

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61453

Première édition
First edition
1997-03

Instrumentation nucléaire –

**Equipements avec détecteurs en iodure
de sodium activés au thallium pour
le dosage de radionucléides –
Etalonnage et mise en oeuvre**

Nuclear instrumentation –

**Thallium activated sodium iodide detector
systems for assay of radionuclides –
Calibration and usage**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61453: 1997

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 électrotechnique;*
- 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**

61453

Première édition
First edition
1997-03

**Instrumentation nucléaire –
Equipements avec détecteurs en iodure
de sodium activés au thallium pour
le dosage de radionucléides –
Etalonnage et mise en oeuvre**

**Nuclear instrumentation –
Thallium activated sodium iodide detector
systems for assay of radionuclides –
Calibration and usage**

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

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

P

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives	6
3 Définitions	8
4 Procédure	10
4.1 Equipements de comptage total	10
4.2 Equipements à analyseur monocanal	14
4.3 Equipements à analyseur multicanal	18
5 Sources d'erreur et incertitudes	22
6 Précautions	24
6.1 Dosage d'un radionucléide pour lequel aucun étalon n'est disponible	24
6.2 Dosage d'un mélange de radionucléides	24
6.3 Détecteurs à fenêtre mince	24
6.4 Taux de comptage	24
6.5 Facteurs de correction liés à la géométrie	26
6.6 Statistiques de comptage et dynamique de mesure	26
6.7 Corrections de temps mort	26
6.8 Correction de décroissance pendant la durée du comptage	28
6.9 Géométrie de comptage	30
6.10 Caractéristiques spectrales	30
6.11 Courbe (ou fonction) d'efficacité dans le pic d'énergie totale en fonction de l'énergie ..	30
6.12 Taux de comptage net	30
6.13 Effets de la température	30
6.14 Linéarité	30

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Definitions	9
4 Procedure	11
4.1 Total spectrum counting systems	11
4.2 Single-channel analyzer (SCA) counting systems	15
4.3 Multichannel analyzer (MCA) counting systems	19
5 Sources of error and uncertainty	23
6 Precautions	25
6.1 Assay for a radionuclide for which no radioactivity standard is readily available	25
6.2 Assay of mixtures of radionuclides	25
6.3 Thin-window detectors	25
6.4 Count rates	25
6.5 Geometric correction factors	27
6.6 Counting statistics and range of measurement	27
6.7 Dead-time corrections	27
6.8 Correction for decay during the counting period	29
6.9 Counting geometry	31
6.10 Spectral features	31
6.11 Full-energy peak efficiency versus energy function or curve	31
6.12 Net count rate	31
6.13 Temperature effects	31
6.14 Linearity	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –
ÉQUIPEMENTS AVEC DÉTECTEURS EN IODURE DE SODIUM ACTIVÉS
AU THALLIUM POUR LE DOSAGE DE RADIONUCLÉIDES –
ÉTALONNAGE ET MISE EN OEUVRE**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61453 a été établie par le comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45/397/FDIS	45/409/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR INSTRUMENTATION –
THALLIUM ACTIVATED SODIUM IODIDE DETECTOR SYSTEMS
FOR ASSAY OF RADIONUCLIDES –
CALIBRATION AND USAGE**

FOREWORD

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

International Standard IEC 61453 has been prepared by IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45/397/FDIS	45/409/RVD

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

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE – ÉQUIPEMENTS AVEC DÉTECTEURS EN IODURE DE SODIUM ACTIVÉS AU THALLIUM POUR LE DOSAGE DE RADIONUCLÉIDES – ÉTALONNAGE ET MISE EN OEUVRE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale établit les méthodes de contrôle de bon fonctionnement, d'étalonnage, et de mise en œuvre d'équipements avec détecteur NaI(Tl) pour la mesure de l'énergie des rayonnements gamma et des taux d'émission gamma de radionucléides, ainsi que le dosage de la radioactivité.

La présente norme donne une méthode de base pour l'étalonnage et la mise en œuvre d'équipements avec détecteur NaI(Tl) destinés à la mesure du taux d'émission gamma de radionucléides. L'identification des radionucléides et leur dosage dans diverses applications industrielles, environnementales et médicales constituent des applications types. Un équipement avec détecteur en iodure de sodium activé au thallium comporte trois composantes majeures: un milieu scintillant qui produit un photon lumineux lorsqu'un rayonnement ionisant interagit avec lui, un ou plusieurs photomultiplicateurs ou photodiodes couplés au scintillateur qui convertit le photon lumineux en impulsion électrique amplifiée, et une instrumentation électrique associée qui alimente le photomultiplicateur et traite le signal de sortie.

La norme couvre à la fois l'étalonnage en énergie et l'étalonnage en efficacité. Les trois techniques suivantes sont considérées:

- a) comptage total (voir 4.1) qui utilise un équipement comptant toutes les impulsions au-dessus d'un seuil à basse énergie (voir 6.1, 6.2 et 6.3);
- b) comptage avec analyseur monocanal (voir 4.2) qui utilise un équipement comportant une fenêtre de comptage qui détermine des limites haute et basse en énergie (voir 6.1, 6.2 et 6.3);
- c) comptage avec analyseur multicanal (voir 4.3) qui utilise un équipement avec de multiples fenêtres en énergie. Cette technique permet des mesures où le fond continu sous le pic d'énergie totale peut être soustrait sans introduire d'erreur inacceptable. Dans le cas de pics non résolus qui se chevauchent, il est nécessaire d'utiliser un analyseur multicanal possédant un programme de déconvolution du spectre. Ce cas n'est pas traité dans la présente norme.

2 Références normatives

Le document normatif suivant contient 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, l'édition indiquée était 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 l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 462: 1974, *Méthodes d'essais normalisées des tubes photomultiplicateurs utilisés dans les ensembles de comptage à scintillation*

NUCLEAR INSTRUMENTATION – THALLIUM ACTIVATED SODIUM IODIDE DETECTOR SYSTEMS FOR ASSAY OF RADIONUCLIDES – CALIBRATION AND USAGE

1 Scope

This International Standard establishes methods for performance testing, calibration and usage of NaI(Tl) detector systems for the measurement of gamma-ray energies and emission rates of radionuclides and the assay for radioactivity.

This standard provides a standardized basis for the calibration and usage of sodium iodide detector systems for the measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides. Typical applications include radionuclide identification and assay in various industrial, environmental, and medical applications. A thallium activated sodium iodide detector system consists of three major components: a scintillating medium that produces photons of light when ionizing radiation interacts with it; one or more photomultipliers or photodiodes, optically coupled to the scintillator, which converts the light photons to an amplified electrical pulse or pulses; and associated electronic instrumentation which powers the photomultiplier and processes the output signal.

Both energy calibration and efficiency calibration are covered. The following three techniques are considered:

- a) total spectrum counting (see 4.1) which employs a system that counts all pulses above a low-energy threshold (see 6.1, 6.2 and 6.3);
- b) single-channel analyzer counting (see 4.2) which employs a system with a counting window which establishes upper and lower energy boundaries (see 6.1, 6.2, and 6.3);
- c) multichannel analyzer counting (see 4.3) which employs a system in which multiple counting windows are utilized. This technique allows measurements for which the continuum under the full-energy peak may be subtracted without introducing unacceptable error. In case of overlapping peaks in the spectrum, it is realized that a multichannel analyzer (MCA) with access to a spectrum-stripping program is necessary. This case is not covered by this standard.

2 Normative references

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the edition indicated was 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 edition of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 462: 1974, *Standard test procedures for photomultiplier tubes for scintillation counting*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 exactitude: Degré d'accord entre valeur de la mesure et valeur vraie de la quantité à mesurer.

3.2 activité (d'un radionucléide): Quotient dN sur dt , où dN est, à un instant donné, la valeur attendue du nombre de transitions nucléaires issues d'un niveau nucléaire donné pendant l'intervalle de temps dt .

3.3 dosage: Détermination de l'activité d'un radionucléide dans un échantillon.

3.4 bruit de fond ambiant: Chocs observés, et dont il faudra tenir compte, lors de la mesure d'un échantillon identique en tous points à l'échantillon inconnu, excepté qu'il n'est pas radioactif. Ces chocs sont attribuables à la radioactivité environnante du détecteur lui-même, du matériau de blindage du détecteur, du récipient contenant l'échantillon, ainsi qu'aux rayons cosmiques, aux impulsions de bruit électronique, etc.

3.5 source de contrôle: Source radioactive, non nécessairement étalonnée, utilisée pour confirmer que l'instrument continue à fonctionner correctement.

3.6 sommation gamma corrélée: Détection simultanée de deux ou plusieurs photons gamma provenant d'une même désintégration d'un atome.

3.7 temps mort t_d : Durée après son déclenchement par une impulsion pendant laquelle l'instrument ne peut être redéclenché.

3.8 efficacité: Nombre net de chocs enregistré par le système de détection, par unité de temps, divisé par le nombre de photons d'intérêt émis par la source radioactive pendant la même unité de temps.

3.9 étalonnage en énergie: Relation entre l'amplitude de l'impulsion à la sortie de l'amplificateur et l'énergie du photon correspondant émis par la source radioactive.

3.10 pic d'énergie totale: Dans un spectre d'amplitude, pic correspondant à l'absorption totale d'un photon gamma dans le détecteur NaI(Tl).

3.11 efficacité dans le pic d'énergie totale: Nombre net de chocs enregistrés dans le pic d'énergie totale, par unité de temps, divisé par le nombre de photons d'intérêt émis par la source radioactive pendant la même unité de temps.

3.12 LTMH (largeur totale à mi-hauteur): Sur une courbe représentant une distribution et comportant un pic unique, différence entre les abscisses des deux points de la courbe dont l'ordonnée est égale à la moitié de l'ordonnée du sommet du pic.

NOTE – Si la courbe considérée comporte plusieurs pics, une largeur totale à mi-hauteur existe pour chaque pic.

3.13 temps actif: Somme des intervalles de temps incrémentaux pendant lesquels l'analyseur prend en compte les signaux d'entrée.

3 Definitions

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply.

3.1 accuracy: Degree of agreement of the measurement value with the true value of the quantity being measured.

3.2 activity (of a radionuclide): Quotient of dN by dt , where dN is the expectation value of the number of spontaneous nuclear transitions from a particular energy state at a given time, in the time interval dt .

3.3 assay: Determination of the activity of a radionuclide in a sample.

3.4 ambient background: Those counts that can be observed, and thereby allowed for, by measuring a sample that is identical to the unknown sample in all respects except for the absence of radioactivity. These counts are attributable to environmental radioactivity in the detector itself, in the detector shielding material and in the sample container; cosmic rays; electronic noise pulses; etc.

3.5 check source: A radioactive source, not necessarily calibrated, which is used to confirm the continuing satisfactory operation of an instrument.

3.6 correlated gamma-ray summing: Simultaneous detection of two or more gamma rays originating from a single atom disintegration.

3.7 dead time t_d : Time after the system is triggered during which the system is unable to retrigger.

3.8 efficiency: Net number of counts registered by the detector system per unit of time divided by the number of photons of interest originating in the radioactive source during the same unit of time.

3.9 energy calibration: Relationship between the height of the amplifier output pulse and the energy of the photons originating in the radioactive source.

3.10 full-energy peak: Peak in a pulse-height spectrum that corresponds to total absorption of a gamma photon in the NaI(Tl) detector.

3.11 full-energy peak efficiency: Net number of counts registered by the full-energy peak per unit of time divided by the number of photons of interest originating in the radioactive source during the same unit of time.

3.12 FWHM (full width at half maximum): In a distribution curve comprising a single peak, the distance between the abscissa of two points on the curve whose ordinates are half of the maximum ordinate of the peak.

NOTE – If the curve considered comprises several peaks, a full width at half maximum exists for each peak.

3.13 live time: Sum of the incremental time intervals during which the analyzer is sensitive to input signals.

3.14 précision: Degré d'agrément de mesures répétitives d'une même grandeur, exprimé quantitativement comme l'écart quadratique moyen calculé à partir des résultats de séries de mesures.

3.15 résolution en amplitude: LTMH de la distribution d'un pic gamma, mesurée après soustraction du bruit de fond ambiant, et exprimée en pourcentage de l'amplitude des impulsions correspondant au sommet de la distribution.

3.16 source radioactive étalon: Etalon de radioactivité, dont l'activité absolue a été certifiée par un laboratoire national de normalisation pour les mesures radioactives, ou étalon de radioactivité obtenu d'un fournisseur agréé par le laboratoire national de normalisation, lorsque de tels étalons sont disponibles. Dans ce dernier cas il convient que la valeur de l'étalonnage, avec son incertitude donnée par le fournisseur, soit conforme à celle du laboratoire national de normalisation lors de la certification d'un même lot de sources ou de la certification de sources identiques.

3.17 sommation aléatoire de photons: Détection simultanée de deux ou plusieurs photons provenant de désintégrations d'atomes différents.

3.18 réponse: Nombre total de chocs enregistré par le système de détection par unité de temps, divisé par l'activité du radionucléide.

3.19 source simulée: Source radioactive comportant un ou plusieurs radionucléides à vie longue choisis afin de simuler les rayonnements d'un radionucléide d'intérêt à vie courte ou non disponible.

3.20 largeur de fenêtre: Différence entre seuils haut et bas du discriminateur.

4 Procédure

4.1 Equipements de comptage total

4.1.1 Généralités

Tous les instruments doivent être installés et mis en œuvre conformément aux instructions du fabricant (voir article 6). L'activité d'un radionucléide ne peut être déterminée que si l'équipement a été étalonné à l'aide d'une source étalon (ou d'une source étalon simulée) du radionucléide à doser, en l'absence d'autres radionucléides.

4.1.2 Etalonnage de la réponse du système

4.1.2.1 Régler le discriminateur bas-niveau à une valeur telle que les conditions suivantes soient satisfaites.

- a) Les rayonnements gamma d'intérêt sont effectivement comptés.
- b) La réponse du système est aussi peu sensible que possible à de petites variations dans le réglage du discriminateur.
- c) Tout bruit électronique est en dessous du seuil de comptage.

4.1.2.2 Pour chaque radionucléide d'intérêt, accumuler un spectre à l'aide d'une source radioactive étalon, dans la géométrie reproductible désirée (voir 6.5). Il convient d'accumuler au moins 10 000 chocs nets (voir 6.4 et 6.6).