NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61145

Première édition
First edition
1992-05

Etalonnage et utilisation de systèmes à chambre d'ionisation pour le dosage des radionucléides

Calibration and usage of ionization chamber systems for assay of radionuclides

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61145: 1992

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

Les renseignements relatifs à 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* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique,* la CEI 60417: S*ymboles 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.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61145

Première édition
First edition
1992-05

Etalonnage et utilisation de systèmes à chambre d'ionisation pour le dosage des radionucléides

Calibration and usage of ionization chamber systems for assay of radionuclides

© IEC 1992 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 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 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 L

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 4

INTRODUCTION 6

Articles

1 Domaine d'application 8

2 Références normatives 8

3 Définitions 8

4 Procédure 10

4.1 Généralités 10
4.2 Etalonnage initial 10
4.3 Sources étalons 12
4.4 Dosage 12
4.5 Contrôle des performances 12
4.6 Précision et reproductibilité 14

5 Sources d'erreur 16

6 Précautions 16

6.1 Dosage d'un radionucléide pour lequel aucun étalon ou dispositif d'étalonnage n'est disponible 16
6.2 Effets de non-linéarité 16
6.3 Impuretés du radionucléide 18
6.4 Emetteurs de particules bêta 18
6.5 Emetteurs de photons de basse énergie 18
6.6 Radionucléides gazeux dissous 18
6.7 Rétention de radionucléides 20
6.8 Sources simulées 20

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

INTRODUCTION 7

Clause

1 Scope 9

2 Normative references 9

3 Definitions 9

4 Procedure 11

4.1 General 11
4.2 Initial calibration 11
4.3 Standard sources 13
4.4 Assay 13
4.5 Performance testing 13
4.6 Accuracy and reproducibility 15

5 Sources of error 17

6 Precautions 17

6.1 Assay of a radionuclide for which no standard or calibration setting is available 17

6.2 Non-linearity effects 17
6.3 Radionuclidic impurities 19
6.4 Beta-particle emitters 19
6.5 Low-energy-photon emitters 19
6.6 Dissolved gaseous radionuclides 19
6.7 Plate-out of radionuclides 21
6.8 Simulated sources 21

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉTALONNAGE ET UTILISATION DE SYSTÈMES À CHAMBRE D'IONISATION POUR LE DOSAGE DES RADIONUCLÉIDES

AVANT-PROPOS

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 voeu 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.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote	Amendement au DIS	Rapport de vote
45(BC)201	45(BC)209	45(BC)210	45(BC)217

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CALIBRATION AND USAGE OF IONIZATION CHAMBER SYSTEMS FOR ASSAY OF RADIONUCLIDES

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 recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This International Standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 45: Nuclear instrumentation.

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

DIS	Report on Voting	Amendment to DIS	Report on Voting
45(CO)201	45(CO)209	45(CO)210	45(CO)217

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

La gamme étendue d'instruments basés sur la calibration, dont l'usage principal est le dosage de radionucléides en médecine nucléaire et dans d'autres applications, montre le besoin d'une norme pour uniformiser les techniques de mesures et d'essais. De tels dispositifs sont des systèmes composites constitués d'une chambre d'ionisation couplée par un circuit intégrateur à des circuits électroniques qui convertissent le courant d'ionisation en une information de sortie donnée en unités d'activité. Les principes de fonctionnement de la chambre d'ionisation sont bien connus et ne seront pas répétés ici. Une grande étendue de mesure d'activité et une bonne stabilité sont les caractéristiques essentielles des chambres d'ionisation dans cette application. Les avantages de ce type d'appareil pour le dosage des radionucléides incluent les facilités d'utilisation et d'interprétation.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

The wide range of calibrator-type instruments currently being used primarily for radionuclide assay in nuclear medicine and other applications indicates the need for a standard for uniformity in measurement and test techniques. Such devices are composite systems consisting of an ionization chamber integrally coupled to appropriate electronic circuitry that converts the ionization current to a readout in units of activity. The principles of operation of the ionization chamber are well known and are not repeated here. Wide activity range and stability are useful characteristics of ionization chambers in this application. The advantages of this type of system for radionuclide assay include ease of use and interpretation.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ÉTALONNAGE ET UTILISATION DE SYSTÈMES À CHAMBRE D'IONISATION POUR LE DOSAGE DES RADIONUCLÉIDES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale couvre les techniques destinées à quantifier l'activité de radionucléides identifiés en utilisant toute une variété de chambres d'ionisation actuellement disponibles pour cette application. L'application de la norme est limitée aux instruments qui comportent, comme détecteurs, des chambres d'ionisation de type puits.

Cette norme propose une méthode pour obtenir des mesures précises à ±10 % et reproductibles à ±5 % près (généralement pour des sources de plus de $3{,}7 \times 10^6$ Bq (100 μCi)).

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 Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 391: Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants.*

CEI 583: 1977, *Dimensions des tubes à essai en verre ou en plastique pour mesures de la radioactivité.*

CEI 583A: 1981, *Premier complément.*

3 Définitions

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

3.1 **précision:** La précision, habituellement décrite en termes d'incertitude totale, est l'estimation de l'écart possible par rapport à la valeur indiquée. L'incertitude totale, telle qu'elle est utilisée dans cette norme, est trois fois l'écart type de la somme des composantes de l'erreur énumérées à l'article 5 et de l'incertitude de la mesure. Il convient que toutes les incertitudes soient évaluées en écarts types.

3.2 **activité:** Quotient de dN par dt, où dN est le nombre de transitions nucléaires spontanées à partir d'un état d'énergie, attendues pendant l'intervalle de temps dt. $A = dN/dt$ (valeur absolue). [VEI 391-03-01, modifié]

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CALIBRATION AND USAGE OF IONIZATION CHAMBER SYSTEMS FOR ASSAY OF RADIONUCLIDES

1 Scope

This International Standard covers the techniques for the quantification of the activity of identified radionuclides using any of a variety of ionization chambers currently available for this purpose. The application of the standard is limited to instruments that incorporate well-type ionization chambers as detectors.

This standard provides a method for obtaining measurements that are accurate to within ±10 % and reproducible to within ±5 % (usually for sources of more than 3,7 x 10^6 Bq (100 μCi)).

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, 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 583: 1977, *Dimensions of test tubes made of glass or plastics for radioactivity measurements.*

IEC 583A: 1981, *First supplement.*

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply:

3.1 **accuracy**: Accuracy, usually described in terms of overall uncertainty, is the estimate of the overall possible deviation from the stated value. As used in this standard, the overall uncertainty is three times the root-mean-square value of the combined error components as itemized in clause 5 and the random uncertainties of the measurement. All uncertainties should be estimated as standard deviations.

3.2 **activity:** Quotient of dN by dt, where dN is the expectation value of the number of spontaneous nuclear transitions from that energy state in the time interval dt. A = dN/dt (absolute value). [IEV 391-03-01, modified]

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.3 **étalonnage (calibration):** Procédé pour déterminer la relation numérique, pour une incertitude totale donnée, entre la mesure observée en sortie du système et la valeur, basée sur des sources étalons, de la quantité physique mesurée.

3.4 **doit, doivent:** Indique une condition qui est nécessaire ou essentielle pour satisfaire aux exigences de cette norme.

3.5 **devra, devront:** Indique une recommandation à appliquer quand cela est possible.

3.6 **source simulée:** Une source simulée contient habituellement des radionucléides à vie longue, seuls ou combinés, qui sont choisis pour simuler, en termes d'émission de photons ou de particules, un radionucléide à vie courte donné.

3.7 **source étalon:** Terme général se rapportant aux sources étalons énumérées ci-dessous:

1) Source radioactive étalon homologuée

Une source radioactive qui a été étalonnée par un laboratoire reconnu comme laboratoire national de normalisation pour les mesures radioactives et a été certifiée par ledit laboratoire.

2) Source radioactive étalonnée

Une source radioactive qui a été étalonnée par comparaison avec une source radioactive étalon homologuée ou une autre source radioactive étalonnée du même radionucléide.

4 Procédure

4.1 *Généralités*

Les appareils doivent être installés et mis en service conformément aux instructions du constructeur.

4.2 *Etalonnage initial*

L'étalonnage initial des appareils doit être effectué avec des sources identifiées de radionucléides, d'activité connue et de pureté définie. Comme indiqué en 4.4, les étalonnages devront être effectués avec des sources étalons de chaque radionucléide d'intérêt, si cela est possible.

4.2.1 *Géométrie*

L'influence sur le dosage de la configuration géométrique et de la composition du récipient de la source doivent être prises en considération dans les procédures d'étalonnage. (Voir la CEI 583 et la CEI 583A.)

Le positionnement des flacons d'étalonnage dans le puits du détecteur doit être reproductible pour de tels systèmes. Des facteurs de correction ou de nouveaux étalonnages doivent être établis pour le dosage de radionucléides dans des récipients de formes ou de dimensions différentes. De tels facteurs de correction peuvent être obtenus par des mesures de la même quantité d'un radionucléide donné dans des récipients de différentes géométries avec, si nécessaire, l'ajustement du volume en utilisant des solvants appropriés.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.3 **calibration**: The process of determining the numerical relationship, within an overall stated uncertainty, between the observed output of a measurement system and the value, based on standard sources, of the physical quantity being measured.

3.4 **shall**: Indicates a condition that is necessary or essential to meet the requirements of this standard.

3.5 **should:** Indicates an advisory recommendation that is to be applied when practicable.

3.6 **simulated sources**: Simulated sources usually contain long-lived radionuclides, alone or in combination, that are chosen to simulate, in terms of photon or particle emission, a short-lived radionuclide of interest.

3.7 **standard sources:** A general term used to refer to the standard sources listed below:

1) Certified radioactivity standard source

A radioactivity source that has been calibrated by a laboratory recognized as a country's national standardizing laboratory for radioactivity measurements and has been so certified by the aforementioned laboratory.

2) Traceable radioactivity standard source

A radioactivity source that has been calibrated by comparing it to a certified radioactivity standard source or to another traceable radioactivity standard source of the same radionuclide.

4 Procedure

4.1 *General*

The instruments shall be installed and operated in accordance with the manufacturer's instructions.

4.2 *Initial calibration*

The initial calibration of the instruments shall be with identified radionuclide sources of known activity and established purity. As described in 4.4, calibrations should be performed with standard sources of each radionuclide of interest, if feasible.

4.2.1 *Geometry*

The dependence of the assay on the geometrical configuration and composition of the source container shall be taken into consideration in the calibration procedure. (See IEC 583 and 583A.)

Positioning of the calibration vials in the detector well shall be reproducible for such systems. Correction factors or new calibrations shall be obtained for assaying radionuclides in containers of different sizes or shapes. Such correction factors may be determined by measurement of the same quantity of a given radionuclide in containers of different geometry, with any necessary adjustment to the volume using an appropriate carrier solution.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Les facteurs de correction fournis par le constructeur devront aussi être contrôlés comme décrit ci-dessus.

4.2.2 *Domaine d'activité*

L'étalonnage de l'équipement devra couvrir aussi complètement que possible les domaines d'activité pour lesquels il sera utilisé. Les corrections dues au bruit de fond devront être effectuées chaque fois que celui-ci est significatif par rapport au taux d'émission de l'échantillon.

4.2.3 *Précision et reproductibilité*

Les procédures d'étalonnage devront être telles que la précision et la reproductibilité des mesures avec l'instrument étalonné soient incluses dans les limites indiquées en 4.6.

4.3 *Sources étalons*

Des sources étalons dont le radionucléide sera caractérisé en pureté et en activité doivent être utilisées pour les étalonnages de routine de l'instrument. Des corrections pour la décroissance des sources étalons devront être appliquées si plus de 2 % du temps de la «demi-vie» s'est écoulé depuis l'instant de leur qualification.

4.3.1 *Géométrie de la source*

Idéalement, pour éviter les corrections, la géométrie des sources étalons devra être identique à la géométrie des sources à doser.

4.3.2 *Gamme d'activité des sources*

Une gamme suffisante d'activité devra être disponible. La sélection des sources étalons devra prendre en considération la précision demandée dans le domaine d'activité des radionucléides à doser.

4.3.3 *Domaine d'énergie des sources*

Une gamme suffisante d'énergie des photons émis devra être couverte par la sélection des sources étalons. ^{125}I (0,03 MeV), ^{57}Co (0,12 MeV) et ^{137}Cs (0,66 MeV) sont des sources représentatives dans la gamme d'énergie utilisée habituellement.

4.4 *Dosage*

Les radionucléides doivent être dosés avec un appareil correctement étalonné utilisant un support approprié de positionnement du radionucléide préétalonné ou un module enfichable. L'activité d'un radionucléide pour lequel il n'y a pas de support ou de module peut aussi être mesurée d'une manière précise par rapport à une source étalon du même radionucléide, en utilisant tout support ou module fournissant une lecture suffisante pour donner des résultats reproductibles.

4.5 *Contrôle des performances*

Des contrôles réguliers des performances de l'appareil sont nécessaires pour s'assurer de la précision des dosages.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Correction factors supplied by the manufacturer should also be checked as described above.

4.2.2 *Activity ranges*

The calibration of the equipment should cover as completely as practicable the activity ranges for which it will be used. Whenever the background is significant in comparison with the sample emission rate, it should be corrected.

4.2.3 *Accuracy and reproducibility*

The calibration procedures should be such that the accuracy and reproducibility of measurements made with the calibrated instrument will be within the limits stated in 4.6.

4.3 *Standard sources*

Standard sources, characterized as to radionuclide purity and activity, shall be used for routine calibration of the equipment. Correction for decay of a standard source since the time of standardization should be applied if more than 2 % of a "half-life" has expired.

4.3.1 *Source geometry*

Ideally, to avoid the necessity for corrections, the geometry of the standard source should be identical to the geometry of the source to be assayed.

4.3.2 *Source activity range*

An adequate range of activities should be available for use. The selection of standard sources should take into consideration the accuracy required over the ranges of activity of the radionuclides to be assayed.

4.3.3 *Source energy range*

An adequate range of photon emission energies should be covered in the selection of standard sources. ^{125}I (0,03 MeV), ^{57}Co (0,12 MeV), and ^{137}Cs (0,66 MeV) are representative of radionuclide sources of photons in the energy range typically used.

4.4 *Assay*

Radionuclides shall be assayed in a properly calibrated instrument using an appropriate precalibrated radionuclide setting or plug-in module. The activity of a radionuclide for which no setting or module is available may also be accurately measured relative to a standard source of the same radionuclide, using any setting or module that yields a high enough reading to give reproducible results.

4.5 *Performance testing*

Regular testing of the instrument performance is required to assure the accuracy of assays.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.5.1 *Contrôle avec source de référence*

Des contrôles d'étalonnage avec des sources de référence à vie longue doivent être effectués et enregistrés lors de chaque séance de travail avec l'appareil. Ces contrôles doivent être répétés chaque fois que la lecture des valeurs d'échantillons n'est pas dans la fourchette de ±10 % de leur dosage escompté. Il est nécessaire qu'au moins deux sources de référence soient disponibles (par exemple, 3,70–7,40 x 10^6 Bq (100–200 µCi) de ^{137}Cs et 40–180 x 10^6 Bq (1–5 mCi) de ^{57}Co avec les corrections appropriées pour la décroissance). Ces sources pourront être alternées, chaque jour d'utilisation, pour tester les performances des instruments dans toute une gamme d'énergie des photons et d'activité des sources. De tels contrôles servent à vérifier la stabilité de l'instrument pour des mesures de radionucléides pour lesquels des étalonnages ont été effectués, mais pour lesquels des sources étalons ne sont pas toujours disponibles.

4.5.2 *Contrôle de linéarité*

Un contrôle pratique de linéarité dans la gamme des hautes activités est indiqué en 6.2. Ce contrôle doit être effectué et enregistré à des intervalles n'excédant pas trois mois.

4.5.3 *Contrôle du bruit de fond*

Le bruit de fond doit être contrôlé et enregistré pour chaque séance de travail avec l'appareil.

4.5.4 *Fréquence des étalonnages*

Des étalonnages seront effectués et enregistrés annuellement, après une réparation et après de longues périodes de non-utilisation, en utilisant des sources étalons d'au moins deux radionucléides, couvrant les gammes d'activité et d'énergie utilisées.

4.6 *Précision et reproductibilité*

Les exigences minimales, en termes de précision et de reproductibilité pour de tels appareils, sont définies comme suit:

4.6.1 *Précision*

La précision des appareils, lorsqu'ils sont utilisés avec la géométrie de source recommandée par le constructeur pour des niveaux d'activité supérieurs à 3,7 x 10^6 Bq (100 µCi), doit être telle que l'activité mesurée avec une source étalon, comme défini à l'article 3, se trouve dans les limites de ±10 % de l'activité indiquée de l'étalon. La précision de mesure des activités au-dessous de 3,7 x 10^6 Bq (100 µCi) peut ne pas tomber dans les limites de ±10 % et devra être déterminée pour chaque instrument avec lequel de tels dosages seront effectués.

4.6.2 *Reproductibilité*

La reproductibilité concernant l'erreur statistique de mesure devra être telle que tous les résultats d'une série de 10 mesures successives sur une source d'activité plus grande que 3,7 x 10^6 Bq (100 µCi), et pour une même géométrie, seront situés à ±5 % de la valeur moyenne d'activité mesurée pour cette source, en supposant qu'il n'est pas nécessaire d'apporter des corrections de décroissance pendant la période de mesure retenue.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.5.1 *Reference source checks*

Calibration checks using long-lived reference sources shall be performed and logged on each work shift during which the instrument is used. These checks shall be repeated whenever sample readings are not within ±10 % of their anticipated assay. It is required that at least two such reference sources be available (for example, 3,70–7,40 x 10^6 Bq (100–200 µCi) of ^{137}Cs, and 40–180 x 10^6 Bq (1–5 mCi) of ^{57}Co with appropriate correction for decay). These sources could be alternated each day of use to test the instrument's performance over a range of photon energies and source activities. Such checks serve to verify the stability of the instrument for measurements of radionuclides for which calibrations have been established but for which standard sources are not always available for use.

4.5.2 *Linearity check*

A convenient high-activity-range linearity check is outlined in 6.2. This check shall be performed and logged at intervals not to exceed three months.

4.5.3 *Background checks*

Background checks shall be performed and logged on each work shift during which the instrument is used.

4.5.4 *Frequency of calibration*

Annually, following repair and following extended periods of non-utilization, calibrations using standard sources of at least two radionuclides covering the energy and activity ranges of interest shall be performed and logged.

4.6 *Accuracy and reproducibility*

Minimum requirements, in terms of accuracy and reproducibility for such instruments, are as follows:

4.6.1 *Accuracy*

The accuracy of the instruments, when used with the source geometry recommended by the manufacturer at activity levels above 3,7 x 10^6 Bq (100 µCi), shall be such that the measured activity of a standard source as defined in clause 3 shall be within ±10 % of the true activity of that source. The accuracy of measurements of activity levels below 3,7 x 10^6 Bq (100 µCi) may not fall within the ±10 % limits and should be determined for each instrument on which such assays will be performed.

4.6.2 *Reproducibility*

The reproducibility for random error of the measurement shall be such that all the results in a series of ten consecutive measurements on a source of activity greater than 3,7 x 10^6 Bq (100 µCi) in the same geometry shall be within ±5 % of the average measured activity for that source, assuming no decay corrections over the measurement period are required.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.6.3 *Action corrective*

Si les impératifs de précision et de reproductibilité ne sont pas atteints, l'appareil doit être étalonné, ou réparé et réétalonné. Si l'appareil présente des résultats erratiques, il doit être réparé et réétalonné.

5 Sources d'erreur

Les causes habituelles d'erreur dans le dosage des radionucléides avec des chambres d'ionisation sont les suivantes:

1) incertitude dans l'étalonnage de la source étalon;

2) variations dans la géométrie de l'échantillon à doser (voir 4.2.1);

3) variations du bruit de fond du rayonnement (particulièrement pour les mesures de faibles activités);

4) présence d'impuretés dans le radionucléide (voir 6.3);

5) variations de l'atténuation dues à des variations de l'épaisseur des parois ou du matériau du flacon (voir 6.4 et 6.5);

6) non-uniformité de la répartition de la radioactivité dans la source (voir 6.6. et 6.7);

7) non-linéarité de l'appareil;

8) instabilité de l'appareil.

6 Précautions

Parmi les principaux domaines où des anomalies ont été relevées avec des équipements de ce type, on peut citer:

6.1 *Dosage d'un radionucléide pour lequel aucun étalon ou dispositif d'étalonnage n'est disponible*

L'utilisateur doit prendre en considération tous les rayonnements gamma et autres photons (y compris ceux du rayonnement de freinage) et tous les rayonnements bêta émis à partir du récipient lors du dosage d'un radionucléide pour lequel il n'existe ni support précalibré ni module enfichable, ou pour lequel aucune source étalon n'est disponible. La connaissance de la réponse en énergie de la chambre d'ionisation est aussi nécessaire, particulièrement quand des énergies inférieures à 150 keV sont présentes dans le schéma de décroissance. En général, le constructeur devra être consulté pour avis sur de telles mesures.

6.2 *Effets de non-linéarité*

Un effet de non-linéarité pour les hauts niveaux d'activités est caractéristique pour ce type d'appareil et des mesures devront être prises pour éviter des erreurs résultant de cet effet. Il est important que les appareils soient contrôlés, pour un radionucléide donné, pour la gamme supérieure d'activité susceptible d'être utilisée.

6.2.1 *Contrôle de non-linéarité*

La linéarité de l'appareil peut être contrôlée en dosant l'activité maximale susceptible d'être utilisée puis en suivant la décroissance de l'activité de la source, en fonction du temps, jusqu'à atteindre une valeur d'activité dans la gamme où l'appareil est correctement étalonné (avec correction du bruit de fond, si nécessaire). Le ^{99m}Tc est un

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.6.3 *Corrective action*

If the accuracy or reproducibility requirements are not met, the instrument shall be recalibrated, or repaired and recalibrated. If the instrument exhibits erratic performance, it shall be repaired and recalibrated.

5 Sources of error

Common sources of error in the assay of radionuclides with ionization chambers are as follows:

1) uncertainty limits in the calibration of the standard source;
2) variations in geometries of the sample to be assayed (see 4.2.1);
3) variations in radiation background (particularly for low-activity measurements);
4) presence of radionuclide impurities (see 6.3);
5) changes in attenuation due to variations in container wall thickness or material (see 6.4 and 6.5);
6) non-uniformity of radioactivity distribution in the source (see 6.6 and 6.7);
7) non-linearity of the instrument;
8) instability of the instrument.

6 Precautions

Some of the major areas in which discrepancies have been experienced with equipment of this type are as follows:

6.1 *Assay of a radionuclide for which no standard or calibration setting is available*

The user shall consider all gamma-ray and other photon emissions (including bremsstrahlung) and all beta particle contributions to radiation emitted from the container when assaying a radionuclide for which no precalibrated radionuclide setting or plug-in module is provided, or for which no standard source is available. An understanding of the energy response of the ionization chamber is also necessary, particularly where energies of less than 150 keV are present in the decay scheme. In general, the manufacturer should be consulted for advice on such measurements.

6.2 *Non-linearity effects*

A non-linearity effect at very high activity levels is characteristic of equipment of this type and steps should be taken to guard against errors resulting from this effect. It is important that instruments be checked against activities at the upper end of the range of proposed use for a given radionuclide.

6.2.1 *Non-linearity check*

Instrument linearity may be checked by assaying the maximum activity likely to be utilized, then following the decay of the activity of the source until the measured activity is in the activity range where the instrument is properly calibrated (correcting for background as necessary). A suitable radionuclide for this purpose is ^{99m}Tc. Assuming that the final

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

radionucléide bien adapté pour cette mesure. En supposant que la valeur finale mesurée est correcte, on applique les corrections de décroissance aux mesures précédentes et on détermine, à partir de la valeur finale obtenue, l'écart avec les mesures corrigées de la décroissance. La non-linéarité ne devra pas dépasser ±5 %. Si la non-linéarité est supérieure à ±5 %, au-dessus d'un niveau d'activité donné, les mesures ne peuvent plus être considérées comme dignes de confiance à ce niveau ou au-dessus, et cela doit être spécifié pour l'appareil. Si des mesures précises au-dessus de tels niveaux sont nécessaires et si l'appareil ne peut être modifié, des facteurs correctifs doivent être définis pour chaque radionucléide et pour chaque géométrie.

6.2.2 *Contrôle de non-linéarité (autre méthode)*

Mesurer l'activité la plus élevée susceptible d'être utilisée, la diviser en deux parties et mesurer les deux parties (en complétant avec un diluant approprié pour compenser, si nécessaire, le changement de volume). Comparer la somme des deux lectures avec la lecture initiale après correction de décroissance. Des effets de non-linéarité dépassant ±5 % doivent être traités comme en 6.2.1.

6.3 *Impuretés du radionucléide*

La présence d'impuretés dans le radionucléide peut causer des erreurs importantes de dosage, particulièrement lors des mesures de radionucléides à vie courte effectuées plusieurs demi-vies après la préparation initiale. La détermination de l'activité et de la réponse relative aux impuretés peut se révéler nécessaire si des dosages précis doivent être réalisés.

6.4 *Emetteurs de particules bêta*

Quand une mesure de radionucléide émetteur de particules bêta est effectuée avec ce type d'appareil, le récipient a une grande importance. Les mesures des sources du même radionucléide et de même activité varieront grandement avec la composition du récipient (par exemple verre par rapport à un plastique) et avec l'épaisseur des parois. De telles mesures dépendent d'une mesure du rayonnement de freinage produit lors de l'absorption des «particules bêta» dans le matériau du récipient. La reproductibilité des mesures dépend de la constance, à la fois dans le choix des récipients et dans la manière d'utiliser l'instrument.

6.5 *Emetteurs de photons de basse énergie*

Des sources de photons de basse énergie (par exemple ^{125}I) peuvent être incorrectement dosées si l'on ne prend pas soin de la sélection des récipients des sources. L'épaisseur des parois du récipient plus l'épaisseur de la paroi de la chambre peuvent conduire à un facteur d'atténuation significatif pour les photons de basse énergie. D'importantes variations du volume des solutions ou de la composition du récipient peuvent aussi conduire à des résultats erronés dus aux variations d'absorption de ces photons de basse énergie dans la solution ou le récipient.

6.6 *Radionucléides gazeux dissous*

L'utilisateur doit être averti d'une possible source d'erreur dans les mesures de solutions radioactives qui tendent à être instables du fait qu'une partie du radionucléide peut être présent en phase gazeuse (par exemple ^{133}Xe en solution saline). Les résultats de lecture seront fortement dépendants de la répartition du radionucléide, qui se produit dans une telle situation, entre la phase gazeuse et la solution. Des lectures qui, de ce fait,

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

measurement is correct, decay correction is applied to earlier measurements and the deviation of the decay-corrected measurements from the final measurements is determined. Non-linearity deviation should be no greater than ±5 %. If non-linearity greater than ±5 % is detected above a given level of activity, measurements at or above this level may not be depended upon and the instrument shall be so labelled. If accurate measurements above such levels are necessary and the condition is not repairable, correction factors for each radionuclide and geometry shall be developed.

6.2.2 *Non-linearity check (alternative method)*

Measure the highest activity likely to be used, divide it into two parts and measure both parts (compensating for volume changes by adding a suitable dilutent as necessary). Compare the total parts with the original reading, correcting for decay. Non-linearity effects in excess of ±5 % shall be dealt with as in 6.2.1.

6.3 *Radionuclidic impurities*

The presence of radionuclidic impurities may result in large assay errors, particularly during the measurement of short-lived radionuclides several half lives after initial preparation. The determination of the relative impurity activity and response may be necessary if accurate assays are to be performed.

6.4 *Beta-particle emitters*

When measuring beta-particle-emitting radionuclides in an instrument of this type, the container becomes extremely important. Measurements on sources of the same radionuclide and activity will vary greatly with container composition (for example glass versus plastic) and wall thickness. Such measurements depend on a measure of bremsstrahlung produced by the deceleration of the beta particles in the container material. Reproducible measurements depend upon consistent container selection and consistency in the manner in which the instrument is used.

6.5 *Low-energy-photon emitters*

Low-energy-photon sources (for example ^{125}I) may be assayed incorrectly unless care is taken in the selection of the source container. The wall thickness of the container plus the thickness of the interior wall of the chamber may represent a significant attenuation factor for low-energy photons. Wide variations in solution volume or container composition may also lead to erroneous results due to variations in absorption of such low-energy photons in the solution or the container.

6.6 *Dissolved gaseous radionuclides*

The user must be alert to a possible source of error in the measurement of radioactive solutions that tend to be unstable to the extent that part of the radionuclide may be present in a gaseous phase (for example ^{133}Xe in saline). Readout results will be strongly dependent on the partitioning of the radionuclide between the gaseous and solution phases that occur in such a situation. Questionable readings in this regard may be

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

paraissent douteuses, peuvent être contrôlées en retirant le liquide du flacon avec une seringue à travers le bouchon de fermeture. La mesure du flacon après le retrait du liquide fournira une estimation de la quantité de gaz actif présent.

6.7 *Rétention de radionucléides*

Des précautions doivent être prises dans les mesures de radionucléides qui présentent une tendance à se déposer sur les parois ou sur le capot des récipients. Ce phénomène peut affecter les mesures en raison de changements à la fois de géométrie et de coefficients d'absorption interne. En répétant la mesure sur le flacon, après que le liquide aura été évacué, on obtiendra des indications qui pourront être utilisées pour déterminer l'activité qui a été perdue ou pour estimer la fraction due au dépôt.

6.8 *Sources simulées*

Bien qu'elles puissent se révéler utiles comme sources de contrôle, les sources simulées, d'une manière générale, ne sont pas recommandées comme sources d'étalonnage. De telles sources, qui sont généralement un mélange de radionucléides à vie longue choisis pour présenter un spectre approximatif des photons du radionucléide à simuler, peuvent ne pas fournir des données d'étalonnage précises, en termes de courant d'ionisation. De plus, leurs composantes peuvent décroître avec des vitesses différentes.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

checked by removing the liquid from the vial through the rubber septum with a syringe. Measurement of the vial after liquid removal will provide an estimate of the quantity of gaseous activity present.

6.7 *Plate-out of radionuclides*

Care shall be taken in the measurement of radionuclides that show a tendency to plate-out onto the walls or the cap of the container. This phenomenon may affect the measurement due to both change in geometry and change in internal absorption factors. Repeating the measurement on the vial after the liquid has been removed will yield data that may be used to determine the net activity removed or to estimate the fraction plated out.

6.8 *Simulated sources*

Although they may be useful as check sources, simulated sources in general are not recommended for activity calibration purposes. Such sources, which are usually mixtures of long-lived radionuclides chosen to yield an approximation of the photon spectrum of the radionuclide they simulate, may not yield accurate calibration data in terms of ionization current. Also, their component parts may decay at different rates.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ICS 17.240

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND