

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60462

Première édition
First edition
1974-01

**Méthodes d'essais normalisées des tubes
photomultiplicateurs utilisés dans les
ensembles de comptage à scintillation**

**Standard test procedures for photomultiplier
tubes for scintillation counting**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60462: 1974

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60462

Première édition
First edition
1974-01

**Méthodes d'essais normalisées des tubes
photomultiplicateurs utilisés dans les
ensembles de comptage à scintillation**

**Standard test procedures for photomultiplier
tubes for scintillation counting**

© IEC 1974 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Généralités	6
3.1 Détecteur à scintillation	6
3.2 Détecteur Čerenkov	6
4. Conditions d'essais des photomultiplicateurs	8
5. Caractéristiques du photomultiplicateur	8
5.1 Caractéristiques de l'amplitude de l'impulsion	8
5.2 Caractéristiques des impulsions parasites	18
5.3 Caractéristiques liées au temps et sources de lumière utilisables	20
FIGURES	30-37

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General	7
3.1 Scintillation detector	7
3.2 Čerenkov detector	7
4. Test conditions for photomultipliers	9
5. Photomultiplier characteristics	9
5.1 Pulse amplitude characteristics	9
5.2 Spurious pulse characteristics	19
5.3 Pulse timing characteristics and applicable light sources	21
FIGURES	30-37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAIS NORMALISÉES
DES TUBES PHOTOMULTIPLICATEURS UTILISÉS DANS LES ENSEMBLES
DE COMPTAGE À SCINTILLATION**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Un premier projet fut préparé lors de la réunion tenue à Bucarest en 1971, puis discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1972. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 45(Bureau Central)71, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1973.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')
Australie
Belgique
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Israël
Italie
Japon

Pays-Bas
Pologne
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**STANDARD TEST PROCEDURES
FOR PHOTOMULTIPLIER TUBES FOR SCINTILLATION COUNTING**

FOREWORD

- 1) 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.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 45, Nuclear Instrumentation.

A first draft was prepared at the meeting held in Bucharest in 1971, then discussed at the meeting held in London in 1972. As a result of this latter meeting, a draft, document 45(Central Office)71, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Belgium
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Israel
Italy
Netherlands
Japan

Poland
South Africa (Republic of)
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

MÉTHODES D'ESSAIS NORMALISÉES DES TUBES PHOTOMULTIPLICATEURS UTILISÉS DANS LES ENSEMBLES DE COMPTAGE À SCINTILLATION

1. Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux photomultiplicateurs utilisés avec les détecteurs à scintillation et les détecteurs Čerenkov.

2. Objet

Etablir des méthodes d'essais pour les tubes photomultiplicateurs utilisés avec les détecteurs à scintillation et les détecteurs Čerenkov.

Les photomultiplicateurs sont largement utilisés dans les comptages à scintillation et à détecteur Čerenkov, à la fois pour la détection et l'analyse des rayonnements ionisants et pour d'autres applications. Pour ces utilisations, certaines caractéristiques sont particulièrement importantes et nécessitent des essais supplémentaires à ceux qui sont effectués pour mesurer les caractéristiques générales des photomultiplicateurs. Ceci a rendu souhaitable l'établissement de méthodes d'essais normalisées, afin que les mesures de ces caractéristiques particulières puissent avoir la même signification pour tous les constructeurs et les utilisateurs.

Les essais décrits ci-dessous pour les photomultiplicateurs utilisés dans les détecteurs à scintillation sont des essais complémentaires à ceux décrits dans la Publication 306 de la CEI: Mesures des dispositifs photosensibles, qui traite des caractéristiques fondamentales et des prescriptions habituelles exigées des photomultiplicateurs.

La présente recommandation n'implique pas l'obligation d'effectuer tous les essais décrits pour chaque application, mais implique seulement que si de tels essais sont effectués sur des photomultiplicateurs utilisés avec détecteur à scintillation ou Čerenkov, ils devront être exécutés conformément aux méthodes décrites dans la présente recommandation.

3. Généralités

Le photomultiplicateur (PM) est un élément essentiel des détecteurs à scintillation et Čerenkov. Ses applications comportent des exigences spéciales en ce qui concerne les caractéristiques de l'amplitude de l'impulsion, les impulsions parasites et les caractéristiques liées au temps.

3.1 Détecteur à scintillation

Le détecteur à scintillation est un détecteur de rayonnements qui comporte trois éléments essentiels: un milieu scintillant qui réagit à un rayonnement ionisant par un éclair lumineux; un ou plusieurs photomultiplicateurs couplés optiquement au milieu scintillant, qui convertissent l'éclair lumineux en impulsion électrique amplifiée, et un appareillage électronique associé qui alimente le photomultiplicateur et traite le signal de sortie.

3.2 Détecteur Čerenkov

Le détecteur Čerenkov est un détecteur de rayonnements qui comprend trois parties principales: un milieu dans lequel l'effet Čerenkov produit de la lumière; un ou plusieurs photomultiplicateurs couplés optiquement au milieu Čerenkov, et l'appareillage électronique associé qui alimente le photomultiplicateur et traite le signal de sortie.

STANDARD TEST PROCEDURES FOR PHOTOMULTIPLIER TUBES FOR SCINTILLATION COUNTING

1. Scope

This recommendation applies to photomultipliers for scintillation and Čerenkov detectors.

2. Object

To establish test procedures for photomultipliers for scintillation and Čerenkov detectors.

Photomultipliers are extensively used in scintillation and Čerenkov counting, both in the detection and analysis of ionizing radiation and for other applications. For such uses, various characteristics are of particular importance and require tests additional to those conducted to measure the general characteristics of photomultipliers. This has made desirable the establishment of standard test procedures so that measurements of these specific characteristics may have the same significance to all manufacturers and users.

The tests herein described for photomultipliers to be used in scintillation detectors are supplementary to those tests described in IEC Publication 306, Measurement of Photosensitive Devices, which covers the basic characteristics commonly requiring specification for photomultipliers.

This recommendation is not intended to imply that all tests and procedures described herein are mandatory for every application, but only that such tests as are carried out on photomultipliers for scintillation and Čerenkov detectors should be performed in accordance with the procedures given in this recommendation.

3. General

The photomultiplier tube (PMT) is an essential component of scintillation and Čerenkov detectors. For such detectors there are special requirements with regard to pulse amplitude characteristics, spurious pulses and timing.

3.1 Scintillation detector

A scintillation detector is a radiation detector that consists of three major components: a scintillating medium that produces a flash of light when ionizing radiation interacts with it; one or more photomultipliers, optically coupled to the scintillating medium, which converts the light flash to an amplified electrical impulse, and associated electronic instrumentation which powers the photomultiplier and processes the output signal.

3.2 Čerenkov detector

The Čerenkov detector is a radiation detector which consists of three major parts: a medium in which light is produced by the Čerenkov effect; one or more photomultipliers, optically coupled to the Čerenkov medium, and the associated electronic instrumentation which powers the photomultiplier and processes the output signal.

4. Conditions d'essais des photomultiplicateurs

Les conditions d'essais des photomultiplicateurs sont données sous forme de conditions d'environnement qui doivent être remplies pour permettre d'effectuer des mesures précises des paramètres des photomultiplicateurs exposés dans les articles suivants.

Les alimentations devraient être stabilisées et, en particulier, les alimentations à haute tension devraient avoir des régulations de 0,01% ou mieux, et l'ondulation et le bruit ne devraient pas dépasser quelques millivolts.

L'enceinte d'essai ne doit pas présenter de fuites de lumière décelables. Ceci peut être vérifié pour des périodes d'une demi-heure de comptage des photons, sans et avec une forte lumière ambiante incidente sur l'enceinte.

Le PM devrait être stocké dans l'obscurité pendant plusieurs heures avant les mesures pour éviter les effets de phosphorescence. La propreté du verre du PM et des embases est essentielle pour empêcher les effets de bruit externe. Tout matériau à proximité de la photocathode devrait être au potentiel de la photocathode pour empêcher l'électroluminescence de l'enveloppe et la décomposition chimique du verre par accumulation de charges. Pour obtenir les meilleures conditions de reproductibilité des essais, il est recommandé de placer, si possible, un blindage, connecté au potentiel de la cathode, autour et au contact de l'enveloppe en verre du photomultiplicateur.

Le PM devrait être démagnétisé avant emploi et un écran magnétique devrait être utilisé. Noter que même le champ magnétique terrestre est suffisant pour influencer les mesures. La température du tube devrait de préférence être maintenue constante à $\pm 2^\circ\text{C}$ et se situer entre 19°C et 25°C . Ceci est important dans le cas où le diviseur de tension peut élever la température de l'enceinte d'essai.

Des précautions sont à prendre pour éviter les dérives ou les décalages du zéro dans les équipements électroniques, qui affecteraient la mesure de façon significative.

Pour empêcher les dérives dans les potentiels interdynodes résultant du courant du multiplicateur d'électrons, le courant de repos dû au diviseur de tension devrait être au moins 20 fois le courant continu de l'anode. En variante, les potentiels interdynodes des dynodes qui tirent le maximum de courant peuvent être stabilisés individuellement (comme avec des alimentations séparées).

Des condensateurs à conservation de charge peuvent être utilisés entre dynodes ou des dynodes à la terre si le rapport entre le courant maximal et le courant moyen d'anode est élevé et si les condensateurs peuvent maintenir les dynodes au potentiel voulu pendant la durée de l'impulsion.

Les méthodes de mise en forme des impulsions et les constantes de temps utilisées devraient être choisies pour assurer le fonctionnement optimal et devraient être indiquées.

5. Caractéristiques du photomultiplicateur

En plus des spécifications et des méthodes d'essais de la Publication 306 de la CEI, les spécifications et les essais supplémentaires ou complémentaires pour les photomultiplicateurs utilisés avec les détecteurs Čerenkov et à scintillation en rapport avec les caractéristiques fondamentales concernent:

1. Les caractéristiques de l'amplitude de l'impulsion;
2. Les caractéristiques des impulsions parasites;
3. Les caractéristiques liées au temps.

5.1 Caractéristiques de l'amplitude de l'impulsion

Les paragraphes suivants traitent des caractéristiques des impulsions des photomultiplicateurs utilisés en comptage. Il est supposé que tout le circuit électronique commençant à la sortie de l'anode du photomultiplicateur et comprenant l'analyseur d'amplitude est linéaire et que la droite représentant l'amplitude de l'impulsion de sortie en fonction de l'amplitude de l'impulsion d'entrée passe par l'origine.

5.1.1 Amplitude de l'impulsion

Pour un nombre donné N de photoélectrons émis par la photocathode, on observe à l'anode un nombre $G \times N$ d'électrons. Le facteur G est le gain du multiplicateur, qui dépend des différences de potentiel entre étages appliquées aux électrodes.

4. Test conditions for photomultipliers

Test conditions for photomultipliers are specified in terms of environmental conditions that must be met to enable accurate measurements to be made of the photomultiplier parameters discussed in the following clauses.

Power supplies should be stabilized and, in particular, high-voltage power supplies should have regulations of 0.01% or better, and ripple and noise should be not more than a few millivolts.

The test enclosure shall be free of detectable light leaks. This can be verified by half-hour photon counting periods, with and without bright ambient light incident on the enclosure.

The PMT should be stored in darkness for several hours prior to measurement to avoid phosphorescence effects. Cleanliness of the PMT glass and sockets is essential in preventing external noise effects. Any material near the photocathode should be at photocathode potential to prevent electro-luminescence of the envelope and electrolysis or charge accumulation of the glass. To obtain the best conditions for reproducibility of tests, it is recommended that, where feasible, a shield, connected to cathode potential, be placed around and in contact with the glass envelope of the photomultiplier.

The PMT should be degaussed before using, and a magnetic shield should be employed. Note that even the earth's magnetic field is of sufficient strength to influence measurements. Tube temperature should preferably be maintained constant at $\pm 2^\circ\text{C}$ within the limits 19°C to 25°C . This is important in instances where the voltage divider may raise the temperature of the test enclosure.

Caution should be exercised to avoid drifts or base line shifts in the electronic circuitry that significantly affect the measurements.

To prevent shifts in interdynode potentials resulting from the electron multiplier current, the quiescent current drawn by the resistive voltage divider should be at least 20 times the d.c. anode current. Alternatively, the interdynode potentials for the dynodes drawing the greatest current may be individually stabilized (as with separate power supplies).

Charge-storage capacitors may be effectively used across the dynodes or from the dynodes to ground when the ratio of the peak anode current to the average anode current is large and the capacitor can maintain the required dynode potentials for the duration of the pulse.

Pulse shaping methods and time constants suitable for optimum performance should be used and should be stated.

5. Photomultiplier characteristics

In addition to the specifications and test methods of IEC Publication 306, complementary or extended specifications and tests required for photomultipliers used with scintillation and Čerenkov detectors in connection with these basic characteristics are:

1. Pulse amplitude characteristics;
2. Spurious pulse characteristics;
3. Pulse timing characteristics.

5.1 Pulse amplitude characteristics

The following sub-clauses deal with pulse characteristics of photomultipliers used in counting applications. It is assumed that the entire electronic circuit, beginning with the anode output of the photomultiplier and including the pulse amplitude analyser, is linear and that channel numbers are with respect to the extrapolated pulse amplitude analyser zero.

5.1.1 Pulse amplitude

For a given number N of photoelectrons emitted from the photocathode, a number G times N electrons are observed at the anode. The factor G is the multiplier gain, which depends upon the interstage potential differences applied to the electrodes.

Quand le signal d'entrée est constitué par des paquets de photons suffisamment bien espacés dans le temps, le photomultiplicateur peut le résoudre en événements séparés et le signal de sortie est constitué par des impulsions de charge séparées. Ces impulsions peuvent être amplifiées par un préamplificateur suivi d'un amplificateur principal, et triées par un analyseur d'amplitude. Le terme « amplitude de l'impulsion » est habituellement utilisé pour désigner la charge associée à l'impulsion de sortie d'un PM.

L'amplitude de l'impulsion se mesure avec un préamplificateur et un analyseur d'amplitude. Les taux de comptage et les temps de résolution doivent être tels que l'empilement des impulsions soit suffisamment faible pour ne pas affecter d'une manière importante la précision des mesures. L'ensemble de mesure peut être étalonné en coulombs/canal avec un générateur d'impulsion de précision. La pente et le passage au zéro doivent être définis.

5.1.2 Linéarité de l'amplitude (voir figure 1, page 30)

La linéarité de l'amplitude dans les photomultiplicateurs est d'habitude excellente sur plusieurs ordres de grandeur. Les écarts de linéarité sont dus à deux effets:

1. L'effet de charge d'espace associé aux impulsions de courant élevé; et
2. Le fait que le circuit diviseur à résistance ne peut pas fournir suffisamment de courant pour maintenir les dynodes des photomultiplicateurs et les autres éléments à des potentiels de fonctionnement constant.

Si l'on suppose que l'effet 2 n'apporte pas de limitation (voir conditions d'essais, article 4), les procédures d'essais suivantes indiquent deux méthodes pour déterminer le courant « linéaire » de pic (charge) que l'on peut obtenir du photomultiplicateur (voir figure 1). La première méthode est appelée méthode à deux impulsions et nécessite une source de lumière pulsée et un filtre de densité neutre qui provoque environ 90% d'atténuation. La largeur de l'impulsion ne doit pas excéder 1 μ s et le cycle de fonctionnement ne doit pas dépasser 1%. Les impulsions de sortie sont présentées sur un oscilloscope (ou un analyseur d'amplitude) avec et sans le filtre, et le rapport des amplitudes est noté. Ensuite, l'intensité de la source lumineuse est augmentée. On note le rapport jusqu'à ce qu'il s'écarte de 10% de celui qui a été obtenu à basse intensité. Le courant (charge) du pic associé à la plus grande impulsion est appelé courant (charge) linéaire de pic à la tension de fonctionnement donnée. Noter que cette mesure permet la mesure du courant (charge) linéaire de pic en fonction de la tension du tube.

Une mesure plus simple, mais moins souhaitable, nécessite seulement la source de lumière pulsée et un oscilloscope ou un analyseur. La tension du tube est assez basse au début pour permettre un fonctionnement linéaire. On trace la courbe du logarithme du courant (charge) de pic en fonction du logarithme de la tension d'alimentation. Le courant (charge) de pic pour lequel la courbe s'écarte de 10% d'une ligne droite extrapolée est le courant (charge) linéaire de pic. (Cette mesure ne peut pas être effectuée si l'on emploie des diodes zener dans le diviseur de tension.) Cet essai ne s'applique qu'aux photomultiplicateurs dont le gain montre que la puissance dépend d'une manière simple de la tension appliquée (voir figure 1).

Une autre façon simple et pratique pour essayer la linéarité de tout le système (photomultiplicateur, scintillateur, amplificateur et analyseur d'amplitude) consiste à remarquer que le pic à haute énergie du ^{60}Co a une énergie presque exactement double de celle du pic du ^{137}Cs .

5.1.3 Résolution en amplitude

Pour une composition spectrale constante de la lumière incidente, un photomultiplicateur produit à la sortie une charge proportionnelle au nombre de photons incidents sur la photocathode. Du fait des fluctuations statistiques inhérentes à la conversion photons-photoélectrons et de la nature statistique du phénomène de l'émission secondaire, la charge du signal de sortie varie d'une impulsion à la suivante, même pour des nombres égaux de photons incidents. La distribution des amplitudes d'impulsion qui en résulte limite la résolution en photons du dispositif, et limite donc la résolution en énergie d'une combinaison scintillateur-photomultiplicateur. Pour ce motif, un facteur de mérite appelé « résolution en amplitude » est introduit pour caractériser l'aptitude du dispositif à faire la distinction entre deux amplitudes de signal d'entrée légèrement différentes.

La résolution en amplitude (RA) est le rapport LMH/P de la distribution en amplitude du pic considéré, où LMH est la largeur à mi-hauteur et P l'amplitude correspondant au maximum du pic, comme indiqué dans la figure 2, page 31. On donne habituellement RA en pour-cent. Plusieurs cas de mesures de RA utilisées pour caractériser les photomultiplicateurs sont décrits ci-après.

Il y a en général cinq mesures différentes de RA qui servent à définir la résolution photons-électrons des photomultiplicateurs et des combinaisons photomultiplicateur-scintillateurs. Ces mesures peuvent être utilisées séparément ou simultanément.