radiant power reflected back into the laser diode shall be minimized. The limiting values of the laser diode, I_F or Φ_e , shall not be exceeded.

e) *Measurement procedure*

The current waveform applied to the device shall be as shown in figure 29, where δI_F is the step-amplitude and $\leq (1/20)\Delta I_F$ and τ , the step duration, shall be of sufficient length to allow the device to achieve thermal equilibrium.

NOTE – The step duration τ shall not be too small, otherwise thermal effects would not be taken into account. A recommended minimum value is 100 μ s, close to the most common chip-to-heatsink thermal time constant.

Record I_F and Φ_e at each step level.

Derive η_d from the ratio:

$$\eta_d = \delta \Phi_e / \delta I_F, \quad \text{at } \Delta I_F \text{ or } \Phi_e \text{ specified.}$$

f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature, or sub-mount temperature (T_{amb} , T_{case} or T_{sub})
- Either forward current above threshold (ΔI_F) or radiant power (Φ_e)

3.17 Differential (forward) resistance r_d of a laser diode with/without pigtail

a) *Purpose*

To measure the differential (forward) resistance r_d of a laser diode with/without pigtail.

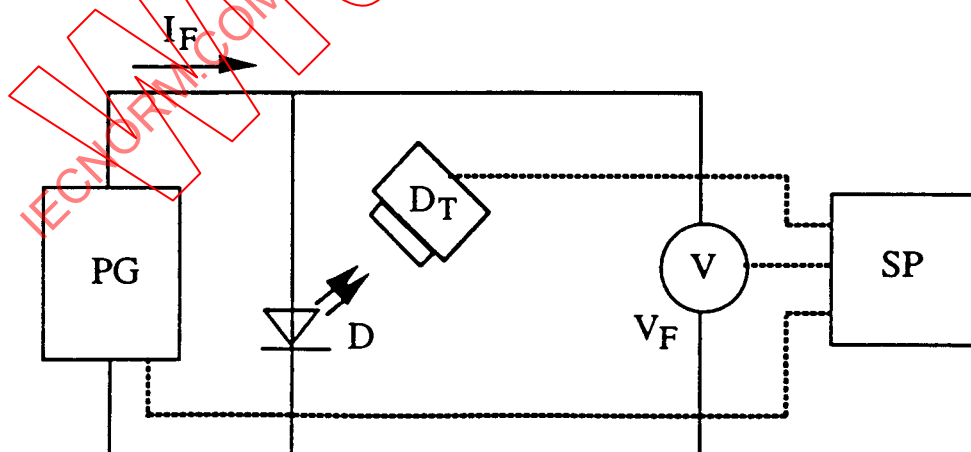
b) *Circuit diagram and current waveform*

Figure 30 – Circuit diagram

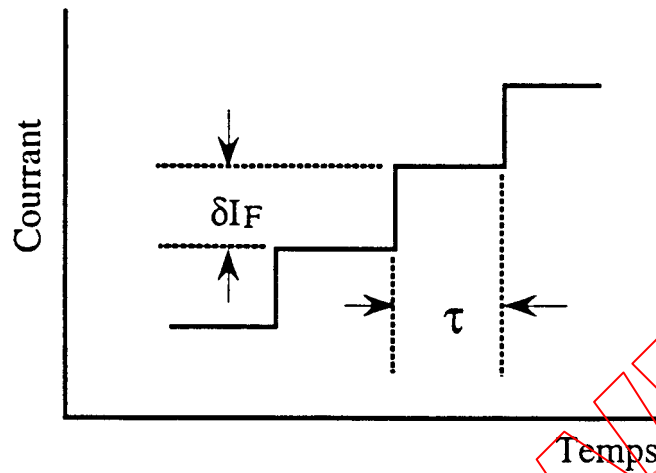


Figure 31 – Forme d'onde du circuit

c) *Description du circuit et exigences*

- D = dispositif à mesurer
- PG = générateur de courant
- V = voltmètre
- D_T = photodétecteur
- SP = traitement du signal

d) *Précautions à prendre*

Les valeurs limite de la diode laser, I_F ou Φ_e , ne doivent pas être dépassées.

e) *Procédure*

La forme d'onde du courant appliquée au dispositif doit être conforme à la figure 31, où δI_F est l'amplitude du pas et $\leq (1/20)\Delta I_F$.

Enregistrer I_F , V_F et Φ_e à chaque niveau de pas.

Déduire r_d du rapport:

$$r_d = \delta V_F / \delta I_F, \quad \text{à } \Delta I_F \text{ ou } \Phi_e \text{ spécifiés.}$$

f) *Conditions spécifiées*

- Température de boîtier ou ambiante, température d'embase (T_{amb} , T_{case} ou T_{sub})
- Courant direct au-dessus du seuil (ΔI_F) ou flux énergétique (Φ_e)

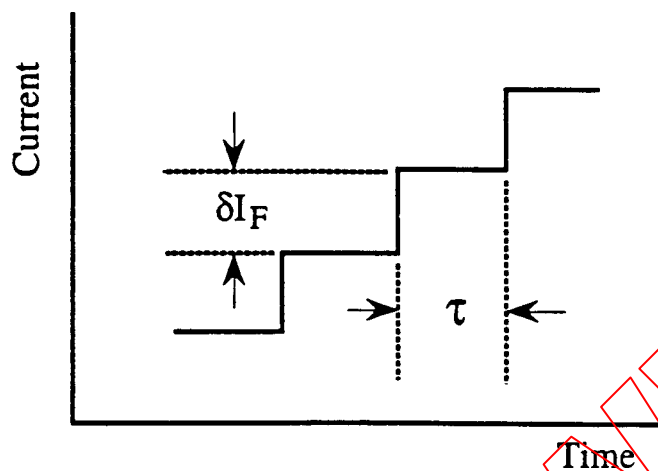


Figure 31 – Current waveform

c) *Circuit description and requirements*

D	device being measured
PG	current step generator
V	voltmeter
D _T	photodetector
SP	signal processing equipment

d) *Precautions to be observed*

The limiting values of the laser diode, I_F or Φ_e , shall not be exceeded.

e) *Measurement procedure*

The current waveform applied to the device shall be as shown in figure 31, where δI_F is the step-amplitude and $\leq (1/20)\Delta I_F$.

Record I_F , V_F and Φ_e at each step level.

Derive r_d from the ratio:

$$r_d = \delta V_F / \delta I_F, \quad \text{at } \Delta I_F \text{ or } \Phi_e \text{ specified.}$$

f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature, or submount temperature (T_{amb} , T_{case} or T_{sub})
- Either forward current above threshold (ΔI_F) or radiant power (Φ_e)

4 Méthodes de mesure pour les dispositifs photosensibles

4.1 Bruit d'une photodiode PIN

a) But

Mesurer le bruit en courant, le bruit en puissance, la détectivité ou la puissance équivalente de bruit (NEP) d'une photodiode PIN dans des conditions spécifiées.

b) Schéma

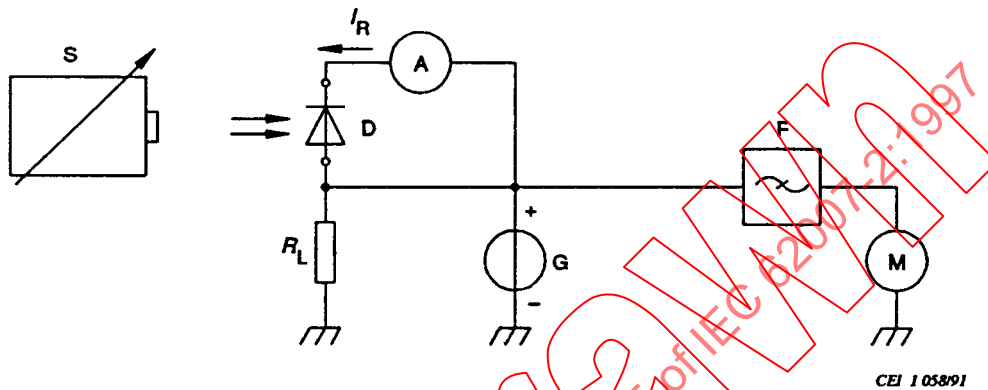


Figure 32

c) Description du circuit et exigences

- S = source de lumière ou de rayonnement
- D = dispositif en mesure
- I_R = courant inverse sous rayonnement optique
- R_L = résistance de charge (50Ω de préférence)
- A = ampèremètre
- G = source de tension inverse
- F = filtre ayant une fréquence au maximum de transmission (fréquence centrale) f_0 spécifiée et une largeur de bande équivalente de bruit Δf_N spécifiée
- M = appareil de mesure donnant la valeur efficace vraie, calibrée en bruit, en courant, bruit en puissance, détectivité ou puissance équivalente de bruit

d) Précautions à prendre

- 1) La largeur de bande est définie par le filtre F, en tenant compte des autres paramètres tels que la capacité du dispositif D ou la capacité d'entrée de l'équipement de mesure.
- 2) Le bruit de l'équipement de mesure, y compris la source de lumière ou de rayonnement, doit être faible en comparaison du bruit à mesurer, ou doit être pris en compte dans le résultat de la mesure.

4 Measuring methods for sensitive devices

4.1 Noise of a PIN photodiode

a) Purpose

To measure the noise current, the noise power, the detectivity or the noise equivalent power (NEP) of a PIN photodiode under specified conditions.

b) Circuit diagram

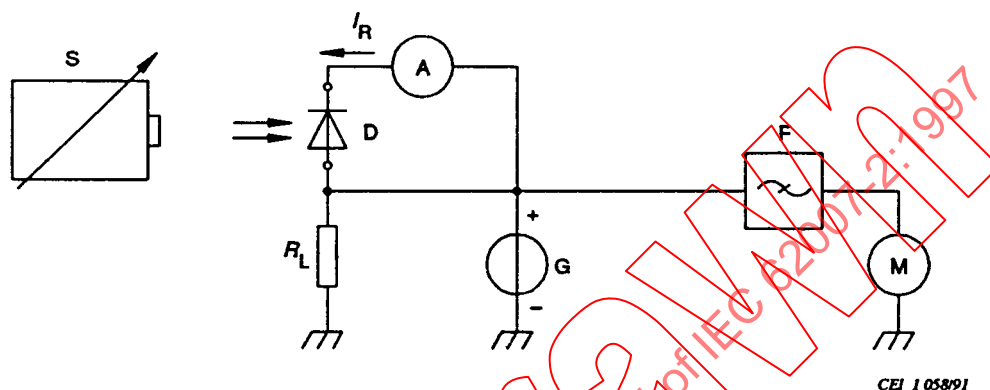


Figure 32

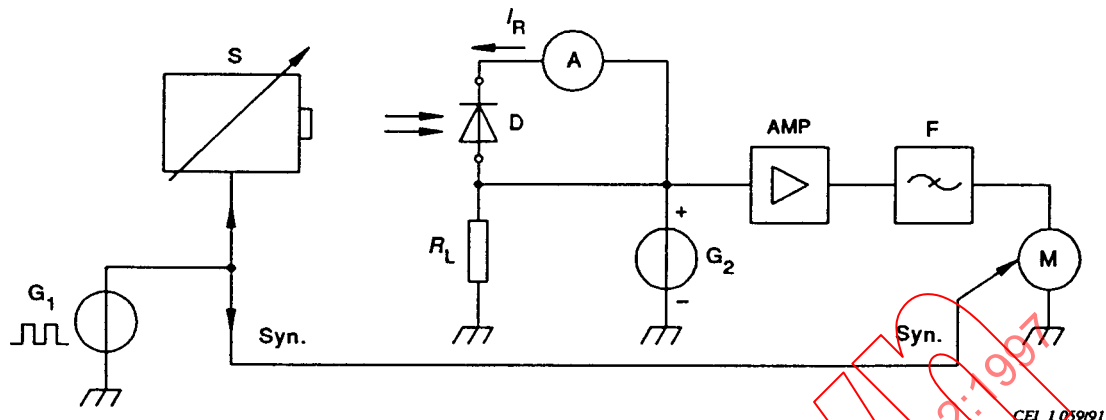
c) Circuit description and requirements

- S = radiation or light source
- D = device being measured
- I_R = reverse current under optical radiation
- R_L = load resistance (50 Ω preferably)
- A = ammeter
- G = reverse voltage supply
- F = filter with specified maximum transmission frequency (centre frequency) f_0 and specified equivalent noise bandwidth Δf_N
- M = true r.m.s. reading instrument, calibrated in noise current, noise power, detectivity or equivalent noise power

d) Precautions to be observed

- 1) The bandwidth should be defined by the filter F, taking into account the other parameters, such as the capacitance of D and the input capacitance of the measuring equipment.
- 2) The noise of the measuring equipment, including the radiation or light source, should be small compared with the noise to be measured or should be taken into account in the measurement result.

- 3) Lorsque le niveau de bruit est trop faible pour être mesuré directement, on peut utiliser les techniques d'amplification et de détection synchrone comme décrit ci-dessous:



- G_1 = générateur servant à moduler en onde carrée ($\delta = 0,5$) à la fréquence f_1
 S = source de lumière ou de rayonnement
 D = dispositif en mesure
 R_L = résistance de charge
 A = ampèremètre
 G_2 = source de tension inverse
 AMP = amplificateur
 F = filtre (fréquence centrale f_0 , largeur de bande équivalente de bruit Δf_N)
 M = appareil de mesure donnant la valeur efficace vraie
 $Syn.$ = signal de synchronisation

NOTE 1 – f_1 est faible en comparaison de f_0 (fréquence centrale du filtre F)

NOTE 2 – Le filtre F rejette la fréquence f_1

Figure 33

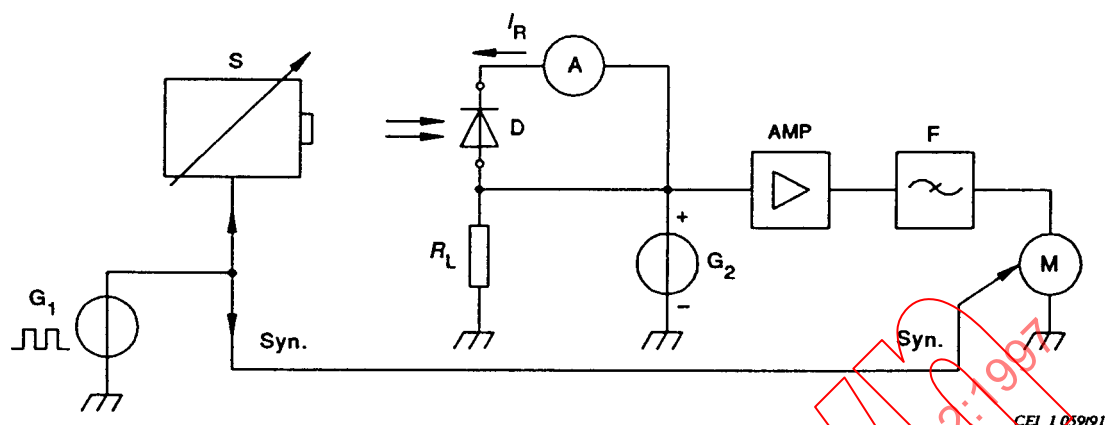
e) Exécution

L'équipement de mesure étant étalonné, appliquer la tension inverse spécifiée V au dispositif en mesure D . Augmenter à partir de zéro de flux lumineux ou énergétique de la source jusqu'à ce que la valeur spécifiée de I_R soit atteinte. Mesurer le bruit du dispositif en mesure D sur l'appareil de mesure M .

f) Conditions spécifiées

- Température ambiante.
- Caractéristiques de la source de lumière ou de rayonnement: soit la longueur d'onde d'émission maximale λ_p et la largeur de spectre $\Delta\lambda$, soit la distribution spectrale (par exemple illuminant A).
- Source de tension inverse (V).
- Courant inverse sous rayonnement optique (I_R).
- Résistance de charge (R_L) si elle diffère de 50Ω .
- Fréquence au maximum de transmission (fréquence centrale (f_0) et largeur de bande équivalente de bruit (Δf_N) du filtre.

- 3) When the noise level is too low to be measured directly, amplification and synchronous detection techniques may be used as described below:



- G_1 = modulation generator, square wave ($\delta = 0,5$), frequency f_1
 S = radiation or light source
 D = device being measured
 R_L = load resistor
 A = ammeter
 G_2 = reverse voltage supply
 AMP = a.c. amplifier
 F = filter (centre frequency f_0 , equivalent noise bandwidth Δf_N)
 M = true r.m.s. reading instrument
 $Syn.$ = synchronisation signal

NOTE 1 – f_1 is low compared with f_0 (centre frequency of the filter F)

NOTE 2 – The filter F rejects the frequency f_1

Figure 33

e) *Measurement procedure*

The measuring equipment being calibrated, the specified reverse voltage V is applied to the device being measured D . The radiant or luminous flux of the source is increased from zero until the specified value of I_R is reached. The noise of the device D is measured on the reading instrument M .

f) *Specified conditions*

- Ambient temperature.
- Characteristics of the radiation of light source: either peak-emission wavelength λ_p and spectral bandwidth $\Delta\lambda$, or spectral distribution (for example illuminant A).
- Reverse voltage source (V).
- Reverse current under optical radiation (I_R).
- Load resistance (R_L) if other than 50Ω .
- Filter maximum transmission frequency (centre frequency) (f_0) and equivalent noise bandwidth (Δf_N).

4.2 Facteur d'excès de bruit d'une photodiode à avalanche avec ou sans fibre amorcée

a) But

Mesurer le facteur d'excès de bruit F_e d'une photodiode à avalanche avec ou sans fibre amorcée.

b) Schéma

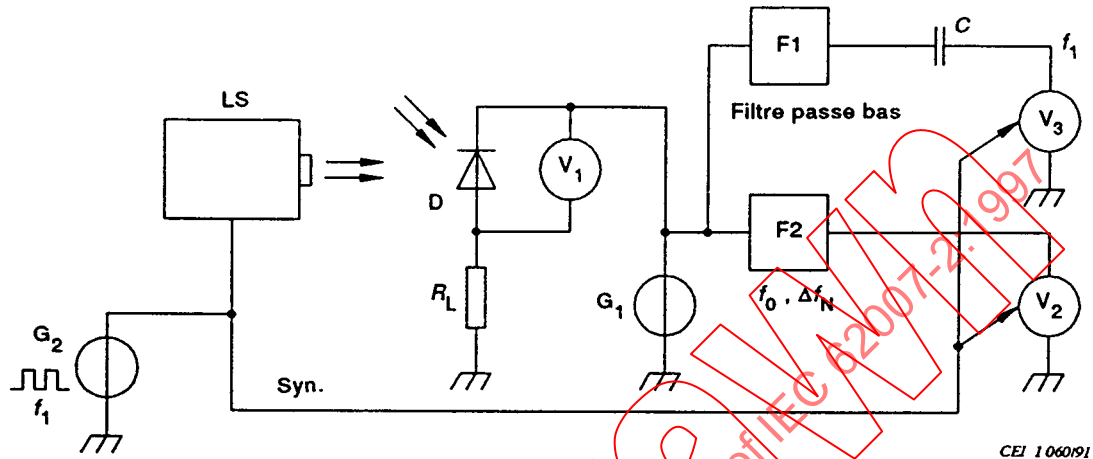


Figure 34

c) Description du circuit et exigences

- LS = source de lumière ou de rayonnement
- D = dispositif en mesure
- R_L = résistance de charge
- G_1 = source de tension continue
- G_2 = générateur de modulation optique réglé à la fréquence f_1
- V_1 = voltmètre continu
- V_2 = voltmètre indiquant la valeur continue, avec amplificateur synchrone à la fréquence f_1
- V_3 = voltmètre indiquant la valeur alternative, avec amplificateur synchrone à la fréquence f_1
- F_1 = filtre passe bas
- F_2 = filtre passe bande de fréquence centrale f_0 et de largeur de bande Δf_N spécifiées
- C = condensateur de liaison
- Syn. = signal de synchronisation

NOTE 1 – La fréquence de modulation f_1 doit être faible par rapport à f_0 et pour éviter des erreurs de mesures dues à la réponse en fréquence du dispositif en mesure D.

NOTE 2 – Le filtre F_2 doit rejeter la fréquence de modulation f_1 .

NOTE 3 – Le filtre F_1 doit laisser passer la fréquence de modulation f_1 mais pas les fréquences supérieures à $f_0 - \Delta f_N/2$.

NOTE 4 – La valeur du condensateur C doit être suffisamment grande pour laisser passer la fréquence f_1 .

NOTE 5 – Seul l'accès optique du dispositif en mesure D doit être illuminé et le rayonnement doit couvrir entièrement l'accès optique de D.

4.2 Excess noise factor of an avalanche photodiode with or without pigtailed

a) Purpose

To measure the excess noise factor F_e of an avalanche photodiode with or without pigtailed.

b) Circuit diagram

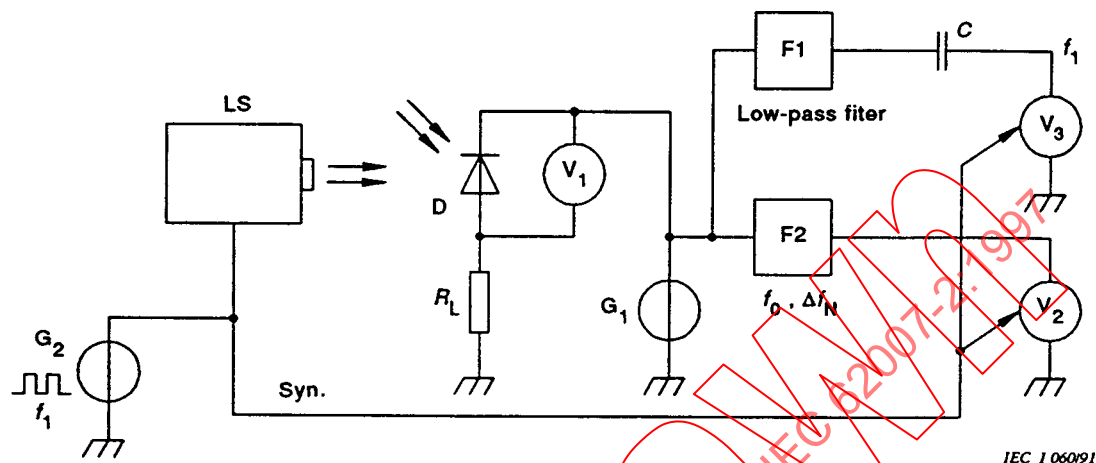


Figure 34

c) Circuit description and requirements

- LS = radiation or light source
- D = device being measured
- R_L = load resistance
- G_1 = d.c. voltage source
- G_2 = optical modulation generator with frequency f_1
- V_1 = d.c. voltmeter
- V_2 = true r.m.s. voltage meter with synchronous amplifier at frequency f_1
- V_3 = a.c. voltage meter with synchronous amplifier at frequency f_1
- F_1 = low-pass filter
- F_2 = band-pass filter with specified central frequency f_0 and bandwidth Δf_N
- C = d.c. blocking capacitor
- Syn. = synchronization signal

NOTE 1 – Modulation frequency f_1 should be low compared to f_0 and sufficiently low to prevent measuring error due to frequency response of the device D being measured.

NOTE 2 – Filter F_2 should reject modulation frequency f_1 .

NOTE 3 – Filter F_1 should pass modulation frequency f_1 but reject frequencies larger than $f_0 - \Delta f_N/2$.

NOTE 4 – Capacitor value C should be large enough to pass frequency f_1 .

NOTE 5 – Only the optical port of the device D being measured should be irradiated and that irradiation should completely fill the port.

d) *Exécution*

- 1) Appliquer à D une tension de polarisation V_{R1} , mesurée par V_1 .

V_{R1} doit être suffisamment faible pour que la multiplication des porteurs soit négligeable (c'est-à-dire facteur de multiplication $M \approx 1$) mais suffisamment grande pour que le dispositif soit entièrement déserté et qu'il ait atteint sa rapidité et sa sensibilité maximales. Régler le flux énergétique d'entrée afin d'obtenir le photocourant $I_{po(3)}$ mesuré par la tension V_{30} sur V_3 , à partir du signal modulé à la fréquence f_1 et en utilisant la formule:

$$I_{po} = \frac{1}{k} \times \frac{V_{30}}{R_L}$$

où k est égal au facteur cyclique du générateur de modulation G_2 (par exemple pour un facteur cyclique d'onde carrée de 50 %, $k = 1/2$).

- 2) Augmenter la tension de polarisation V_R jusqu'à ce que la tension V_{31} lue sur V_3 atteigne la valeur $M \times V_{30}$:

$$M = \frac{V_{31}}{V_{30}}$$

- 3) Relever la valeur de la tension V_{21} lue sur V_2 et calculer le facteur d'excès de bruit F_e par la formule:

$$F_e = \frac{V_{21}^2}{2 q \times I_{po} \times M^2 \times R_L^2 \times \Delta f_N}$$

où q est la charge de l'électron

e) *Précautions à prendre*

Cette méthode ne peut pas être précise pour un dispositif dont le gain unitaire ($M \approx 1$) ne peut être obtenu quand la jonction du dispositif est totalement désertée, c'est-à-dire lorsqu'il a atteint sa sensibilité et sa vitesse maximales.

f) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou de boîtier
- Facteur de multiplication (M).
- Photocourant (I_{po}).
- f_0 , Δf_N du filtre F_2 .
- Longueur d'onde d'émission maximale, largeur du spectre de rayonnement (λ_p , $\Delta\lambda$).
- V_{R1} .

4.3 Fréquence de coupure en petits signaux d'une photodiode avec ou sans fibre amorce

a) *But*

Mesurer la fréquence de coupure en petits signaux d'une photodiode, avec ou sans fibre amorce, dans des conditions spécifiées.

d) *Procedure*

- 1) Apply a low-bias voltage
- V_{R1}
- measured by
- V_1
- .

V_{R1} should be sufficiently low that negligible carrier multiplication takes place (i.e. multiplication factor $M \approx 1$) but sufficiently large that the device is fully depleted and has achieved its rated speed and responsivity. Adjust the input optical power to achieve the specified photocurrent $I_{p0(3)}$ as measured by voltage V_{30} on V_3 from the signal modulated at frequency f_1 using the relationship:

$$I_{p0} = \frac{1}{k} \times \frac{V_{30}}{R_L}$$

where k is equal to the duty factor of modulation generator G_2 (e.g. for a 50 % duty factor square wave, $k = 1/2$).

- 2) Increase bias voltage
- V_R
- until the voltage
- V_{31}
- read on
- V_3
- reaches the value
- $M \times V_{30}$
- :

$$M = \frac{V_{31}}{V_{30}}$$

- 3) Read the voltage
- V_{21}
- on
- V_2
- and calculate the excess noise factor
- F_e
- from the relationship:

$$F_e = \frac{V_{21}^2}{2 \cdot q \times I_{p0} \times M^2 \times R_L^2 \times \Delta f_N}$$

where q is the electronic charge.

e) *Precautions to be observed*

This method is not accurate for a device in which unity gain ($M \approx 1$) cannot be achieved when the device is fully depleted and has achieved its rated speed and responsivity.

f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature.
- Multiplication factor (M).
- Photocurrent (I_{p0}).
- f_0 , Δf_N of the filter F_2 .
- Peak emission wavelength and spectral radiation bandwidth (λ_p , $\Delta\lambda$).
- V_{R1} .

4.3 Small-signal cut-off frequency of a photodiode with or without pigtaileda) *Purpose*

To measure the small-signal cut-off frequency of a photodiode, with or without pigtailed, under specified conditions.

b) Schéma

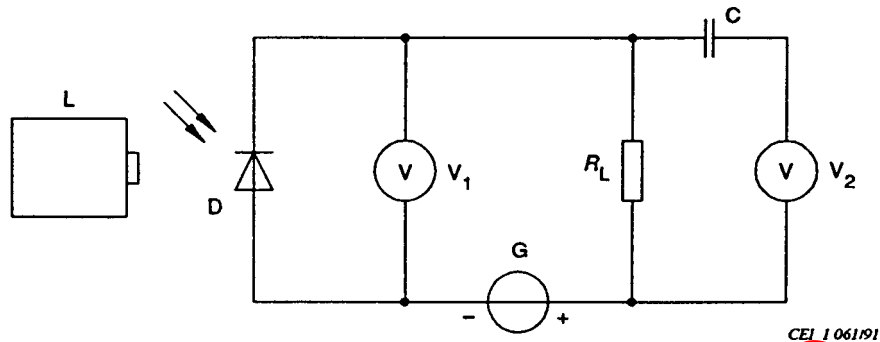


Figure 35

c) Description du circuit et exigences

- D = dispositif en mesure
- L = source de lumière à bande étroite émettant de la lumière d'amplitude modulée par une onde sinusoïdale de fréquence ajustable
- G = source de tension continue
- V_1 = voltmètre continu
- V_2 = appareil de mesure de tension large bande
- R_L = résistance de charge, de valeur faible par rapport à celle de la source du dispositif en mesure
- C = capacité de couplage

d) Précaution à prendre

Seul l'accès optique du dispositif doit être éclairé complètement.

e) Exécution

Appliquer la tension continue inverse spécifiée à la photodiode en mesure. Ajuster la source de lumière pour obtenir la valeur moyenne spécifiée ϕ_e à l'accès optique. Moduler cette source à une fréquence basse (inférieure à $f_c/100$) et mesurer le signal alternatif de sortie sur V_2 .

Augmenter la fréquence de modulation de la source de rayonnement en conservant la valeur moyenne de ϕ_e et la profondeur de modulation constante jusqu'à ce que le signal de sortie mesuré sur V_2 ait diminué de $\sqrt{2}$. Cette fréquence est la fréquence de coupure en petits signaux f_c .

f) Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier.
- Tension inverse (V_R).
- Résistance de charge (R_L).
- Longueur d'onde d'émission maximale et largeur du spectre de rayonnement de la source de lumière (λ_p , $\Delta\lambda$).
- Flux énergétique (ϕ_e).

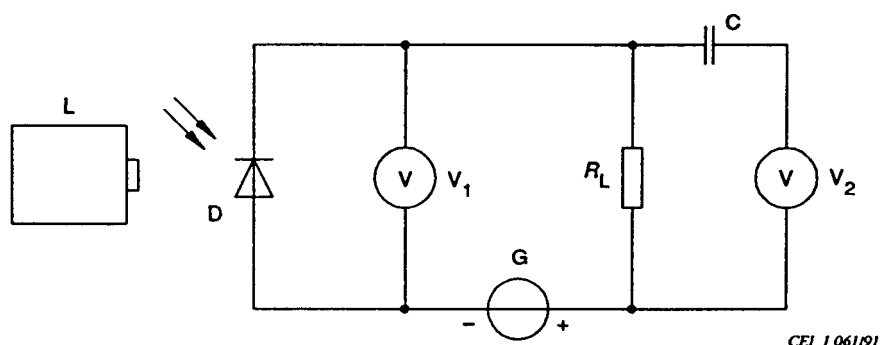
b) *Circuit diagram*

Figure 35

c) *Circuit description and requirements*

- D = device being measured
- L = narrowband light source emitting light which is amplitude modulated with a small-signal sinusoidal wave of adjustable frequency
- G = d.c. voltage source
- V_1 = d.c. voltmeter
- V_2 = broadband voltage measurement instrument
- R_L = load resistance, low in value compared with the source resistance of the device being measured
- C = coupling capacitor

d) *Precaution to be observed*

Only the optical port of the device shall be completely irradiated.

e) *Measurement procedure*

The specified direct reverse voltage is applied to the device being measured. The radiation source is adjusted to obtain the average value ϕ_e specified from the optical port. This source is modulated at a low frequency (less than $f_c/100$) and the a.c. output signal is measured on V_2 .

The modulation frequency of the radiation source is increased keeping the average value of ϕ_e and the modulation level constant until the output signal measured on V_2 has decreased by $\sqrt{2}$. This frequency is the small-signal cut-off frequency f_c .

f) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature.
- Reverse voltage (V_R).
- Load resistance (R_L).
- Peak-emission wavelength and spectral radiation bandwidth of the light source (λ_p , $\Delta\lambda$).
- Radiant power (ϕ_e).

4.4 Facteur de multiplication d'une photodiode à avalanche avec ou sans fibre amorce

a) But

Mesurer le facteur de multiplication M d'une photodiode à avalanche avec ou sans fibre amorce.

b) Schéma

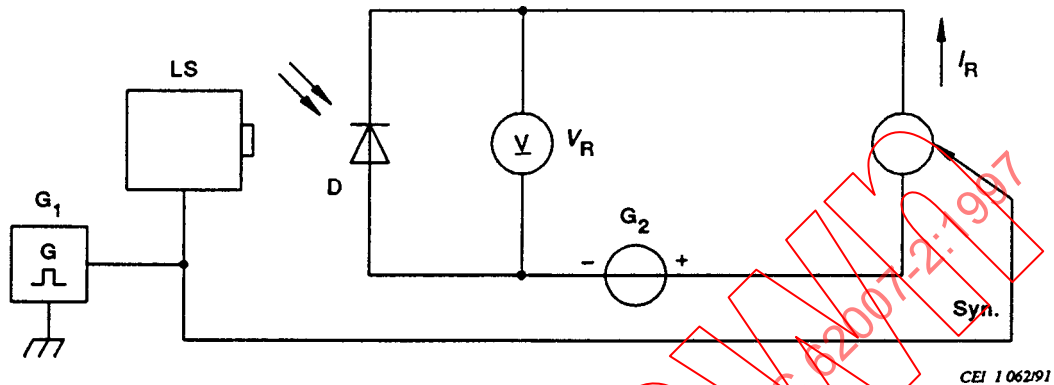


Figure 36

c) Description du circuit et exigences

- LS = source de lumière ou de rayonnement
- D = dispositif en mesure
- G₁ = générateur de modulation
- G₂ = source de tension continue
- SA = ampèremètre synchrone
- Syn. = signal de synchronisation

d) Précautions à prendre

Seul l'accès optique du dispositif en mesure doit être pris en compte.

e) Exécution

Appliquer la faible tension de polarisation spécifiée V_{R2} due au générateur G₂ au dispositif en mesure. Régler le flux énergétique ϕ_e à la valeur spécifiée. Mesurer le courant I_{R2} sur l'ampèremètre synchrone.

Modifier la tension continue de polarisation appliquée au dispositif en mesure jusqu'à la valeur spécifiée V_{R1} . Mesurer le courant I_{R1} sur l'ampèremètre synchrone.

Calculer le facteur de multiplication M à partir de l'équation:

$$M = \frac{I_{R1}}{I_{R2}}$$

4.4 Multiplication factor of an avalanche photodiode (APD) with or without pigtails

a) Purpose

To measure the multiplication factor M of an avalanche photodiode (APD) with or without pigtails.

b) Circuit diagram

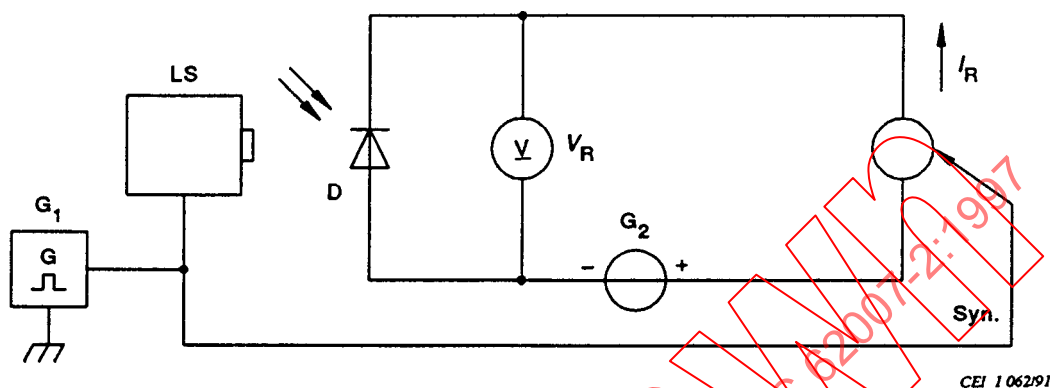


Figure 36

c) Circuit description and requirements

- LS = radiation or light source
- D = device being measured
- G₁ = modulation generator
- G₂ = d.c. voltage source
- SA = synchronous ammeter
- Syn. = synchronization signal

d) Precautions to be observed

Only the optical port of the device being measured shall be considered.

e) Measurement procedure

Apply the specified low bias voltage V_{R2} from the generator G_2 to the device being measured. Adjust the radiant power ϕ_e to the specified value. Measure the current I_{R2} on the synchronous ammeter.

Change the d.c. bias voltage applied to the device being measured to the specified value V_{R1} . Measure the current I_{R1} on the synchronous ammeter.

Calculate the multiplication factor M from the equation:

$$M = \frac{I_{R1}}{I_{R2}}$$

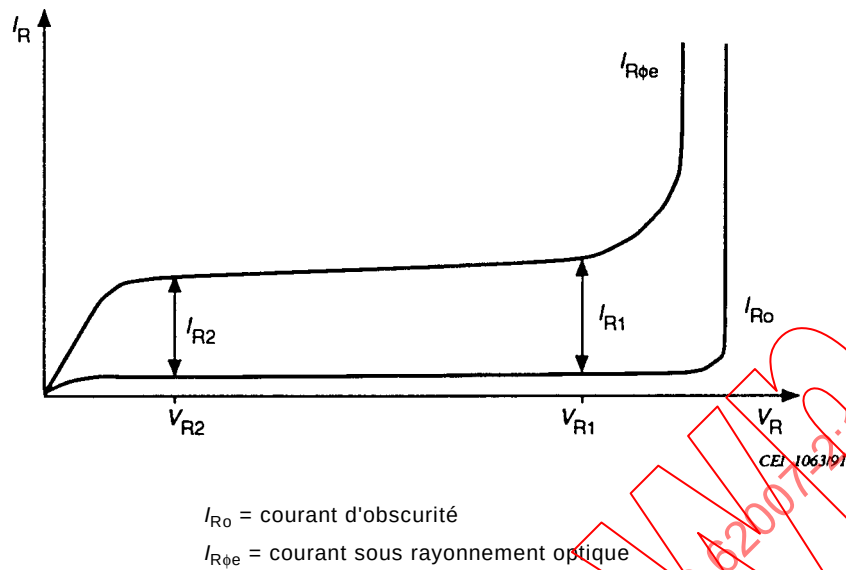


Figure 37

f) Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier.
- Tensions inverses (V_{R1} , V_{R2}).
- Flux énergétique (ϕ_e).
- Longueur d'onde d'émission maximale (λ_p).
- Largeur de spectre de rayonnement ($\Delta\lambda$).
- Accès optique.
- Configuration optique.

4.5 Temps de commutation d'une photodiode PIN ou d'une photodiode à avalanche avec ou sans fibre amorce

a) But

Mesurer le temps total d'établissement t_{on} (temps de retard à l'établissement $t_{d(on)}$ + temps de croissance t_r) et le temps total de coupure t_{off} (temps de retard à la coupure $t_{d(off)}$ + temps de décroissance t_f) d'une photodiode PIN ou d'une photodiode à avalanche avec ou sans fibre amorce.

b) Schéma

Les paramètres de commutation d'une photodiode PIN ou d'une photodiode à avalanche sont mesurés en utilisant le schéma de la figure 38.

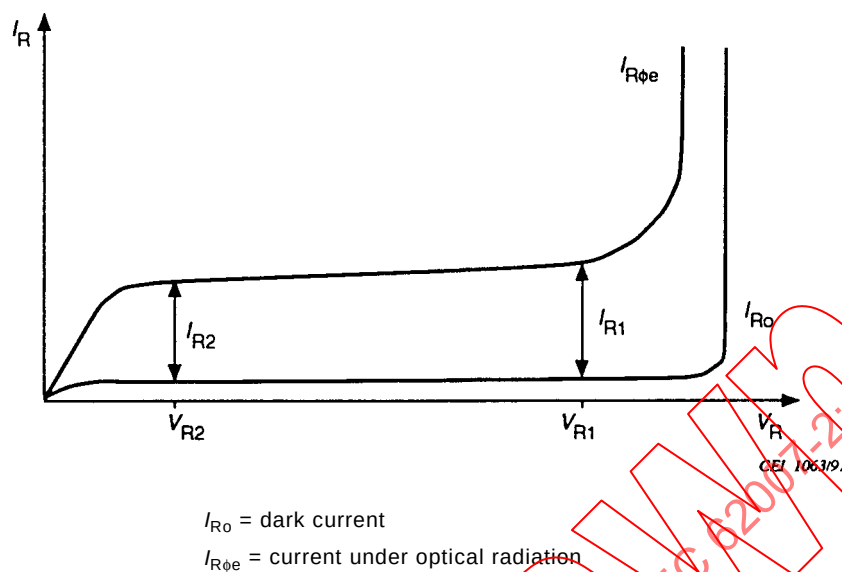


Figure 37

f) Specified conditions

- Ambient or case temperature.
- Reverse voltages (V_{R1} , V_{R2}).
- Radiant power (ϕ_e).
- Peak emission wavelength (λ_p).
- Spectral radiation bandwidth ($\Delta\lambda$).
- Optical port.
- Optical configuration.

4.5 Switching times of a PIN photodiode or an avalanche photodiode (APD) with or without pigtailed

a) Purpose

To measure the turn-on time t_{on} (turn-on delay time $t_{d(on)}$ + rise time t_r) and turn-off time t_{off} (turn-off delay time $t_{d(off)}$ + fall time t_f) of a PIN photodiode or an avalanche photodiode (APD) with or without pigtailed.

b) Circuit diagram

The switching parameters of a PIN photodiode or an avalanche photodiode (APD) are measured using the circuit of figure 38.

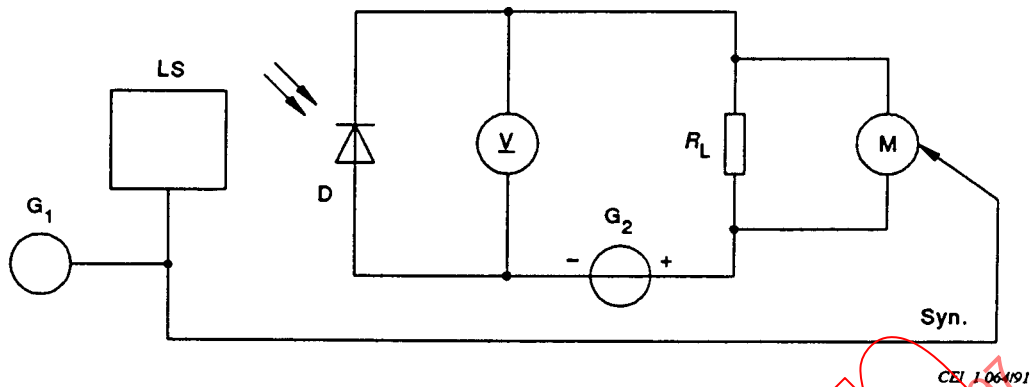


Figure 38

c) Description du circuit et exigences

- G_1 = générateur de modulation
- G_2 = source de tension continue
- LS = source de rayonnement
- D = dispositif en mesure
- R_L = résistance de charge
- M = appareil de mesure
- Syn. = signal de synchronisation

d) Précautions à prendre

Les temps de croissance et de décroissance de l'impulsion de flux énergétique doivent être suffisamment faibles pour ne pas influencer sur la précision de la mesure.

Seul l'accès optique du dispositif en mesure doit être pris en compte.

Seul doit être mesuré le rayonnement optique tombant sur l'accès optique du dispositif en mesure.

e) Exécution

Appliquer la tension spécifiée de la source G_2 au dispositif en mesure et régler les impulsions de flux énergétique aux valeurs spécifiées pour le flux énergétique de pointe (ϕ_{e1}) et le flux énergétique résiduel (ϕ_{e2}).

Mesurer les temps de commutation avec l'appareil de mesure M.

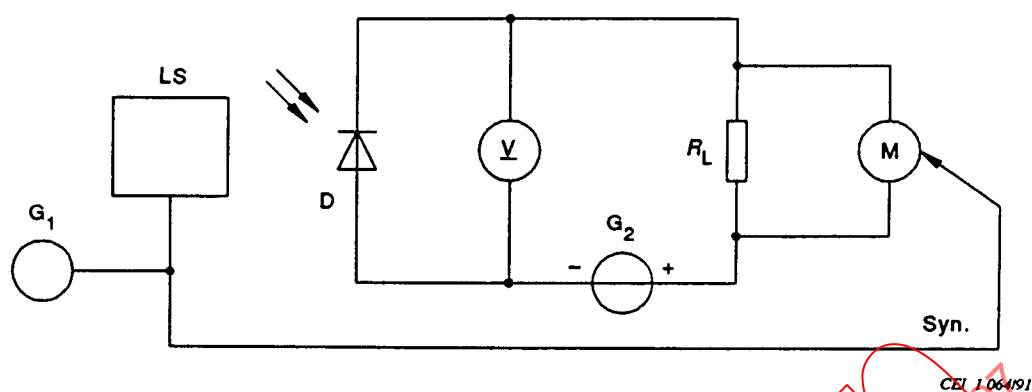


Figure 38

c) *Circuit description and requirements*

- G_1 = modulation generator
 G_2 = direct voltage source
 LS = radiation source
 D = device being measured
 R_L = load resistance
 M = measuring instrument
 Syn. = synchronization signal

d) *Precautions to be observed*

The rise and fall times of the input radiant power pulse shall be short enough not to affect the accuracy of the measurement.

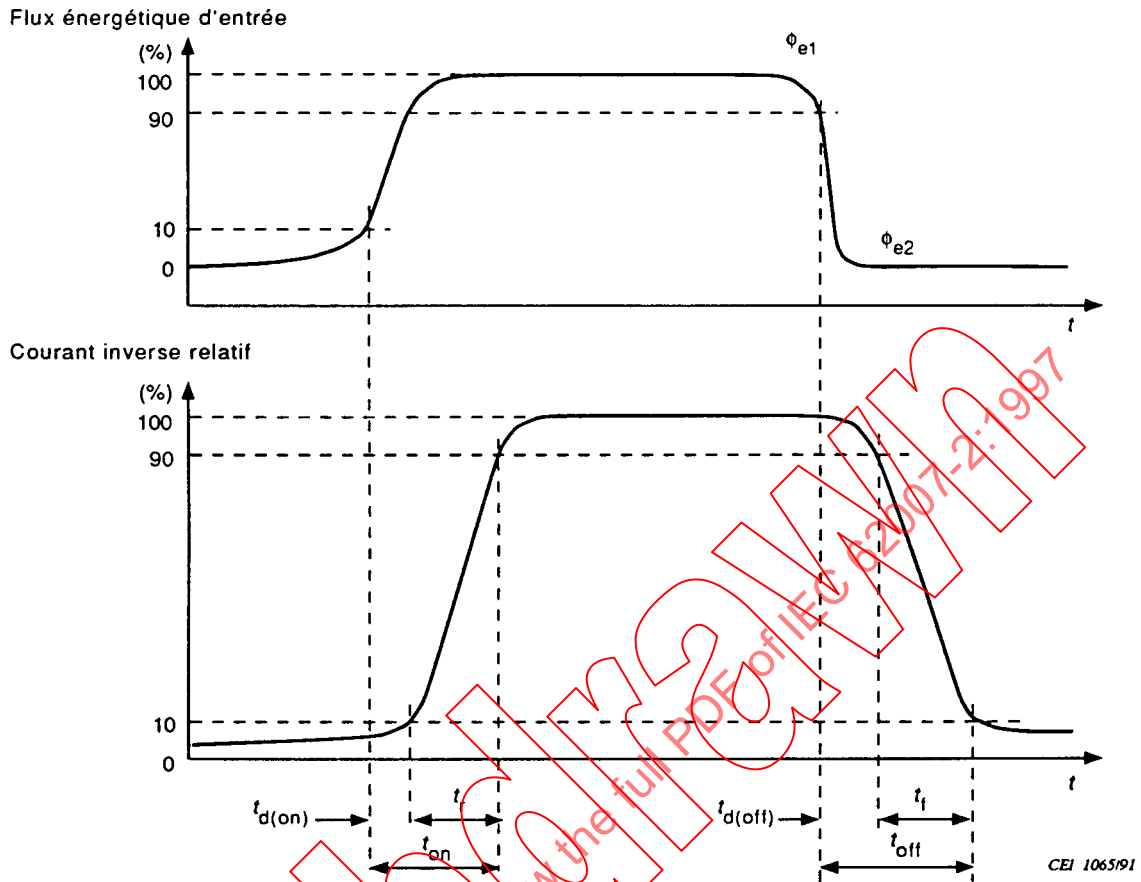
Only the optical port of the device being measured shall be considered.

Only the optical radiation falling onto the optical port of the device being measured shall be measured.

e) *Measurement procedure*

The specified voltage from the voltage source G_2 is applied to the device being measured and the radiant power pulses are set to the specified values of peak radiant power (ϕ_{e1}) and offset radiant power (ϕ_{e2}).

The switching times are measured with the measuring instrument M.

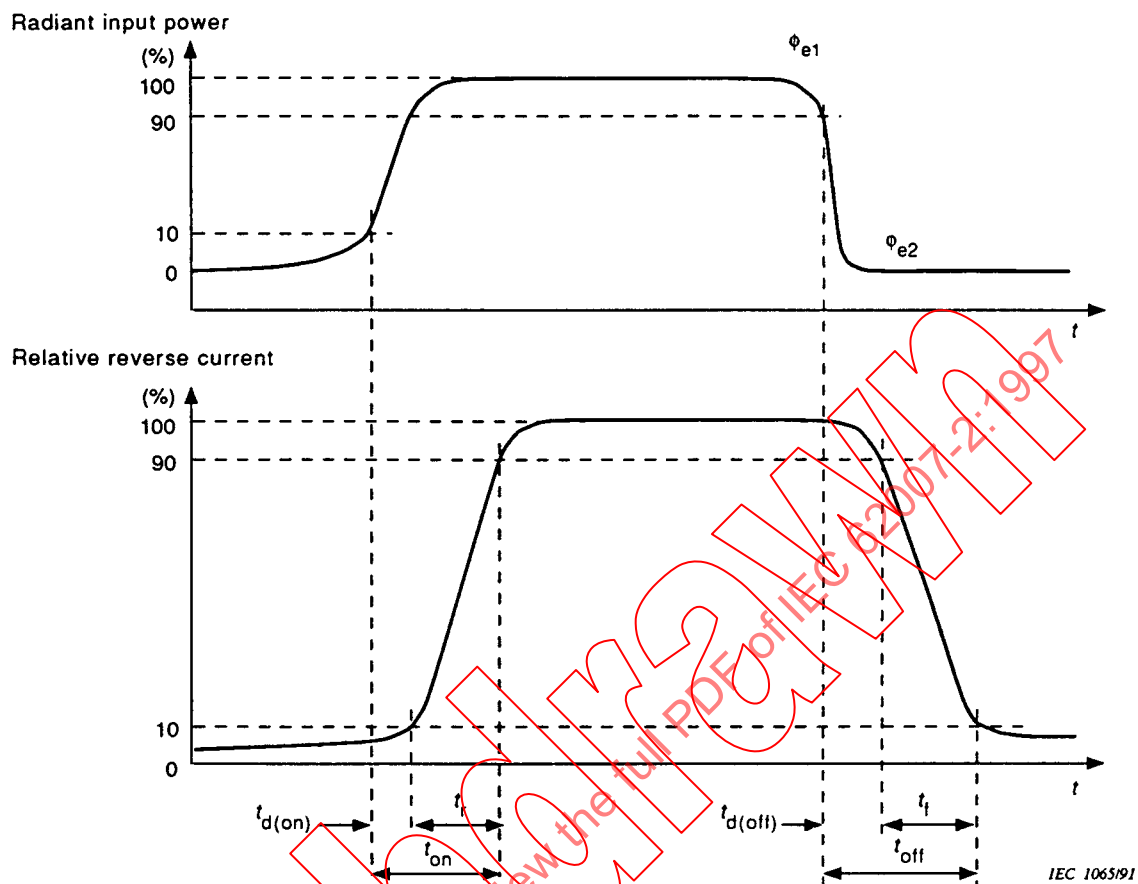


$t_{d(on)}$	= temps de retard à l'établissement	t_{on}	= temps total d'établissement
t_r	= temps de croissance	t_{off}	= temps total de coupure
$t_{d(off)}$	= temps de retard à la coupure	ϕ_{e1}	= flux énergétique d'entrée de pointe
t_f	= temps de décroissance	ϕ_{e2}	= flux énergétique d'entrée résiduel

Figure 39

f) Conditions spécifiées

- Température ambiante ou de boîtier.
- Tension inverse (V_R).
- Flux énergétique de pointe (ϕ_{e1}).
- Flux énergétique résiduel (ϕ_{e2}).
- Résistance de charge (R_L) (si elle diffère de 50 Ω).
- Longueur d'onde d'émission maximale (λ_p).
- Largeur de spectre de rayonnement ($\Delta\lambda$).
- Accès optique.
- Configuration optique.



$t_{d(on)}$ = turn-on delay time

t_r = rise time

$t_{d(off)}$ = turn-off delay time

t_f = fall time

t_{on} = turn-on time

t_{off} = turn-off time

ϕ_{e1} = peak radiant input power

ϕ_{e2} = offset radiant input power

Figure 39

f) Specified conditions

- Ambient or case temperature.
- Reverse voltage (V_R).
- Peak radiant power (ϕ_{e1}).
- Offset radiant power (ϕ_{e2}).
- Load resistance (if other than 50 Ω) (R_L).
- Peak-emission wavelength (λ_p).
- Spectral radiation bandwidth ($\Delta\lambda$).
- Optical port.
- Optical configuration.

4.6 Sensibilité d'un module PIN-FET

a) But

Mesurer la sensibilité d'un module PIN-FET dans des conditions de rayonnement d'entrée modulé:

b) Schéma

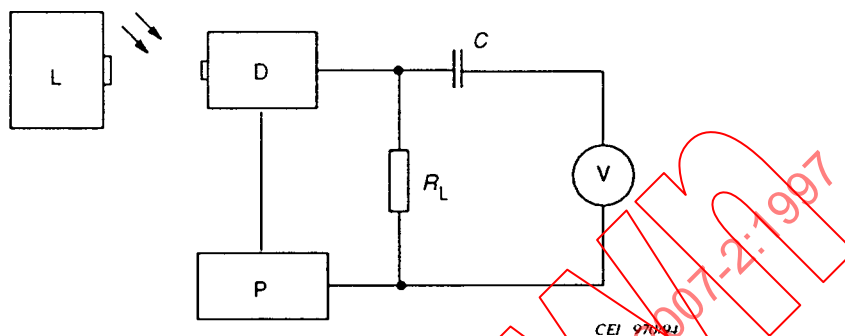


Figure 40

c) Description du circuit et exigences

- D = dispositif en mesure
- L = source de rayonnement de bande étroite, avec flux énergétique Φ_e réglable, modulée en amplitude avec une onde sinusoïdale de petits signaux à fréquence réglable de valeur efficace $\Delta\Phi_{e(\text{eff})}$
- P = source d'alimentation fournissant à D les tensions et courants de fonctionnement spécifiés
- R_L = résistance de charge permettant d'adapter l'impédance de sortie spécifiée pour D
- C = capacité de couplage
- V = voltmètre efficace ou mesureur de tension à large bande.

d) Précautions à prendre

L'accès optique du dispositif en mesure doit être entièrement soumis au rayonnement.

La valeur de $\Delta\Phi_{e(\text{eff})}$ doit être nettement inférieure à celle du flux énergétique en courant continu Φ_e constante dans la bande de fréquences spécifiées entre f_1 et f_2 .

Un signal doit être considéré comme petit si le fait de doubler son amplitude ne produit pas de modification de la valeur mesurée du paramètre supérieure à l'erreur permise pour la mesure.

e) Exécution

Appliquer aux connexions appropriées de D les tensions d'alimentation spécifiées, fournies par P. Régler L de manière à fournir la valeur spécifiée du flux énergétique d'entrée Φ_e en courant continu, et le signal de modulation de fréquence variable spécifiées. Mesurer sur V la tension efficace de sortie, $V_{o(\text{eff})}$. La relation suivante permet de déterminer la sensibilité S:

$$S = \frac{V_{o(\text{eff})}}{\Delta\Phi_{e(\text{eff})}}$$