

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
333**

Troisième édition
Third edition
1993-07

**Instrumentation nucléaire –
DéTECTEURS semiconducteurs pour particules
chargées – Méthodes d'essai**

**Nuclear instrumentation –
Semiconductor charged-particle detectors –
Test procedures**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 333: 1993

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 auprès du Bureau Central 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**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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.

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 from the IEC Central Office.

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**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

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.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
333**

Troisième édition
Third edition
1993-07

**Instrumentation nucléaire –
DéTECTEURS semiconducteurs pour particules
chargées – MéTHODES d'essai**

**Nuclear instrumentation –
Semiconductor charged-particle detectors –
Test procedures**

© CEI 1993 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	6
2 Références normatives	6
3 Prescriptions générales	6
4 Mesures de résolutions	10
4.1 Résolution des énergies	10
4.2 Résolution en temps	14
4.3 Localisation de l'impact, résolution et linéarité du détecteur à localisation	20
5 Mesure du bruit	26
5.1 Mesure du bruit par analyse de la distribution en amplitude des impulsions (méthode recommandée)	26
5.2 Mesure du bruit avec un oscilloscope et un voltmètre de valeur efficace	30
5.3 Mesure du bruit électronique sans le détecteur semiconducteur	32
5.4 Détermination de la contribution du détecteur au bruit et à la résolution	32
5.5 Largeur du bruit (LTMH) en fonction de l'index de mise en forme de l'amplificateur	34
6 Influence des conditions d'ambiance	34
6.1 Influence de la pression atmosphérique	36
6.2 Essais à cycle thermique sous vide	36
6.3 Essais mécaniques et d'ambiance	36
6.4 Sensibilité à la lumière	38
6.5 Mesure des dommages dus au rayonnement	38
7 Autres mesures	38
7.1 Caractéristiques courant-tension	38
7.2 Perte d'énergie dans la zone morte	40
7.3 Surface sensible	42
7.4 Epaisseur sensible (détecteur semiconducteur à transmission)	42
7.5 Caractéristiques capacité-tension	44
Annexes	
A Symboles et glossaire	46
B Informations générales sur la détection des particules chargées par détecteurs semiconducteurs	64
C Bibliographie	76

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	7
2 Normative references	7
3 General requirements	7
4 Resolution measurements	11
4.1 Energy resolution	11
4.2 Time resolution	15
4.3 Position, resolution and linearity of a position-sensitive detector	21
5 Noise measurement	27
5.1 Noise measurement by pulse-height distribution (preferred method)	27
5.2 Noise measurement by oscilloscope and true root-mean-square voltmeter	31
5.3 Measurement of electronic noise with the detector removed	33
5.4 Determination of detector contribution to noise and resolution	33
5.5 Noise linewidth (FWHM) as a function of amplifier shaping time index	35
6 Sensitivity to ambient conditions	35
6.1 Atmospheric sensitivity	37
6.2 Vacuum thermal cycle test	37
6.3 Mechanical and environmental tests	37
6.4 Light sensitivity	39
6.5 Radiation damage measurements	39
7 Other measurements	39
7.1 Current-voltage characteristics	39
7.2 Dead layer energy loss	41
7.3 Sensitive area	43
7.4 Detector thickness (transmission detectors)	43
7.5 Capacitance-voltage characteristics	45
Annexes	
A Symbols and glossary	47
B General information concerning semiconductor charged-particle detectors	65
C Bibliography	76

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE – DÉTECTEURS SEMICONDUCTEURS POUR PARTICULES CHARGÉES – MÉTHODES D'ESSAI

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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La Norme internationale CEI 333 a été établie par le comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1983 et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
45(BC)216	45(BC)226

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 fait partie intégrante de cette norme.

Les annexes B et C sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR INSTRUMENTATION –
SEMICONDUCTOR CHARGED-PARTICLE DETECTORS –
TEST PROCEDURES**

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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use 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.

International Standard IEC 333 has been prepared by IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1983 and constitutes a technical revision.

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

DIS	Report on Voting
45(CO)216	45(CO)226

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

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B and C are for information only.

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE – DÉTECTEURS SEMICONDUCTEURS POUR PARTICULES CHARGÉES – MÉTHODES D'ESSAI

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux détecteurs semiconducteurs (détecteurs semiconducteurs) utilisés pour la détection et la spectrométrie à haute résolution des particules chargées. Les techniques de mesure décrites ont été choisies pour leurs facilités d'application par tous les fabricants et utilisateurs de détecteurs semiconducteurs pour particules chargées. Des techniques plus évoluées n'ont pas été retenues du fait de la complexité de leurs méthodes ou parce qu'elles font appel à un équipement (tel qu'un accélérateur de particules) difficilement disponible.

Le but de cette norme est d'établir des méthodes d'essais normalisées pour les détecteurs semiconducteurs de particules chargées. Ces détecteurs sont largement utilisés pour la détection et la spectrométrie à haute résolution de particules chargées. Il est souhaitable que des méthodes d'essais normalisées soient établies afin que les mesures puissent avoir la même signification pour tous les fabricants et utilisateurs.

La présente norme n'implique pas l'obligation d'effectuer tous les essais décrits. Elle suppose seulement que si de tels essais sont effectués, ils doivent être menés conformément aux méthodes indiquées.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(391): 1975, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI), Chapitre 391: Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants*

CEI 340: 1979, *Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs pour détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants*

CEI 759: 1983, *Méthodes d'essais normalisés des spectromètres d'énergie X à détecteurs semiconducteurs*

3 Prescriptions générales

Les prescriptions suivantes s'appliquent à tous les essais et mesures décrits ici:

3.1 Toutes les mesures devront être effectuées en plaçant le dispositif dans l'obscurité totale, sauf prescription contraire.

NUCLEAR INSTRUMENTATION – SEMICONDUCTOR CHARGED-PARTICLE DETECTORS – TEST PROCEDURES

1 Scope and object

This International Standard applies to semiconductor radiation detectors that are used for the detection and high-resolution spectroscopy of charged particles. The measurement techniques described have been selected to be readily available to all manufacturers and users of semiconductor charged-particle detectors. Some superior techniques are not included because the methods are too complex or require equipment (such as particle accelerators) that may not be readily available.

The intent of the tests in this standard is to establish standard test procedures for semiconductor charged-particle detectors. These detectors are in widespread use for the detection and high-resolution spectroscopy of charged particles. It is desirable to maintain standard test procedures so that measurements may have the same meaning to all manufacturers and users.

Not all tests described in this standard are mandatory, but tests that are used to specify performance shall be performed in accordance with the procedures described herein.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication of this standard, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(391): 1975, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 391: Detection and measurement of ionizing radiation by electric means*

IEC 340: 1979, *Test procedures for amplifiers and preamplifiers for semiconductor detectors for ionizing radiation*

IEC 759: 1983, *Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers*

3 General requirements

The following requirements apply for all of the tests and measurements described herein:

3.1 All measurements shall be performed with the device in total darkness unless otherwise specified.

3.2 Les conditions d'ambiance devront être de 20 °C pour la température et inférieures à 10^{-4} Pa (10^{-6} mm Hg) pour la pression, sauf spécification contraire. (Dans le domaine de pression - de l'ordre de 10^{-2} à 10 Pa (10^{-4} à 10^{-1} mm Hg) - le dispositif peut ne pas être utilisable à cause des effluves. De même, certains détecteurs qui fonctionnent correctement à des pressions supérieures à 10^{-4} Pa (10^{-6} mm Hg) peuvent présenter des dégradations à des pressions inférieures à cette valeur.)

3.3 Les valeurs des paramètres mesurés devront être reproductibles dans le domaine spécifié de précision après l'exécution de l'un ou de la totalité des essais.

3.4 La source de polarisation du détecteur et les autres dispositifs d'essais (amplificateur, analyseur multicanal, etc.) ne devront pas avoir d'influence perceptible sur les mesures des paramètres du détecteur.

3.5 La tension maximale sur la jonction, le courant, les taux des flux de rayonnements et autres limites fixées par le constructeur ne doivent en aucun cas être dépassés, sans quoi il pourrait en résulter des altérations permanentes des caractéristiques du dispositif.

3.6 Confirmation doit être apportée que les sources radioactives utilisées ne contribuent pas à l'élargissement de la résolution (ceci peut particulièrement survenir avec les sources de particules alpha, par suite d'effets d'auto-atténuation et de vieillissement).

3.7 Toutes les valeurs relevées doivent correspondre à des conditions d'équilibre, à moins qu'elles ne soient clairement notées autrement.

3.8 Toutes les mesures doivent être effectuées et relevées conformément à l'éthique scientifique. Aucun changement dans la composition du système d'essai (par exemple substitution d'un préamplificateur ou d'un détecteur) ou des paramètres du système (par exemple modification du gain ou de la capacité équivalente du détecteur) ne doit être effectué sans nouvel étalonnage du système tout entier. Les résultats qui sont dus au changement de plus d'un paramètre doivent indiquer de façon explicite les effets de chacun de ces paramètres sur la mesure.

3.9 La tension de polarisation du détecteur doit être telle que le courant de fuite du détecteur à la température à laquelle les tests sont effectués ne provoque pas une chute de plus de 10 % de cette tension dans la résistance.

3.10 Lors de la présentation des résultats, on limitera le nombre de chiffres significatifs pour l'adapter au contexte de la mesure ou à l'usage qui en sera fait. Généralement deux ou trois chiffres significatifs conviennent. En l'absence d'une tolérance en plus/moins, le dernier chiffre est donné implicitement à $\pm 0,5$ de la colonne suivante, par exemple 1,35 implique $1,35 \pm 0,005$, ou une fourchette de 1,345 à 1,355.

3.2 The ambient conditions shall be 20 °C and a pressure of less than 10^{-4} Pa (10^{-6} mm Hg), unless otherwise specified. (Precautions should be taken when working in the pressure region 10^{-2} to 10 Pa (10^{-4} to 10^{-1} mm Hg) because of corona discharge. Also, some detectors that work satisfactorily at higher pressures may show degradation at pressures lower than 10^{-4} Pa (10^{-6} mm Hg).)

3.3 The values of the parameters measured shall be reproducible within the specified precision after the tests have been performed.

3.4 The detector bias supply and other test equipment (amplifier, multichannel analyzer, etc.) shall minimally influence the detector parameter measurements.

3.5 Maximum diode voltage, current, radiation flux ratings and other manufacturer-specified limits should not be exceeded or permanent changes of the device characteristics may result.

3.6 It shall be confirmed that radioactive sources used do not contribute to the resolution broadening. (This may occur especially with alpha particle sources due to self-attenuation and ageing effects.)

3.7 All data reported shall correspond to equilibrium conditions unless otherwise clearly noted.

3.8 All measurements shall be made and reported in accordance with proper scientific practice. No changes in test system components (for example, substituting a different preamplifier or detector) or changes in system parameters (for example, changing gain or equivalent detector capacitance) may be made without complete system recalibration. Results which contain the effects of changing more than one parameter shall explicitly show the effects of each parameter on the measurement.

3.9 The detector bias voltage shall be such that leakage current through the detector at the operating temperature of the tests causes no more than 10 % of the applied bias voltage to be lost in the resistor.

3.10 When performance data are presented, no more significant figures shall be given than fit the context of the measurements or the use to which they will be put. Usually, two or three significant figures are adequate. In the absence of a plus/minus tolerance, it is implied that the last figure is meaningful to $\pm 0,5$ in the next place, for example, 1,35 implies $1,35 \pm 0,005$, or the range from 1,345 to 1,355.

4 Mesures de résolutions

4.1 Résolution des énergies

La résolution d'un système détecteur à une énergie spécifique est déterminée par la mesure de la largeur à mi-hauteur (LTMH) du pic spectral. On utilise une source de rayonnement ionisant émettant une ou plusieurs raies remarquables.

Le détecteur est relié à un préamplificateur intégrateur (sensible à la charge), à un amplificateur principal et à un analyseur multicanal, comme le montre la figure 1. La forme de l'impulsion fournie par l'amplificateur doit être quasi gaussienne avec $t_{1/2}$ de 1 μ s. On peut utiliser d'autres formes, mais leurs caractéristiques doivent être clairement établies. Le générateur d'impulsions de précision doit être hors circuit lors de la mesure de la résolution d'un rayonnement ionisant.

Un spectre est correctement acquis lorsque la LTMH de son pic occupe au moins six canaux et que le comptage dans le canal du pic atteint au minimum 4 000 coups. Un autre pic, ou plus, permettant l'étalonnage en énergie devra se situer dans le spectre. Il peut être constitué par une raie d'énergie connue d'une source de rayonnement ionisant. Il peut être aussi une raie produite par un générateur d'impulsions de précision. La figure 2 montre un spectre type pour cette mesure.

La LTMH du pic est mesurée en canaux ΔN_S (interpolé). La position du canal du centre du pic peut être déterminée par la méthode décrite dans la section deux de la CEI 340. L'énergie E_1 du pic doit être connue et la position N_1 de son canal, relevée. Si un deuxième pic correspondant à l'énergie E_2 est connu, la LTMH en unités d'énergie est alors donnée par:

$$\text{LTMH} = \frac{E_1 - E_2}{N_1 - N_2} \Delta N_S \quad (1)$$

Si le pic correspondant à l'énergie E_2 est produit par un générateur d'impulsions de précision, on règle au moyen de son atténuateur l'amplitude V_{p1} de ses impulsions de sortie, de façon à obtenir dans l'analyseur multicanal un pic correspondant à une énergie connue E_1 , située dans le canal N_1 . L'obtention d'un second pic est réalisée au moyen d'impulsions de tension V_{p2} . L'énergie correspondant à ce nouveau pic est donnée par $E_2 = V_{p2}(E_1/V_{p1})$. La valeur de E_2 peut alors être utilisée dans l'équation (1) pour déterminer la LTMH en unités d'énergie.

L'étalonnage en énergie peut aussi être réalisé par un réglage particulier des impulsions de sortie du générateur. Par exemple, l'atténuateur de sortie est réglé pour obtenir une valeur d'énergie multiple de E_1 . Ensuite, un deuxième atténuateur (réglage particulier) est ajusté jusqu'à ce que la tension de sortie soit V_{p1} . Cette tension est atteinte lorsque les impulsions de sortie donnent un pic dans le canal N_1 correspondant à l'énergie E_1 . L'atténuateur linéaire peut être alors réglé à la valeur choisie E_2 , et la tension de sortie sera V_{p2} . Il n'est pas nécessaire de connaître les valeurs réelles de V_{p1} et V_{p2} puisque leurs valeurs relatives sont données par réglage de l'atténuateur. Si cette méthode est employée, le générateur d'impulsions de précision doit avoir une non-linéarité intégrale de moins de 0,1 %.

4 Resolution measurements

4.1 Energy resolution

The resolution of a detector system at a specific energy is determined by measuring the full width at half maximum (FWHM) of a spectral peak. A source of ionizing radiation emitting one or more prominent lines is used.

The detector is connected to an integrating (charge-sensitive) preamplifier, main amplifier and multichannel analyzer as in figure 1. The amplifier pulse shaping shall be quasi-Gaussian with a $t_{1/2}$ of 1 μ s. Alternatively, other shaping may be used, but the shaping characteristics shall then be clearly stated. The precision pulse generator should be switched off when measuring the resolution for ionizing radiation.

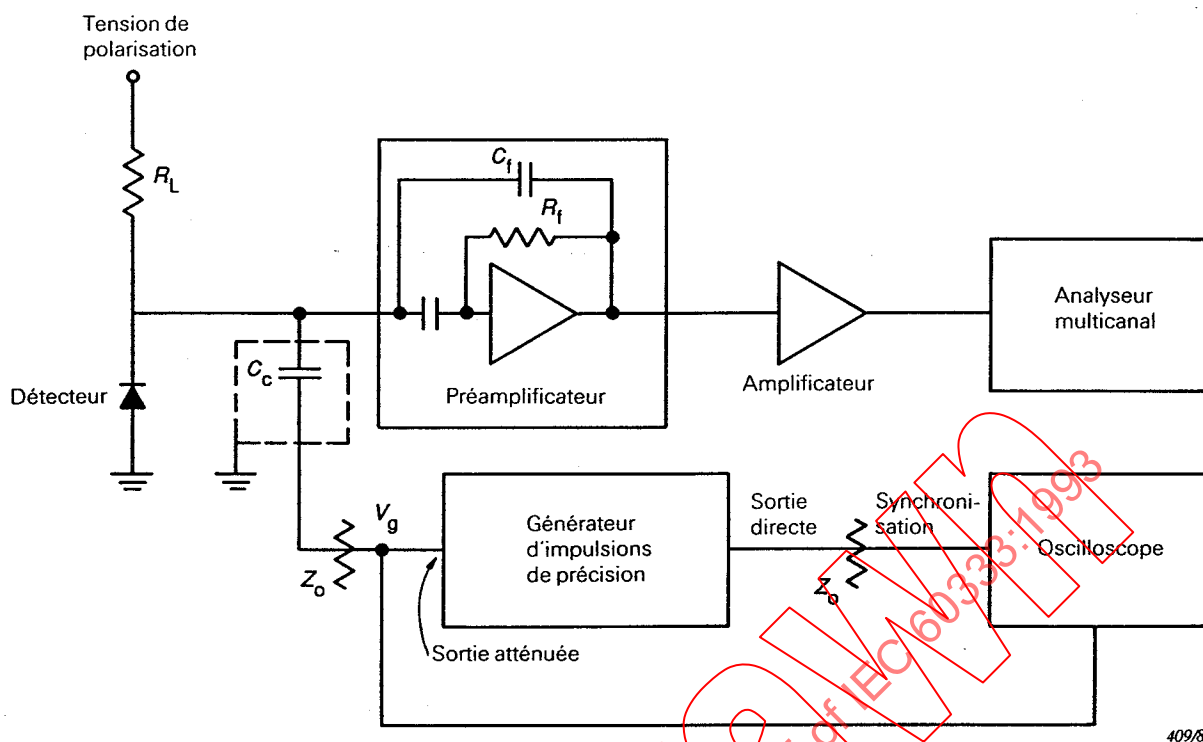
A spectrum shall be acquired in which the peak to be measured has a FWHM of at least six channels and a channel count of at least 4 000 counts in the peak channel. At least one other peak should be located in the spectrum for the purpose of energy calibration. This may be a line of known energy from a source of ionizing radiation. Alternatively, it may be a line produced by a precision pulse generator. A typical spectrum for this measurement is shown in figure 2.

The FWHM of the peak is measured in channels ΔN_S (interpolated). The channel location of the peak centre can be determined by the method described in section two of IEC 340. The energy E_1 of the peak should be known and its channel location N_1 noted. If a second peak corresponding to energy E_2 is known, then the FWHM in energy units is given by:

$$\text{FWHM} = \frac{E_1 - E_2}{N_1 - N_2} \Delta N_S \quad (1)$$

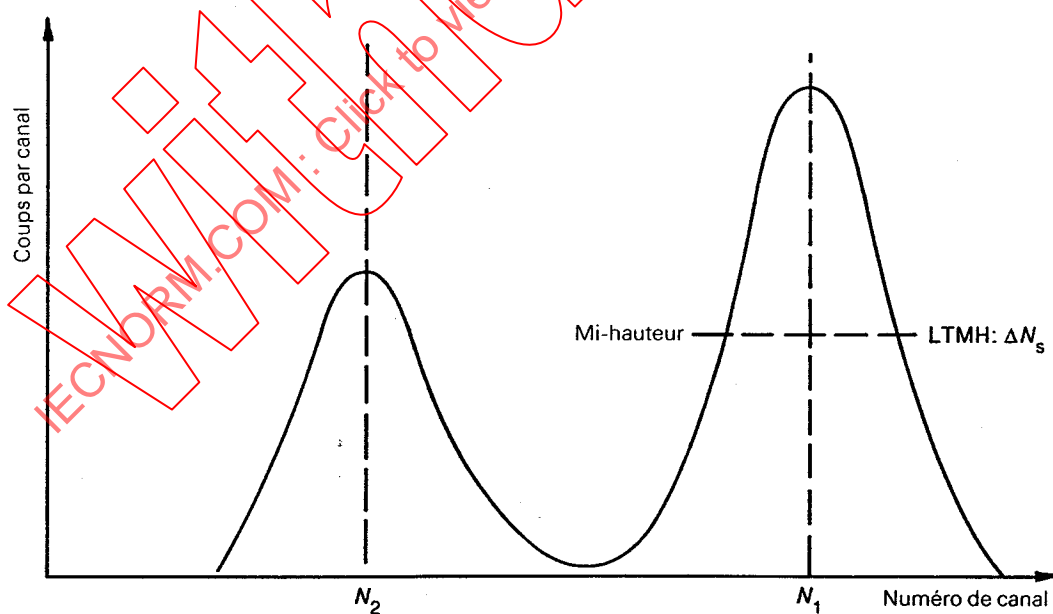
If the peak corresponding to energy E_2 is produced by a precision pulse generator, then the pulse generator is calibrated by adjusting the attenuation of the output until pulses of voltage V_{p1} are shown to produce a peak of channel location N_1 on the multichannel analyzer. This is the same location as that of the peak of known energy E_1 . Then a second peak is generated using pulses of voltage V_{p2} . The energy corresponding to this peak is given by $E_2 = V_{p2}(E_1/V_{p1})$. The value of E_2 can then be used in equation (1) to find the FWHM in energy units.

Energy calibration may also be accomplished by appropriate normalization of the pulser output. For example, the linear attenuator output of the pulser is set to a multiple of the numerical value of the peak energy E_1 . Then a second (normalization) attenuator is adjusted until the output voltage is V_{p1} . This voltage is achieved when the output pulses produce a peak at channel location N_1 corresponding to energy E_1 . The linear attenuator may then be set to the desired value of E_2 , and the output voltage will be V_{p2} . The actual values of V_{p1} and V_{p2} do not need to be known since their relative values are given by the attenuator setting. If this method is employed, the precision pulse generator shall have an integral non-linearity of less than 0,1 %.



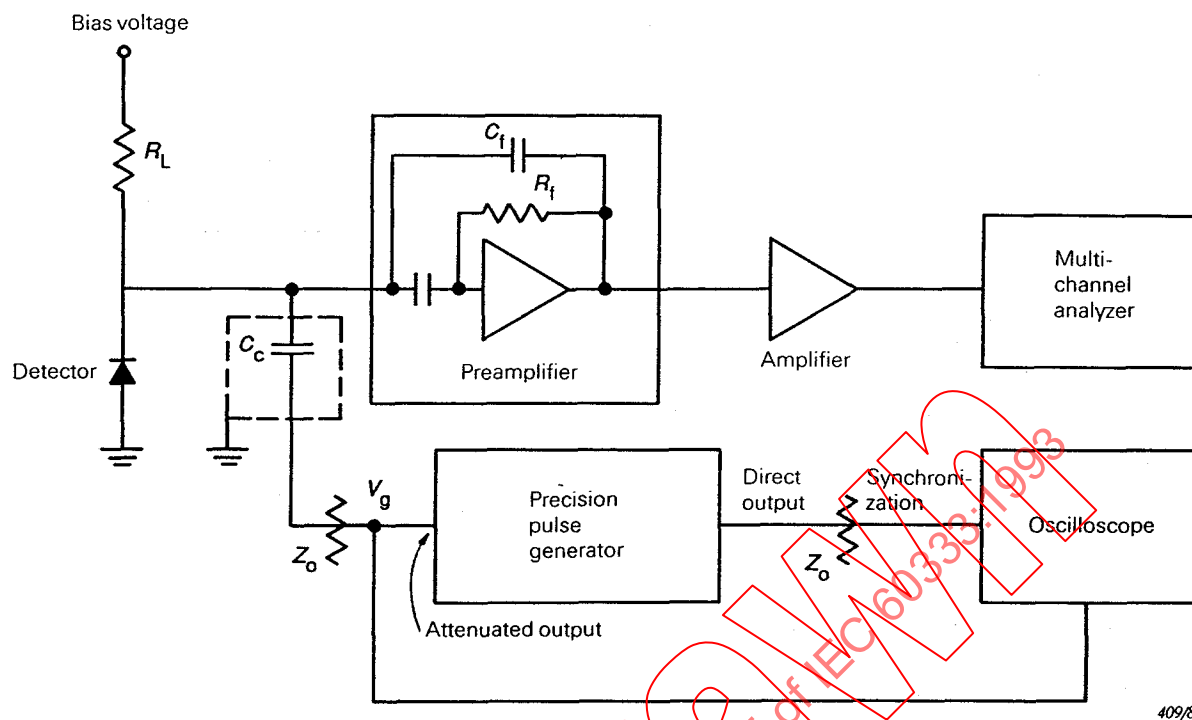
409/83

Figure 1 – Configuration du montage pour les mesures spectrales



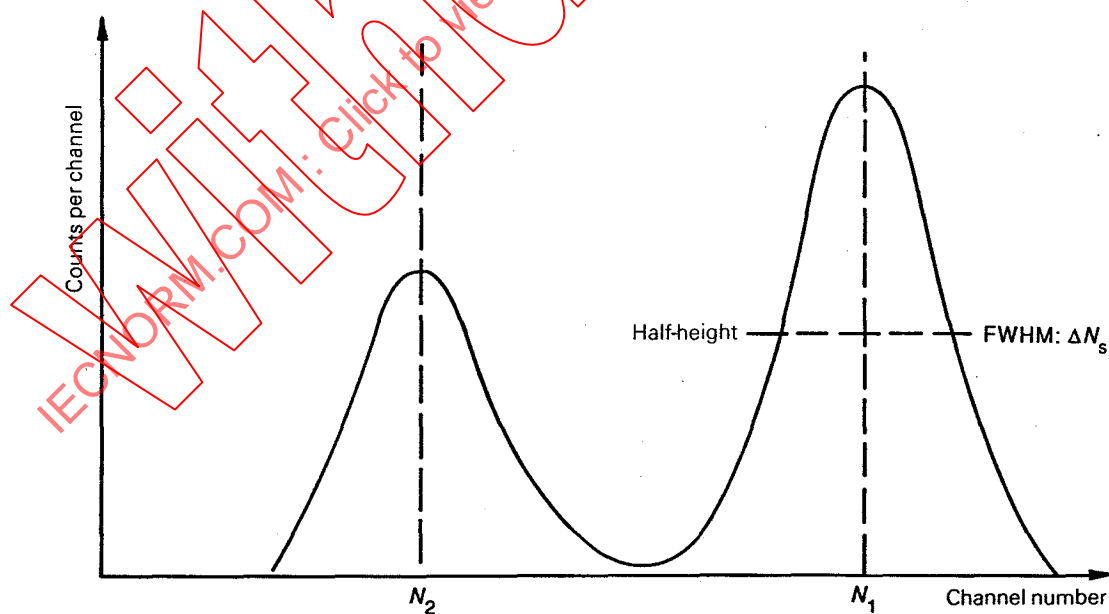
CEI 579/93

Figure 2 – Spectre type



409/83

Figure 1 – System configuration for spectral measurements



IEC 579/93

Figure 2 – A typical spectrum

Le recueil des informations concernant la résolution en énergie doit contenir les éléments suivants:

- 1) Type et énergie de la particule incidente.
- 2) Index de mise en forme ($t_{1/2}$) et type de forme d'impulsion utilisés (quasi gaussien, quasi triangulaire, ou autre).
- 3) Description détaillée du détecteur, y compris la surface active et la profondeur sensible.
- 4) LTMH du bruit de l'ensemble du système, le détecteur étant relié et en fonctionnement.
- 5) Conditions de fonctionnement du détecteur (polarisation, température, environnement).
- 6) Résistance de polarisation du détecteur.
- 7) Configuration détecteur-source, y compris désignation du côté où pénètre le rayonnement incident.
- 8) Taux de comptage.
- 9) Méthode utilisée pour déterminer la position du canal du centre du pic et la LTMH en fraction de canaux.

4.2 Résolution en temps

La méthode de mesure indiquée ici est recommandée pour sa commodité et sa reproductibilité. Au lieu de particules chargées, qui constituent la source de signal habituelle pour ce type de mesure, on utilise une impulsion lumineuse fournie par un générateur à diode laser (GDL). (Les effets de plasma dus aux particules chargées et la dispersion spatiales des charges pour des longs parcours peuvent dégrader la résolution temporelle. Dans certaines applications, la dispersion des temps de montée résultant de ces effets prédomine dans la résolution temporelle observée.)

Un système de mesure à coïncidence est représenté sur la figure 3. Le GDL fournit l'impulsion de départ pour le CTA et le signal de sortie généré par le détecteur déclenche le signal d'arrêt. Un spectre de la dispersion en temps est stocké dans l'analyseur multicanal. Dans la chaîne entre détecteur et CTA se trouvent un préamplificateur rapide, un amplificateur rapide de mise en forme et un discriminateur à fraction constante dans lequel celle-ci est réglée à 20 % et le retard à $1,1 t_r$ (10 % à 90 %). Il est conseillé de régler les temps de mise en forme pour optimiser les performances temporelles. Généralement l'optimum est obtenu lorsqu'aucune intégration n'est utilisée et que la constante de temps de différentiation est légèrement supérieure au temps de montée du signal à la sortie du préamplificateur. Le système comporte aussi un amplificateur de mise en forme qui déclenche l'analyseur multicanal, permettant de choisir des bandes d'énergie.

In recording information on energy resolution, the following shall be noted:

- 1) Incident particle type and energy.
- 2) Amplifier pulse shaping index ($t_{1/2}$) and type of pulse shaping utilized (quasi-Gaussian, quasi-triangular, or other).
- 3) Detailed description of the detector including active area and sensitive depth.
- 4) System noise FWHM with the detector connected and operating.
- 5) Detector operating conditions (bias, temperature, ambient atmosphere).
- 6) Detector bias resistor.
- 7) Detector-source geometry, including identification of detector face on which the radiation is incident.
- 8) Count rate.
- 9) Procedure used in determining channel location and FWHM in fractional channels.

4.2 Time resolution

The measurement technique given here is recommended for its convenience and reproducibility. Instead of charged particles, which is the usual signal source for measurements of this type, a light pulse from a laser diode pulser (LDP) is used. (Plasma effects accompanying charged particles and the spatial dispersion of long tracks may degrade the time resolution. In some applications, the rise time dispersion from these effects may dominate the observed time resolution.)

A coincidence measuring system is shown in figure 3. The LDP furnishes the start pulse for the TAC, and the output signal initiated by the detector triggers the stop signal. A spectrum of time dispersion is accumulated in the MCA. In the chain between the detector and the TAC is a fast preamplifier, a fast shaping amplifier, and a constant-fraction discriminator in which the fraction is set at 20 % and the delay at $1,1 t_r$ (10 % - 90 %). Shaping times should be adjusted to optimize the timing performance. Usually, the optimum occurs when no integration is used and when the differentiation time constant is somewhat greater than the rise time of the signal from the preamplifier. Also in the system is a shaping amplifier that gates the MCA, allowing the selection of energy bands.

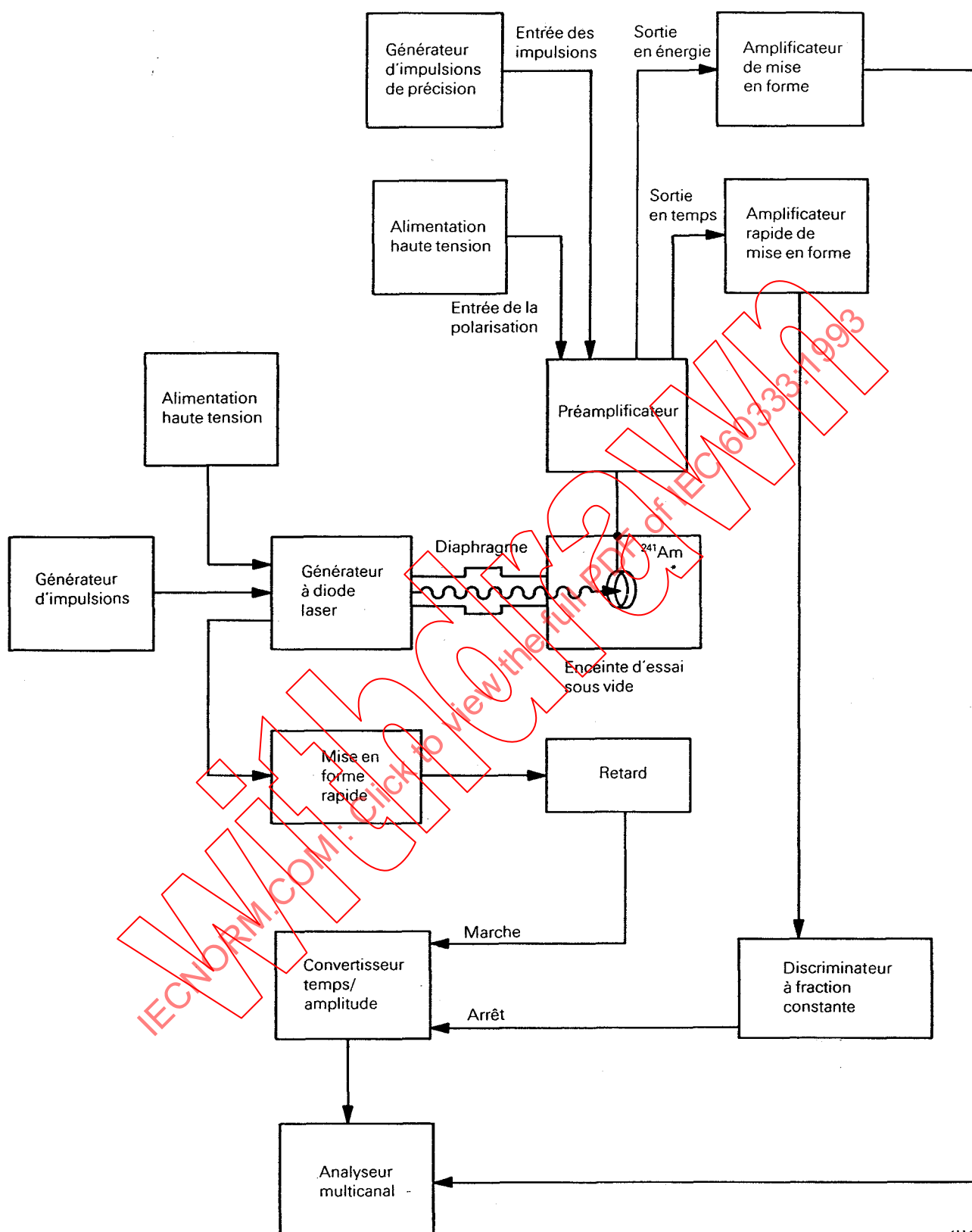


Figure 3 – Dispositif de mesure du temps de résolution

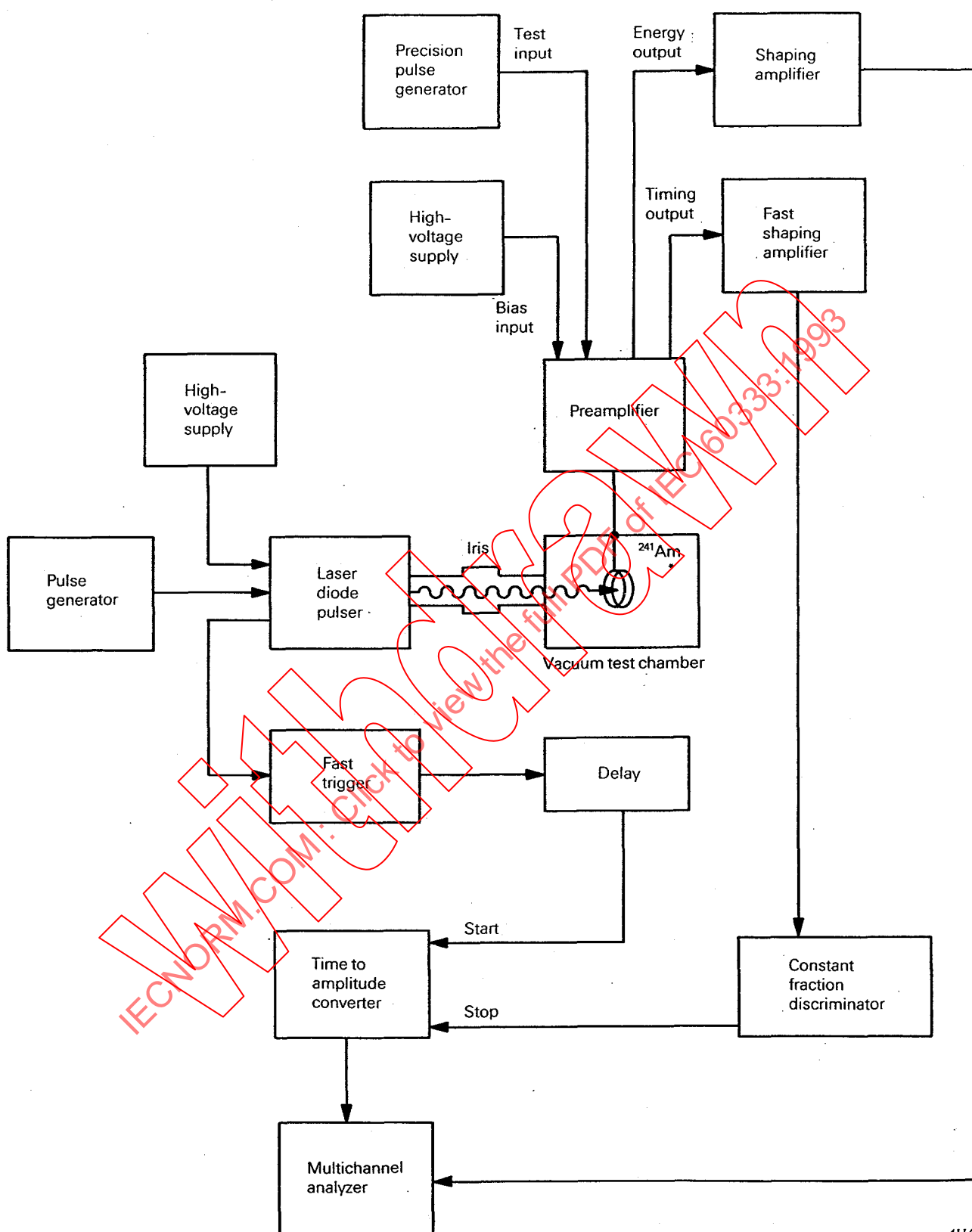


Figure 3 – Time resolution measurement system

L'énergie équivalente des impulsions lumineuses du GDL doit être connue. On utilise une chambre à vide dans laquelle le détecteur peut tourner pour présenter sa face sensible soit au GDL soit à une source du ^{241}Am . La précision du générateur d'impulsions est préalablement étalonnée pour la raie α de 5,486 MeV du ^{241}Am . Ensuite, on choisit l'énergie du générateur d'impulsions et le GDL est réglé pour fournir un signal de même amplitude. Habituellement, on effectue de nombreuses mesures de temps dans des gammes d'énergie s'étendant de ~ 1 MeV à ~ 100 MeV. Le générateur d'impulsions de précision est mis hors circuit pendant la mesure de temps.

Par cette méthode, on doit obtenir un pic d'une LTMH d'au moins six canaux et avec au moins 4 000 coups dans le canal central. En variante, si un ajustement de la courbe par ordinateur est utilisé, une détermination de la LTMH à $\pm 5\%$ (niveau de confiance de 90 %) est acceptable.

Après avoir calibré l'axe des temps avec au moins deux retards étalonnés, les LTMH et LT0,1H doivent être mesurées et exprimées en nanosecondes. Des mesures à trois valeurs d'énergie ou plus s'étendant de ~ 1 MeV à ~ 100 MeV, obtenues en réglant le générateur d'impulsions (figure 3), sont recommandées. (On peut utiliser une soustraction quadratique pour déterminer la résolution en temps du détecteur lui-même à partir de la résolution en temps du système que l'on a préalablement mesurée.) Les paramètres suivants doivent être notés pour chaque mesure.

- 1) Caractéristiques spectrales de l'impulsion lumineuse.
- 2) Tension de polarisation du détecteur.
- 3) Affichage du discriminateur à fraction constante et constante de temps de la mise en forme.
- 4) Temps de différentiation et temps de montée de l'amplificateur rapide de mise en forme.

4.2.1 Temps de montée électrique du détecteur

En utilisant le montage de la figure 4, on applique une succession d'échelons de tension de valeur V_p . La valeur de V_p ne doit pas dépasser le dixième de la tension de la bande interdite ou de la tension de polarisation, la plus petite des deux valeurs étant applicable. La différence quadratique entre le temps de montée du signal de sortie du préamplificateur et le détecteur connecté et le temps de montée du préamplificateur seul est définie comme étant le temps de montée électrique du détecteur.

4.2.2 Temps de collection des charges

La mesure directe du temps de collection des charges t_c pour les porteurs de charges de même signe dans des détecteurs relativement «lents» peut être effectuée en utilisant une source monoénergétique de particules de faible parcours et en observant directement l'impulsion de signal à la sortie de préamplificateur sensible à la charge. Si le temps de montée entre 10 % et 90 % de l'impulsion de sortie est t_0 , alors que le temps de montée correspondant aux impulsions du générateur de précision est t_m , le temps de collection des charges est donné par:

$$t_c = \sqrt{t_0^2 - t_m^2} \quad (2)$$

The equivalent energy of the light pulses from the LDP shall be known. A vacuum chamber is used in which the detector may be rotated to face either the LDP or a ^{241}Am source. The precision pulse generator is first calibrated for the 5,486 MeV α line of ^{241}Am . Then the desired energy is selected with the pulser, and the LDP adjusted to produce the same signal amplitude. Typically, several timing measurements are made at energies ranging from ~1 MeV to ~100 MeV. The precision pulser output should be off while the timing measurement is being made.

Using this method, a timing peak should be obtained with an FWHM of at least six channels, and with at least 4 000 counts contained in the peak channel. Alternatively, if computer curve-fitting is used, determination of the FWHM within $\pm 5\%$ (90 % confidence level) is adequate.

After calibrating the time axis with at least two calibrated delays, the FWHM and FW.1M shall be measured and stated in units of nanoseconds. Measurements at three or more energies ranging from ~1 MeV to ~100 MeV, as obtained by adjustment of the pulse generator (figure 3), are recommended. (Quadratic subtraction can be used to determine the time resolution of the detector itself from the system time resolution that is measured.) The following parameters shall be stated for each measurement:

- 1) Spectral characteristics of the pulsed light.
- 2) Detector bias voltage.
- 3) Constant-fraction discriminator setting and shaping time delay.
- 4) Differentiation time and rise time of the fast shaping amplifier.

4.2.1 *Detector electrical rise time*

Using the apparatus of figure 4, a series of steps of V_p volts is applied to the detector. The value of V_p shall not exceed one-tenth of the band-gap voltage, or one-tenth of the bias voltage, whichever is the smaller. The quadratic difference between the rise time of the preamplifier output signal with the detector connected and the preamplifier rise time is defined as the electrical rise time.

4.2.2 *Charge collection time*

Direct measurement of charge collection time t_c for one sign of charge carrier in relatively "slow" detectors can be made by using a monoenergetic source of short-range particles and observing the signal pulse directly at the output of a charge-sensitive preamplifier. If the observed 10 % to 90 % output pulse rise time is t_o , while the rise time observed by injecting pulses into the preamplifier input from a precision pulse generator is t_r , then the detector charge collection time is given by:

$$t_c = \sqrt{t_o^2 - t_r^2} \quad (2)$$

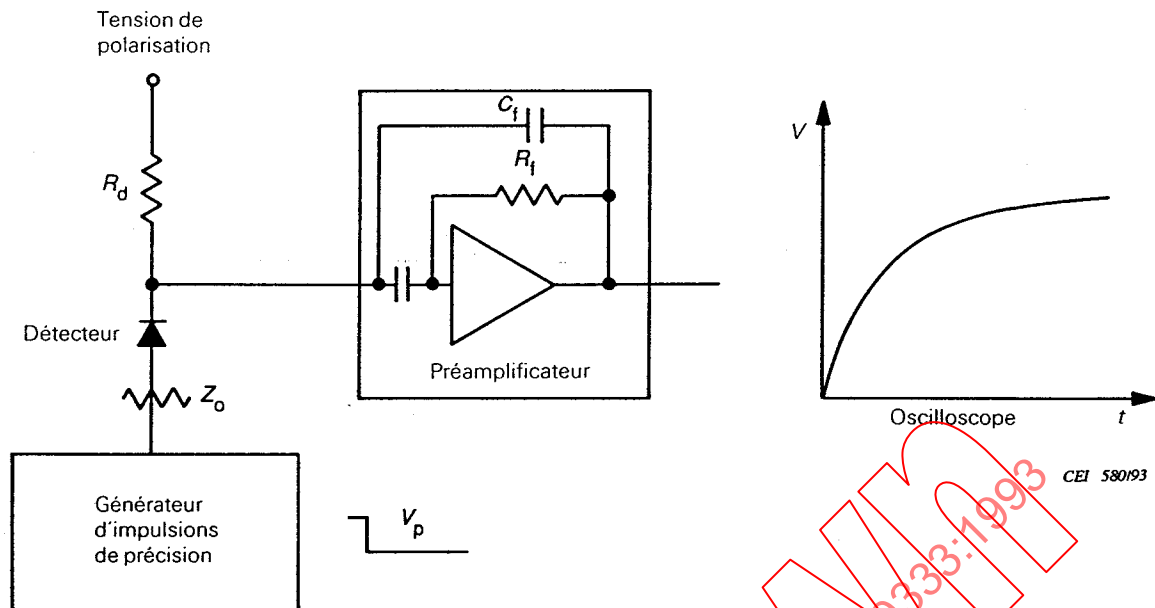


Figure 4 – Mesure du temps de montée électrique du détecteur

Pour que cette mesure soit significative, t_o et t_m doivent différer d'au moins 20 %.

La réponse pour les détecteurs rapides est plus facile à mesurer en utilisant un accélérateur ou une source de lumière à impulsions rapides pour y produire un grand nombre de paires électron-trou; l'observation des impulsions de courant résultantes peut être directement effectuée sur un oscilloscope à échantillonnage.

Dans les deux cas, il est essentiel de déterminer le temps de montée électrique des détecteurs par des mesures séparées (voir 4.2.1) et de faire la distinction entre son effet et celui qui est dû au mouvement des porteurs de charge dans la zone désertée.

Les relevés du temps de collection des charges doivent préciser la nature du rayonnement incident, son orientation et sa position, ainsi que le temps de montée de l'amplificateur.

4.3 Localisation de l'impact, résolution et linéarité du détecteur à localisation

La figure 5, montre un détecteur à localisation d'impact de type courant. Ce détecteur possède un contact de résistivité relativement élevée dont une extrémité est mise à la masse et l'autre reliée à l'entrée d'un préamplificateur. Le contact résistif agit comme un diviseur de courant et il en résulte que la hauteur de l'impulsion de sortie est proportionnelle à la distance entre le point d'impact et l'extrémité mise à la masse. La tension de polarisation est appliquée au contact opposé, sur la face arrière.

Les deux mesures, de position et énergie, concernant ce type de détecteur peuvent être effectuées en utilisant le montage indiqué par la figure 6, (méthode recommandée) ou un montage équivalent. On peut aussi utiliser des diviseurs analogiques d'impulsions du commerce. Il est conseillé d'optimiser les réglages des index de mise en forme. Le montage, utilisé doit pouvoir effectuer simultanément les mesures de position et d'énergie. Ceci est indispensable car un montage mesurant uniquement l'énergie peut renseigner utilement sur la qualité du détecteur mais n'est pas entièrement représentatif de ses performances.

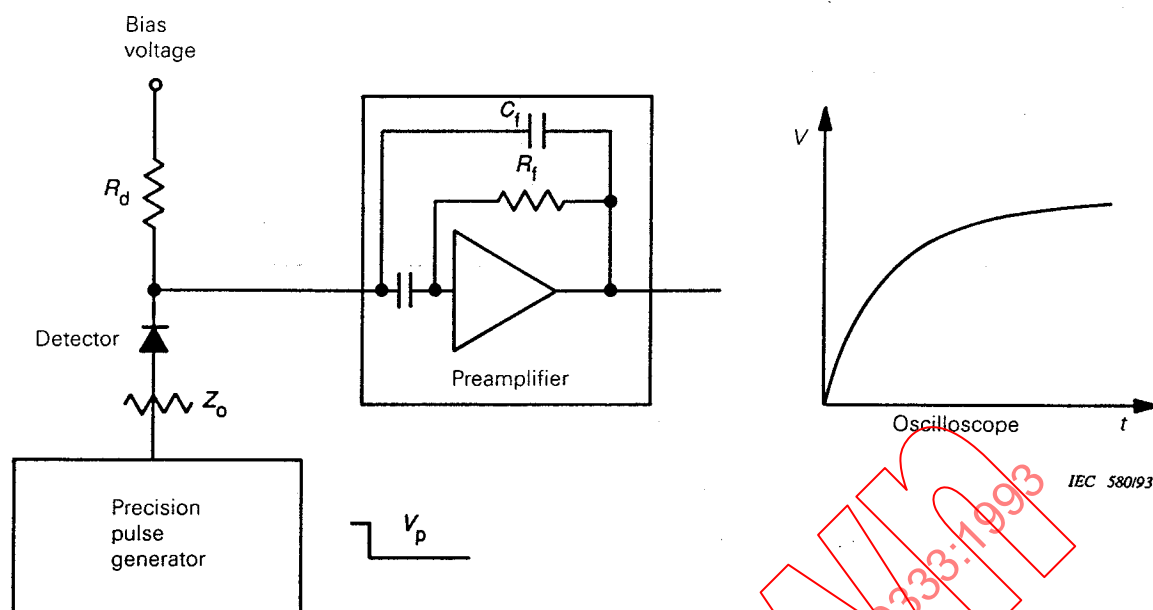


Figure 4 – Detector electrical rise time measurement

For this measurement to be significant, t_0 and t_f shall differ by at least 20 %.

The response of a fast detector is most easily measured by using a fast pulsed accelerator or a fast pulsed light source to generate a large number of hole-electron pairs in a detector. The resulting current pulse is directly monitored with a sampling oscilloscope.

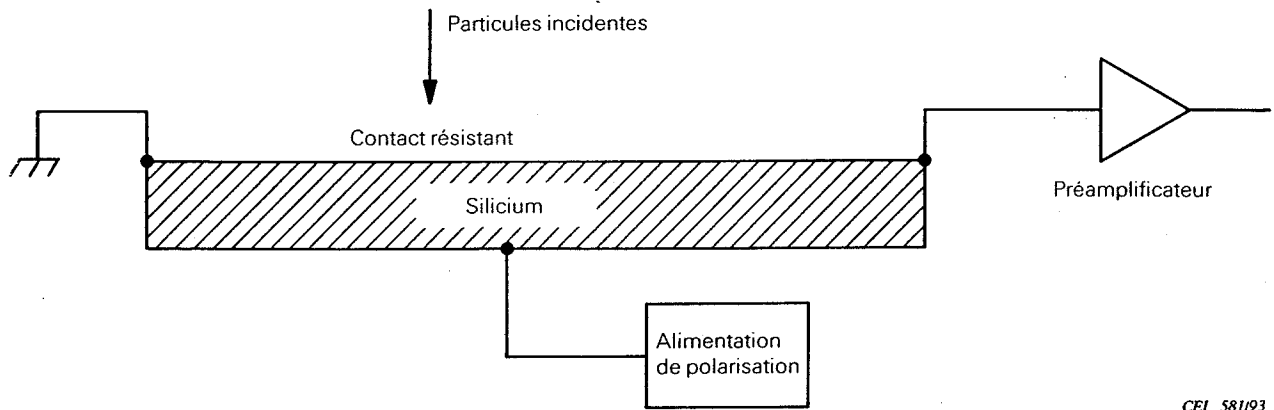
In either case, it is essential to determine the detector electrical rise time (see 4.2.1) by separate measurements and to distinguish its effect from that due to carrier motion in the depletion layer.

Charge-collection-time data shall include details of the nature of the incident radiation, track orientation and position and amplifier rise time.

4.3 Position, resolution and linearity of a position-sensitive detector

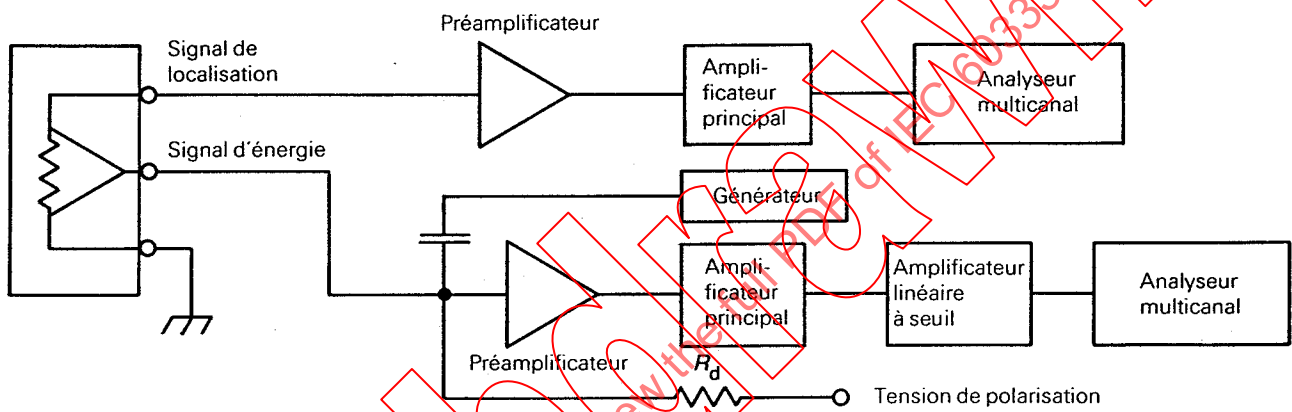
One common type of position-sensitive detector is shown in figure 5. This detector has one contact of relatively high resistivity, with one end grounded and the other end connected to a preamplifier input. The resistive contact acts as a current divider, and as a result, the output pulse height is proportional to the distance of the position of impact from the grounded end of the detector. Bias voltage is applied to the contact on the rear surface.

Both position and energy measurements for this type of detector should be made using the system shown in figure 6 (preferred method), or an equivalent system. As an alternative, commercially available analogue pulse dividers may be used. Shaping-index settings should be optimized. The system used shall be capable of simultaneously measuring position and energy. This is required since an energy-only system may provide a useful measurement of the detector quality, but it is not fully representative of the detector performance.



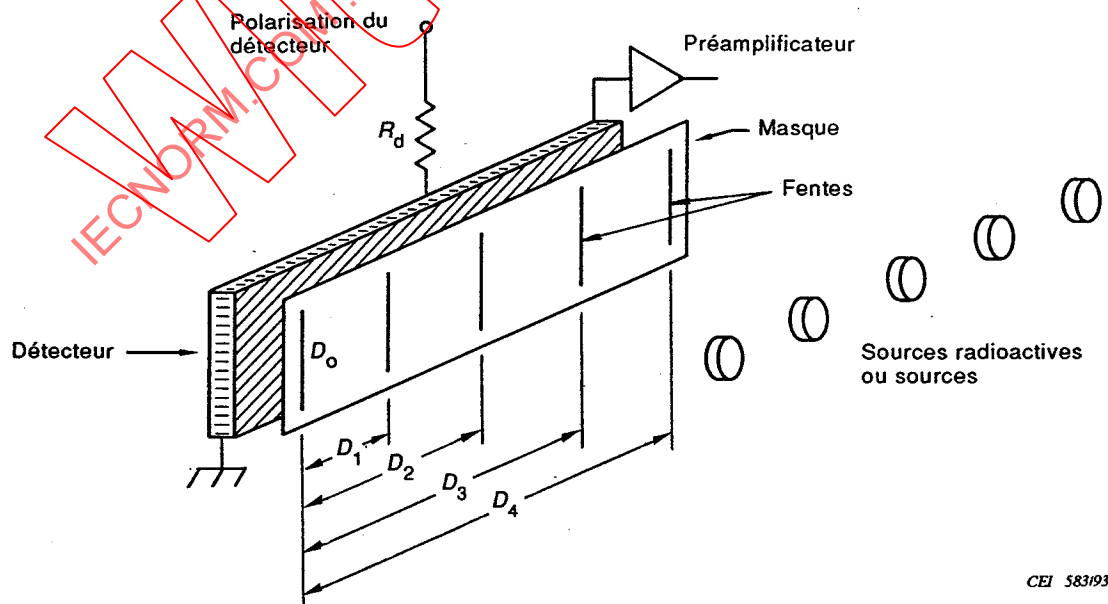
CEI 581/93

Figure 5 – Détecteur à localisation d'impact



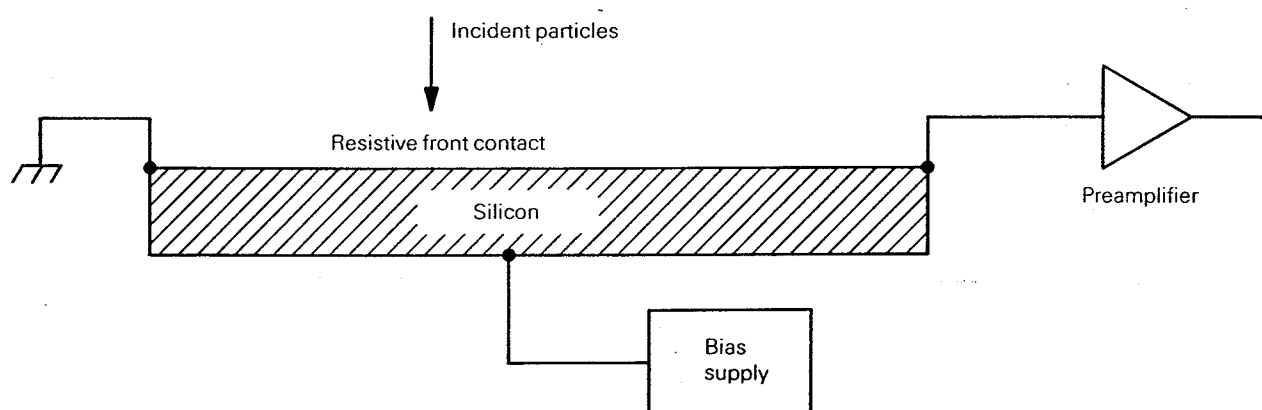
CEI 582/93

Figure 6 – Système de mesure pour un détecteur à localisation d'impact



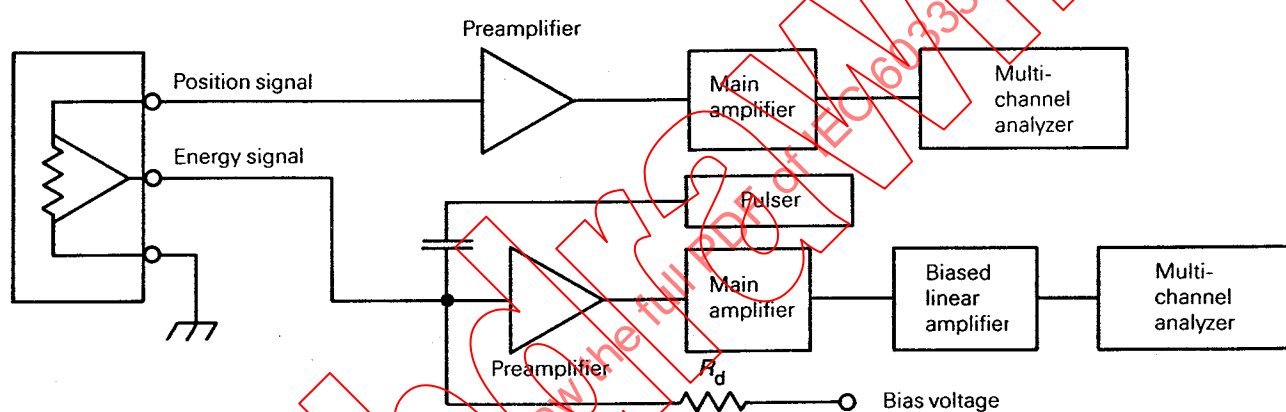
CEI 583/93

Figure 7 – Appareillage pour les mesures d'impact



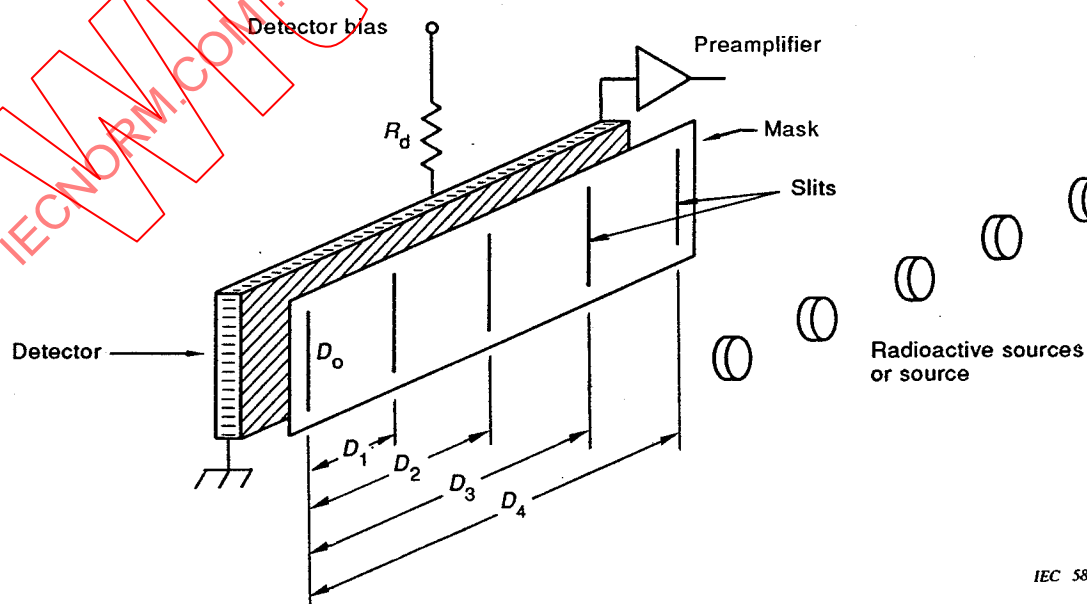
IEC 581/93

Figure 5 – Position-sensitive detector



IEC 582/93

Figure 6 – System for position-sensitive detector measurement



IEC 583/93

Figure 7 – Apparatus for position measurements

Les mesures de résolution en position et de linéarité sont exécutées au moyen d'un masque pourvu de fentes et placé sur la face avant du détecteur comme le montre la figure 7. Les fentes au minimum devront être utilisées, de préférence à peu près uniformément réparties le long du masque, face à la zone active du détecteur. Une image de fente doit être située à chaque extrémité et près du milieu de la zone active du détecteur, car l'écart de linéarité est habituellement plus important aux extrémités. Des sources d'un rayonnement ionisant monoénergétique doivent être placées face au masque de telle façon qu'une image de chaque fente soit formée sur la surface du détecteur par le faisceau de rayonnement incident sur cette fente. Il est également possible d'utiliser une source unique qui sera déplacée de fente en fente.

Les particularités concernant la collimation, la position de la source et la configuration doivent être assurées de manière que les conditions suivantes se trouvent réunies:

- 1) Correspondance stricte entre les fentes du masque et les images des fentes sur le détecteur.
- 2) Largeur de l'image de chaque fente suffisamment étroite pour ne pas introduire d'erreur significative dans les mesures de résolution en position. (Si des corrections doivent être faites pour une largeur définie de fente, une simple soustraction quadratique n'est pas suffisante. Aucune correction ne doit dépasser 10 % du résultat enregistré.)
- 3) Erreur de détermination des distances entre les images de fentes suffisamment petite pour ne pas être significative dans la mesure de linéarité en position. (Ceci amène habituellement à placer les fentes aussi près que possible de la surface du détecteur.)
- 4) L'image de chaque fente aux extrémités doit être à moins de deux largeurs de fente des extrémités de la longueur utile active du détecteur.

On doit relever un spectre au moyen des méthodes décrites. Chaque pic doit avoir une LTMH d'au moins six canaux avec un minimum de 4 000 coups dans le canal du pic. La linéarité en position et la résolution seront déterminées à partir de ce spectre.

La non-linéarité intégrale (en position) d'un détecteur d'impact est définie comme l'écart maximal de position, à partir de la linéarité exprimée en pourcentage de la longueur totale sur laquelle la mesure est effectuée. L'écart de linéarité doit être mesuré pour chaque image de fente et la non-linéarité intégrale du détecteur est déterminée par la plus grande des valeurs mesurées.

Symbolisons par S le numéro de canal et soit $S_0, S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_m$ les numéros de canal de pic ou S_0 et S_m sont respectivement les plus petits et plus grands numéros de canal de pic. Appelons D_0 (situé à l'extrémité de la masse du détecteur) la position de la première image de fente. Les distances entre cette première image et les images successives sont représentées par $D_1, D_2, \dots, D_i, \dots, D_m$.

Fixons $D_0 = 0$, et soit D_m la distance entre les deux fentes d'extrémité.

On ajuste ensuite convenablement par la méthode des moindres carrés, une droite à l'ensemble des points figuratifs définis par $(D_0, S_0), (D_1, S_1), (D_2, S_2), \dots, (D_i, S_i), \dots, (D_m, S_m)$. Appelons $\Delta D_{\max}$ la différence maximale entre une valeur de D_i et la valeur correspondante de D sur la droite au point où $S = S_i$. La non-linéarité intégrale du détecteur est donnée par:

$$L_p = \frac{\Delta D_{\max}}{D_m} \quad (3)$$

Position resolution and linearity measurements are performed with a mask having slits in it placed in front of the detector as shown in figure 7. The slits are perpendicular to the direction along which position is measured. A minimum of five slits shall be used, and they should be approximately uniformly distributed across the mask in front of the active region of the detector. A slit image shall be located at each end and near the middle of the useful active length of the detector because the deviation from linearity is usually largest at the ends. Sources of monoenergetic ionizing radiation shall be located in front of the mask in such a way that an image of each slit is formed on the surface of the detector by the beam of radiation impinging on that slit. Alternatively, a single source may be used and moved from slit to slit.

The details of collimation, source location and geometry shall be such that the following conditions are met:

- 1) There is a one-to-one correspondence between the slits on the mask and the slit images on the detector.
- 2) The width of the image of each slit is small enough that it does not introduce any significant error into the position resolution measurements. (If any corrections are made for finite slit width, a simple quadrature subtraction is inadequate. Any correction shall not exceed 10 % of the reported result.)
- 3) The error in determining distances between the slit images is small enough that it does not introduce any significant error into the position linearity measurement. (This usually requires placing slits as close to the detector surface as possible.)
- 4) The image of each outermost slit shall be located within two slit widths of the ends of the useful active length of the detector.

A spectrum shall be acquired using the described methods. Each peak shall have a FWHM of at least six channels with a minimum of 4 000 counts in the peak channel. Position linearity and resolution are determined from this spectrum.

The integral non-linearity (in position) of a position-sensitive detector is defined as the maximum positional deviation from linearity expressed as a percentage of the total length over which the measurement is made. The deviation from linearity shall be measured for each slit image, and the integral non-linearity of the detector shall be determined from the largest of these values.

Let the channel number be represented by S and the peak channel numbers by $S_0, S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_m$, where S_0 and S_m are the smallest and largest peak channel numbers, respectively. Let D_0 (at the grounded end of the detector) represent the location of the first slit image. The distances from the first slit image to successive slit images are represented by $D_1, D_2, \dots, D_i, \dots, D_m$.

Set $D_0 = 0$, and let D_m be the distance between the two outermost slits.

A straight line is then fitted to the set of points $(D_0, S_0), (D_1, S_1), (D_2, S_2), \dots, (D_i, S_i), \dots, (D_m, S_m)$ by the method of least squares. Let $\Delta D_{\max}$ be the maximum difference between any value of D_i and the corresponding value of D on the fitted line at the point where $S = S_i$. The integral non-linearity of the detector is given by:

$$L_p = \frac{\Delta D_{\max}}{D_m} \quad (3)$$

La résolution en position est calculée pour chaque image de fente. La LTMH d'un pic étant exprimée en canaux, la résolution en position ΔD_p , en unités de longueur, est donnée par:

$$\Delta D_p = \frac{D_m}{S_m - S_0} \text{ LTMH} \quad (4)$$

Si une valeur de la résolution de position est donnée pour caractériser le détecteur tout entier, ce doit être la plus grande LTMH obtenue à partir de n'importe quelle image. Les informations à noter pour cette mesure seront les mêmes que celles qui sont prescrites pour la mesure d'énergie en 4.1.

Les renseignements suivants devront être fournis en même temps que les résultats de cette mesure de linéarité:

- 1) Longueur active totale du détecteur.
- 2) Longueur active utile du détecteur.
- 3) Index de mise en forme (caractéristiques de mise en forme) utilisés pour la mesure d'énergie et de position.
- 4) Description détaillée du détecteur, y compris l'épaisseur de sa zone sensible et sa configuration.
- 5) Conditions de mesure.
- 6) Type de particule incidente et son énergie.

5 Mesure du bruit

5.1 Mesure du bruit par analyse de la distribution en amplitude des impulsions (méthode recommandée)

5.1.1 Mesure avec calibration à l'aide d'une source radioactive

La contribution totale du bruit à l'élargissement du spectre (incluant le courant de fuite du détecteur) peut être mesurée en déterminant la LTMH d'un pic obtenu à l'aide d'un détecteur d'impulsions de précision.

L'équipement doit être conforme à celui qui est indiqué par la figure. La forme de l'impulsion amplifiée doit être quasi gaussienne avec un $t_{1/2}$ de 1 μ s. On peut également utiliser une autre forme proche appropriée au détecteur, mais ses caractéristiques doivent être alors clairement établies et être les mêmes que celles que l'on utilise pour définir la résolution en énergie. Une méthode simple pour étalonner le système est semblable à celle qui est décrite en 4.1, en utilisant une source de rayonnement ionisant mono-énergétique et un générateur d'impulsions de précision. Néanmoins, le rayonnement (d'énergie connue E_1) ne doit être utilisé que jusqu'à ce que soit connue de façon précise la position N_1 du pic. La source est alors retirée et le générateur réglé pour donner un pic au même endroit. Un second pic équivalant à l'énergie E_2 à l'emplacement N_2 est fourni par le générateur, E_2 ayant été déterminé par l'étalonnage indiqué en 4.1.

Position resolution is calculated for each slit image. Given the FWHM of a peak in channels, the position resolution in units of length ΔD_p is given by:

$$\Delta D_p = \frac{D_m}{S_m - S_0} \text{ FWHM} \quad (4)$$

If one value of positional resolution is given to characterize the entire detector, it shall be the largest FWHM value obtained for any slit image. Record the same information with this measurement as requested for the energy measurement in 4.1.

The following information shall be supplied with the results of this linearity measurement:

- 1) Total active length of the detector.
- 2) Useful active length of the detector.
- 3) Shaping indexes (shaping time characteristics) used for energy and position measurements.
- 4) Detailed description of the detector including sensitive depth and detector geometry.
- 5) Operating conditions.
- 6) Incident particle type and energy.

5 Noise measurement

5.1 Noise measurement by pulse height distribution (preferred method)

5.1.1 Measurement with radioactive source calibration

The total noise contribution to spectral broadening (including detector leakage current) can be measured by determining the FWHM of a peak produced with a precision pulse generator.

The equipment shall be configured as shown in figure 1. The preamplifier pulse shaping shall be quasi-Gaussian with a $t_{1/2}$ of 1 μ s. Alternatively, other shaping suitable for the detector may be used, but the shaping characteristics shall then be clearly stated and the same as those used to specify energy resolution. A simple method for system calibration is similar to that described in 4.1 using a source of monoenergetic ionizing radiation and a precision pulse generator. However, the radiation (of known energy E_1) need only be counted until the peak location N_1 is accurately known. The source is then removed, and the pulser is adjusted to generate a peak at this same location. A second peak, equivalent to energy E_2 at location N_2 is generated with E_2 determined from the calibration as in 4.1.

Le spectre du second pic fourni par le générateur doit être réalisé par accumulation d'au moins 4 000 coups dans un seul canal. La LTMH doit être d'au moins six canaux. Cependant, un nombre inférieur de coups peut suffire si on emploie un ajustement par ordinateur pour déterminer la LTMH à $\pm 5\%$ (niveau de confiance de 90 %). La résolution totale due au bruit est déterminée à partir de la largeur de pic, ΔN_T , exprimée en nombre de canaux, par:

$$LTMH = \left[\frac{E_1 - E_2}{N_1 - N_2} \right] \Delta N_T \quad (5)$$

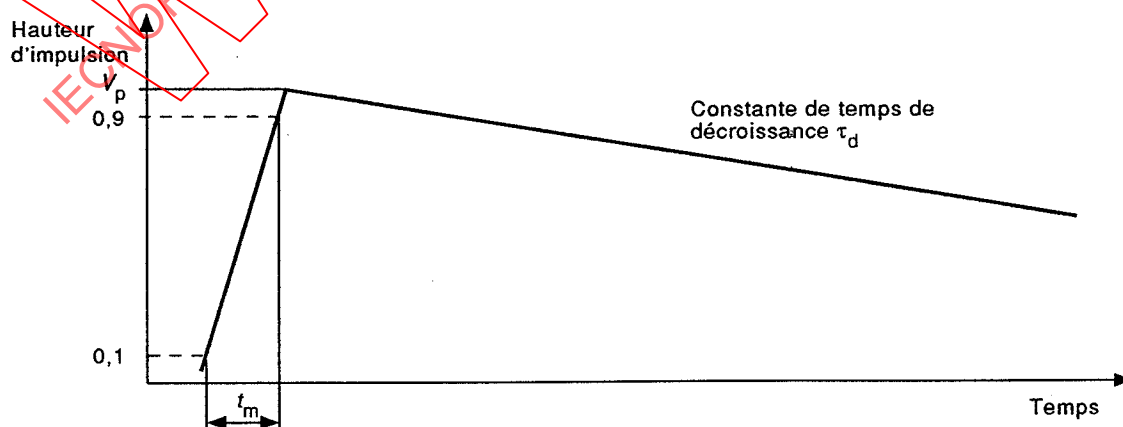
L'intervalle entre les pics doit être d'au moins trois fois la $LT0,1H$.

5.1.2 Mesure avec un condensateur et un générateur d'impulsions étalonné

Comme variante à la méthode de 5.1.1, on utilise un générateur d'impulsions avec un condensateur étalonné pour introduire une charge connue à chaque impulsion à l'entrée du préamplificateur. Cela conduit directement à la détermination de la largeur du bruit en unités de charge. Si on utilise cette méthode, le condensateur étalonné C_c est relié à l'entrée du préamplificateur, en série avec un générateur d'impulsions de précision. Le condensateur C_c doit être entouré d'un blindage; la capacité est mesurée entre ses deux bornes peut être obtenue avec une grande précision à l'aide d'un capacimètre à trois bornes d'entrée dans lequel la capacité par rapport à la terre n'influence pas la mesure entre les deux bornes du condensateur. Le générateur doit fournir des signaux de la forme indiquée par la figure 8, où le temps de montée t_m est inférieur à 5 % de la valeur de la constante de temps de différenciation de l'amplificateur principal et la constante de temps de décroissance τ_d est telle que l'amplitude V_p de l'impulsion ne diminue pas de plus de 2% pendant un temps égal à la constante de temps de différenciation du circuit de mise en forme.

Dans ces conditions, la charge injectée à chaque impulsion par le générateur est $V_p C_c$ coulombs à $\pm 1\%$.

Tous les éléments de la chaîne de mesure fonctionnant dans leur domaine linéaire, deux réglages du générateur d'impulsions, correspondant aux tensions V_{p1} et V_{p2} , doivent donner en sortie de l'analyseur multicanal un spectre formé de deux pics séparés centrés sur les canaux N_1 et N_2 comme le montre la figure 2. Le gain du système et les amplitudes des impulsions doivent être tels que la LTMH ΔN_T de chaque pic soit au moins de six canaux.



CEI 584/93

Figure 8 – Forme d'onde du générateur d'impulsions de précision

The spectrum of the second pulse generator peak shall be accumulated until it reaches 4 000 counts in one channel. The width shall be at least six channels at FWHM. However, a lesser number of counts may suffice if computer fitting that determines the FWHM to within $\pm 5\%$ (90 % confidence level) is employed. The total noise resolution is determined from the width of this peak in channels, ΔN_T , by:

$$\text{FWHM} = \left[\frac{E_1 - E_2}{N_1 - N_2} \right] \Delta N_T \quad (5)$$

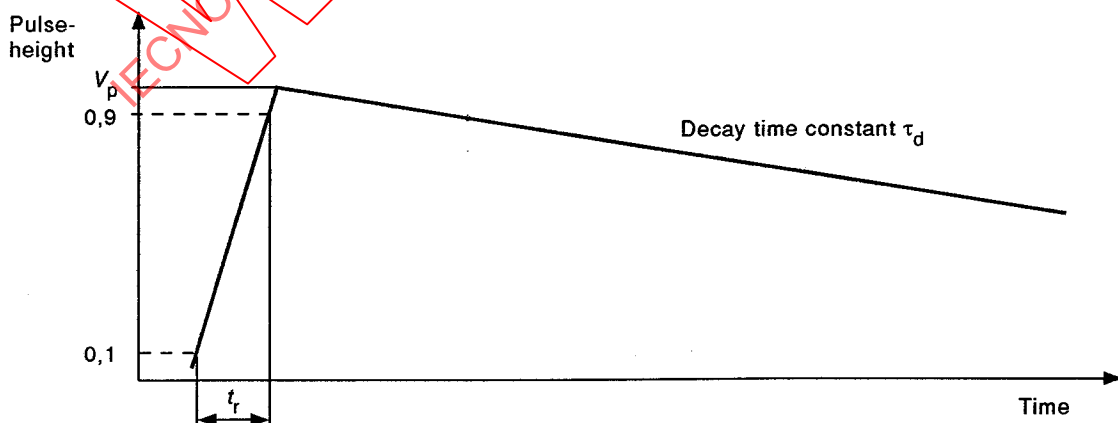
The separation of the peaks shall be at least three times the FW.1M.

5.1.2 Measurement with capacitor and pulse generator calibration

An alternative to the method of 5.1.1 uses a pulse generator with a calibrated capacitor to introduce a known quantity of charge with each pulse to the preamplifier input. This leads directly to the determination of noise linewidth in units of charge. If this method is to be used, a calibrated capacitor C_c is connected to the preamplifier input in series with a precision pulse generator. The capacitor C_c shall be contained in a shield enclosure; the capacitance is measured between its ends, and the shield enclosure is grounded. A highly accurate measurement of the capacitance between the two insulated terminals can be obtained with a three terminal capacitance bridge in which the capacitance to ground does not influence the measurement between the ends. The pulse generator should provide signals of the form shown in figure 8, where the rise time t_r is no more than 5 % of the main amplifier differentiating time constant, and the decay time constant τ_d is such that the pulse V_p does not drop more than 2 % in a time equal to the differentiating time constant of the system pulse-shaping network.

Under these conditions the charge injected per pulse from the pulse generator is $V_p C_c$ coulombs to within about $\pm 1\%$.

With all elements of the system operating within their linear range, two settings of the pulse generator, corresponding to voltages V_{p1} and V_{p2} , should result in a spectrum consisting of two separated peaks centred at channels N_1 and N_2 as shown in figure 2. The system gain and pulse amplitudes must be such that the FWHM ΔN_T of each peak is at least six channels.



IEC 584/93

Figure 8 – Precision pulse generator waveform

La largeur totale (LTMH) du bruit du système, exprimée en coulombs, est donnée par:

$$\Delta Q_T = \frac{V_{p1} - V_{p2}}{N_1 - N_2} C_c \Delta N_T \quad (6)$$

ΔN_T étant déterminée sur le plus large des deux pics.

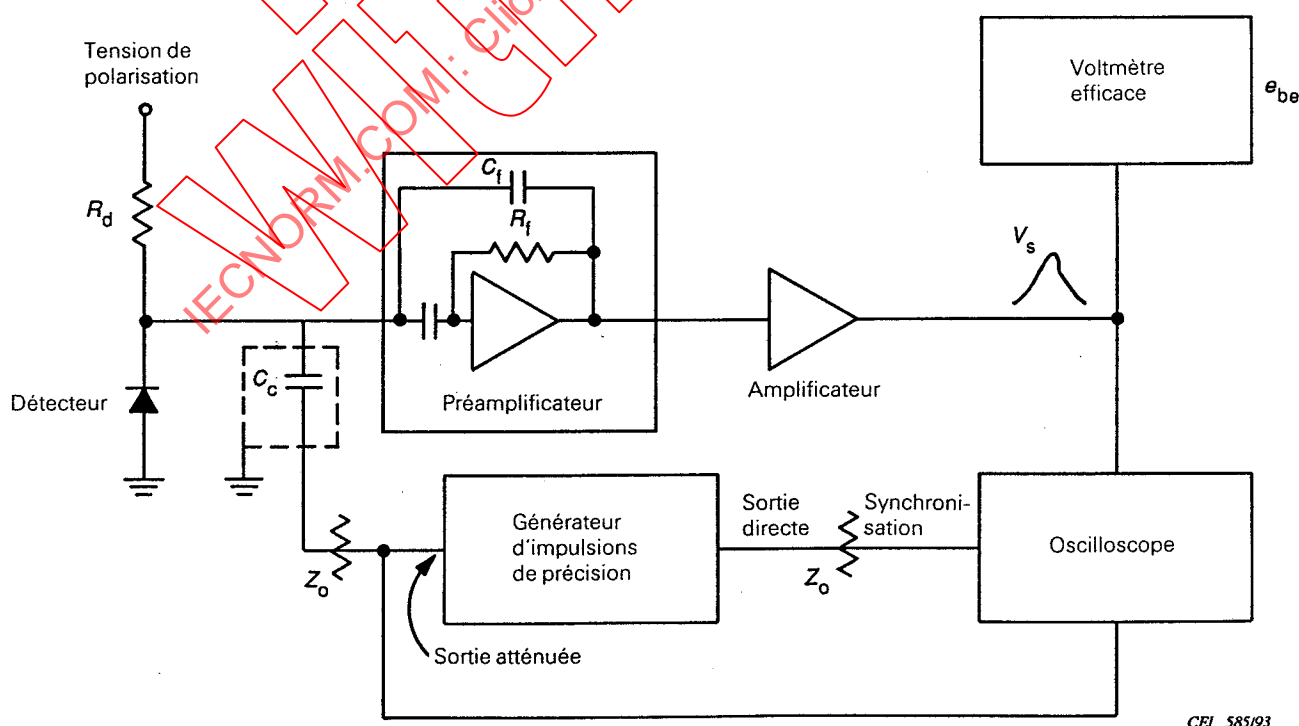
Les unités de charge peuvent être converties en unités d'énergie en divisant ΔQ_T par la charge de l'électron $q = 1,602 \times 10^{-19}$ coulomb, puis en multipliant par $\varepsilon = 3,60$ eV par paire électron-trou qui est l'énergie nécessaire pour créer une paire électron-trou dans le silicium (dans le cas du germanium $\varepsilon = 3,0$ eV par paire électron-trou).

5.2 Mesure du bruit avec un oscilloscope et un voltmètre de valeur efficace

Une variante pour mesurer le bruit utilise le système indiqué sur la figure 9. Il ne diffère de celui utilisé pour les mesures de distribution d'amplitudes des impulsions (figure 1) que par le remplacement de l'analyseur multicanal par un voltmètre. La réponse du voltmètre doit être proportionnelle à la valeur efficace du bruit. Un voltmètre efficace sera utilisé de préférence, mais on pourra utiliser un voltmètre à réponse moyenne, comportant un redresseur deux alternances, et étalonné pour une réponse à un signal sinusoïdal. Ses indications doivent être multipliées par 1,128 pour convertir sa graduation en valeur efficace d'un signal de bruit aléatoire.

Cette méthode peut utiliser indifféremment un étalonnage par source radioactive ou à l'aide d'un générateur d'impulsions. Pour que cette méthode soit précise, deux conditions doivent être remplies:

- 1) Le voltmètre doit avoir une réponse plate pour toute la bande passante de l'amplificateur. Une bande passante d'au moins 10 MHz à -3 dB est conseillée.
- 2) Le gain incrémental de l'amplificateur doit être constant jusqu'à des niveaux bien inférieurs au bruit. Ni amplificateur à seuil ni restaurateur de ligne de base ne doivent être utilisés, car ces derniers conduisent l'amplificateur à travailler dans une région d'extrême non-linéarité lorsque le signal est inférieur à leurs seuils.



CEI 585/93

Figure 9 – Mesure du bruit au moyen d'un oscilloscope et d'un voltmètre de valeur efficace vraie

The system total noise linewidth (FWHM), in coulombs, is given by:

$$\Delta Q_T = \frac{V_{p1} - V_{p2}}{N_1 - N_2} C_c \Delta N_T \quad (6)$$

with ΔN_T being determined from the wider of the two peaks.

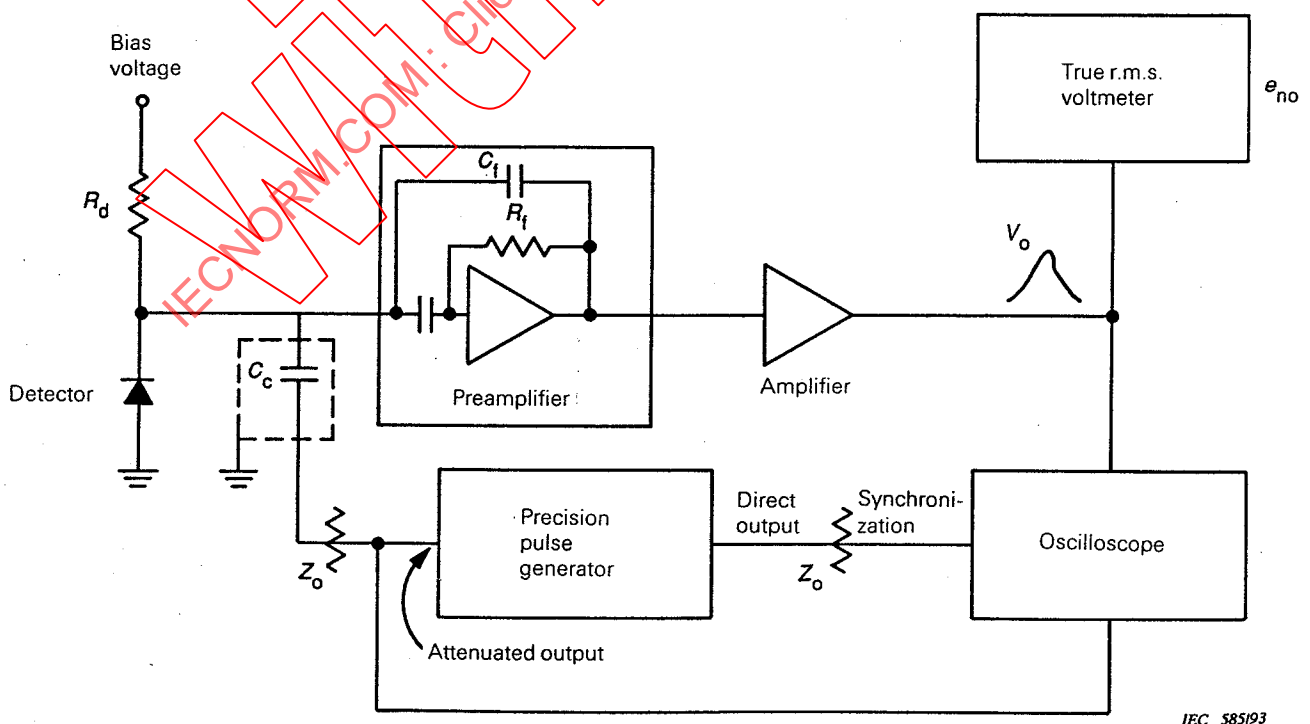
The units of charge can be converted to units of energy by dividing ΔQ_T by the electronic charge $q = 1,602 \times 10^{-19}$ coulomb, then multiplying by $\varepsilon = 3,60$ eV per hole-electron pair, which is the energy necessary to produce one hole-electron pair in silicon (in germanium, $\varepsilon = 3,0$ eV per hole-electron pair).

5.2 Noise measurement by oscilloscope and true root-mean-square voltmeter

An alternative method of measuring noise employs the system shown in figure 9. It is similar to the system used for pulse-height distribution measurements (figure 1) but it differs in that a voltmeter replaces the MCA. The voltmeter response must be proportional to the r.m.s. value of the noise. A true r.m.s. meter is preferred, but a meter that contains a full-wave rectifier that responds to the average value of the input waveform and is calibrated for sine-wave response may be used. Its indications must be multiplied by 1,128 to convert its dial calibration to the r.m.s. value of a random-noise signal.

This method may utilize either a radioactive source or capacitor and pulse generator calibration. If this method is to be accurate, two conditions must be fulfilled:

- 1) The voltmeter must have a flat frequency response over the entire amplifier bandwidth. A suggested minimum -3 dB bandwidth is 10 MHz.
- 2) The amplifier incremental gain must be constant to well below the noise level. Neither a biased amplifier nor a baseline restorer may be used because these force the amplifier into a region of extreme non-linearity when the signal drops below their threshold levels.



IEC 585/93

Figure 9 – Noise measurement by oscilloscope and true r.m.s. voltmeter

5.2.1 Mesure avec une source radioactive étalonnée

Le détecteur est exposé à une source qui possède une raie remarquable facilement résoluble, d'énergie E . Après avoir réglé le gain du système à un niveau convenable, l'amplitude V_s de l'impulsion de sortie est lue sur l'oscilloscope pour des impulsions de valeurs correspondant à l'énergie E . On retire alors la source et on lit sur le voltmètre la tension efficace e_{be} . La LTMH totale de bruit du système est donnée par:

$$\Delta E_T = 2,355 \frac{E}{V_s} e_{be} \quad (7)$$

5.2.2 Mesure avec un condensateur et un générateur d'impulsions étalonné

On utilise un générateur d'impulsions et un condensateur étalonné C_c , comme en 5.1.2, pour introduire, à l'entrée du préamplificateur, une quantité de charge connue avec chaque impulsion. Après avoir réglé le gain du système à un niveau convenable, les impulsions d'amplitude V_p sont appliquées au condensateur étalonné. L'amplitude V_s des impulsions à la sortie du système est lue sur l'oscilloscope. On coupe ensuite la sortie du générateur d'impulsions et la tension efficace du bruit e_{be} est lue sur le voltmètre. La LTMH du bruit du système (en unités de charge) est donnée par:

$$\Delta Q_T = 2,355 V_p C_c \frac{e_{be}}{V_s} \quad (8)$$

La LTMH en unités de charge peut être convertie en unités d'énergie comme indiqué en 5.1.2.

5.3 Mesure du bruit électronique sans le détecteur semiconducteur

La LTMH du bruit électronique peut être déterminée par les méthodes indiquées en 5.1 et 5.2 après avoir déconnecté le détecteur semiconducteur du circuit et lui avoir substitué un condensateur convenable ne contribuant pas au bruit, et de capacité sensiblement égale à celle du détecteur essayé (voir 7.2).

Si on utilise une source radioactive étalonnée, la mesure doit être effectuée avant d'enlever le détecteur. On doit prendre soin de ne pas changer le gain du système avant de faire la mesure. L'étalonnage du condensateur et du générateur d'impulsions peut être effectué, le détecteur ou le condensateur de substitution étant en place.

La LTMH du bruit est déterminée en nombre de canaux, unités de charge ou en unités d'énergie selon les méthodes de 5.1 et 5.2; les symboles utilisés sont respectivement ΔN_E , ΔQ_E ou ΔE_E . Ces valeurs représentent le bruit électronique sans contribution au bruit du détecteur.

5.4 Détermination de la contribution du détecteur au bruit et à la résolution

Dans les articles 4 et 5, on a donné des méthodes pour déterminer la résolution en énergie (ΔN_S , ΔE_S), le bruit total du système (ΔN_T , ΔQ_T , ΔE_T) et le bruit électronique autre que celui du détecteur semiconducteur (ΔN_E , ΔQ_E , ΔE_E). Ces quantités sont respectivement exprimées en nombre de canaux (ΔN), et unités de charge (ΔQ), et unités d'énergie (ΔE).

5.2.1 Measurement with radioactive source calibration

The detector is exposed to a source which has a prominent, easily resolvable line of known energy E . After the system gain has been set to a convenient level, the output pulse amplitude V_0 is read from the oscilloscope for pulses corresponding to energy E . The source is then removed, and the r.m.s. voltage e_{no} is read from the voltmeter. The total system noise FWHM is given by:

$$\Delta E_T = 2,355 \frac{E}{V_0} e_{no} \quad (7)$$

5.2.2 Measurement with capacitor and pulse generator calibration

A pulse generator is used with a calibrated capacitor C_c , as in 5.1.2, to introduce a known quantity of charge with each pulse into the preamplifier input. After the system gain is set to a convenient level, pulses of amplitude V_p are applied to the calibrated capacitor. The system output pulse amplitude V_0 is read from the oscilloscope. The pulse generator output is switched off, and the r.m.s. noise voltage e_{no} is read from the voltmeter. The total system noise FWHM (in units of charge) is given by:

$$\Delta Q_T = 2,355 V_p C_c \frac{e_{no}}{V_0} \quad (8)$$

The FWHM in units of charge can be converted to units of energy as described in 5.1.2.

5.3 Measurement of electronic noise with the detector removed

The electronic noise linewidth FWHM can be determined by the methods of 5.1 and 5.2 after disconnecting the detector from the circuit and substituting for it a suitable capacitor which has been shown not to contribute noise and that is of capacitance substantially equal to that which the detector exhibited under test conditions (see 7.2).

If radioactive source calibration is used, then it shall be performed before the detector is removed. Care shall be taken not to change the system gain before the measurement is made. The capacitor and pulse generator calibration may be performed with either the detector or the substituted capacitor in place.

The noise FWHM is determined in number of channels, units of charge or in units of energy according to the methods of 5.1 and 5.2, and the symbols used are ΔN_E , ΔQ_E or ΔE_E respectively. These values represent the electronic noise without the detector noise contribution.

5.4 Determination of detector contribution to noise and resolution

In clauses 4 and 5, methods are given to determine energy resolution (ΔN_S , ΔE_S) total system noise (ΔN_T , ΔQ_T , ΔE_T) and electronic noise other than detector noise (ΔN_E , ΔQ_E , ΔE_E). These quantities are expressed in channels (ΔN), units of charge (ΔQ), and in units of energy (ΔE), respectively.

Puisque tous ces effets d'élargissement de spectre s'additionnent en quadrature, on peut calculer les valeurs intéressantes suivantes pour une répartition gaussienne ou quasi gaussienne:

- 1) Contribution du détecteur à l'élargissement du spectre attribuable à des facteurs autres que le bruit ΔN_0 ou ΔE_0 .

$$\Delta N_0 = \sqrt{\Delta N_S^2 - \Delta N_T^2} \quad (9)$$

ou

$$\Delta E_0 = \sqrt{\Delta E_S^2 - \Delta E_T^2} \quad (10)$$

- 2) Contribution à l'élargissement du spectre due au seul bruit du détecteur ΔN_D , ΔQ_D ou ΔE_D .

$$\Delta N_D = \sqrt{\Delta N_T^2 - \Delta N_E^2} \quad (11)$$

ou

$$\Delta Q_D = \sqrt{\Delta Q_T^2 - \Delta Q_E^2} \quad (12)$$

ou

$$\Delta E_D = \sqrt{\Delta E_T^2 - \Delta E_E^2} \quad (13)$$

5.5 Largeur du bruit (LTMH) en fonction de l'index de mise en forme de l'amplificateur

Des indications relatives au spectre de bruit du détecteur peuvent être obtenues à partir de la LTMH du bruit en fonction de l'index de mise en forme de l'amplificateur. On emploie la méthode de 4.1 avec une mise en forme quasi gaussienne. La LTMH du bruit sera tracée en fonction de $t_{1/2}$ pour différentes valeurs de la tension de polarisation du détecteur. En donnant les résultats, on indiquera la valeur du bruit électronique ramené à l'entrée du préamplificateur (voir la CEI 340).

6 Influence des conditions d'ambiance

Dans l'exécution des mesures suivantes, il est recommandé de ne pas dépasser les spécifications du constructeur, sinon il pourrait en résulter des dommages permanents pour l'appareillage.

Dans certains essais, il peut être préférable d'essayer le détecteur avant et après l'exposition, selon les conditions prescrites, plutôt que pendant. D'autres essais peuvent être exécutés pendant l'exposition. Lorsque l'on note les résultats, on doit clairement indiquer ceux qui correspondent à l'essai pendant, avant ou après l'exposition. Les limites de reproductibilité des mesures devront être mentionnées avec les résultats.

Since all of these spectral broadening effects add in quadrature, the following quantities of interest may be calculated for Gaussian or quasi-Gaussian distributions:

- 1) The detector contribution to spectral broadening attributable to factors other than noise, ΔN_0 or ΔE_0 .

$$\Delta N_0 = \sqrt{\Delta N_S^2 - \Delta N_T^2} \quad (9)$$

or

$$\Delta E_0 = \sqrt{\Delta E_S^2 - \Delta E_T^2} \quad (10)$$

- 2) The contribution to spectral broadening of detector noise alone ΔN_D , ΔQ_D or ΔE_D .

$$\Delta N_D = \sqrt{\Delta N_T^2 - \Delta N_E^2} \quad (11)$$

or

$$\Delta Q_D = \sqrt{\Delta Q_T^2 - \Delta Q_E^2} \quad (12)$$

or

$$\Delta E_D = \sqrt{\Delta E_T^2 - \Delta E_E^2} \quad (13)$$

5.5 Noise linewidth (FWHM) as a function of amplifier shaping time index

Information related to the detector noise spectrum can be obtained from the noise linewidth FWHM as a function of the amplifier shaping time index. The method of 4.1 is employed with quasi-Gaussian pulse shaping. The noise linewidth FWHM should be plotted versus $t_{1/2}$ for a number of values of detector bias voltage. In quoting the results, the electronic noise referred to the input of the preamplifier should be given (see IEC 340).

6 Sensitivity to ambient conditions

In performing the following measurements, the manufacturer's specifications should not be exceeded or permanent damage to the device may result.

For certain tests it may be appropriate to test the detector before and after exposure to specified conditions rather than during exposure. Other tests may be performed during exposure. When test results are quoted, it should be clearly stated whether they were obtained during exposure or before and after exposure. The limits of reproducibility of the measurements should be stated with the results.

6.1 *Influence de la pression atmosphérique*

Le détecteur doit être monté dans une enceinte dans laquelle il pourra être essayé, tout en étant soumis au vide ou à différents gaz dans les conditions spécifiques de pression, de température et d'humidité. De telles conditions peuvent, par exemple, inclure de l'oxygène pur à température et pression normales. D'autres conditions appropriées peuvent être spécifiées pour des applications particulières.

Pour chaque environnement, on doit attendre suffisamment longtemps pour que les caractéristiques du détecteur atteignent leur équilibre. On doit, chaque fois, enregistrer le temps passé dans chaque ambiance. Pour chaque réglage des conditions d'ambiance, les essais décrits en 4.1, 4.2 et 4.3 peuvent être répétés.

Notons que certaines ambiances peuvent être très préjudiciables à de nombreux détecteurs. Il est connu que certains gaz embouteillés peuvent être contaminés par des substances nocives comme certains acides. Certains dessiccateurs peuvent dégager des acides résiduels. De nombreux solvants et composés nettoyants peuvent émettre des vapeurs nuisibles. Les vapeurs ammoniacales et autres atmosphères réductrices peuvent être dommageables.

6.2 *Essais à cycle thermique sous vide*

L'aptitude d'un dispositif à supporter sous vide un cycle thermique sans dégradation est importante dans certaines applications. On préconise l'exécution d'un cycle de température dans un domaine déterminé, sous un vide de 10^{-4} Pa (10^{-6} mm Hg).

On mesure d'abord le bruit du détecteur à 20 °C. Le détecteur est ensuite soumis au cycle thermique prescrit. On enregistre alors les valeurs du bruit à 20 °C, et aux températures maximales et minimales. Finalement, on remesure le bruit du détecteur à 20 °C. Pour le détecteur qui subit cet essai, l'écart entre la valeur du bruit mesuré en dernier lieu et la première valeur mesurée à 20 °C ne devra pas sortir des limites fixées de reproductibilité.

Le détecteur peut être soumis à un cycle thermique sous vide sans application de sa tension de polarisation. Dans ce cas, on mesure son bruit à 20 °C après avoir appliqué la tension de polarisation avant et après le cycle thermique. Là encore, les deux mesures du bruit ne devront pas sortir des limites fixées de reproductibilité.

6.3 *Essais mécaniques et d'ambiance*

Les détecteurs peuvent être essayés avant, pendant et après toute épreuve mécanique, thermique ou d'autre ambiance. Tous les essais indiqués en 4.1, 4.2, 4.3 et à l'article 5, peuvent être effectués. On devra, pour le moins, mesurer le bruit et le courant de fuite avant et après chaque épreuve. Sauf autres spécifications valables pour des applications particulières, les caractéristiques mesurées du détecteur ne devront pas s'écarter des limites fixées de reproductibilité.

Dans certains cas, comme celui d'un long séjour dans le vide, il peut être nécessaire d'effectuer les essais électriques aussi bien pendant qu'avant et après le séjour.

6.1 *Atmospheric sensitivity*

The detector shall be mounted in a chamber in which it can be tested while exposed to vacuum or to various gases under specific conditions of pressure, temperature and humidity. Such conditions may include, for example, dry oxygen at standard temperature and pressure. Other appropriate conditions may be specified for particular applications.

In each environment, sufficient time shall be allowed to enable the detector characteristics to reach equilibrium. Alternatively, the time spent in each environment shall be recorded. Under each set of ambient conditions, the appropriate tests described in 4.1, 4.2 and 4.3 may be repeated.

It should be noted that certain environments may be very harmful to many detectors. Bottled gas has been known to become contaminated with harmful substances such as certain acids. Some desiccants may give off a residual acid. Various solvents and cleaning compounds may emit harmful vapours. Ammonia vapour and other reducing atmospheres may be harmful.

6.2 *Vacuum thermal cycle test*

The ability of a device to withstand vacuum thermal cycling without degradation is important for certain applications. A temperature cycle over a specified range with a vacuum of 10^{-4} Pa (10^{-6} mm Hg) is suggested.

The noise of a detector should first be measured at 20 °C. Then the detector should be taken through the required thermal cycle. Noise values at 20 °C, at maximum temperature and at minimum temperature should be recorded. Finally, the temperature of the detector should be returned to 20 °C and the noise measured again. The final measured noise value should not differ from the initial noise value at 20 °C by more than the stated limits of reproducibility in order for the detector to pass this test.

The detector may be taken through a thermal cycle while under vacuum with no applied bias voltage. The detector noise should be measured at 20 °C with the same bias voltage both before and after such a thermal cycle. Again, the two noise measurements should not differ by more than the stated limits of reproducibility for the detector to pass this test.

6.3 *Mechanical and environmental tests*

Detectors may be tested both before, during and after any specified mechanical, thermal or other environmental exposure. All of the tests indicated in 4.1, 4.2, 4.3 and clause 5 may be performed. As a minimum the noise and leakage current should be measured before and after such exposure. Unless other specifications suitable for the particular application are stated, the measured characteristics of the detector should not change by more than the stated limits of reproducibility for it to pass such a test.

In certain cases, such as long-term exposure to a vacuum environment, it may be necessary to perform electrical tests during the exposure period as well as before and after it.

6.4 Sensibilité à la lumière

La plupart des détecteurs sont sensibles à la lumière et il convient de les utiliser et de les essayer dans l'obscurité. Quelques détecteurs sont construits de telle sorte qu'ils soient relativement insensibles à la lumière. La sensibilité d'un détecteur à la lumière sera définie comme l'augmentation en pourcentage du bruit du système résultant de son passage de l'obscurité totale à une exposition à la lumière aux conditions définies.

La condition recommandée d'exposition à la lumière peut être obtenue en plaçant le détecteur à 45 cm d'une lampe normalisée, la face sensible du détecteur étant placée perpendiculairement à la lumière. La lampe normalisée, de 250 W, est du type quartz halogène à filament de tungstène, ayant une température de couleur de 3 000 K.* Le courant de filament doit être de $2,08 \pm 0,05$ A en courant continu. Les conditions d'essais doivent prévoir la minimisation des lumières réfléchies et de la contribution d'autres sources de lumière.

On remarquera que l'augmentation du bruit observée pour un détecteur sensible à la lumière peut être beaucoup plus grande lorsque la lumière est modulée que lorsqu'elle est d'intensité constante. Cela est particulièrement frappant dans le cas de détecteurs exposés à la lumière fluorescente. Les détecteurs employés dans des conditions de lumière modulée devront être essayés en sensibilité pour cette lumière.

D'autres conditions d'exposition à la lumière peuvent être employées lorsque certaines applications l'imposent. Ces conditions devront être établies si une valeur de la sensibilité à la lumière est donnée. Il faut remarquer qu'au-dessus d'un certain niveau, l'intensité de la lumière produira une augmentation sensible de la température du détecteur et que des effets thermiques en résulteront.

6.5 Mesure des dommages dus au rayonnement

Après irradiation, il peut arriver que les propriétés du détecteur soient affectées et que chaque essai doive être recommencé. Pour obtenir des éléments d'information valables, il convient de relever tous les autres renseignements suivants:

- 1) Résultats d'essai avant irradiation.
- 2) Type et énergie du rayonnement, fluence et débit de fluence.
- 3) Température du détecteur, tension de polarisation et conditions ambiantes durant l'irradiation.
- 4) Intervalle de temps entre la fin de l'irradiation et le début des essais et conditions du détecteur dans cet intervalle.

7 Autres mesures

7.1 Caractéristiques courant-tension

On effectue une mesure point par point du courant inverse de fuite en fonction de la tension V_p de polarisation du détecteur, à température constante (voir figure 10).

* Cette lampe doit avoir les mêmes configurations d'ampoule et de filament que dans la Norme ENH de l'ANSI et être conforme à toutes ses autres spécifications ou spécifications équivalentes.

6.4 *Light sensitivity*

Most detectors are light sensitive and should be used and tested in the dark. Some detectors are constructed in such a way that they are relatively insensitive to light. The light sensitivity of a detector should be specified as that percentage increase in system noise which results from moving the detector from total darkness to specific conditions of light exposure.

The recommended condition of light exposure shall be achieved by placing the detector 45 cm away from the standard lamp with the face of the detector perpendicular to a line connecting the lamp and the detector. The standard lamp shall be a 250 W tungsten filament quartz-halogen bulb with a colour temperature of 3 000 K.* A filament current of $2,08 \pm 0,05$ A d.c. shall be maintained. Test conditions shall be provided in which reflected light and contribution of light from other sources are minimized.

It should be noted that the noise increase observed for a detector with some light sensitivity can be much greater if the light is modulated rather than constant in intensity. This is particularly relevant for detectors exposed to fluorescent lighting. Detectors to be used under conditions of modulated light should be tested for sensitivity to such light.

Other conditions of light exposure may be used as required for certain applications. Such conditions should be stated if a value of light sensitivity is given. Note that light intensity above a certain level will significantly heat the detector and result in thermal effects.

6.5 *Radiation damage measurements*

Following irradiation, properties of the detector may be affected, and each test may have to be repeated. To obtain meaningful data, it is important that all the following be recorded:

- 1) Test data obtained before irradiation.
- 2) Type and energy of radiation, fluence and fluence rate.
- 3) Detector temperature, bias voltage and ambient conditions during irradiation.
- 4) Time between termination of irradiation and commencement of tests, and detector conditions in the intervening period.

7 *Other measurements*

7.1 *Current-voltage characteristics*

A point-by-point measurement is made of the reverse bias leakage current as a function of the detector voltage V_b at a constant temperature (see figure 10).

* It shall have the same bulb and filament configurations and meet all other specifications of ANSI designation ENH or equal.

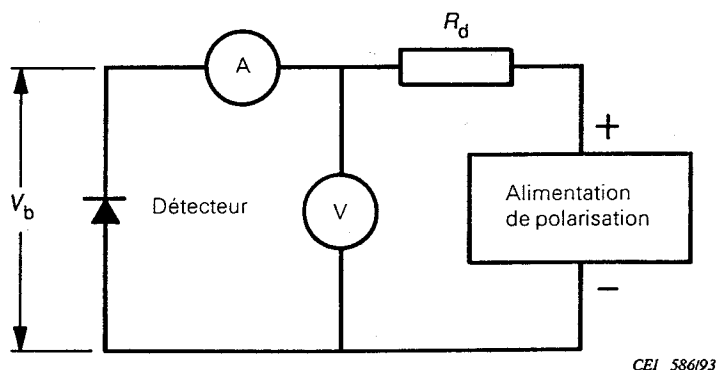


Figure 10 – Mesure de la caractéristique courant-tension du détecteur

Les points correspondant successivement à la croissance et à la décroissance de la tension devront être enregistrés en même temps. Les variations de la tension devront être effectuées suffisamment lentement pour éviter tout effet d'hystérésis. Les variations de la tension devront également être effectuées suffisamment lentement pour éviter d'endommager le transistor d'entrée du préamplificateur.

7.2 Perte d'énergie dans la zone morte

Un faisceau de particules lourdes monoénergétiques ionisantes est envoyé sur un détecteur dont on veut mesurer la zone morte. La quantité d'énergie perdue dans la zone morte ne doit pas dépasser 5 % de l'énergie totale de la particule. Les particules doivent être collimatées dans un demi-angle ne dépassant pas 5° et orientées de façon à pénétrer dans le détecteur normalement à sa surface. On relève alors un spectre. Puis on fait tourner le détecteur d'un angle θ et on relève un autre spectre. En utilisant le générateur d'impulsions de référence, on peut déterminer l'origine de l'échelle d'énergie et par conséquent la différence en énergie δE des deux spectres. A partir de cette différence, la perte effective d'énergie par les particules utilisées peut être aussi évaluée. Les particules α de 5,486 MeV émises par le ^{241}Am sont proposées en référence, encore que d'autres types de particules d'énergies différentes puissent être également employés.

Si la perte d'énergie spécifique dans la zone morte est sensiblement constante, l'énergie perdue dans la zone morte par des particules d'incidence normale à celle-ci est donnée par:

$$PZMN = \delta E \frac{\cos \theta}{1 - \cos \theta} \quad (14)$$

où

PZMN est la perte d'énergie dans la zone morte pour l'incidence normale;

δE est la différence d'énergie, entre les mesures à incidence normale et après rotation d'un angle θ ;

θ est l'angle de rotation du détecteur pour une incidence oblique des particules (45° est une valeur recommandée pour θ).

Comme la perte d'énergie dans la zone morte peut dépendre de la tension de polarisation du détecteur, celle-ci devra être précisée.

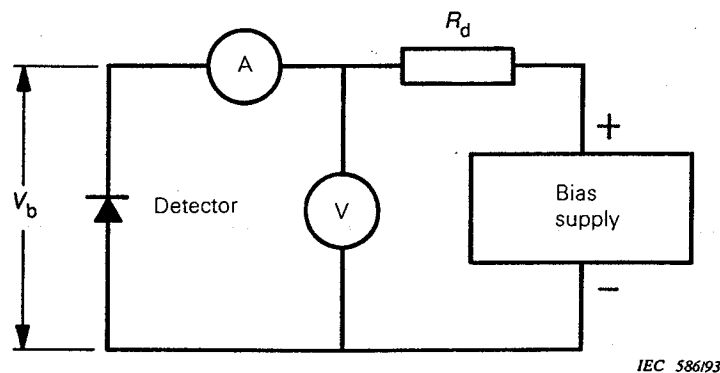


Figure 10 – Detector current-voltage characteristic measurement

Both the points corresponding to successively increasing and successively decreasing voltage should be recorded. The voltage changes should be made slowly enough to exhibit any hysteresis effects. The voltage changes also should be made slowly enough to prevent damage to the input transistor in the preamplifier.

7.2 Dead layer energy loss

A beam of monoenergetic heavy ionizing particles is caused to impinge upon a detector in which the dead layer is to be measured. The amount of energy lost in the dead layer region shall not exceed 5 % of the total energy of the particle. The particles shall be collimated to a semi-angle not exceeding 5° and oriented so that the incident particles enter the detector normal to the surface. A spectrum is then obtained. The detector is subsequently rotated by an angle θ and another spectrum is obtained. Using the reference pulse generator, the energy origin of the multichannel analyzer and hence the energy difference δE between the two spectra can be determined. From this difference, the effective energy loss for the particles used in the test may be determined. The 5,486 MeV α particles emitted by ^{241}Am are suggested as a standard, although other particle types and energies may be used.

If the specific energy loss within the dead layer is essentially constant, the energy lost in the dead layer by particles at normal incidence is given by:

$$\text{DLLN} = \delta E \frac{\cos \theta}{1 - \cos \theta} \quad (14)$$

where:

DLLN is the dead layer energy loss at normal incidence;

δE is the energy difference, between measurements at normal incidence and after a rotation through angle θ ;

θ is the angle of rotation of detector for non-normal incidence of particles (45° is a recommended value for θ).

Since the dead layer energy loss may depend on the detector bias voltage, this voltage should be stated.

Comme la largeur du pic varie lorsque l'on change l'angle θ , le centre du pic n'est pas un indicateur fiable de l'énergie. On utilisera à la place l'intersection avec l'axe des énergies de l'asymptote au flanc haute énergie du pic. (Malgré le changement de pente avec θ , l'intersection haute énergie reste la même sous réserve que l'épaisseur de la zone morte ne soit pas excessive.) L'asymptote est déterminée par ajustement par moindres carrés à la distribution d'amplitudes entre 10 % et 90 % de l'amplitude crête.

Pour les détecteurs à transmission, les mesures devront être effectuées pour les faces d'entrée et de sortie. La méthode n'est applicable qu'aux détecteurs dont l'épaisseur de zone désertée est supérieure au parcours de la particule incidente et à condition que la résolution en énergie le permette.

7.3 Surface sensible

Tout en contrôlant le courant de fuite du détecteur, on parcourt sa surface avec un pinceau lumineux. Les bords de la zone sensible peuvent être définis par la limite au-delà de laquelle le courant photo-électrique décroît d'environ 10 %. Le diamètre du pinceau lumineux doit être petit en comparaison des dimensions de la surface sensible et l'intensité lumineuse suffisante pour que le courant photo-électrique soit grand par rapport au courant de fuite. Pour les détecteurs ayant une fenêtre d'entrée opaque, les bords de la zone sensible peuvent être déterminés en utilisant un faisceau collimaté de particules chargées lourdes monoénergétiques et en prenant, par définition, la limite de cette zone comme étant celle au-delà de laquelle la LTMH du pic du spectre double en valeur.

La surface sensible, indépendamment de sa délimitation, peut être évaluée en exposant le détecteur à un flux de particules lourdes chargées et en mesurant le taux de comptage avec ou sans collimateur de dimensions connues.

7.4 Epaisseur sensible (détecteur semiconducteur à transmission)

Une source radioactive est employée pour produire un étroit faisceau collimaté de photons monoénergétiques (rayons X ou γ de basse énergie). On doit prendre les dispositions nécessaires pour déterminer la position du détecteur de particules chargées dans ce faisceau. Le faisceau doit également arriver sur un détecteur faisant partie d'un système de spectroscopie de photons de basse énergie. Un détecteur à haute résolution est nécessaire pour diminuer les effets de rayonnement diffusés au moment de la mesure. L'intensité du rayonnement, d'après la raie intéressante, arrivant sur le détecteur est mesurée avec et sans présence du détecteur de particules chargées.

L'épaisseur est alors déterminée d'après l'atténuation par le détecteur de particules chargées de l'énergie spécifique des photons utilisés. Cette technique peut être employée pour mesurer l'uniformité de l'épaisseur au moyen d'un faisceau fortement collimaté. L'appariement de l'énergie des photons à l'épaisseur du détecteur de particules chargées doit être tel que l'on parvienne à une atténuation comprise entre 15 % au moins et 85 % au plus. Les raies de 6,4 keV, 14,4 keV et 122 keV du ^{57}Co sont souvent employées pour cette mesure. On notera que la technique d'atténuation par rayons X donne la mesure de l'épaisseur effective totale du détecteur et non celle de son épaisseur sensible.

Cette mesure d'épaisseur peut être effectuée sans dommage pour les appareils du commerce. Des techniques plus simples sont possibles au cours de la fabrication.

Because of the change in line broadening that occurs when θ is changed, the centre of the peak is not a reliable indicator of energy. Instead, the asymptote of the high-energy side of the peak where it intersects the energy axis is used. (Though the slope changes with θ , the high-energy intercept is the same provided the dead layer thickness is not excessive.) The asymptote line is determined by a least mean squares fit of the amplitude information between the 10 % and 90 % amplitudes.

For transmission detectors, the measurement should be performed for the entrance and exit faces. The method is applicable only to charged-particle detectors with a depletion depth exceeding the incident particle range and if the energy resolution permits.

7.3 Sensitive area

While monitoring the detector leakage current, the surface is explored with a small light spot. The edge of the sensitive region can be defined as that boundary beyond which the photocurrent decreases by approximately 10 %. The light spot diameter shall be small compared with the dimensions of the sensitive area and the light intensity such that the photocurrent is large compared to the leakage current. For detectors having an opaque front window, the edge of the sensitive region can be found by using a collimated beam of monoenergetic heavy charged particles and defining the boundary as that region beyond which the FWHM of the spectral peak doubles in value.

The sensitive area, without regard to delineation, may be measured by exposing the detector to a known flux of heavy charged particles and measuring the counting rate with and without a collimator of known dimensions.

7.4 Detector thickness (transmission detectors)

A radioactive source is used to provide a narrow collimated beam of monoenergetic photons (X-rays or low-energy γ -rays). Provision shall be made to determine the location of the charged-particle detector in this beam. The beam shall also be incident upon a detector which is part of a low energy photon spectroscopy system. A high-resolution detector is needed to minimize the effect of scattered radiation on this measurement. The intensity of the radiation, from the line of interest, incident on the photon detector is measured both with and without the presence of the charged-particle detector.

Thickness is then determined from the attenuation by the charged-particle detector of the specific photon energy employed. This technique may be used to measure thickness uniformity by using a narrow collimated beam. The matching of photon energy to charged-particle detector thickness should be such that at least 15 % but no more than 85 % attenuation is achieved. The 6,4 keV, 14,4 keV and 122 keV lines from ^{57}Co are frequently useful for this measurement. It shall be noted that the X-ray attenuation technique measures the total effective detector thickness and not the detector sensitive thickness.

This thickness measurement can be performed non-destructively on finished devices. During the manufacturing process, simpler techniques are feasible.

7.5 Caractéristiques capacité-tension

La capacité d'un détecteur peut être mesurée en fonction de sa tension de polarisation à l'aide d'un pont alternatif. Le pont doit fonctionner dans la gamme 10^3 Hz à 10^5 Hz. Pour chaque valeur de la polarisation, l'amplitude crête à crête du signal alternatif appliqué au détecteur ne doit pas dépasser 10 % de la valeur de la tension continue de polarisation ou 10 % de la tension de la bande interdite; on doit prendre la plus petite des deux valeurs.

On doit relever la température du détecteur, la tension de polarisation et les conditions d'environnement.

La caractéristique capacité-tension pourra être tracée en coordonnées logarithmiques. La résistance série, pouvant résulter de matériau de base non déserté dans la diode, peut conduire à des erreurs significatives dans les valeurs de capacité obtenues par cette méthode. Cette mesure a tendance à être plus sujette aux erreurs dues aux effets de surface pour les basses fréquences du pont. Les erreurs causées par les capacités parasites peuvent être minimisées par une mesure à trois bornes.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60333:1993

7.5 Capacitance-voltage characteristics

The capacitance of a detector as a function of detector bias can be measured by using an a.c. bridge. The bridge should operate in the range 10^3 Hz to 10^5 Hz. At each value of applied bias the peak-to-peak a.c. signal amplitude applied to the detector shall not exceed 10 % of the d.c. bias voltage or 10 % of the band-gap voltage, whichever is the smaller.

The detector temperature, bias voltage and environment shall be recorded.

A log-log plot may be used to display the capacitance-voltage characteristics. Series resistance, possibly resulting from undepleted base material in the diode, can lead to significant errors in the capacitance values obtained by this technique. This measurement tends to be more susceptible to error from surface effects at low bridge frequencies. Errors caused by stray capacitance can be minimized by using a three-terminal measurement.

Annexe A (normative)

Symboles et glossaire

A.1 Symboles

C	capacité électrique
C_c	condensateur étaloné utilisé pour coupler un générateur d'impulsions à un préamplificateur
C_f	capacité de contre-réaction dans la boucle sensible à la charge du préamplificateur
CAN	convertisseur analogique-numérique
CTA	convertisseur temps-amplitude
E	énergie d'une particule ou d'un photon
ε	énergie moyenne nécessaire pour créer une paire électron-trou dans un semi-conducteur
LTMH	largeur totale à mi-hauteur
LDTH	largeur totale au dixième de la hauteur. Pêrimé. Voir LT0,1H
LT0,1H	largeur totale au dixième de la hauteur
LT0,01H	largeur totale au centième de la hauteur
q	charge de l'électron $1,602 \times 10^{-19}$ coulombs
Q	charge électrique
R	résistance électrique
R_d	résistance de polarisation du détecteur
S	numéro de canal d'un analyseur d'amplitude lors de la détermination de la résolution spatiale et de la linéarité d'un détecteur de position
S_i	numéro de canal du $i^{\text{ème}}$ pic de position produit par un détecteur de position
T	température absolue K
t	temps
t_c	temps de collection des charges dans un détecteur
t_o	temps de montée effectif du détecteur combinant temps de collection des charges et temps de montée de l'électronique
t_d	temps de descente d'une impulsion (de 90 % à 10 % de sa valeur crête)
t_p	temps de passage au sommet de l'impulsion (de 1 % à 100 % de sa valeur crête)
t_m	temps de montée de l'impulsion (de 10 % à 90 % de sa valeur crête)
t_t	temps de traînage de l'impulsion (de 100 % à 1 % de sa valeur crête)
$t_{0,1}$	largeur de l'impulsion à 10 % de sa valeur crête
$t_{0,5}$	largeur de l'impulsion à 50 % de sa valeur crête
$t_{1/2}$	identique à $t_{0,5}$
$t_{0,01}$	largeur d'impulsion à 1 % de sa valeur crête
τ	constante de temps
τ_d	constante de temps de décroissance d'une impulsion
V	tension électrique
Z_o	impédance caractéristique

Annex A (normative)

Symbols and glossary

A.1 Symbols

ADC	analogue-to-digital converter
C	electrical capacitance
C_c	calibrated capacitor used to couple a pulse generator to a preamplifier
C_f	feedback capacitance in the charge-sensitive loop of a preamplifier
E	energy of a particle or photon
ϵ	the average energy required to form one hole-electron pair in a semiconductor detector
FWHM	full width at half maximum
FWTM	full width at tenth maximum. Obsolete. See FW.1M
FW.1M	full width at one-tenth maximum
FW.01M	full width at one-hundredth maximum
MCA	multichannel analyzer
q	charge of the electron, $1,602 \times 10^{-19}$ coulombs
Q	electric charge
R	electrical resistance
R_d	detector bias resistor
r.m.s	root-mean-square
S	channel number for a multichannel analyzer spectrum obtained to check the positional resolution and linearity of position-sensitive detectors
S_i	peak channel number of the i th position peak generated by a position-sensitive detector when used with a mask with slits. (The index i ranges from $i = 0$ to $i = m$)
SNR	signal-to-noise ratio
T	absolute temperature
t	time
t_c	charge collection time in a detector
t_o	observed detector rise time due to the combined effects of the charge collection time and electronic rise time
t_f	pulse fall time (90 % to 10 % of its peak value)
t_p	peaking time of a pulse (1 % to 100 % of its peak value)
t_r	pulse rise time (10 % to 90 % of its peak value)
t_t	tailing time of a pulse (100 % to 1 % of its peak value)
TAC	time-to-amplitude converter
$t_{0,1}$	width of a pulse at 10 % of its peak height
$t_{0,5}$	width of a pulse at 50 % of its peak height
$t_{1/2}$	same as $t_{0,5}$
$t_{0,1}$	width of a pulse at 1 % of its peak height
τ	time constant
τ_d	time constant for decay of a pulse
V	electric voltage
Z_o	characteristic impedance.

A.2 Glossaire*

(Le terme «amplificateur» concerne aussi ici le préamplificateur.)

Amplificateur à seuil

Amplificateur ne donnant aucun signal en sortie pour tous les signaux incidents qui sont inférieurs à un seuil et ayant un gain incrémental constant pour tous ceux qui lui sont supérieurs jusqu'à une amplitude maximale spécifiée.

Axe médian du sommet (d'une impulsion)

Ordonnée passant par la crête. Dans une impulsion écrêtée l'ordonnée bissectrice de la partie aplatie du sommet.

Bande interdite

Différence d'énergie entre le bas de la bande de conduction et le haut de la bande de valence.

Canal superficiel (d'un détecteur semiconducteur)

Zone mince de la surface d'un détecteur semiconducteur de conductivité de type p ou n, créée par l'action d'un champ électrique (par exemple celui dû à la charge piégée en surface).

Canalisation (dans un détecteur semiconducteur)

Phénomène qui se traduit par une variation de la perte linéique d'énergie de particules chargées suivant la direction cristallographique.

Capacité (d'un détecteur semiconducteur)

Capacité entre les bornes d'un détecteur semiconducteur, mesurée avec des signaux faibles, dans des conditions de polarisation et de fréquence spécifiées (CEI 340).

Claquage (d'une diode semiconductrice)

Phénomène intervenant dans une diode semiconductrice polarisée en inverse, qui se traduit par une transition d'un état de résistance dynamique élevée à un état de résistance dynamique nettement plus faible, lorsque l'intensité du courant inverse augmente.

Claquage par avalanche (d'une jonction)

Claquage provoqué par la multiplication cumulative des porteurs de charges dans un semiconducteur sous l'action d'un champ électrique qui communique à des porteurs de charges un gain d'énergie suffisant pour libérer de nouvelles paires d'électron-trou (VEI 391-10-51).

Constante de temps de descente (décroissance)

Pour une impulsion qui décroît avec une forme d'onde exponentielle, l'intervalle de temps nécessaire pour qu'elle décroisse jusqu'à 1/e de tout niveau sélectionné sur l'asymptote au front de descente.

* Les termes sont classés par ordre alphabétique.

A.2 Glossary*

(When the term "amplifier" is used, "preamplifier" also is implied.)

Active dimension (of a position-sensitive detector)

A dimension (length, width) of that region of a position-sensitive detector that is depleted.

Avalanche breakdown (of a junction)

A breakdown caused by the cumulative multiplication of charge carriers in a semiconductor under the action of a strong electric field that causes some charge carriers to gain enough energy to liberate new hole-electron pairs (field-induced impact ionization) (IEV 391-10-51).

Band gap

The energy difference between the bottom of the conduction band and the top of the valence band.

Baseline

The average of the levels from which a pulse departs and to which it returns in the absence of a following overlapping pulse.

Bias

- 1) In a biased amplifier, the applied threshold voltage (or current) below which the gain is zero
- 2) in a detector, the polarizing electric field that causes charge to be collected.

Biased amplifier

An amplifier giving zero output for input signals below an adjustable threshold and having a constant incremental gain above that threshold up to a specified maximum output.

Bias resistor

The resistor through which the polarizing voltage is applied to a detector.

Blocking contact (of a semiconductor radiation detector)

That contact from which depletion proceeds into the semiconductor material under conditions of reverse bias.

Breakdown (of a semiconductor diode)

A phenomenon occurring in a reverse-biased semiconductor diode, the initiation of which is observed as a transition from a region of high dynamic resistance to a region of substantially lower dynamic resistance for increasing magnitude of reverse current.

* The glossary is in alphabetical order.

Constante de temps de mise en forme

Indicateur arbitraire de la largeur d'une impulsion mise en forme. Emploi déconseillé; voir indice de mise en forme.

Contact à barrière de Schottky

Structure de contact métal-semiconducteur, dont le caractère redresseur est fortement influencé par la différence de travail de sortie entre les matériaux. Souvent le contact est constitué par un composé d'interface métal-semiconducteur du type siliciure.

Contact à barrière de surface

Contact métal-isolant-semiconducteur dans lequel le caractère redresseur est commandé ou fortement influencé par la charge piégée à l'interface ou dans l'isolant.

Contact bloquant (d'un détecteur semiconducteur)

Contact à partir duquel la région désertée se développe dans le matériau semiconducteur soumis à une tension de polarisation inverse.

Contact implanté

Contact de détecteur constitué par une jonction obtenue par implantation ionique.

Contact non injectant

Contact pour lequel la densité des porteurs de charge dans le matériau semiconducteur adjacent n'est pas changé par rapport à sa valeur d'équilibre (CEI 340).

Contact ohmique (d'un détecteur semiconducteur)

Contact purement résistif, c'est-à-dire ayant une caractéristique tension-courant linéaire tout le long de son domaine de fonctionnement (CEI 340).

Courant de fuite

Courant que le détecteur débite pour la tension de polarisation de fonctionnement en l'absence du rayonnement (VEI 391-10-14).

Déplacement (impulsion mise en forme)

Variation de l'instant de passage, en un point donné, lorsque l'amplitude de l'impulsion varie.

Détecteur à transmission

Détecteur totalement déserté dont l'épaisseur, y compris les fenêtres d'entrée et de sortie, est suffisamment fine pour permettre au rayonnement de le traverser complètement.

Détecteur compensé au lithium

Détecteur compensé dont la région compensée est obtenue en provoquant, par application d'un champ électrique, la migration d'ions lithium dans un cristal de type p de façon à compenser la charge des impuretés liées au cristal (VEI 391-09-45).

Breakdown region (of a semiconductor diode characteristic)

That entire region of the voltage-current characteristic beyond the initiation of breakdown for increasing magnitude of reverse current (IEC 759).

Breakdown voltage (of a semiconductor diode)

The voltage measured at a specified current in the breakdown region (IEC 759).

Capacitance (of a semiconductor radiation detector)

The capacitance between terminals of the detector as measured with small signals under specified conditions of bias and frequency (IEC 340).

Channel, surface (of a semiconductor radiation detector)

A thin region at a semiconductor surface of p- or n-type conductivity created by the action of an electric field (for example, that due to trapped surface charge).

Channelling, lattice (in a semiconductor radiation detector)

A phenomenon that results in a crystallographic directional dependence of the rate of energy loss of ionizing particles.

Charge carrier (abbreviation: carrier)

In a semiconductor, a free conduction electron or a mobile hole (IEV 391-10-53).

Charge collection time (of a semiconductor radiation detector)

The time interval after the passage of an ionizing particle for the integrated current flowing between the terminals of the detector to increase from 10 % to 90 % of its final value.

Clip, clipping

A limiting operation such as 1) use of a high-pass filter (see differentiator), or 2) a non-linear operation to limit the amplitude of a pulse. The first usage is archaic.

Constant fraction discriminator

An amplitude discriminator in which the triggering threshold is set at a constant percentage of the input signal independent of its size.

Crest factor (a.c. voltmeter)

The highest ratio of peak to r.m.s. voltage that can be applied to an a.c. voltmeter before overload sets in. The crest factor may depend upon the full-scale setting of the meter.

Cross-over time

The instant at which the transition between the two lobes of a bipolar pulse passes through a designated level (usually the baseline).

Détecteur de position

Détecteur dans lequel le centre de gravité de la zone d'impact d'un rayonnement ionisant (sur la surface du détecteur) peut être mesuré suivant une ou deux dimensions.

Détecteur de rayonnement à barrière Schottky

Détecteur dont le contact bloquant est une barrière à contact Schottky.

Détecteur de rayonnement à barrière de surface

Détecteur de rayonnement dans lequel le contact redresseur est un contact à barrière de surface.

Détecteur différentiel dE/dX

Détecteur à transmission dans lequel l'épaisseur de la zone de déplétion est petite par rapport au parcours des particules incidentes dans le matériau semiconducteur.

Détecteur p-i-n

Détecteur composé d'une région intrinsèque ou presque intrinsèque entre une région de type p et une région de type n.

Détecteur semiconducteur (ou détecteur semiconducteur)

Dispositif à semiconducteur dans lequel la production et le déplacement de porteurs libres en excès est utilisé pour la mesure de rayonnement incident.

Détecteur semiconducteur à jonction diffusée

Détecteur semiconducteur dans lequel la jonction p-n ou n-p est produite par une impureté d'un type dans un semiconducteur du type opposé.

NOTE - La première lettre p ou n désigne le type de l'impureté diffusée (VEI 391-09-43).

Détecteur totalement déserté

Détecteur dans lequel l'épaisseur de la région désertée est sensiblement égale à l'épaisseur du matériau semiconducteur.

Dimension active (d'un détecteur de position)

Dimension (longueur, largeur) de la zone désertée d'un détecteur d'impact.

Dimension active utile (d'un détecteur de position)

Dimension (longueur, largeur) de la région d'un détecteur de position où les caractéristiques de résolution et linéarité sont respectées.

Discriminateur à fraction constante

Discriminateur d'amplitude dans lequel le seuil de déclenchement est réglé à un pourcentage constant de l'amplitude d'un signal d'entrée, indépendant de celle-ci.

Cross-over walk

A deviation of cross-over time of a bipolar pulse due to a change in peak amplitude. See walk.

CR-RC shaping

In an amplifier, the pulse shaping produced by a single-section high-pass network followed by a single-section low-pass network, with the two networks separated by an isolating stage and with both networks having the same time constant.

Dead layer (of a semiconductor detector)

An inactive region (layer) in which the energy absorbed from the passage of mono-energetic charged particles does not significantly contribute to the resulting full energy peak.

Decay time constant

With a signal that decays with a single exponential waveform, the time required for it to fall to $1/e$ from any selected level on the asymptote of the last transition.

Depletion region (in a semiconductor)

A region in which the charge-carrier charge density is insufficient to neutralize the net fixed charge density of ionized donors and acceptors. In a diode-type semiconductor radiation detector the depletion region is the sensitive region of the device.

Depletion voltage (of a semiconductor radiation detector)

The voltage at which a junction detector becomes fully depleted.

Differential dE/dx detector

A transmission detector in which the thickness is small compared to the range of the incident particle.

Differentiated pulse (pulse amplifier jargon)

A pulse is "differentiated" when it is passed through a high-pass network, such as a CR filter.

Diffused junction semiconductor detector

A semiconductor detector in which the p-n or n-p junction is produced by an impurity of one type into a semiconductor of opposite type.

NOTE - The first letter p or n designation designates the type of the diffused impurities (IEV 391-09-43).

Energy resolution

- 1) In keV: the FWHM of a spectral line in units of keV;
- 2) in percent: $100 \times (\text{FWHM}/E)$ where FWHM and energy E are expressed in the same units (see FWHM).

Durée d'impulsion

Largeur d'une impulsion, à un niveau spécifié, entre fronts de montée et de descente.

Ecrêtement

Opération de limitation telle que

- 1) utilisation d'un filtre passe-haut (voir impulsion différenciée), ou
- 2) opération non linéaire pour limiter l'amplitude d'une impulsion. La version 1) n'est plus usitée.

Facteur de crête (d'un voltmètre alternatif)

Rapport de la tension de crête qu'un voltmètre à lecture moyenne ou efficace accepterait sans être surchargé à la valeur maximale de l'échelle utilisée pour la mesure (CEI 340).

Fenêtre (d'un détecteur de rayonnements)

Voir zone morte.

Fluctuations d'énergie

Fluctuations aléatoires de la perte d'énergie des particules dues au fait que les particules de même énergie initiale perdent des quantités d'énergie différentes en traversant une épaisseur donnée de matière (ce processus se traduit par un élargissement des raies spectrales).

Forme quasi gaussienne

Forme d'impulsion obtenue par une différenciation suivie par quatre intégrations ou plus. Pour n intégrations, le circuit de mise en forme est quelquefois représenté par $CR-(RC)^n$.

Génération de charge d'espace (dans un détecteur semiconducteur)

Création thermique de porteurs de charge libres dans la région de charge d'espace (CEI 340).

Géométrie du détecteur (jargon)

Configuration physique d'un détecteur à l'état solide (CEI 340).

Implantation ionique

Procédé suivant lequel la projection d'un faisceau ionique énergétique sur un solide provoque une implantation d'ions dans le matériau.

Impulsion différenciée (jargon)

Impulsion qui est passée à travers un circuit passe-haut, par exemple un circuit CR (CEI 340).

Equivalent noise resistance (series noise)

In a hypothetically noise-free amplifier, that resistance which when connected between the signal source and the amplifier will produce an output signal attributable to the observed series-noise component. This definition applies only to noise with a constant spectral density (white noise).

Equivalent noise resistance (parallel noise)

In a hypothetically noise-free amplifier, that resistance which when placed across the input terminals of the amplifier will produce an output signal attributable to the observed parallel-noise component. This definition applies only to noise with a constant spectral density (white noise).

Fall time (of a pulse)

The interval between the 90 % and 10 % points (unless otherwise specified) on the last transition.

Fixed fraction discriminator

See constant fraction discriminator.

Full Width at Half Maximum (FWHM)

The full width of a distribution measured at 50 % of its peak height. If the distribution is a spectral line due to radiation, it is assumed that the background level was averaged over the base of that line and the average subtracted from the ordinates of the distribution before the FWHM was determined. For a normal distribution, $FWHM = 2\sigma(2 \ln 2)^{1/2} = 2,355 \sigma$, where σ is the standard deviation and also the root-mean-square value of the distribution.

Full Width at Tenth Maximum (FW.1M)

The full width of a distribution measured at one-tenth of the maximum ordinate measured above the background.

FWHM

See Full Width at Half Maximum.

FWTM (obsolete acronym; use FW.1M)

See Full Width at Tenth Maximum.

Geometry, detector (detector jargon)

The physical configuration of a solid-state detector.

Ion implanted contact

A detector contact consisting of a junction produced by the process of ion implantation.

Ion implantation

A process in which a beam of energetic ions incident upon a solid results in the implantation of those ions into the material.

Impulsion intégrée (jargon)

Impulsion qui est passée à travers un circuit passe-bas, par exemple un circuit *RC* ou une suite de circuits *RC* en cascade (CEI 340).

Indice de mise en forme

$t_{0,5}$ ou $t_{1/2}$. Largeur d'une impulsion unipolaire à 50 % de son amplitude crête.

Instant de passage (d'une impulsion)

Instant auquel la courbe représentative d'une impulsion passe par un niveau déterminé (généralement la ligne de base).

Jonction (d'un détecteur semiconducteur)

Région de transition entre des zones semiconductrices de propriétés électriques différentes (par exemple, n-n⁺, p-n, p-p⁺), ou entre un métal et un semiconducteur.

Largeur totale à mi-hauteur (LTMH)

Largeur totale d'une distribution mesurée à 50 % de la hauteur du pic. Si la distribution est une raie d'un spectre de rayonnement, on suppose que le niveau du bruit de fond a été moyenné à la base de cette raie et soustrait des ordonnées de la distribution avant de calculer la LTMH. Pour une distribution normale, $LTMH = 2\sigma(2 \ln 2)^{1/2} = 2,355 \sigma$, où σ est l'écart-type de la distribution.

Largeur totale au dixième de la hauteur (LT0,1H)

Largeur totale d'une distribution mesurée au dixième de l'ordonnée du maximum après soustraction du bruit de fond.

LTMH

Voir largeur totale à mi-hauteur.

LTD (sigle obsolète; utiliser LT0,1H)

Voir largeur totale au dixième de la hauteur.

Largeur d'impulsion

Voir durée d'impulsion.

Largeur de raie due au bruit (ou résolution électrique)

Contribution du bruit électronique à la LTMH d'une raie spectrale (CEI 340).

Ligne de base

Moyenne des niveaux de départ et de retour d'une impulsion en l'absence d'empliments.

Inactive region (of a semiconductor radiation detector)

A region of a detector in which charge created by ionizing radiation does not contribute significantly to the signal charge.

Integrated (pulse) (pulse amplifier jargon)

A pulse is "integrated" when it is passed through a low-pass network, such as a single RC network or a cascaded RC network (IEC 340).

Intrinsic semiconductor

A semiconductor containing an equal number of free holes and electrons throughout its volume.

Junction (of a semiconductor radiation detector)

A region of transition between semiconductor regions of different electrical properties (for example, n-n⁺, p-n, p-p⁺ semiconductors) or between a metal and a semiconductor.

Junction depth (of a p-n semiconductor radiation detector)

The distance below the crystal surface at which the conductivity type changes (IEC 759).

Leakage current

The total detector current flowing at the operating bias in the absence of radiation (IEV 391-10-14).

Lithium-drifted semiconductor detector

A compensated semiconductor detector in which the compensated region is obtained by causing lithium ions to move through a p-type crystal under an applied electric field in such a way as to compensate the charge of the bound impurities (IEV 391-09-45).

Noise linewidth

The contribution of electronic noise to the FWHM of a spectral peak (IEC 340).

Non-injecting contact (of a semiconductor radiation detector)

A contact at which the carrier density in the adjacent semiconductor material is not changed from its equilibrium value (IEC 340).

Ohmic contact (of a semiconductor radiation detector)

A purely resistive contact, i.e., one that has a linear voltage-current characteristic throughout its entire operating range.

Peaking time (t_p of a unipolar pulse)

The time interval between the 1 % point on the first transition and the top centre line.

Mise en forme CR-RC (ou RC-CR)

Opération de mise en forme obtenue dans un amplificateur au moyen d'un simple filtre passe-haut, d'une impédance d'isolation et d'une simple filtre passe-bas, chacun des filtres étant constitué d'un condensateur et d'une résistance, et ayant la même constante de temps.

Mise en forme quasi gaussienne

Mise en forme dans un amplificateur linéaire dans laquelle l'amplitude de l'impulsion en fonction du temps suit approximativement une distribution normale (dans le cas d'une impulsion unipolaire) ou sa dérivée mathématique (dans le cas d'une impulsion bipolaire). Sauf indication contraire, le circuit de mise en forme doit comporter au moins quatre filtres passe-bas (intégrateurs) en cascade.

Polarisation

Le champ électrique polarisant qui permet la collection des charges dans un détecteur.

Porteur de charges

Dans un semiconducteur, électron de conduction libre ou trou mobile (VEI 391-10-53).

Profondeur de jonction (d'un semiconducteur p-n)

Distance en dessous de la surface du cristal où le type de conductivité change (CEI 759).

Raie spectrale

Partie très pointue d'un spectre correspondant à une caractéristique particulière du rayonnement incident, habituellement l'énergie d'un rayonnement monoénergétique (CEI 340).

Région de claquage (de la caractéristique d'une jonction)

Région entière de la caractéristique tension-courant au-delà du début du claquage lorsque la grandeur de la tension inverse augmente (CEI 759).

Résistance équivalente de bruit (bruit parallèle)

La résistance qui, placée entre les bornes d'entrée d'un amplificateur supposé sans bruit, produirait un signal de sortie équivalent à la composante parallèle du bruit observée. Cette définition ne s'applique qu'à un bruit blanc (bruit à densité spectrale constante).

Résistance équivalente de bruit (bruit série)

La résistance qui placée entre la source de signal et l'amplificateur, supposé sans bruit, produirait un signal de sortie équivalent à la composante série du bruit observée. Cette définition ne s'applique qu'à un bruit blanc (bruit à densité spectrale constante).

Résistance de polarisation (d'un détecteur semiconducteur)

Résistance à travers laquelle la tension de polarisation est appliquée au détecteur.

p-i-n detector

A detector consisting of an intrinsic or nearly intrinsic region between a p and an n region.

Position-sensitive detector

A detector in which the centroid of the area of impact of ionizing radiation (at the surface of the detector) can be measured in one or two dimensions.

Pulse duration

The width of a pulse measured between the first and last transitions at designated levels.

Pulse width

See pulse duration

Quasi-Gaussian shaping

Pulse shaping in a linear amplifier in which the amplitude of the shaped pulse vs. time approximates that of a normal distribution (in the case of unipolar shaping) or its mathematical derivative (in the case of bipolar shaping). Unless otherwise stated, the shaping network shall contain at least four cascaded low-pass sections (integrators).

Resolution, energy

See energy resolution.

Resolution, time

See time resolution.

Schottky-barrier contact

A metal semiconductor contact structure in which rectification occurs that is heavily influenced by the difference in the work functions of the materials. The contacts frequently consist of an interfacial metal/semiconductor compound such as a silicide.

Schottky-barrier radiation detector

A semiconductor radiation detector in which the blocking contact is a Schottky-barrier contact.

Semiconductor

Material in which the total conductivity, due to charge carriers of both signs (electrons and holes) is normally in the range between that of metals and insulators and in which the charge carrier density can be changed by external means (IEV 391-05-01).

Semiconductor, compensated

A semiconductor in which one type of impurity or imperfection (for example, donor) partially cancels the electric effects of the other type of impurity or imperfect ion (for example, acceptor).

Résolution

Voir résolution en énergie. Voir résolution temporelle.

Résolution en énergie

- 1) En keV: la LTMH d'une raie spectrale exprimée en keV;
- 2) En pour-cent $100 \times (LTMH/E)$ où LTMH et E sont exprimés dans la même unité (voir LTMH).

Résolution temporelle

L'intervalle de temps minimal entre deux événements qui permet de les distinguer comme des événements séparés.

Semiconducteur

Matériau dans lequel la conductivité totale, due à des porteurs de charge des deux signes (électrons et trous), est normalement comprise entre celle des métaux et celle des isolants, et dans lequel la densité de porteurs de charge peut être modifiée par des moyens externes (VEI 391-05-01).

Semiconducteur compensé

Semiconducteur dans lequel un type d'impuretés ou d'imperfections (par exemple les donneurs) neutralise partiellement les effets électriques de l'autre type d'impuretés ou d'imperfections (par exemple les accepteurs).

Semiconducteur intrinsèque

Semiconducteur contenant un nombre égal de trous et d'électrons libres dans l'ensemble de son volume.

Spectre (de rayonnement)

Distribution de l'intensité du rayonnement en fonction de l'énergie, ou distribution de l'amplitude des impulsions électriques produites par le rayonnement.

Temps de collection des charges (d'un détecteur semiconducteur)

Intervalle de temps après le passage d'une particule ionisante pendant lequel le courant intégré s'écoulant entre les bornes du détecteur, augmente de 10 % à 90 % de sa valeur finale.

Temps de descente (d'une impulsion)

Intervalle de temps entre les points 10 % et 90 % (sauf spécification contraire sur le front de descente).

Temps de montée (d'une impulsion)

Intervalle de temps entre les points 10 % et 90 % (sauf spécification contraire sur le front de montée).

Semiconductor radiation detector

A semiconductor device in which the production and motion of excess free-charge carriers is used for the measurement of incident radiation.

Shaping constant

An arbitrary indicator of shaped pulse width. The use of this designation is discouraged. See shaping index.

Shaping index

$t_{0,5}$ or $t_{1/2}$. The width of a unipolar pulse at 50 % of its peak height.

Space-charge generation (in a semiconductor radiation detector)

The thermal generation of free-charge carriers in the space-charge region (IEC 340).

Space-charge region (of a semiconductor radiation detector)

A region in which the net charge density is significantly different from zero (see also depletion region).

Spectral line

A sharply peaked portion of the spectrum that represents a specific feature of the incident radiation, usually the full energy of a monoenergetic radiation.

Spectrum (radiation)

A distribution of the intensity of radiation as a function of energy, or a distribution of the amplitudes of the electrical pulses caused by the radiation.

Straggling, energy

The random fluctuations in energy loss whereby those particles having the same initial energy lose different amounts of energy when traversing a given thickness of matter. (This process leads to the broadening of spectral lines.)

Surface-barrier contact

A metal-insulator semiconductor (MIS) contact structure in which the rectification properties are dominated or heavily influenced by charge trapped at the interfaces and in the insulator.

Surface-barrier radiation detector

A radiation detector for which the blocking contact is a surface-barrier contact.

Sweep-out time, charge (of a semiconductor radiation detector)

See charge collection time.

Tailing time (of an amplifier output pulse)

The time interval between the top centre line of a unipolar pulse and the 1 % level on the last transition.

Temps de passage au sommet, t_p (d'une impulsion unipolaire)

Intervalle de temps entre le point de niveau 1 % sur le front de montée et l'axe médian du sommet de l'impulsion.

Temps de traînage t_t (d'une impulsion de sortie d'un amplificateur)

Intervalle de temps entre l'axe médian du sommet de l'impulsion et le point de niveau 1 % sur le front de descente.

Tension de claquage (d'une diode semiconductrice)

Tension mesurée à une valeur spécifiée du courant dans la zone de claquage.

Tension de désertion totale (d'un détecteur semiconducteur)

Tension à partir de laquelle un détecteur à jonction devient totalement déserté.

Zone de charge d'espace (d'un détecteur semiconducteur)

Région dans laquelle la densité nette de charge est nettement différente de zéro (voir aussi zone désertée).

Zone désertée ou déplétée (dans un semiconducteur)

Région dans laquelle la densité de charges dues aux porteurs est insuffisante pour compenser la densité de charges fixes de donneurs ou d'accepteurs ionisés.

Zone inactive (d'un détecteur semiconducteur)

Région d'un détecteur semiconducteur dans laquelle la charge créée par le rayonnement ionisant ne contribue pas de manière significative à la charge du signal.

Zone morte (d'un détecteur semiconducteur)

Région inactive dans laquelle l'énergie absorbée lors du passage de particules chargées ionisantes, ne contribue pas de manière significative au pic d'énergie totale qui en résulte.