NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
62089

Première édition
First edition
2001-06

Instrumentation nucléaire – Etalonnage et utilisation des compteurs proportionnels à gaz alpha/bêta

Nuclear instrumentation – Calibration and usage of alpha/beta gas proportional counters

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62089:2001

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

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

  Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.
- **IEC Just Published**

  Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.
- **Service clients**

  Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

  Email: custserv@iec.ch
  Tél: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

  The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.
- **IEC Just Published**

  This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.
- **Customer Service Centre**

  If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

  Email: custserv@iec.ch
  Tel: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

.

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

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
62089

Première édition
First edition
2001-06

Instrumentation nucléaire – Etalonnage et utilisation des compteurs proportionnels à gaz alpha/bêta

Nuclear instrumentation – Calibration and usage of alpha/beta gas proportional counters

© IEC 2001 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 V

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

AVANT-PROPOS 6
INTRODUCTION 8

1 Domaine d'application et objet 10
2 Références normatives 10
3 Interprétations, définitions, acronymes et symboles 10
3.1 Interprétations 10
3.2 Définitions et acronymes 12
3.3 Symboles 20
4 Sources 20
4.1 Sources de référence 20
4.2 Sources d'étalonnage de l'efficacité 20
4.3 Sources de vérification 22
4.3.1 Sources de vérification d'assurance qualité 22
4.3.2 Sources de vérification des performances 22
5 Mesure du plateau et réglage du système 24
5.1 Mesure du plateau 24
5.2 Réglage des discriminateurs 28
5.2.1 Généralités 28
5.2.2 Réglages de la discrimination d'amplitude d'impulsion (méthode PHD) 30
5.2.3 Réglages de la discrimination du temps de montée (méthode RTD) 30
6 Etalonnage 32
6.1 Généralités 32
6.2 Efficacité 32
6.3 Corrections d'efficacité 32
7 Bruit de fond 32
8 Essais de performances 36
8.1 Généralités 36
8.2 Répétabilité du système 36
8.3 Efficacité du système 36
8.4 Vérification du bruit de fond de longue durée du compteur 36
8.5 Vérification des tensions de polarisation des plateaux alpha, bêta et de garde 36
8.6 Vérification de la diaphonie alpha/bêta 38
8.7 Efficacité du détecteur de garde 38
8.8 Vérification de l'efficacité alpha et bêta 38
8.9 Considérations générales relatives à la mesure des taux d'émission alpha/bêta 38
9 Détermination des incertitudes et de leur propagation 40
9.1 Généralités 40
9.2 Incertitudes spécifiques aux compteurs proportionnels à gaz alpha/bêta 44
10 Contrôle et assurance qualité 48

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

CONTENTS

FOREWORD 7
INTRODUCTION 9

1 Scope and object 11
2 Normative references 11
3 Interpretations, definitions, acronyms and symbols 11
3.1 Interpretations 11
3.2 Definitions and acronyms 13
3.3 Symbols 21
4 Sources 21
4.1 Reference sources 21
4.2 Efficiency calibration sources 21
4.3 Checking sources 23
4.3.1 Quality assurance checking sources 23
4.3.2 Performance checking sources 23
5 Plateau measurement and system settings 25
5.1 Plateau measurement 25
5.2 Discriminator settings 29
5.2.1 General 29
5.2.2 Pulse height discrimination settings (PHD method) 31
5.2.3 Rise-time discrimination settings (RTD method) 31
6 Calibration 33
6.1 General 33
6.2 Efficiency 33
6.3 Efficiency corrections 33
7 Background 33
8 Performance tests 37
8.1 General 37
8.2 System repeatability 37
8.3 System efficiency 37
8.4 Verification of long-time counter background 37
8.5 Verification of alpha, beta, and guard plateau bias points 37
8.6 Verification of crosstalk 39
8.7 Effectiveness of guard detector 39
8.8 Verification of alpha and beta efficiency 39
8.9 General considerations in measuring alpha/beta emission rates 39
9 Determination of uncertainties and their propagation 41
9.1 General 41
9.2 Specific uncertainties to alpha/beta gas proportional counters 45
10 Quality control and assurance 49

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

Annexe A (informative) Elaboration des références de travail à partir de solutions normalisées 50

Annexe B (informative) Conseils pour la mesure des échantillons 54

Bibliographie 66

Figure 1 – Plateau alpha mesuré avec une source Po-210 (comptage sur une minute à chaque tension) 26

Figure 2 – Plateau bêta mesuré avec une source Sr-90 (comptage sur une minute à chaque tension) 28

Figure 3 – Taux de comptage du bruit de fond alpha (■) et bêta (♦) sur une longue durée ... 34

Tableau 1 – Incertitudes 46

Tableau 2 – Estimation des contributions à l'incertitude 46

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

Annex A (informative) Preparation of working standards from standard solutions 51
Annex B (informative) Guidance on measurement of samples 55

Bibliography 67

Figure 1 – An alpha plateau measured with a Po-210 source (one-minute counts for each voltage) 27
Figure 2 – A beta plateau measured with a Sr-90 source (one-minute counts for each voltage) 29
Figure 3 – Alpha (■) and beta (♦) background count rates over a long period of time..... 35

Table 1 – Uncertainties 47
Table 2 – Estimated uncertainty contributions 47

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –

ÉTALONNAGE ET UTILISATION DES COMPTEURS PROPORTIONNELS À GAZ ALPHA/BÊTA

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Électrotechnique 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, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62089 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
45/496/FDIS	45/498/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2004. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

NUCLEAR INSTRUMENTATION – CALIBRATION AND USAGE OF ALPHA/BETA GAS PROPORTIONAL COUNTERS

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 specifications, 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 62089 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
45/496/FDIS	45/498/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A and B are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2004. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

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

INTRODUCTION

Cette norme concerne les systèmes de comptage proportionnels à gaz destinés à la mesure des taux d'émission alpha/bêta provenant d'échantillons. Ce genre de système est généralement constitué d'un ou plusieurs compteurs proportionnels à gaz, avec un système de circulation de gaz, des détecteurs de garde et le blindage approprié, ainsi que d'alimentations haute tension et d'une installation électronique de traitement du signal souvent reliée à un analyseur d'amplitude multicanal ou à un ordinateur. Il existe également des systèmes sans détecteurs de garde ou sans circulation de gaz. Des informations sur le principe de fonctionnement des compteurs alpha/bêta proportionnels à gaz sont données dans la bibliographie (voir [1][1], [2] et [3]).

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

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

INTRODUCTION

This standard is concerned with alpha/beta gas proportional counting systems for the measurement of alpha/beta emission rates from samples. A typical alpha/beta gas proportional counting system consists of one or more gas proportional counters with a gas flow system, guard detectors and suitable shielding together with high-voltage supplies and signal processing electronics frequently terminating in a multichannel pulse-height analyser or computer. There are also systems without guard detectors and systems without gas flow. For information on the principles of operation of alpha/beta gas proportional counters (see [1][1], [2] and [3]).

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

[1] Figures in square brackets refer to the bibliography.

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –

ÉTALONNAGE ET UTILISATION DES COMPTEURS PROPORTIONNELS À GAZ ALPHA/BÊTA

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux systèmes de comptage alpha/bêta proportionnels à gaz utilisés pour déterminer les taux d'émission de rayonnements alpha et bêta des radionucléides dans les comptages d'échantillons. Son but est d'établir des méthodes normalisées pour l'étalonnage et l'utilisation des compteurs proportionnels à gaz alpha/bêta, y compris la mesure de leurs caractéristiques.

Bien qu'elles s'appliquent surtout aux énergies de rayonnement bêta supérieures à 100 keV, les techniques exposées dans la présente norme sont également utiles pour les rayonnements bêta de moindre énergie, sous réserve d'un plus grand soin apporté à la préparation des échantillons et aux détails de l'étalonnage et de la mesure.

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. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, 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. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(393):1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 393: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60050(394):1995, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*

ISO 8769:1988, *Sources de référence pour l'étalonnage des moniteurs de contamination de surface – Emetteurs bêta (énergie bêta maximale supérieure à 0,15 MeV) et émetteurs alpha*

ISO 8769-2:1996, *Sources de référence destinées à l'étalonnage de sondes de contamination de surface – Partie 2: Electrons d'énergie inférieure à 0,15 MeV et photons d'énergie inférieure à 1,5 MeV*

ISO:1995, *Guide pour l'expression de l'incertitude des mesures*

VIM, *Vocabulaire international de la métrologie*

3 Interprétations, définitions, acronymes et symboles

3.1 Interprétations

Dans la présente norme, le mot «doit» indique une exigence, et l'expression «il convient que» une recommandation. Le mot «peut» indique une permission, mais il est également employé dans un sens plus général. Pour être conforme à la présente norme, le comptage proportionnel au gaz doit en respecter les exigences, mais pas nécessairement les recommandations. Il est toutefois recommandé de documenter la justification des écarts par rapport à ces dernières.

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

NUCLEAR INSTRUMENTATION –

CALIBRATION AND USAGE OF ALPHA/BETA GAS PROPORTIONAL COUNTERS

1 Scope and object

This International Standard applies to alpha/beta gas proportional counting systems used for the determination of the alpha-ray or beta-ray emission rates of radionuclides in sample counting. The intent is to establish standard methods for calibration and use of alpha/beta gas proportional counters, including measurement of their characteristics.

Though principally applicable to beta-ray energies in excess of 100 keV, the techniques described in this standard are also useful for beta-ray energies at lower energies, provided a higher degree of care is taken with regard to sample preparation and calibration and measurement details.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, 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. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(393):1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 393: Nuclear instrumentation: Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60050(394):1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation: Instruments*

ISO 8769:1988, *Reference sources for the calibration of surface contamination monitors – Beta-emitters (maximum beta energy greater than 0,15 MeV) and alpha-emitters*

ISO 8769-2:1996, *Reference sources for the calibration of surface contamination monitors – Part 2: Electrons of energy less than 0,15 MeV and photons of energy less than 1,5 MeV*

ISO:1995, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*

VIM, *International vocabulary for metrology*

3 Interpretations, definitions, acronyms and symbols

3.1 Interpretations

In this standard, the word "shall" denotes a requirement and the word "should" denotes a recommendation. The word "may" is used for stating permission but is also used in a more general sense. To conform to this standard, alpha/beta gas proportional counting shall be in accordance with its requirements but not necessarily in accordance with the recommend-ations; however, justification should be documented for deviations from a recommendation.

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

3.2 Définitions et acronymes

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions, abréviations et acronymes suivants s'appliquent.

3.2.1
activité (symbole: A)
quotient de dN par dt, où dN est l'espérance mathématique du nombre de transitions nucléaires spontanées à partir d'un état énergétique donné à un instant donné, pendant l'intervalle de temps dt
[VEI 393-04-10]

Symbole: $A = \mathrm{d}N/\mathrm{d}t$

3.2.2
taux d'émission alpha/bêta
nombre des particules alpha/bêta de toutes énergies émises par la surface d'un matériau dans l'espace environnant par unité de temps

NOTE 1 La source ou l'échantillon peuvent contenir un ou plusieurs radionucléides émetteurs d'alpha/bêta.

NOTE 2 Le **taux d'émission de surface** désigne l'émission provenant d'une seule surface de la source ou de l'échantillon (également appelé taux d'émission 2π): le taux d'émission englobe la totalité des émissions en 4π.

3.2.3
atténuation
réduction d'une grandeur liée au rayonnement, telle que l'énergie, la fluence, etc., lors du passage de ce rayonnement à travers la matière, résultant de tous les types d'interaction avec celle-ci

[VEI 393-03-20]

3.2.4
taux comptage de bruit de fond
comptage enregistré par un instrument lors de la mesure de rayonnements provenant de sources naturelles ou artificielles, à l'exclusion du rayonnement à mesurer

Il s'agit donc d'événements enregistrés par unité de temps pendant la mesure, et qui ne proviennent pas d'une source d'étalonnage, mais de l'environnement ou d'interactions de rayonnements cosmiques se produisant dans le compteur ou à proximité, et ayant échappé à l'éventuel détecteur de garde. Parmi les contributions au taux de comptage de bruit de fond figurent la décroissance naturelle de la radioactivité des matériaux composant le compteur et le blindage, et les radiations ionisantes provoquées par le rayonnement cosmique ou par le radon et ses descendants.

3.2.5
taux de comptage du blanc
comptage du rayonnement de fond avec l'échantillon vierge (support et matrice de l'échantillon) en place

NOTE L'échantillon vierge peut contenir des radionucléides naturels et leurs descendants, mais il convient que ces éléments soient maintenus au minimum raisonnablement possible.

3.2.6
source d'étalonnage
synonyme de source radioactive de référence (voir VEI 394-20-19)

3.2.7
source de vérification
terme désignant de façon générale à la fois (1) les sources de vérification des performances et (2) les sources de vérification d'assurance qualité définies dans la présente norme

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

3.2 Definitions and acronyms

For the purpose of this International Standard, the following definitions, abbreviations and acronyms apply.

3.2.1
activity (symbol: A)
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
[IEV 393-04-10]

Symbol: $A = \mathrm{d}N/\mathrm{d}t$

3.2.2
alpha/beta emission rate
release of alpha/beta particles of all energies from the surface of a material into the adjoining space per unit time

NOTE 1 The source or sample may contain one or more alpha/beta emitting radionuclides.

NOTE 2 The **surface emission rate** refers to the emission from only one surface of the source or sample (also called 2π emission rate): the emission rate covers the whole emission into 4π.

3.2.3
attenuation
reduction of a quantity related to radiation, such as energy, fluence, etc. upon passage of radiation through matter, resulting from all types of interaction with matter
[IEV 393-03-20]

3.2.4
background count rate
count rate recorded by an instrument when measuring radiation from natural and man-made sources, excluding the radiation intended to be measured

Thus they are events per unit time during the measurement procedure not caused by a calibration source, but rather from that occurring in the surrounding environment or from cosmic-ray interactions in, or adjacent to, the detector that have escaped detection by the guard detector, when present. Contributions to the background count rate can include naturally occurring radioactive decay in the structural materials comprising the counter, shielding, and cosmic-ray-induced ionizing radiation, as well as radon and its progeny.

3.2.5
blank count rate
count rate recorded by an instrument consisting of the background count rate with the sample blank (planchet and sample matrix) in place

NOTE The sample blank may contain naturally occurring radionuclides and their daughter products though these should be limited to the minimum reasonably achievable.

3.2.6
calibration source
synonymous with radioactivity standard source (see IEV 394-20-19)

3.2.7
checking source
general term that applies to both (1) performance checking sources and (2) quality assurance checking sources, as defined herein

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

3.2.8
incertitude combinée
incertitude résultant de la combinaison, par les méthodes statistiques normalisées, des incertitudes de catégories A et B, telles que définies par le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). On évalue les incertitudes de catégorie A en appliquant des méthodes statistiques à une série de mesures répétitives, et on les caractérise par l'écart type estimé S_A. Les incertitudes de catégorie B sont attribuées aux quantités dont les variations ne sont pas explicitement observées. Elles sont estimées à partir d'autres informations, par approximation d'un écart type correspondant, S_B, dont l'existence est supposée. Elles sont combinées comme si elles étaient toutes des écarts types

3.2.9
taux de comptage
nombre de coups par unité de temps
[VEI 394-19-03]

3.2.10
diaphonie, d'un compteur proportionnel
événement indésirable sur une voie (un canal) de signal en raison d'un couplage avec une autre

NOTE 1 **Diaphonie PHD:** dans le cas des compteurs alpha/bêta proportionnels, elle est constituée de la fraction des impulsions alpha enregistrées sur la voie bêta en raison d'une dégradation de leur amplitude, ou de la fraction des impulsions provenant de particules bêta enregistrées sur la voie alpha en raison d'un empilage des impulsions ou d'un autre phénomène. Il convient que la diaphonie bêta injectée dans la voie alpha soit négligeable si le point de fonctionnement (voir définition) a été correctement choisi.

NOTE 2 **Diaphonie RTD:** équivalent de la diaphonie PHD avec la méthode de discrimination par temps de montée (forme d'impulsion).

3.2.11
DVA
réglage de la tension du détecteur

3.2.12
source d'étalonnage de l'efficacité
source radioactive de référence dont l'activité est connue avec une grande précision, et dotée d'autres caractéristiques décrites en 4.2 de la présente norme, utilisée dans l'étalonnage de l'efficacité. Les sources d'étalonnage de l'efficacité de classe 1 sont celles dont l'étalonnage de l'efficacité est traçable jusqu'au NSLR du pays dans lequel elles sont utilisées. Les sources de classe 2 sont celles qui ont été préparées à partir de solutions radioactives traçables jusqu'au NSLR, ou obtenues auprès d'un fournisseur ayant avec le NSLR un programme d'assurance des mesures en cours

3.2.13
détecteur de garde
détecteur installé à proximité du détecteur de comptage de l'échantillon afin d'intercepter le même champ de rayonnement de fond cosmique et terrestre que lui et d'y réagir. Ce détecteur est normalement utilisé en mode anti-coïncidence afin d'éliminer les effets du rayonnement de fond

NOTE Les dispositifs électroniques qui comportent des circuits anti-coïncidence sont exigés en mode anti-coïncidence.

3.2.14
programme d'assurance des mesures (MAP)
programme permettant aux fabricants de vérifier la précision de leurs mesures par l'échange d'échantillons avec le NSLR de leur pays. Ces programmes comprennent l'analyse d'échantillons aveugles envoyés aux fournisseurs par le NSLR, et des mesures effectuées par le NSLR sur des sources certifiées provenant du fournisseur

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

3.2.8
combined uncertainty
uncertainty resulting from combining category A and category B uncertainties, as defined by the "Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)", using standard statistical methods. Category A uncertainties are evaluated by applying statistical methods to a series of repeated measurements and are characterized by the estimated standard deviation, S_A. Category B uncertainties are assigned to quantities whose variation is not explicitly observed. Category B uncertainties are determined by estimating from other information in approximation to a corresponding standard deviation, S_B, whose existence is assumed. They are combined as if they are all standard deviations

3.2.9
counting rate
number of counts per unit time
[IEV 394-19-03]

3.2.10
crosstalk, of a proportional counter
undesired event appearing in one signal path (channel) through coupling from another signal path

NOTE 1 **PHD crosstalk,** in the case of alpha/beta proportional counters, consists of the fraction of all recorded pulses from alpha pulses that are recorded in the beta channel due to degradation in their pulse-height or the fraction of all recorded pulses from beta particles that are recorded in the alpha channel due to pulse pile-up or other phenomena. The beta crosstalk into the alpha channel should be negligible if the operation point (see definition) has been selected correctly.

NOTE 2 **RTD crosstalk** is equivalent to the PHD crosstalk but the method of discrimination is rise time (pulse shape) discrimination.

3.2.11
DVA
detector voltage adjustment

3.2.12
efficiency calibration source
radioactivity standard source with activity known to high accuracy, with additional characterizations as described in 4.2 of this standard, and used for efficiency calibrations. A class 1 efficiency calibration source is one for which the activity calibration is traceable to the NSLR in the country in which the source is used. A class 2 efficiency calibration source is one that has been prepared from radioactive solutions traceable to the NSLR or obtained from a supplier who has an active measurements assurance program (MAP) with the NSLR

3.2.13
guard detector
detector mounted in proximity to the sample counting detector in order to intercept and react to the same background cosmic and terrestrial radiation field as the sample detector. Normally, this detector is used in an anti-coincidence mode to cancel out the effect of background radiation

NOTE Electronics that include anti-coincidence circuitry are required for an anti-coincidence mode.

3.2.14
measurements assurance program (MAP)
program that allows manufacturers to verify the accuracy of their measurements through exchange of samples with their countries NSLR. This involves the analysis of blind test samples sent to the suppliers by the NSLR, and NSLR measurement of sources certified and provided by the supplier

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

3.2.15
NSLR
laboratoire national de normalisation d'un pays pour les mesures de radioactivité

3.2.16
points de fonctionnement
positions, des réglages en canaux ou en tension, des discriminateurs des niveaux inférieur et supérieur pour chaque voie de comptage

3.2.17
gaz de comptage P-5
mélange gazeux couramment employé dans les compteurs alpha/bêta, et composé d'environ 5 % de méthane et 95 % d'argon

3.2.18
gaz de comptage P-10
mélange gazeux couramment employé dans les compteurs alpha/bêta, et composé d'environ 10 % de méthane et 90 % d'argon

3.2.19
source de vérification des performances
source radioactive servant à confirmer le fonctionnement normal des instruments de mesure, et conforme aux exigences de 4.3.2 (une source de vérification des performances n'est pas nécessairement étalonnée)

3.2.20
PHD
discrimination (ou discriminateur) de hauteur d'impulsion

3.2.21
empilement
phénomène par lequel l'apparition d'une impulsion sur la descente de l'impulsion précédente produit une indication incorrecte de l'amplitude de l'impulsion

NOTE Le phénomène d'empilement peut également empêcher de séparer des impulsions.

[VEI 394-19-14]

3.2.22
source de vérification d'assurance qualité (pour la vérification d'assurance de qualification des compteurs proportionnels alpha/bêta)
source radioactive utilisée quotidiennement pour l'assurance qualité, et conforme aux exigences de 4.3.1 pour de telles sources (une source de vérification d'assurance qualité n'est pas nécessairement étalonnée)

3.2.23
source radioactive
quantité de matériau radioactif ayant à la fois une activité et une activité massique au-dessus de niveaux spécifiés
[VEI 393-02-71]

NOTE Elle contient un ou plusieurs radionucléides dont la concentration d'activité ou le taux d'émission de rayonnements ionisants n'est pas nécessairement connu.

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

3.2.15
NSLR
national standardizing laboratory of a country for radioactivity measurements

3.2.16
operation points
locations in channels or voltage settings of the lower-level and upper-level discriminators for each counting channel

3.2.17
P-5 counting gas
gas mixture commonly used in alpha/beta counters consisting of approximately 5 % methane and 95 % argon.

3.2.18
P-10 counting gas
gas mixture commonly used in alpha/beta counters consisting of approximately 10 % methane and 90 % argon

3.2.19
performance checking source
radioactive source used in confirming the normal operation of measuring instruments and conforming to the requirements in 4.3.2 for such sources (a performance checking source is not necessarily calibrated)

3.2.20
PHD
pulse-height discrimination (or discriminator)

3.2.21
pile-up
phenomenon where a pulse appears on the tail of the preceding pulse so as to result in an incorrect indication of pulse amplitude

NOTE The pile-up can also result in failure to resolve some pulses.
[IEV 394-19-14]

3.2.22
quality assurance checking source (for qualification assurance checking of alpha/beta proportional counters)
radioactive source used for quality assurance purposes on a daily basis, and conforming to the requirements in 4.3.1 for such sources (a quality assurance checking source is not necessarily calibrated)

3.2.23
radioactive source
quantity of radioactive material having both an activity and a specific activity above specified levels
[IEV 393-02-71]

NOTE It contains one or several radionuclides whose activity concentration or emission rate of ionizing radiation may be but is not necessarily known.

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

3.2.24
source radioactive normalisée
source radioactive dont la radioactivité a été certifiée soit (1) par le laboratoire reconnu comme laboratoire national de normalisation pour les mesures de radioactivité (NSLR) du pays, soit (2) par un fournisseur participant avec ce laboratoire aux activités d'assurance des mesures, lorsque les normes voulues existent. Dans ces activités d'assurance des mesures, la valeur d'étalonnage du fournisseur doit correspondre à celle du laboratoire, avec pour tolérance l'incertitude globale déclarée par le fournisseur lors d'une vérification du même lot de sources ou de la certification de lots similaires

3.2.25
temps de montée (d'une impulsion)
intervalle séparant le moment auquel la valeur instantanée atteint pour la première fois les limites inférieure et supérieure, à savoir, sauf indication contraire, 10 % et 90 % de la valeur de crête d'une impulsion

3.2.26
RTD
discrimination (ou discriminateur) de temps de montée (voir VEI 394-03-14)

3.2.27
échantillon
quantité représentative d'une matière ou d'une combinaison de matières

3.2.28
source
terme général applicable aux sources définies par la présente norme

Voir aussi: source d'étalonnage
source de vérification
source d'étalonnage de l'efficacité
source de vérification des performances
source de vérification d'assurance qualité
source radioactive
source radioactive normalisée

3.2.29
traçabilité
propriété par laquelle le résultat d'une mesure peut être rattaché aux normes de mesure applicables, généralement nationales ou internationales, au moyen d'une chaîne ininterrompue de comparaisons
[VIM 6.12]

NOTE Dans le cadre de cette norme, la traçabilité est la possibilité de rattacher la précision des mesures effectuées sur des sources de radionucléides à des normes physiques nationales. Elle s'obtient en faisant la preuve d'une capacité à produire des sources normalisées précises par participation à un programme d'assurance des mesures en liaison avec le NSLR du pays et par la production de matières certifiées dans le cadre d'un programme d'assurance qualité conforme aux règles de la présente norme.

3.2.30
incertitude (dans le cadre de la présente norme)
voir 3.2.8

3.2.31
référence de travail
échantillon contenant un radionucléide de concentration d'activité connue et traçable par rapport à une référence connue du NSLR

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

3.2.24
radioactivity standard source
radioactive source that has been certified as to absolute radioactivity either by (1) the laboratory recognized as the national standardizing laboratory of the country for radioactivity measurements (NSLR) or (2) by a supplier who participates in measurement assurance activities with the NSLR when such standards are available. In such measurement assurance activities, the radioactivity calibration value of the supplier shall agree with the NSLR value within the overall uncertainty stated by the supplier in its verification of the same batch of sources or in its certification of similar batches

3.2.25
rise time (of a pulse)
interval between the instants at which the instantaneous value first reaches specified lower and upper limits, namely 10 % and 90 % of the peak pulse value unless otherwise specified

3.2.26
RTD
rise time discrimination (or discriminator) (see IEV 394-03-14)

3.2.27
sample
representative quantity of a material or combination of materials

3.2.28
source
general term that applies to any of the sources defined herein

See also: calibration source
checking source
efficiency calibration source
performance checking source
quality assurance checking source
radioactive source
radioactivity standard source

3.2.29
traceability
property of the result of a measurement whereby it can be related to appropriate measurement standards, generally international or national standards, through an unbroken chain of comparisons
[VIM 6.12]

NOTE For this standard, traceability refers to the ability to relate the measurement accuracy of radionuclide sources to national physical standards. It is achieved by demonstrating the capability to produce accurate standardized sources by participation in a measurements assurance program with linkage to the country's NSLR and production of certified materials in accordance with a quality assurance program that meets the guidance provided in this standard.

3.2.30
uncertainty (for this standard)
see 3.2.8

3.2.31
working standard
sample containing a known activity concentration of a radionuclide and traceable to a known NSLR standard

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

3.3 Symboles

$\sigma_{R\alpha}$ Incertitude nette du taux de comptage alpha
$\sigma_{R\beta}$ Incertitude nette du taux de comptage bêta
C_α Concentration d'activité des émetteurs alpha
C_β Concentration d'activité des émetteurs bêta
ε_α Efficacité alpha
ε_β Efficacité bêta
N_α Total des coups sur la voie alpha
N_β Total des coups sur la voie bêta
R_α Taux de comptage alpha net
R_β Taux de comptage bêta net
$R(\mathrm{B})_\alpha$ Taux de comptage de bruit de fond alpha
$R(\mathrm{B})_\beta$ Taux de comptage de bruit de fond bêta
t_0 Temps de comptage de l'échantillon
t_B Temps de comptage du bruit de fond
$T_{\alpha+\beta}$ Nombre de coups par la méthode DVA en mode alpha/bêta
T_α Nombre de coups par la méthode DVA en mode alpha seulement
T_β Nombre de coups par la méthode DVA en mode bêta seulement
V Volume de l'échantillon
W_α Facteur de correction nécessaire pour la perte d'efficacité alpha
W_β Facteur de correction nécessaire pour la perte d'efficacité bêta
$X_{\alpha->\beta}$ Coefficient de diaphonie alpha-vers-bêta en pourcentage
$X_{\beta->\alpha}$ Coefficient de diaphonie bêta-vers-alpha en pourcentage

4 Sources

4.1 Sources de référence

Les sources de référence sont décrites dans l'ISO 8769 et l'ISO 8769-2.

4.2 Sources d'étalonnage de l'efficacité

Les sources d'étalonnage de l'efficacité sont des sources radioactives normalisées, selon la définition de 3.2.12, de forte activité (en général de l'ordre de 500 Bq). Il convient qu'elles reproduisent la géométrie et la matrice qu'auront les échantillons inconnus, c'est-à-dire les références de source ponctuelle pour les échantillons à source ponctuelle, les références dispersées pour les échantillons à sources dispersées, etc. Il convient que des sources d'étalonnage de l'efficacité soient disponibles pour chaque type d'émetteur alpha et bêta dont on peut prévoir la présence dans les échantillons. Ces sources doivent être de classe 1 ou 2.

Attention: Une source d'étalonnage de l'efficacité ne doit contenir qu'un seul radionucléide ou que les radionucléides concernés.

Il convient que l'activité de la source d'étalonnage de l'efficacité soit suffisante pour permettre d'acquérir les données d'étalonnage en un temps raisonnable, sans toutefois créer dans l'instrument un temps mort de plus de quelques pour-cent.

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

3.3 Symbols

$\sigma_{R\alpha}$ Net alpha counting rate uncertainty
$\sigma_{R\beta}$ Net beta counting rate uncertainty
C_α Activity concentration for alpha emitters
C_β Activity concentration for beta emitters
ε_α Alpha efficiency
ε_β Beta efficiency
N_α Total counts in the alpha channel
N_β Total counts in the beta channel
R_α Net alpha counting rate
R_β Net beta counting rate
$R(\mathrm{B})_\alpha$ Alpha background counting rate
$R(\mathrm{B})_\beta$ Beta background counting rate
t_0 Sample count time
t_B Background count time
$T_{\alpha+\beta}$ Number of counts in the DVA method alpha/beta mode
T_α Number of counts in the DVA alpha-only mode
T_β Number of counts in the DVA beta-only mode
V Sample volume
W_α Correction factor required for the alpha efficiency loss
W_β Correction factor required for the beta efficiency loss
$X_{\alpha->\beta}$ Alpha-to-beta crosstalk factor in per cent
$X_{\beta->\alpha}$ Beta-to-alpha crosstalk factor in per cent

4 Sources

4.1 Reference sources

Reference sources are included in ISO 8769 and ISO 8769-2.

4.2 Efficiency calibration sources

Efficiency calibration sources are radioactivity standard sources, as defined in 3.2.12, having a high activity (typically about 500 Bq). They should reproduce the expected geometry and matrix of the unknown samples, i.e. point source standards for point source samples and distributed standards for distributed samples, etc. Efficiency calibration sources should be available for each type of alpha and beta emitter expected to be present in samples. They shall be of either class 1 or class 2.

Caution: An efficiency calibration source shall contain only one radionuclide or radionuclides of interest.

The activity of the efficiency calibration source should be such that calibration data on that source can be acquired in a reasonable amount of time, yet without creating a dead time of more than a few per cent in the instrument.

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

Avertissement: Le choix des sources d'étalonnage de l'efficacité impose certaines précautions. Certaines sources planes avec un étalonnage d'activité certifié par le NSLR ne fournissent pas toujours une référence satisfaisante pour l'étalonnage du taux d'émission de surface, dans la mesure où la référence a été étalonnée par scintillation liquide ou par mesure gamma. Dans ces cas, l'étalonnage d'activité est correct en ce qui concerne le contenu en becquerels de la source, mais pas du point de vue du taux d'émission de 2π alpha ou de particules bêta depuis la surface d'une source préparée. Si l'on a besoin du taux d'émission de surface 2π, l'efficacité doit être mesurée avec une référence d'émission de surface.

4.3 Sources de vérification

Il existe deux types de sources de vérification: (1) les sources de vérification d'assurance qualité, et (2) les sources de vérification des performances. Une même source répondant à la fois aux exigences de 4.3.1 et de 4.3.2 peut servir aussi bien de source de vérification d'assurance qualité que de source de vérification des performances.

4.3.1 Sources de vérification d'assurance qualité

Les sources de vérification d'assurance qualité servent à établir la variation statistique de l'instrument par une vérification quotidienne de son efficacité. Bien qu'il ne soit pas nécessaire que ces sources aient une activité, une précision ou une géométrie particulières, il est recommandé de les choisir précisément caractérisées. En revanche, les mesures d'assurance qualité doivent toujours être effectuées avec les mêmes sources, la même géométrie de comptage et la même durée de mesure. Si des produits de filiation sont présents dans la source, tous les constituants doivent être à l'équilibre pour toutes les mesures.

Il convient que les sources de vérification d'assurance qualité aient une activité de 200 Bq à 1 000 Bq et une très faible auto-absorption. Elles sont généralement à dépôt électrolytique ou anodisées.

4.3.2 Sources de vérification des performances

Les sources de vérification des performances servent à déterminer les caractéristiques de plateau du détecteur et à fixer les discriminateurs alpha/bêta (par PHD ou RTD). Elles ont également beaucoup d'autres usages, dont le paramétrage, la maintenance et le diagnostic du système. Si l'instrument est employé à la fois pour des mesures alpha et bêta, il est nécessaire d'employer deux sources séparées, l'une pour les performances alpha et l'autre pour les performances bêta.

Il convient que l'activité des sources de vérification des performances soit choisie de telle sorte qu'il soit possible de recueillir un nombre statistiquement significatif d'événements au-dessus du bruit de fond sur une durée convenable. Il convient que cette activité ne soit toutefois pas intense au point que le temps mort de l'électronique provoque une perte d'événements de plus de 5 %. Une activité de 170 Bq à 840 Bq (10 000 à 50 000 désintégrations par minute) devrait suffire pour donner de bons résultats sans créer de temps morts excessifs dans l'électronique. Si le manuel de l'instrument ne donne pas d'informations sur le degré auquel le taux de comptage affecte le temps mort, il est recommandé de le mesurer de façon empirique sur une source en décroissance dont on connaît avec précision la demi-vie (par exemple ^{56}Mn) ou avec un jeu de sources (par exemple ^{60}Co) dont les ratios relatifs d'activité sont connus avec précision, et dont les activités passent d'un faible niveau à plus de 100 000 comptages par seconde (voir par exemple [9] et [10]). Ces jeux de sources sont disponibles dans le commerce.

La précision de l'activité indiquée n'est pas un point important étant donné que les sources ne sont pas utilisées pour mesurer les coefficients de correction de l'efficacité. Il reste toutefois permis d'employer des sources d'une activité connue avec précision.

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

Warning: Caution should be used in obtaining efficiency calibration sources. Some planchet sources with a certified NSLR activity calibration are not necessarily suitable for use as a surface emission rate calibration standard. This is the case when the standard has been calibrated by a liquid scintillation or a gamma measurement. As such, the activity calibration is correct in terms of becquerels for the source content but is not correct as the 2π alpha or beta-particle emission rate from the surface of a prepared source. When the 2π surface emission rate is required, the efficiency shall be measured with a surface emission standard.

4.3 Checking sources

There are two types of checking sources: (1) quality assurance checking sources, and (2) performance checking sources. A single source that meets the requirements of both 4.3.1 and 4.3.2 can serve both as a quality assurance checking source and as a performance checking source.

4.3.1 Quality assurance checking sources

Quality assurance checking sources are used to establish the statistical variance of the instrument via a daily check of efficiency. It is not necessary for these sources to have any particular activity, accuracy, or geometry, although the use of accurately characterized sources is recommended. However, the quality assurance measurements shall always be made employing the same sources, the same counting geometry, and the same measurement time. If daughter products are present in a source, then all constituents shall be at equilibrium for all measurements.

Quality assurance checking sources should have activities of 200 Bq to 1 000 Bq and should exhibit very little self-absorption. Typically, they are electroplated or anodized.

4.3.2 Performance checking sources

Performance checking sources are used to determine the detector plateau characteristics and to set the alpha/beta discriminators (via either PHD or RTD). They are also used for a wide variety of other purposes including system set-up, maintenance and diagnostics. If both alpha and beta measurements are to be made with the instrument, two separate sources, one for the alpha performance, and one for the beta performance shall be used for these check measurements.

The activity of the performance checking sources should be chosen so that a statistically meaningful number of events above the background can be collected in a convenient period of time. However, the source activities should not be so great that the dead time of the electronics causes a loss of events in excess of 5 %. An activity from 170 Bq to 840 Bq (10 000 to 50 000 decays per minute) should be sufficient to yield good results and yet not create too much dead time in the electronics. If the operator's manual does not contain information on the degree to which the dead time is effected by the count rate, it should be measured empirically from a decaying source with a short precisely known half-life (for example, ^{56}Mn) or with a set of sources (for example, ^{60}Co) whose relative ratios of activity are precisely known and whose activities change from low to over 100 000 counts per second (see for example [9] and [10]). Such a set of sources can be obtained commercially.

The accuracy of the reported activity is not an important consideration since the sources are not used for measuring the efficiency correction factors, although the use of sources with accurately known activities is permitted.

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

5 Mesure du plateau et réglage du système

5.1 Mesure du plateau

Pour déterminer la tension de fonctionnement optimale du compteur, il est nécessaire de caractériser son taux de comptage par rapport à la tension (la courbe de plateau). La courbe de plateau doit être mesurée lors de la première utilisation de l'instrument. Elle doit être mesurée à nouveau à chaque changement de bouteille de gaz, à moins que des essais ne prouvent que le nouveau gaz ne modifie pas le taux de comptage obtenu. Si la courbe de plateau est déterminée de nouveau, le coefficient d'efficacité, le réglage du discriminateur et, si nécessaire, le taux de bruit de fond doivent l'être aussi.

La longueur du plateau, en général de l'ordre de 150 V, dépend de l'instrument et de la géométrie de comptage. C'est pourquoi il convient que la courbe de plateau soit établie avec des sources semblables aux échantillons à analyser. Si les recommandations du fabricant concernant les tensions de fonctionnement ne donnent pas de description de la longueur du plateau, il sera nécessaire de l'établir lors de la procédure d'étalonnage.

Les trois méthodes de discrimination généralement employées sont les suivantes.

a) **Réglage de tension du détecteur (DVA).** Dans cette méthode, l'échantillon est d'abord soumis à un comptage avec le détecteur en mode alpha seulement pour obtenir un comptage alpha, puis en mode alpha/bêta. Cette méthode impose de déterminer les deux plateaux alpha et bêta.

b) **Discrimination de hauteur d'impulsion (PHD).** Dans cette méthode, l'échantillon est d'abord soumis à un comptage avec le détecteur en mode alpha/bêta, et les alpha sont différenciés des bêta grâce à l'amplitude supérieure de leur signal. En mode alpha/bêta, il suffit de déterminer le seul plateau bêta. En mode alpha seulement, il est nécessaire de déterminer un plateau alpha séparé.

c) **Discrimination de temps de montée (RTD).** Dans cette méthode, l'échantillon est d'abord soumis à un comptage avec le détecteur en mode alpha/bêta, et les alpha sont séparés des bêta d'après leur temps de montée, lequel est plus court (en raison d'une ionisation plus forte) que celui des impulsions bêta. En mode alpha/bêta, il suffit de déterminer le seul plateau bêta. En mode alpha seulement, il est nécessaire de déterminer un plateau alpha séparé.

NOTE Cette méthode peut également être appelée **discrimination de forme d'impulsion**.

Pour utiliser les méthodes PHD ou RTD, il est nécessaire de déterminer les courbes de taux de comptage par rapport à la tension (c'est-à-dire les plateaux) sans aucune contrainte supplémentaire, de façon à ne pas exclure les alpha ou bêta décalés en énergie. Le plateau bêta doit être déterminé avec une source séparée à bêta seulement, et le plateau alpha avec une source séparée à alpha seulement. Les sources mixtes alpha et bêta ne doivent pas être employées.

Une courbe de plateau doit être produite par une série de comptages de la source en augmentant entre chaque comptage la tension appliquée au détecteur. Il convient que cette opération soit effectuée par petits incréments (par exemple, 10 V, sans dépasser 50 V par étape).

Après chaque comptage, il est recommandé de tracer, pour chaque réglage de tension, la courbe de la relation entre la tension et le coup total. Avec les gaz de comptage P-5 ou P-10, la courbe produite par une source alpha augmente à partir de zéro coup pour environ 400 V, et commence à s'aplanir à environ 700 V. Avec une source bêta, la courbe part de zéro comptage à environ 1 000 V, pour s'aplanir à environ 1 400 V sur la plupart des systèmes, quoique certains compteurs aient leurs plateaux et leur tension de fonctionnement à des tensions supérieures.

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

5 Plateau measurement and system settings

5.1 Plateau measurement

In order to determine the optimum operating voltage of the counter, it needs to be characterized for its count rate versus voltage performance (the plateau curve). The plateau curve shall be measured when the instrument is first used. It shall be re-measured whenever there is a change of gas cylinder unless tests prove that there are no changes in the count rate response with the new gas. If the plateau curve is re-determined, the efficiency factor, discriminator setting and background rate shall be redetermined, and, if necessary, shall be re-established.

The length of the plateau, typically about 150 V, is dependent on the instrument and the counting geometry. Therefore, the plateau curve should be established with sources that resemble the samples to be analysed. If the manufacturer's recommendations for operational voltages do not include a description of the length of the plateau, it shall be established as part of the calibration procedure.

There are generally three methods of alpha/beta discrimination.

a) **Detector voltage adjustment (DVA).** In this method, the sample is first counted with the detector biased in the alpha-only mode of detection (to derive an alpha count), and then in the alpha/beta mode. For this method, both alpha and beta plateaux shall be determined.

b) **Pulse height discrimination (PHD).** In this method, the sample is typically counted with the detector biased in the alpha/beta mode, and the alphas are differentiated from the betas by virtue of their larger signal amplitude. In the alpha/beta mode, only the beta plateau needs to be determined. When used in the alpha-only mode, a separate alpha plateau shall be determined.

c) **Rise time discrimination (RTD).** In this method, the sample is typically counted with the detector biased in the alpha/beta mode, and the alphas are separated from the betas by virtue of the fact that the rise time of the alpha pulses is shorter (due to more ionization) than for the beta pulses. In the alpha/beta mode, only the beta plateau needs to be determined. When used in the alpha-only mode, a separate alpha plateau shall be determined.

NOTE This method may also be called **pulse shape discrimination**.

When using the PHD or the RTD method, the count rate versus voltage curves (i.e. the plateaux) shall be determined without any additional constraints, so as not to exclude any energy-shifted alphas or betas. The beta plateau shall be determined with a separate beta-only source and the alpha plateau with a separate alpha-only source. Mixed alpha and beta sources shall not be used.

A plateau curve shall be generated by a series of source counts while increasing the high voltage applied to the detector after each count. This procedure should be performed with small voltage increments (for example, 10 V but no more that 50 V per step).

After a source is counted, a plot should be made of high voltage versus the total number of counts accumulated at each high-voltage setting. With P-5 or P-10 counting gas, the curve generated with an alpha source will begin to increase from zero counts at about 400 V and level off at about 700 V. The curve generated with a beta-emitting source will begin to increase from zero counts at about 1 000 V and level off at about 1 400 V for most systems, though for some counters the plateaux and operating voltages are at higher voltages.

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

Il convient que les tensions appliquées pour les deux modes soient choisies dans les régions de plateau des courbes. Les tensions de fonctionnement optimales pour les mesures en alpha seulement et en alpha/bêta simultané correspondent aux points de pente minimum des courbes respectives, lesquels se situent en général entre 30 V et 150 V au-dessus du coude de la courbe de plateau. Pour une source ponctuelle très proche du détecteur, il convient que la pente du plateau alpha ne dépasse normalement pas 5 % sur une plage de 100 V. Il est recommandé d'identifier la cause de toute augmentation supérieure à 5 %. Il peut par exemple être nécessaire de changer le gaz de comptage ou le fil d'anode. De même, dans des conditions analogues, si le plateau bêta a une pente supérieure à 5 % sur une plage de 100 V, il est recommandé d'en identifier la cause et de prendre les mesures voulues.

Les figures 1 et 2 montrent des courbes de plateau alpha et bêta représentatives, respectivement relevées avec des sources ^{210}Po (alpha) et ^{90}Sr-^{90}Y (bêta) avec le gaz de comptage P-10 dans un compteur de type galette. On notera que la pente de 5 % sur une plage de plateau de 100 V concerne les sources ponctuelles. Avec des sources dispersées, cette plage peut être plus grande.

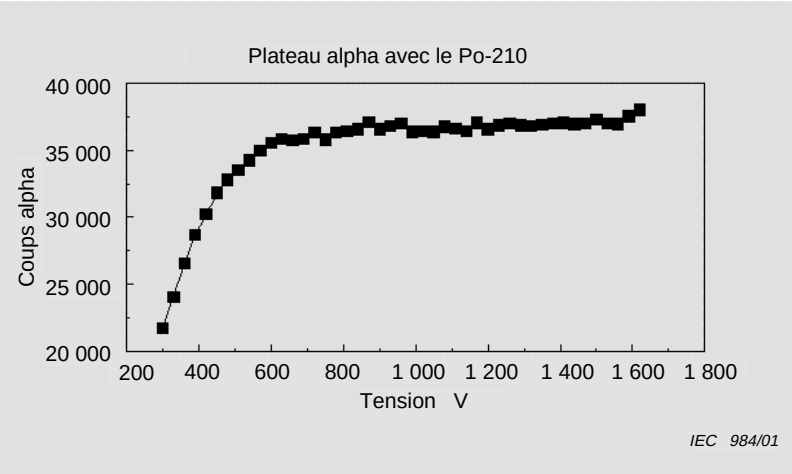

Figure 1 – Plateau alpha mesuré avec une source Po-210 (comptage sur une minute à chaque tension)

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

The bias voltages for the two modes should be selected within the plateau regions on the curves. The optimum operational voltages for alpha-only and simultaneous alpha/beta operation correspond to the points of the minimum slope on the respective curves which is typically 30 V to 150 V above the knee of the plateau curve. For a point source in close proximity to the detector, the alpha plateau slope should not exceed 5 % over a range of 100 V. If the increase is greater than 5 %, the cause should be identified. For example, the counting gas or the anode wire may need replacement. Likewise, if under the same kind of conditions, the beta plateau has a slope greater than 5 % over a range of 100 V, the cause should be identified and proper action taken.

Figure 1 and figure 2 show typical alpha and beta plateau curves taken with ^{210}Po (alpha) and ^{90}Sr-^{90}Y (beta) sources, respectively, using P-10 counting gas in a pancake shaped counter. Note that the 5 % slope over a 100 V plateau range applies for point sources; with distributed sources, the plateau slope may be greater.

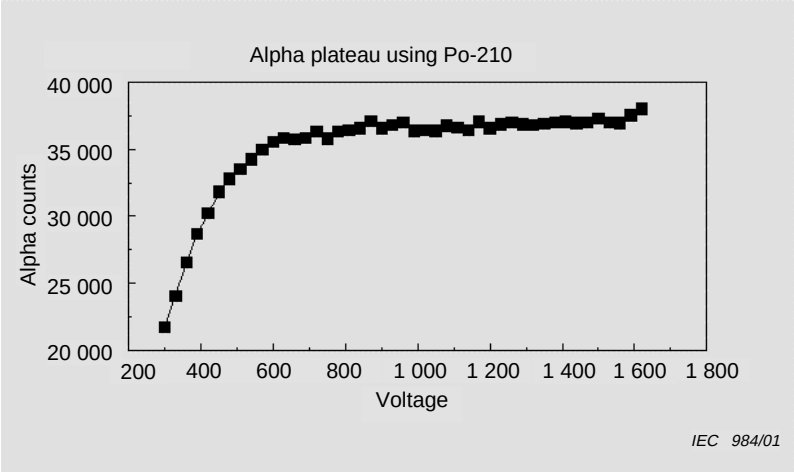

Figure 1 – An alpha plateau measured with a Po-210 source (one-minute counts for each voltage)

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

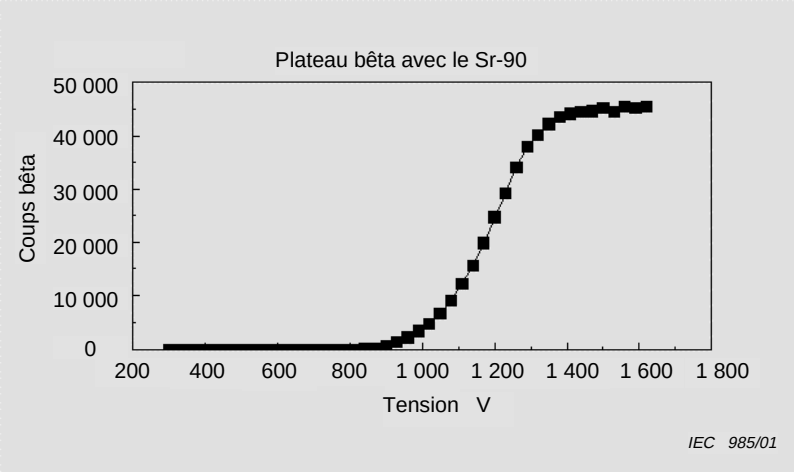

Figure 2 – Plateau bêta mesuré avec une source Sr-90 (comptage sur une minute à chaque tension)

5.2 Réglage des discriminateurs

5.2.1 Généralités

Un système type de comptage proportionnel utilise soit la PHD soit la RTD pour différencier les impulsions provenant des particules alpha et bêta. Le réglage de ces discriminateurs est d'une grande importance pour la précision du résultat final, notamment dans le cas de radionucléides mixtes, ou d'échantillons à autoabsorption variable.

En mode DVA, il convient de choisir une position de large ouverture pour les discriminants. La différenciation entre alpha et bêta ne s'effectue que par le choix de la tension de fonctionnement.

On appelle diaphonie les cas où un événement alpha est enregistré comme bêta par le système, ou inversement. Ce phénomène peut avoir pour origine la conception du détecteur, le gaz de comptage, les réglages de l'électronique et, dans une certaine mesure, l'état physique de l'échantillon. La diaphonie doit être indiquée en pourcentage du nombre total d'événements provenant de la voie en question. Ainsi, la diaphonie alpha est la quantité de coups alpha apparaissant dans la voie bêta, exprimés en pourcentage du comptage total des bêta, et vice versa pour la diaphonie bêta.

La diaphonie étant susceptible de compromettre la précision d'une mesure, il est souhaitable de réduire ce phénomène au minimum. Il est toutefois plus important encore de connaître avec précision les coefficients de correction à leur appliquer. Une erreur dans ce domaine, même si elle est relativement faible, peut conduire à une détérioration de la précision globale de la mesure.

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

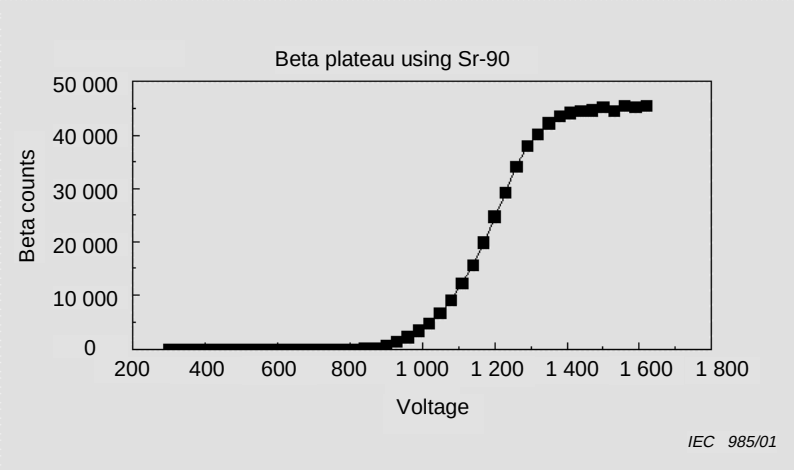

Figure 2 – A beta plateau measured with a Sr-90 source (one-minute counts for each voltage)

5.2 Discriminator settings

5.2.1 General

A typical proportional counting system uses either PHD or RTD to differentiate between pulses arising from alpha and beta particles. Adjustment of these discriminator settings is of importance to the accuracy of the final result, particularly in the case of mixed radionuclides, and in the cases of samples with varying self-absorption.

In the DVA mode, the discriminators should be set to a wide open position. Differentiation between alphas and betas is achieved only through selection of the operating voltage.

Crosstalk is an effect whereby an alpha event is recorded by the system as a beta event and vice versa. This effect can be caused by the detector design, counting gas, electronic settings, and to some extent by the physical condition of the sample. Crosstalk shall be stated as a percentage of the total events from the originating channel. Thus the alpha crosstalk is the amount of alpha-induced counts showing up in the beta channel expressed as a percentage of the total alpha counts, and vice versa for the beta crosstalk.

Since crosstalk can affect the accuracy of a measurement, minimization of the effect is desirable. However, it is more important that the crosstalk factors be precisely known. Errors in these correction factors, even if relatively small, can lead to deterioration of the overall accuracy of the measurement.

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

Les corrections de diaphonie doivent être faites à l'aide de sources de vérification d'une même teneur en radionucléides et d'une même composition matricielle que celles rencontrées dans les échantillons. Il convient que le seuil du détecteur soit réglé à la tension de plateau optimale pour une mesure alpha/bêta simultanée.

5.2.2 Réglages de la discrimination d'amplitude d'impulsion (méthode PHD)

La première étape de réglage de la correction des parasites consiste à placer la source bêta dans la chambre d'échantillon du détecteur. Le discriminateur de niveau bas de la voie alpha doit ensuite être réglé à un niveau nettement supérieur à la hauteur d'impulsion prévue pour un événement bêta quelconque, mais inférieur à la plus faible énergie alpha prévisible. Le discriminateur bêta de niveau haut doit être réglé à la même valeur que le discriminant alpha de niveau bas. Le discriminateur bêta de niveau bas doit être réglé juste au-dessus du niveau de bruit de l'électronique, afin que ce dernier ne déclenche pas le comptage bêta. Le discriminant alpha de niveau haut doit être réglé au-dessus de l'énergie alpha la plus élevée prévisible, ou aussi haut que le permet l'instrument.

Les discriminateurs de niveau haut bêta et de niveau bas alpha doivent être réglés ensemble jusqu'à ce que le pourcentage d'événements bêta sur la voie alpha soit au niveau désiré. On doit alors retirer de la chambre la source bêta et la remplacer par une source alpha seulement. Le discriminateur bêta de niveau haut doit alors être réduit jusqu'à ce que le pourcentage d'alpha sur la voie bêta soit au niveau désiré.

5.2.3 Réglages de la discrimination du temps de montée (méthode RTD)

La première étape consiste à régler la tension de polarisation du détecteur à la tension de plateau optimale pour un comptage alpha/bêta simultané, de la façon précédemment décrite. La source de bêta seulement doit être placée dans la chambre d'échantillon, et le temps de montée alpha doit être réglé à la plus longue durée permise par l'instrument. La fenêtre de temps de montée bêta doit ensuite être réglée à la plus courte durée permise par l'instrument (c'est-à-dire pleine ouverture). Ceci aura pour effet d'inclure tous les comptages bêta possibles sur la voie bêta et de faire apparaître sur la voie alpha quelques comptages induits par les bêta. En prenant les comptages bêta de la voie bêta comme 100 %, le temps de montée alpha doit ensuite être diminué avec précaution jusqu'à ce que le comptage dû aux bêta apparaissant sur la voie alpha soit ramené au niveau désiré, par exemple, 3 % à 5 % des comptages de la voie bêta. On appelle ce réglage le «réglage de la discrimination du temps de montée alpha».

La source de vérification bêta doit être remplacée par une source de vérification alpha. Le réglage est similaire à celui de la voie alpha. Le temps de montée bêta doit être réglé à la durée la plus courte permise par l'instrument. La fenêtre de temps de montée alpha doit ensuite être réglée à la durée la plus longue permise par l'instrument (c'est-à-dire pleine ouverture). Ceci aura pour effet d'inclure tous les comptages alpha possibles sur la voie alpha et de faire apparaître sur la voie bêta quelques comptages induits par les alpha. En prenant la valeur des comptages alpha de la voie alpha comme 100 %, le temps de montée bêta doit ensuite être augmenté avec précaution jusqu'à ce que le comptage dû aux alpha apparaissant sur la voie bêta soit ramené au niveau désiré, par exemple, 3 % à 5 % des comptages de la voie alpha. On appelle ce réglage le «réglage de la discrimination du temps de montée bêta».

Le temps de montée alpha doit enfin être réglé et bloqué sur le «temps de montée alpha» déterminé lors du premier réglage, et le temps de montée bêta sur le «temps de montée bêta» déterminé lors du deuxième. Aucun autre réglage n'est nécessaire.

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

Crosstalk adjustments shall be made using check sources with the same radionuclide contents and matrix composition as encountered in the samples. The detector bias should be set at the optimum plateau voltage for simultaneous alpha/beta operation.

5.2.2 Pulse height discrimination settings (PHD method)

The first step in setting the crosstalk is to place the beta source inside the detector sample chamber. As interim settings, the alpha channel lower-level discriminator shall then be set well above the expected pulse height of any beta event, but below the lowest expected alpha energy. The beta upper-level discriminator shall then be set at the same level as the alpha lower-level discriminator. The beta lower-level-discriminator shall be set just above the noise level of the electronics to prevent triggering the beta counter on noise. The alpha channel upper-level discriminator shall be set above the highest expected alpha energy, or as high as the instrument permits.

The beta upper-level and alpha lower-level discriminators shall be adjusted together from, their interim settings until the crosstalk percentage of the beta events into the alpha channel is at the desired level. The beta source shall be removed from the chamber and an alpha-only source inserted. The beta upper-level discriminator shall be reduced until the desired level of alpha into beta crosstalk is achieved.

5.2.3 Rise-time discrimination settings (RTD method)

The first step shall be to ensure that the detector bias is set to the optimum plateau voltage for simultaneous alpha/beta counting as previously described. The beta-only check source shall be placed in the sample chamber, and the alpha RTD adjustment shall be set to the longest rise time permitted by the instrument. The beta RTD window adjustment shall then be fully adjusted towards the shortest rise time permitted by the instrument (i.e. fully opened). This will have the effect of including all the possible beta counts in the beta channel and some beta-induced counts showing up in the alpha channel. Utilizing the value of the beta counts in the beta channel as 100 %, the alpha RTD control shall then be carefully adjusted towards the shorter rise times until the beta-induced count rate appearing in the alpha channel has been reduced to the desired level (for example, 3 % to 5 % of the beta channel counts). This RTD control setting is designated the "alpha RTD setting".

The beta check source shall be replaced by an alpha check source in a similar fashion to the alpha channel adjustment, the beta RTD adjustment shall be set to the shortest rise time permitted by the instrument. The alpha RTD window adjustment shall then be fully adjusted towards the longest rise time permitted by the instrument (i.e. fully opened). This will have the effect of including all the possible alpha counts in the alpha channel and some alpha-induced counts showing up in the beta channel. Utilizing the value of the alpha counts in the alpha channel as 100 %, the beta RTD control shall then be carefully adjusted towards the longer rise times until the alpha-induced count rate appearing in the beta channel has been reduced to the desired level (for example, 3 % to 5 % of the alpha channel counts). This control setting is designated the "beta RTD setting".

Finally, the alpha RTD control shall be set and locked to the "alpha RTD setting" found in the first set-up, and the beta RTD control shall be set and locked at the "beta RTD setting" found in the second set-up. No further setting is necessary.

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

6 Etalonnage

6.1 Généralités

L'étalonnage du système implique la prise de mesures avec les références de tous les radionucléides pouvant être présents dans les échantillons inconnus. Différentes mesures sont également nécessaires pour les détecteurs avec et sans fenêtre. Il convient que l'opération d'étalonnage soit recommencée dans les cas suivants:

a) remplacement ou réparation d'un des composants matériels;

b) modifications apportées au système (par exemple réglage du débit de gaz, changement de procédure de préparation des échantillons, etc.);

c) changement de qualité ou de fabricant du gaz de comptage.

De plus, pour vérifier que les performances de l'instrument n'ont pas changé, il est nécessaire d'utiliser une source de vérification d'assurance qualité chaque jour et à chaque remplacement d'une bouteille de gaz épuisée, même si le nouveau gaz est du même type, de la même pureté et du même fabricant que le précédent.

6.2 Efficacité

L'efficacité doit être mesurée pour chacun des radionucléides pouvant être présent dans les échantillons à l'aide de sources d'étalonnage de l'efficacité. Il convient que les sources destinées aux mesures d'étalonnage de l'efficacité ne contiennent qu'un seul radionucléide. Il est recommandé de disposer d'une source d'étalonnage de l'efficacité pour chaque géométrie d'échantillon. Pour l'utilisation en alpha seulement du compteur, un étalonnage alpha seulement suffit. Pour l'utilisation simultanée en alpha/bêta, il est nécessaire de déterminer simultanément les efficacités alpha et bêta avec le compteur en mode alpha/bêta. Pour cela, il est recommandé d'accumuler au moins 100 000 coups bruts. Il convient que les données provenant des sources ne correspondant pas à la géométrie de l'échantillon ou du radionucléide ne soient pas utilisées, à moins d'avoir élaboré, vérifié et appliqué une fonction de corrélation corrigeant les différences.

6.3 Corrections d'efficacité

On doit appliquer, chaque fois que nécessaire, des données d'atténuation aux comptages d'un échantillon. Il convient que le jeu de sources d'étalonnage d'efficacité utilisé pour l'étalonnage et la correction par atténuation comprenne l'activité d'un radionucléide particulier dans des échantillons de différents rapport masse/surface (mg/cm^2). Il est recommandé de construire un diagramme d'atténuation de l'efficacité en fonction du rapport masse/surface qui permettra de corriger les échantillons de masse surfacique différente. Il convient que ce diagramme soit tracé pour chaque radionucléide, chaque géométrie et chaque matrice à mesurer.

7 Bruit de fond

Il est nécessaire de procéder régulièrement à des mesures du bruit de fond «de longue durée» et de «temps de comptage».

La détermination du bruit de fond sur une longue durée doit être effectuée au moins tous les trois mois. Il convient que ces données soient acquises sur une période de plusieurs heures, ou par intervalles plus courts totalisant plusieurs heures, de façon à obtenir des statistiques de comptage satisfaisantes. L'acquisition doit avoir lieu à la même heure de la journée que les mesures sur l'échantillon afin d'éviter les influences des variations diurnes du bruit de fond. La figure 3 donne un exemple des fluctuations du bruit de fond en cours de journée. Les données de bruit de fond ainsi recueillies doivent être utilisées s'il est nécessaire de soustraire le bruit de fond des mesures. Si cette soustraction n'est pas utilisée, une mesure longue du bruit de fond n’est pas nécessaire.

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

6 Calibration

6.1 General

Calibration of the system involves measurements with standards of all radionuclides that may possibly be present in the unknown samples. Different measurements are also required for windowed and windowless detectors. The process of efficiency calibration should be repeated whenever one or more of the following occurs:

a) a hardware component has been replaced or repaired;

b) changes have been made to the system (for example, gas flow rate adjusted, the sample preparation procedure has been changed, etc.);

c) the quality or manufacturer of the counting gas has been changed.

Additionally, to verify that instrument performance has not changed, a quality assurance checking source should be used on a daily basis and every time a new bottle of counting gas replaces an expended one, even if the new gas is of the same type and purity and from the same manufacturer as the old one.

6.2 Efficiency

The efficiency for each radionuclide that may be found in samples shall be measured using efficiency calibration sources. Each source used for each efficiency calibration measurement should contain one radionuclide only. There should be a set of efficiency calibration sources for each sample geometry. For alpha-only operation of the counter an alpha-only efficiency is sufficient. For alpha/beta operation of the counter, the alpha and beta efficiencies shall be determined simultaneously using the counter in an alpha/beta mode. At least 100 000 gross counts should be accumulated for efficiency determination. Data from efficiency sources that do not reflect the correct sample geometry or radionuclide should not be used unless a correlation function correcting for the differences is established, verified and applied.

6.3 Efficiency corrections

Efficiency attenuation data for a sample shall be used whenever appropriate. A set of efficiency calibration sources for calibration of attenuation corrections should contain activity of the particular radionuclide in samples of varying mass per unit area (mg/cm^2). An attenuation chart of the efficiency as a function of sample mass per unit area should be made. Samples with different mass per unit area (mg/cm^2) may then be corrected for efficiency according to the chart. An attenuation chart should be made for each radionuclide, sample geometry, and sample matrix that will be measured.

7 Background

Both "long-time" and "count-time" background measurements shall be made on a regular basis.

The "long-time" background determination shall be made at least quarterly. This data should be acquired for a period of several hours or for several shorter intervals for a total of several hours, so that good counting statistics can be obtained. It shall also be made at the same time of the day as the sample measurements to avoid biases due to the diurnal variation in the background. See figure 3 for an example of the extent of the diurnal variation. The background data obtained from this measurement shall be used if background subtraction is required. However, a long-time background measurement is not required if background subtraction is not used.

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

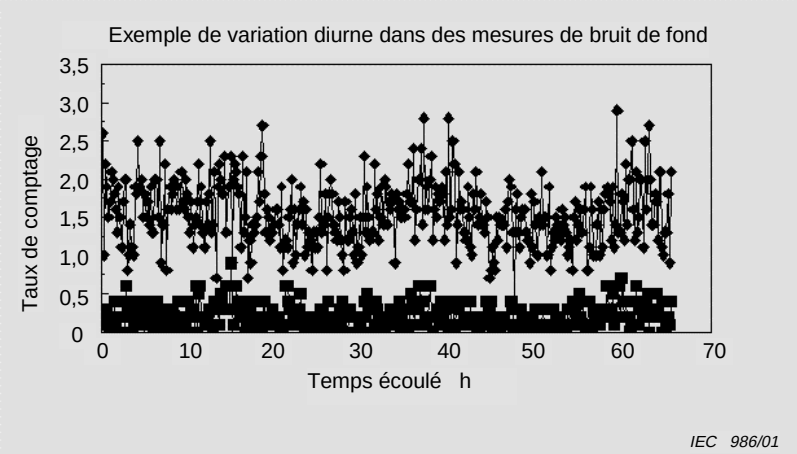

Figure 3 – Taux de comptage du bruit de fond alpha (■) et bêta (♦) sur une longue durée

La détermination du bruit de fond par «temps de comptage» doit être effectuée quotidiennement. Il est nécessaire d'acquérir ces données sur une durée comparable au temps de mesure des échantillons. Il convient que ces données soient employées comme vérification d'assurance qualité, afin de vérifier que le système n'a pas subi de contamination, et qu'il fonctionne au sein des limites acceptables. Il est recommandé d'archiver ces données dans le dossier des vérifications d'assurance qualité. Les comptages de bruit de fond doivent être effectués à la fois en alpha seulement et en alpha/bêta simultané si les deux modes sont utilisés.

Il est recommandé d'utiliser plus d'un porte-échantillon pour la fastidieuse acquisition des données de bruit de fond, afin que les mesures corrigées représentent un échantillonnage aléatoire de nombreux porte-échantillon possibles. De plus, il est nécessaire, pour acquérir les données d'échantillons d'activité inconnue, d'utiliser les mêmes porte-échantillon que pour les mesures de bruit de fond. Il convient de noter que les données de bruit de fond provenant de porte-échantillon différents ne suivent pas nécessairement une distribution normale. Un temps de purge minimum après un changement de porte-échantillon doit être indiqué par le fabricant, ou être déterminé par l'opérateur pour les systèmes à circulation de gaz fonctionnant en mode sans fenêtre, afin de rincer complètement le circuit. Il est nécessaire de respecter un temps suffisant de stabilisation du système.

Attention: Il est recommandé d'écarter du compteur proportionnel toute source radioactive de forte intensité pendant le comptage des échantillons afin d'éviter toute altération imprévue du bruit de fond.

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

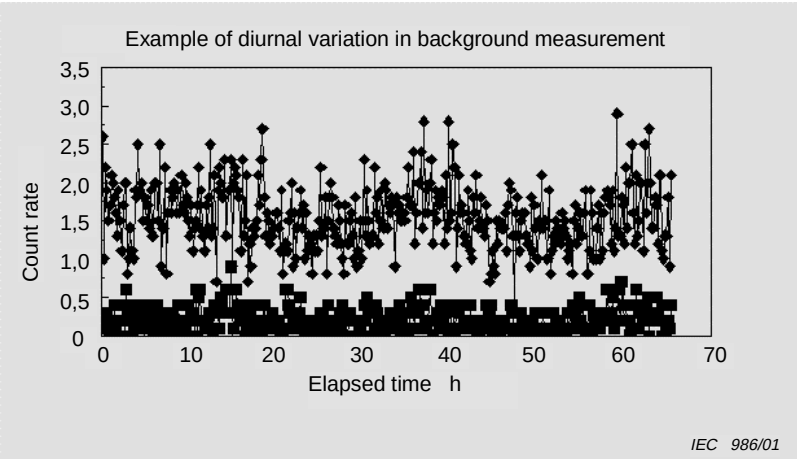

Figure 3 – Alpha (■) and beta (♦) background count rates over a long period of time

The "count-time" background determination shall be performed daily. It is necessary to acquire this data for a period of time comparable to the count time of the samples. This data should be used as a quality assurance check to verify that the system has not become contaminated and is performing within acceptable limits. The data should be archived as part of the quality assurance check. Background counts shall be taken for both alpha-only and simultaneous alpha/beta modes if both are used.

More than one sample holder should be used to acquire the lengthy background data to help assure that the background corrected measurements will represent random sampling of many possible sample holders. Also, the same sample holders that are used to make the background measurements, shall be used to acquire data on samples of unknown activity. It should be noted that the background data from many sample holders may not necessarily follow a normal distribution. A minimum purge time between sample holder changes shall be specified by the manufacturer or determined by the operator for gas-flow systems that operate in a windowless mode to fully flush the system. Sufficient time is needed for the system to stabilize.

Caution: The presence of high-level radioactive sources in the vicinity of the proportional counter should be prohibited during the counting of samples to avoid unaccounted changes in the background count rates.

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

8 Essais de performances

8.1 Généralités

Tous les essais décrits dans la présente norme ne sont pas obligatoires mais les essais utilisés pour spécifier les performances doivent être conformes aux procédures décrites dans cette norme.

8.2 Répétabilité du système

La répétabilité du système doit être essayée en mesurant plusieurs fois une même source d'étalonnage de l'efficacité, en la retirant de la position de comptage entre chaque mesure, pour faire la moyenne des variations statistiques. Il convient que le résultat de chaque mesure se situe dans la plage de variation de l'intensité de la source et du temps de comptage sélectionnés.

8.3 Efficacité du système

L'efficacité du système doit être testée à l'aide de sources d'étalonnage de l'efficacité d'activité connue et de différentes intensités, couvrant la plage des activités prévisibles lors des mesures réelles. Il convient que ces essais soient effectués chaque jour, ou avant chaque utilisation. Il est recommandé de compter individuellement des sources alpha et bêta. L'activité mesurée de chaque source connue doit se situer à deux écarts types estimés (soit le niveau de confiance de 95 %) de l'activité connue pour la performance propre du système. Si cette plage n'est pas respectée, il est recommandé de compter à nouveau la source. Si ce deuxième comptage est toujours hors de la plage, il est recommandé d'en rechercher la cause (par exemple changement du taux de comptage du bruit de fond, source endommagée ou vieillie, paramètres de comptage hors d'étalonnage, mauvais gaz de comptage, fil d'anode défectueux, panne du détecteur de garde ou des circuits de traitement des impulsions, etc.).

8.4 Vérification du bruit de fond de longue durée du compteur

Tous les paramètres étant réglés, y compris le mode de comptage et les niveaux de discrimination, et sans source ou support vide dans la chambre de comptage, il est recommandé d'acquérir un comptage de rayonnement de fond sur une durée >10 000 s. Il convient que les comptages enregistrés sur les voies bêta et alpha se situent à trois écarts types de la moyenne de ceux précédemment acquis avec la chambre vide. Si le compteur proportionnel est équipé d'un détecteur de garde, les variations de la composante cosmique du bruit de fond bêta ne devraient pas être détectables. En l'absence de ce détecteur, cette composante peut provoquer des changements mesurables du comptage du rayonnement de fond bêta. Il convient que les comptages de bruit de fond soient effectués à la même heure de la journée que les comptages des échantillons.

Avertissement: La présence de sources de rayonnement γ intense à proximité du compteur augmente le comptage de rayonnement de fond, et peut conduire à des résultats erronés si elle n'est pas prise en compte.

8.5 Vérification des tensions de polarisation des plateaux alpha, bêta et de garde

Il convient que les tensions de polarisation des plateaux alpha et bêta soient réglées assez haut au-dessus du coude du plateau pour minimiser les effets sur les taux de comptage des variations de la haute tension appliquée, des petits écarts de diamètre de l'échantillon ou de la distance qui le sépare de la fenêtre du détecteur. Il convient que ce réglage ne soit toutefois pas si haut au-dessus du coude du plateau qu'il augmente inutilement la largeur des impulsions recueillies. Il est généralement recommandé de le régler entre 30 V et 150 V au-dessus du coude de la courbe de plateau. Il est recommandé de le noter et de le comparer aux mesures antérieures.

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

8 Performance tests

8.1 General

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

8.2 System repeatability

The system repeatability shall be tested by measuring an efficiency calibration source several times, removing it from the counting position between each measurement to average statistical variations. The result from each measurement should be within the range of statistical variation for the selected source strength and counting time.

8.3 System efficiency

The system efficiency shall be tested by measuring efficiency calibration sources of known activity and of different source strengths that cover the range of activities expected from actual measurements. These tests should be performed daily or prior to each use. Both alpha-emitting and beta-emitting sources should be counted individually. The measured activity of each known source shall lie within two estimated standard deviations (i.e. the 95 % confidence level) of the known activity for proper system performance. If agreement within this range is not obtained, the source should be recounted. If, after the second count, agreement is not obtained, the cause of the disagreement should be determined (for example, change in background count rates, damaged or old source, counting parameters no longer in calibration, bad counting gas, faulty anode wire, failure of the guard detector or pulse-processing circuitry, etc.).

8.4 Verification of long-time counter background

With all the parameters set, including the counter bias and discrimination levels, and with no source or empty planchet present in the counting chamber, a background count should be acquired for a period of >10 000 s. The number of recorded counts in the beta and alpha channels should lie within three standard deviations of the mean of previously acquired background counts for an empty counting chamber. If the proportional counter is equipped with a guard detector, variations in the cosmic-ray component of the beta background should not be detectable. If the proportional counter is not equipped with a guard detector, the cosmic-ray component of the background could cause measurable changes in the beta background count rate. Background counts should be counted at the same time of the day as the sample counts.

Warning: Intense high-energy γ-ray sources in the vicinity of the counter will raise background counts and lead to incorrect results if not considered.

8.5 Verification of alpha, beta, and guard plateau bias points

The high-voltage bias setting for the alpha and beta plateaux should be set sufficiently high above the knee of the plateau to minimize count-rate effects due to variances in the high-voltage bias or due to the minor variations in the diameter of the sample or its distance from the detector window. However, the bias should not be set so high above the knee as to unnecessarily increase the pulse width of the collected pulses. Typically, the bias should be set between 30 V and 150 V above the knee of the plateau curve. The bias setting should be recorded and compared with previous plateau measurements.

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

Attention: Un changement de position de la haute tension du coude de la courbe de plateau pour une source de radionucléides donnée et des conditions de comptage inchangées peut être le signe d'une altération de la qualité du fil anode ou de la pureté du gaz de comptage, d'un courant de fuite, ou d'autres dysfonctionnements ou dégradations du système de comptage. On peut observer un changement de faible ampleur des plateaux des courbes alpha ou bêta en changeant le radionucléide source utilisé pour les mesurer.

Attention: Les courbes de plateau indiquées par le fabricant de l'instrument doivent être contrôlées pour vérifier leur exactitude.

8.6 Vérification de la diaphonie

Afin de vérifier le bon réglage des discriminateurs de hauteur d'impulsion alpha et bêta et de permettre la correction des comptages des uns sur la voie des autres lors des mesures simultanées, il est recommandé de compter séparément, et avec les réglages appropriés, des sources normalisées de ^{241}Am (ou ^{210}Po) et ^{90}Sr-^{90}Y, chacune d'une activité connue, jusqu'à accumuler >50 000 coups. Il convient que le pourcentage de diaphonie enregistré sur la voie opposée corresponde aux mesures antérieures à 10 % près pour les alpha sur la voie bêta, et à 3 % près pour les bêta sur la voie alpha. En cas de désaccord, il est nécessaire de déterminer à nouveau le point d'élimination de la diaphonie.

8.7 Efficacité du détecteur de garde

Il est recommandé de déterminer l'efficacité du détecteur de garde. Cette opération consiste à mesurer et noter le nombre des comptages bêta et alpha à partir de deux sources de vérification sur une durée de 1 000 s ou à partir d'une source de vérification mixte d'une activité de ~400 Bq. Une fois ces mesures terminées, on place une source de rayonnement γ à haute énergie (par exemple ^{60}Co) d'une activité de ~400 000 Bq de façon que seuls les rayonnements traversant le détecteur de garde puissent toucher le compteur actif. On accumule les comptages bêta et alpha sur une durée de 1 000 s, et on les note. Il convient qu'ils correspondent aux précédents à <3 % près.

8.8 Vérification de l'efficacité alpha et bêta

Pour confirmer les paramètres d'étalonnage et l'efficacité mesurée du détecteur pour un radionucléide, une matrice d'échantillon et une géométrie de mesure particuliers, on compte un radionucléide d'activité connue dans les mêmes conditions jusqu'à accumuler >50 000 coups. On mesure le taux d'émission de façon normale, en appliquant tous les coefficients de correction. Le taux d'émission mesuré doit correspondre à la valeur connue à deux écarts types près de l'incertitude combinée, laquelle comprend les incertitudes de type A et B (voir définitions des articles 3 et 9).

8.9 Considérations générales relatives à la mesure des taux d'émission alpha/bêta

Les compteurs proportionnels sont destinés à la mesure du taux d'émission:

a) d'un seul radionucléide;
b) de deux radionucléides dont l'un se désintègre par émission alpha et l'autre par émission bêta;
c) de radionucléides émettant en alpha/bêta en équilibre avec leurs activités de filiation.

L'aptitude d'un compteur proportionnel à filtrer les émissions des compositions de radionucléides inconnues est limitée. Dans le cas des radionucléides à émission bêta, l'efficacité bêta du compteur varie en fonction de l'énergie. Une approche prudente des mesures de l'activité globale à l'aide de compteurs proportionnels consiste à étalonner l'efficacité avec le radionucléide ayant le plus bas point d'énergie finale bêta (par exemple ^{60}Co) prévisible dans les échantillons. Seuls les échantillons ayant à peu près la même autoatténuation doivent être considérés pour une évaluation globale, à moins qu'il ne soit possible de mesurer la masse d'autoatténuation et d'appliquer la correction voulue. C'est pourquoi, par exemple, des filtres à particules aériennes avec des différences de dépôt importantes ne sont pas acceptables.

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

Caution: Changes in the high-voltage position of the knee of the plateau curve for a given radionuclide source and fixed counting conditions may be indicative of changes in the quality of the anode wire, purity of the counting gas, leakage current, or other malfunction or degradation in the counting system. A minor change may be observed in the alpha or in the beta plateau curves by changing the source radionuclide used to measure the respective plateau curves.

Caution: Plateau curves provided by the manufacturer of the instrument shall be re-established to verify their correctness.

8.6 Verification of crosstalk

To verify that the alpha and beta pulse-height discriminators have been set properly so as to allow correction for the number of alpha counts in the beta channel and the number of beta counts in the alpha channel, when the alpha plus beta plateau is used, standardized sources of ^{241}Am (or ^{210}Po) and ^{90}Sr-^{90}Y each of known activity should be counted separately at appropriate settings until >50 000 counts have been accumulated. The percentage crosstalk into the opposite channel should agree with previous measurements to within 10 % for the alpha crosstalk into the beta channel and to within 3 % for the beta crosstalk into the alpha channel. If agreement is not achieved, the operation point for crosstalk shall be re-determined.

8.7 Effectiveness of guard detector

The effectiveness of the guard detector should be determined. This consists of measuring and recording the number of beta and alpha counts from two check sources for a 1 000 s count time or from a mixed check source with an activity of ~400 Bq. Upon completion of these measurements, a high-energy γ-ray source (for example, ^{60}Co) with an activity of ~400 000 Bq is placed so that only rays passing through the guard detector can intersect the active counter. The beta and alpha counts are accumulated for a 1 000 s count time and recorded. The latter counts should agree with the former to within <3 %.

8.8 Verification of alpha and beta efficiency

To confirm the calibration settings and measured detector efficiency for a particular radionuclide, sample matrix and measurement geometry, a sample of a radionuclide of known activity is counted under the same conditions until >50 000 counts have been accumulated. The emission rate is measured in the normal manner with all correction factors applied. The measured emission rate shall agree with the known value to within two standard deviations of the combined uncertainty where the combined uncertainty of the measured value includes uncertainties of types A and B (see definitions in clauses 3 and 9).

8.9 General considerations in measuring alpha/beta emission rates

Proportional counters are designed for the measurement of the emission rates of

a) a single radionuclide;

b) two radionuclides in which one decays by alpha emission and the other one decays by beta emission;

c) alpha/beta emitting radionuclides in equilibrium with their daughter activities.

The ability of a proportional counter to screen samples of unknown radionuclide composition is limited. In the case of beta-emitting radionuclides, the beta efficiency of the counter varies as a function of energy. A conservative approach using alpha/beta proportional counters for measuring gross activity is to calibrate the efficiency with the radionuclide having the lowest beta end-point energy (for example, ^{60}Co) anticipated to be present in the samples. Only samples with approximately the same self-attenuation shall be considered for gross screening unless the attenuating mass can be measured and the attenuation correction applied. Thus, for example air particulate filters with significantly different loading are unacceptable.

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

Avertissement: Il convient de ne compter que les radionucléides n'émettant que des rayons X (désintégration par capture d'électrons sans émission de positrons) que comme des radionucléides uniques, compte tenu de la forte dépendance des compteurs proportionnels vis-à-vis de l'énergie X.

Pour les émetteurs alpha, le facteur d'atténuation est extrêmement sensible à l'épaisseur et à la composition de la matrice de l'échantillon. Une correction d'atténuation appropriée est donc impérative.

Lorsque les radionucléides prévisibles dans les échantillons ont des énergies de point final bêta et une composition relative en radionucléides similaires, et que les échantillons ont une masse surfacique et une composition matricielle semblables, il est éventuellement possible d'utiliser un compteur proportionnel comme appareil d'évaluation pour mesurer le taux d'émission de surface alpha et bêta.

On comptera de préférence un jeu d'au moins cinq échantillons d'assurance qualité, de taux d'émission connus et contenant un mélange de radionucléides dans une proportion approximativement semblable à celle prévisible, pour l'analyser et le comparer au taux d'émission connu. Il convient que la composition relative et le taux d'émission des échantillons individuels d'assurance qualité s'écartent en principe chacun d'environ ±25 % de leur moyenne.

9 Détermination des incertitudes et de leur propagation

9.1 Généralités

Le guide pour l'expression de l'incertitude des mesures de l'ISO est un document complet qui peut être utilisé pour en élaborer d'autres plus limités destinés à des applications particulières ou à des réglementations ou nécessités nationales spécifiques, tout en restant en cohérence avec le document ISO. Etant donné que le paragraphe 9.2 traite des incertitudes propres aux systèmes de comptage alpha/bêta proportionnels, il est, bien qu'en accord avec le document ISO, beaucoup plus concis et facile à mettre en œuvre que les normes plus générales. L'utilisateur peut donc, à son choix, employer le paragraphe 9.2 ou le document ISO, ou encore ceux qui en sont tirés, [5] par exemple, qui sont en accord avec le document ISO.

Lorsqu'on a à faire la moyenne d'un ensemble de valeurs à incertitudes de même ampleur, on peut calculer une moyenne simple et son écart type selon la formule suivante:

$$\mu_x = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{n} \quad ; \quad s_x{}^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \mu_x)^2 \qquad (1)$$

où

x_i sont les valeurs dont on calcule la moyenne;

n est le nombre de ces valeurs;

μ_x est la valeur de la moyenne;

$s_x{}^2$ est la variance de la moyenne (l'écart type de la moyenne est la racine carrée de la variance).

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

Warning: Radionuclides which emit only X-rays (decay by electron capture and no emission of positrons) should only be counted as single radionuclides because the efficiency of a proportional counter is strongly dependent on the X-ray energy.

For alpha emitters the attenuation factor is extremely sensitive to the thickness and composition of the matrix composing the sample. Therefore, proper attenuation correction is mandatory.

To the extent that the anticipated radionuclides in samples may have similar beta end-point energies and similar relative radionuclide composition, the mass per unit area of the samples is nearly the same, and the samples have the same matrix composition, it may be possible to use the gas proportional counter as a screening device to measure the alpha and beta surface emission rates.

A set of at least five quality assurance samples whose emission rates are known and that contain mixtures in approximate proportion to the anticipated radionuclides in the samples should be counted, analysed and compared with the known emission rates. The relative radionuclide composition and emission rate of the individual quality assurance samples should each vary by about ±25 % of their average.

9 Determination of uncertainties and their propagation

9.1 General

The ISO guide to the expression of uncertainty in measurement is a comprehensive document that can be utilized to develop more limited documents for specific applications or for specific national needs or regulations while still being consistent with the ISO document. Since 9.2 deals with uncertainties specific to alpha/beta proportional counter systems while still consistent with the ISO document, it is much more concise and easier to implement than the more general documents. Thus the user has the option of utilizing 9.2 herein or the ISO document or progeny or subset documents, such as [5], that are consistent with the ISO document.

Whenever a set of values with equally sized uncertainties are to be averaged, a simple mean is computed along with its standard deviation as follows:

$$\mu_x = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{n} \quad ; \quad s_x{}^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \mu_x)^2 \qquad (1)$$

where

x_i are the values to be averaged;

n is the number of values to be averaged;

μ_x is the average value;

$s_x{}^2$ is the variance of the average (the standard deviation of the average is the square root of the variance).

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

Lorsqu'on a à faire la moyenne d'un ensemble de données avec les incertitudes associées, il est recommandé de prendre une moyenne pondérée:

$$\mu_x = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{s_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_i^2}} \tag{2}$$

L'incertitude de la moyenne pondérée dépend du fait que les données ont une cohérence interne, ce que l'on détermine par le test du chi-carré (χ^2), ou externe. Si $[\chi^2/(n-1)] >> 1$ (n–1 étant le nombre de degrés de liberté), les données ne sont pas cohérentes, ou les incertitudes sont sous-estimées. La variance interne de la moyenne pondérée se calcule de la façon suivante:

$$s^2(\mu_x,1) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_i^2}} \tag{3}$$

et la variance externe:

$$s^2(\mu_x,2) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_i^2}(x_i - \mu_x)^2}{(n-1)\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_i^2}} \tag{4}$$

On choisit comme incertitude de la moyenne pondérée la plus grande des deux valeurs, $s^2(\mu_x,1)$ et $s^2(\mu_x,2)$.

S'il s'avère nécessaire de multiplier l'incertitude par un coefficient pour obtenir une incertitude élargie plus prudente, ce coefficient doit être mentionné (par exemple, 2, qui reporte les incertitudes à peu près au niveau de confiance de 95 %).

Lorsqu'un ensemble de mesures a été pris pour un nombre de comptages constant (donc à durée de comptage variable), la moyenne faite de ces comptages doit être une moyenne harmonique (voir [11]).

Lors de l'analyse d'échantillons naturels, ou autres à très faible niveau d'activité, il convient que le taux d'émission alpha/bêta ou l'activité soient indiqués avec deux incertitudes: celle du taux de comptage net et l'incertitude combinée. L'incertitude du taux de comptage net indiquera s'il est ou non réellement positif (c'est-à-dire différent du rayonnement de fond), tandis que l'incertitude combinée indiquera la précision avec laquelle la valeur mentionnée est connue.

Pour obtenir une estimation précise de l'incertitude combinée, il peut être nécessaire de tenir compte des corrélations entre les incertitudes contributrices. On trouvera dans la référence [7] des informations complémentaires sur la propagation des incertitudes corrélées.

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

Whenever a set of data with associated uncertainties are to be averaged, a weighted average should be taken:

$$\mu_x = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{s_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_i^2}} \tag{2}$$

The uncertainty in the weighted average is dependent upon whether the data are internally consistent as determined by the chi-square (χ^2) test or they are externally consistent. If $[\chi^2/(n-1)] >> 1$ (where $n-1$ is the number of degrees of freedom), the data are inconsistent or the uncertainties are underestimated. The internal variance of the weighted mean is calculated as follows:

$$s^2(\mu_x,1) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_i^2}} \tag{3}$$

and the external variance:

$$s^2(\mu_x,2) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_i^2}(x_i - \mu_x)^2}{(n-1)\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_i^2}} \tag{4}$$

The larger of the two values, $s^2(\mu_x,1)$ and $s^2(\mu_x,2)$, is chosen for the uncertainty of the weighted average.

Whenever it is necessary to multiply the combined uncertainty by a factor to obtain a more conservative expanded uncertainty, the multiplying factor shall be stated (for example, 2, reporting uncertainties at about a 95 % confidence level).

Whenever a set of measurements has been taken for a constant number of counts (i.e., the counting times vary), these counts shall be averaged using the harmonic mean (see [11]).

Whenever environmental and other very low-level activity samples are analysed, the alpha/beta emission rates or activity should be reported with two uncertainties; the uncertainty of the net count rate and the combined uncertainty. The uncertainty in the net count rate will indicate whether or not the count rate is truly a positive count rate (i.e. different from background) while the combined uncertainty will indicate the precision to which the reported value is known.

For accurate estimates of combined uncertainty, it may be necessary to consider correlations between the contributing uncertainties. See reference [7] for further information on the propagation of correlated uncertainties.

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

9.2 Incertitudes spécifiques aux compteurs proportionnels à gaz alpha/bêta

Il convient que toutes les incertitudes, y compris celles qui ne proviennent pas d'une analyse statistique complète, soient indiquées comme des approximations d'écarts types. Cette méthode permet la propagation de toutes leurs composantes selon les règles statistiques, avec pour résultat une incertitude combinée (de type A et de type B selon les définitions de 3.2.8, voir aussi les références [5] et [6]). Le tableau 1 liste les équations de propagation des incertitudes pour plusieurs expressions algébriques courantes. On trouvera dans le chapitre 2 de la référence [2] ou dans la référence [7] un exposé plus détaillé des incertitudes et de leur propagation. Les principales composantes de l'incertitude combinée d'un taux d'émission alpha ou bêta mesuré (à partir de la source ou de l'échantillon) sont celles du taux de comptage de l'échantillon, du taux de comptage du support vide, de l'efficacité, des paramètres de fonctionnement, dont la polarisation du plateau, le réglage des discriminateurs, la diaphonie, les corrections, l'effet d'accumulation et l'atténuation dans les canaux de comptage respectifs. Lorsqu'on mesure l'activité d'un radionucléide particulier et qu'il y a plus d'un mode de désintégration, la correction du pourcentage de branchement et l'incertitude associée doivent être propagées avec les autres composantes de la façon décrite ci-dessus. Les essais de performances exposés dans la présente norme donnent une bonne estimation initiale des composantes de l'incertitude pour un montage expérimental donné. Il est recommandé d'affiner les estimations de ces composantes d'incertitude à mesure que l'expérience s'accumule. Le tableau 2 donne les estimations initiales de ces composantes.

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

9.2 Specific uncertainties to alpha/beta gas proportional counters

All uncertainties, including those not derived from a complete statistical analysis, should be stated as approximations to standard deviations. This method allows propagation of all uncertainty components according to statistical rules and it results in a combined uncertainty (category A and category B as defined in 3.2.8; also see references [5] and [6]). Table 1 lists the equations for propagating uncertainties for several common algebraic expressions. See chapter 2 of reference [2] or see reference [7] for a more detailed discussion of uncertainties and their propagation. The principal components of the combined uncertainty in a measured alpha or beta emission rate (from the source or sample) are those in the sample count rate, blank count rate, efficiency, operational parameters including plateau bias, discriminator settings, crosstalk, corrections, pile-up, attenuation in the respective counting channels. When the activity of a particular radionuclide is being measured and there is more than one decay mode, correction for the percentage branching and the associated uncertainty shall be propagated with the other components as described above. The tests of performance in this standard should provide a good initial estimate of the uncertainty components for a given experimental set-up. These estimates should be refined for these uncertainty components as experience is gained. Initial estimates of these components are given in table 2.

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

Tableau 1 – Incertitudes

Fonction [a]	Opération	Incertitude [b]
$y = a_1x_1 + a_2x_2$	Addition/soustraction	$s_y = \sqrt{a_1^2 s_{x_1}^2 + a_2^2 s_{x_2}^2}$
$y = a_1x_1 - a_2x_2$	Addition/soustraction	$s_y = \sqrt{a_1^2 s_{x_1}^2 + a_2^2 s_{x_2}^2}$
$y = a_1x_1x_2$	Multiplication/division	$\frac{s_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{s_{x1}}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{s_{x2}}{x_2}\right)^2}$
$y = a_1\left(\frac{x_1}{x_2}\right)$	Multiplication/division	$\frac{s_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{s_{x1}}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{s_{x2}}{x_2}\right)^2}$
$y = x^m$	Puissance de x	$\frac{s_y}{y} = \frac{ms_x}{x}$
$y = e^{-ax}$	Exponentielle e	$\frac{s_y}{y} = as_x$
$y = f(x_1, x_2)$	Fonction de deux variables	$s_y = \sqrt{\left(\frac{\delta f}{\delta x_1}\right)^2 s_{x1}^2 + \left(\frac{\delta f}{\delta x_2}\right)^2 s_{x2}^2}$

[a] a, a_1, a_2 et m sont des constantes. x, x_1 et x_2 sont des variables indépendantes. y est la variable dépendante.
[b] s_y est l'écart type estimé dans la variable y.

Tableau 2 – Estimation des contributions à l'incertitude

Contribution à l'incertitude	Ampleur typique [a]
Activité de la source de référence	0,1-2
Aliquotes de la source	0,1-3
Taux d'émission alpha/bêta non corrigés	0,1-25
Taux de comptage du blanc ou du bruit de fond	0-20
Variations de l'atténuation de l'échantillon	0-100
Géométrie source-détecteur	0,1-5
Diaphonie	0-5
Empilement d'impulsions (taux de comptage élevé)	0-10
Décroissance du radionucléide	0-5
Branchement alpha ou bêta	0-5
Efficacité alpha, bêta	0-5

[a] Les incertitudes sont un écart type estimé, exprimé en pourcentage.

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

Table 1 – Uncertainties

Function [a]	Manipulation	Uncertainty [b]
$y = a_1x_1 + a_2x_2$	Addition/subtraction	$s_y = \sqrt{a_1^2 s_{x_1}^2 + a_2^2 s_{x_2}^2}$
$y = a_1x_1 - a_2x_2$	Addition/subtraction	$s_y = \sqrt{a_1^2 s_{x_1}^2 + a_2^2 s_{x_2}^2}$
$y = a_1x_1x_2$	Multiplication/division	$\frac{s_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{s_{x1}}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{s_{x2}}{x_2}\right)^2}$
$y = a_1\left(\frac{x_1}{x_2}\right)$	Multiplication/division	$\frac{s_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{s_{x1}}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{s_{x2}}{x_2}\right)^2}$
$y = x^m$	Power of x	$\frac{s_y}{y} = \frac{ms_x}{x}$
$y = e^{-ax}$	Power of e	$\frac{s_y}{y} = as_x$
$y = f(x_1, x_2)$	Function of two variables	$s_y = \sqrt{\left(\frac{\delta f}{\delta x_1}\right)^2 s_{x1}^2 + \left(\frac{\delta f}{\delta x_2}\right)^2 s_{x2}^2}$

[a] a, a_1, a_2 and m are constants. x, x_1 and x_2 are independent variables. y is the dependent variable.
[b] s_y is the estimated standard deviation in variable y.

Table 2 – Estimated uncertainty contributions

Uncertainty contribution	Typical magnitude [a]
Activity of standard source	0,1-2
Source aliquots	0,1-3
Uncorrected alpha/beta emission rate	0,1-25
Blank or background count rate	0-20
Variations in sample attenuation	0-100
Source-detector geometry	0,1-5
Crosstalk	0-5
Pulse pile-up (high count rate)	0-10
Decay of radionuclide	0-5
Alpha or beta branching	0-5
Alpha, beta efficiency	0-5

[a] Uncertainties are one estimated standard deviation expressed as a percentage.

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

10 Contrôle et assurance qualité

L'assurance qualité va au-delà de l'adéquation technique des méthodes employées pour réaliser les mesures, procéder aux analyses ou contrôler les processus de mesure par le biais de tableaux d'étalonnage et de contrôle. Elle concerne également le contrôle global des opérations par le biais de différentes pratiques administratives. La combinaison de pratiques techniques et administratives constitue un programme d'assurance qualité.

Pour se conformer à la présente norme, les laboratoires doivent mettre en place un programme écrit d'assurance qualité. Les éléments du programme doivent être déterminés par le niveau de qualité exigé par le laboratoire, par ses clients et par la réglementation applicable (voir par exemple la référence [8] qui indique les procédures d'assurance qualité à instaurer pour les mesures effectuées dans les laboratoires d'analyse radiologique).

Les mesures effectuées spécifiquement aux fins d'évaluation, de contrôle de la contamination radioactive ou pour limiter l'exposition du personnel aux rayonnements ionisants et n'entrant pas dans le cadre d'un dossier officiellement déposé doivent être soumises à un programme d'assurance qualité écrit, englobant les éléments qui garantissent la qualité des mesures effectuées à ces fins. Ces éléments sont indiqués en 4.2.4 de la référence [8].

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

10 Quality control and assurance

Quality assurance goes beyond the technical adequacy of methods used to make measurements or conduct analyses and control the measurement processes through calibration and control charts. It concerns also overall control of operations through various administrative practices. The combination of technical and administrative practices constitutes a quality assurance program.

In order for a laboratory to comply with this standard, a written quality assurance program shall be implemented. The elements of the program shall be determined by the level of quality required by the laboratory and its customers and by applicable regulations (for example, see reference [8] which provides quality assurance procedures to be implemented for measurements performed by a radioanalytical laboratory).

Measurements performed specifically for screening purposes, radioactive contamination control, or to limit personnel exposure to ionizing radiation that do not become part of an officially reported record shall implement a written quality assurance program containing those elements that ensure the quality of the measurements being made for the purpose intended. These elements are outlined in 4.2.4 of reference [8].

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

Annexe A
(informative)

Elaboration des références de travail à partir de solutions normalisées

A.1 Généralités

Les références de travail destinées à l'étalonnage des compteurs proportionnels peuvent être préparées par dépôt dosé de solutions de radionucléides normalisées. Le choix de la matrice recevant la solution, du matériau support et des éventuelles couches absorbantes entre couche active et détecteur influence le taux d'émission de surface de la source.

On peut se procurer des solutions de radionucléides toutes prêtes auprès des fournisseurs du commerce. La plupart sont à même de fournir des solutions dont l'activité, ou l'activité par unité de volume ou de masse, sont traçables jusqu'au NSLR. Voir par exemple la référence [4] pour plus de détails.

Il convient que les références de travail soient semblables aux échantillons pour lesquels le détecteur va être étalonné. Par exemple, dans le cas de frottis sur papier filtrant, l'étalonnage est effectué avec des références sur papier filtrant. Si un résidu solide fait habituellement partie de l'échantillon à analyser, il convient également qu'il existe dans la référence de travail.

Il convient que la solution de radionucléides soit transférée d'une manière correspondant aux données de concentration d'activité indiquées par le fournisseur. Si la concentration d'activité est indiquée en termes d'activité par unité de masse, il est recommandé d'employer des appareils gravimétriques pour préparer la référence de travail. Si elle est indiquée en termes d'activité par unité de volume, des appareils volumétriques sont recommandés pour l'élaboration de la référence de travail. Si la densité de la solution est mentionnée, on pourra employer au choix des appareils volumétriques ou gravimétriques, sachant que, quoique moins commodes d'emploi, ces derniers sont plus précis.

Il est nécessaire de prendre des précautions avec les solutions normalisées contenant des éléments ou des composés volatils. Les solutions doivent être soigneusement mélangées avant emploi. Il convient que celles qui contiennent des substances volatiles soient appliquées par précipitation ou liaison chimique sur une surface support. Certains éléments ont tendance à se volatiliser (par exemple l'iode, le mercure, le sélénium) lorsque la solution est exposée à une ambiance sèche.

Si les solutions de préparation des références de travail doivent être utilisées quotidiennement, elles doivent être conservées sous emballage hermétique afin d'éviter l'évaporation hors des périodes d'utilisation. Pour un stockage prolongé, les ampoules scellées à la flamme sont l'emballage à choisir de préférence. Il est nécessaire de prendre des dispositions pour recouvrir ou enfermer les références de travail et les préserver d'une contamination. Des films minces en mylar, en polyester, en acrylique, et en matériaux métalliques légers ont donné satisfaction pour cet usage.

Attention: Si les références de travail sont destinées à étalonner des compteurs proportionnels à gaz sans fenêtre, il est nécessaire de veiller à entretenir un chemin conducteur traversant les matériaux du support et de la fenêtre de la source. Les supports non conducteurs sont à proscrire, car ils perturbent le champ électrique du compteur.

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

Annex A
(informative)

Preparation of working standards from standard solutions

A.1 General

Working standards for the calibration of proportional counters can be prepared from radionuclide solutions by deposition of measured amounts of standard solution. The choice of matrix onto which the solution is deposited, the backing material, and any absorptive layers between the active layer and the detector will influence the surface emission rate of the source.

Solutions containing radionuclides are readily available from commercial suppliers. Most suppliers can provide solutions whose activity and/or activity per unit volume or mass is traceable to the NSLR. See for example reference [4] for details.

Working standards should resemble the samples for which the detector is being calibrated. For example, filter paper smear samples are usually calibrated with filter paper standards. If a solid residue is usually part of the sample to be assayed, it should also be part of the working standard.

The radionuclide solution should be transferred in a manner consistent with the activity concentration data provided by the supplier. If the activity concentration is provided in terms of activity per unit mass, gravimetric means are recommended to prepare the working standard. If the activity concentration is provided in terms of activity per unit volume, volumetric means are recommended to prepare the working standard. If the density of the solution is provided, either volumetric or gravimetric means may be used but gravimetric is more accurate although more tedious.

Care shall be taken with standard solutions that contain volatile elements or compounds. Solutions shall be thoroughly mixed before use. Solutions containing volatile materials should be precipitated onto, or chemically bound to, a backing surface. Certain elements tend to volatilize (for example, iodine, mercury and selenium) whenever the standard solution is exposed to a dry atmosphere.

If the solutions for preparing working standards are to be used daily, they shall be kept sealed to prevent evaporation when not in use. For extended storage, flame sealing in glass ampoules is the method of choice. Consideration shall be given to covering or encapsulating the working standards of samples to prevent contamination. Thin films of mylar, polyester, acrylic, and light metal materials have successfully been used for this purpose.

Caution: If working standards will be used when calibrating windowless gas proportional detectors, care shall be taken to maintain a conductivity path through the backing and window materials of the source. Non-conductive backing materials should not be used since they disrupt the electric field of the counter.

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

A.2 Préparation volumétrique simple de sources planes

Cette méthode emploie une micropipette volumétrique étalonnée, et des plaquettes de même taille et du même matériau que les échantillons à analyser. On aspire dans le tube la quantité voulue de solution, que l'on dépose sur la plaquette en la répartissant. Le chapitre 5 de la référence [3] donne à ce sujet des détails complémentaires.

A.3 Préparation gravimétrique simple de sources planes

Cette méthode emploie une micropipette ou une seringue, un tube capillaire en polyéthylène, une balance de haute précision et des plaquettes. Un tube capillaire est relié à la pipette ou à la seringue. On aspire dans le tube la quantité voulue de solution. Il convient qu'il y ait dans la pipette ou la seringue un volume supplémentaire pour chasser la solution du tube, et il est nécessaire d'aspirer de l'air dans le tube après la solution. On réduit ainsi le risque de contamination au cours du transfert. On pèse le tube et la seringue, et on dépose ensuite la solution sur la plaquette en la répartissant. On pèse alors à nouveau le tube et la seringue. La différence de poids est le poids déposé au cours du transfert. Le chapitre 5 de la référence [3] donne à ce sujet des informations complémentaires.

Recommandation: Il s'avère que l'adjonction d'un agent de dessication tel qu'un gel de silice (par exemple) améliore la distribution massique de la solution évaporée. Un spray acrylique léger peut être utilisé pour «sceller» la source avec le minimum d'effets d'absorption.

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

A.2 Simple volumetric preparation of planchet style sources

This method employs a calibrated volumetric micropipette, and planchet(s) of the same size and materials as the samples to be assayed. The desired amount of solution is drawn into the tubing and dispensed onto the planchet in a distributed fashion. Additional information is provided in chapter 5 of reference [3].

A.3 Simple gravimetric preparation of planchet style sources

This method employs a micropipette or syringe, polyethylene capillary tubing, high-precision balance, and planchet(s). A capillary tubing is connected to a pipette or syringe. The desired amount of solution is drawn into the tubing. The syringe or pipette should have "extra" air or volume to expel the solution from the tubing, and it is necessary to assure that air has been drawn into the tubing after the solution. This minimizes the risk of contamination during transfer. The tubing and syringe are weighed and the solution is then dispensed onto the planchet in a distributed pattern. The tubing and syringe are again weighed. The difference between the two masses is the dispensed mass. For additional information, see chapter 5 of reference [3].

Recommendation: The addition of a wetting or seeding agent such as silica gel (for example) has been shown to improve the mass distribution of the evaporated solution. A light acrylic spray can be used to "seal" the source with minimal absorption effects.

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

Annexe B
(informative)

Conseils pour la mesure des échantillons

B.1 Précautions générales

Dans les compteurs proportionnels à circulation de gaz, il convient que le gaz circule pendant 24 h avant les mesures, formation des plateaux comprise. Il est recommandé d'installer un double détendeur afin de protéger le compteur d'un excès de pression ou de débit de gaz en cas de défaillance de l'un d'eux. Il convient que le débit de gaz soit réglé selon les recommandations du fabricant.

Pour garantir la validité des résultats, il convient que le gaz soit conforme aux spécifications de pureté indiquées par le fabricant, ou qu'il soit au moins de classe laboratoire. L'emploi d'un gaz de comptage d'ultrahaute pureté est recommandé.

Si la haute tension a été coupée, il convient qu'elle soit appliquée au compteur pendant au moins 15 min avant le début des mesures.

B.2 Taux de comptage nets

B.2.1 Méthode du réglage de la tension du détecteur (méthode DVA)

On procède à un premier comptage avec le détecteur en mode alpha seulement (pour obtenir un taux de comptage alpha), puis à un deuxième en mode alpha/bêta. La durée est la même pour les deux comptages. On calcule le taux de comptage alpha de la façon suivante:

$$R_\alpha = \frac{T_\alpha}{t} \tag{B.1}$$

où T_α est le nombre de comptages sur la durée t. On calcule le taux de comptage bêta de la façon suivante:

$$R_\beta = R_{\alpha+\beta} - R_\alpha \tag{B.2}$$

où

$R_{\alpha+\beta}$ est le taux de comptage en mode alpha/bêta;

R_α est le taux de comptage en mode alpha seulement;

R_β est le taux de comptage en mode bêta seulement.

On calcule l'incertitude du taux de comptage alpha de la façon suivante:

$$\sigma_{R\alpha} = \sqrt{\frac{T_\alpha}{t^2}} \tag{B.3}$$

où T_α est le nombre de comptages sur la durée t.

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

Annex B
(informative)

Guidance on measurement of samples

B.1 General precautions

In a gas flow proportional counter, the gas flow should be on for 24 h before making measurements, including establishing the plateaux. A double gas regulator should be used to control the gas flow and pressure to which the proportional counter may be exposed due to regulator failure. The gas flow should be adjusted to conform with the manufacturer's recommendations.

For valid results, the gas should meet the manufacturer's purity specifications or be of at least laboratory grade. Ultra-high-purity counting gas is recommended.

If the high voltage has been off, it should be applied to the counter(s) for at least 15 min before making measurements.

B.2 Net count rates

B.2.1 Detector voltage adjustment method (DVA method)

The sample is first counted with the detector biased in the alpha-only mode of detection (to derive an alpha count rate), and then in the alpha/beta mode. The count time is the same for both counts. The alpha count rate is calculated as follows:

$$R_\alpha = \frac{T_\alpha}{t} \tag{B.1}$$

where T_α is the number of counts in count time t. The beta count rate is calculated as follows:

$$R_\beta = R_{\alpha+\beta} - R_\alpha \tag{B.2}$$

where

$R_{\alpha+\beta}$ is the count rate in the alpha/beta mode;

R_α is the count rate in the alpha-only mode;

R_β is the count rate in the beta-only mode.

The uncertainty of the alpha count rate is calculated as follows:

$$\sigma_{R\alpha} = \sqrt{\frac{T_\alpha}{t^2}} \tag{B.3}$$

where T_α is the number of counts in count time t.

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

On calcule l'incertitude du taux de comptage bêta de la façon suivante:

$$\sigma_{R\beta} = \frac{\sqrt{T_{\alpha+\beta} + T_{\alpha}}}{t} \tag{B.4}$$

où

$T_{\alpha+\beta}$ est le nombre de coups sur la durée t en mode alpha/bêta;

T_{α} est le nombre de coups sur la durée t en mode alpha seulement;

t est le temps de comptage commun aux deux mesures.

Si le bruit de fond est important dans les modes alpha seulement et alpha/bêta, il doit être pris en compte pour corriger le taux de comptage alpha de la façon suivante:

$$R_{\alpha'} = \frac{T_{\alpha}}{t} - \frac{T_{B(\alpha)}}{t_B} \tag{B.5}$$

où

$T_{B(\alpha)}$ est le nombre de coups de bruit de fond sur la durée t_B en mode alpha seulement;

t_B est le temps de comptage de la mesure de bruit de fond.

On calcule le taux de comptage de bruit de fond corrigé des bêta de la façon suivante:

$$R_{\beta'} = \left(\frac{T_{\alpha+\beta}}{t} - \frac{T_{B(\alpha+\beta)}}{t_B}\right) - \left(\frac{T_{\alpha}}{t} - \frac{T_{B(\alpha)}}{t_B}\right) \tag{B.6}$$

où

$T_{B(\alpha+\beta)}$ est le nombre de coups de bruit de fond sur la durée t_B en mode alpha/bêta.

NOTE Les équations ci-dessus supposent que le temps de comptage du bruit de fond est le même pour les deux modes alpha/bêta et alpha seulement.

L'incertitude du taux de comptage alpha après soustraction du bruit de fond est

$$\sigma_{R_{\alpha'}} = \sqrt{\frac{T_{\alpha}}{t^2} + \frac{T_{B(\alpha)}}{t_B{}^2}} \tag{B.7}$$

où

$T_{B(\alpha)}$ est le nombre de coups de bruit de fond sur la durée t_B en mode alpha seulement;

t_B est le temps de comptage de la mesure de bruit de fond.

L'incertitude du taux de comptage bêta après soustraction du bruit de fond est:

$$\sigma_{R_{\beta'}} = \sqrt{\frac{T_{\alpha+\beta}}{t^2} + \frac{T_{B(\alpha+\beta)}}{t_B{}^2} + \frac{T_{\alpha}}{t^2} + \frac{T_{B(\alpha)}}{t_B{}^2}} \tag{B.8}$$

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

The uncertainty of the beta count rate is calculated as follows:

$$\sigma_{R\beta} = \frac{\sqrt{T_{\alpha+\beta} + T_{\alpha}}}{t} \tag{B.4}$$

where

$T_{\alpha+\beta}$ is the number of counts in time t in the alpha/beta mode;

T_{α} is the number of counts in time t in the alpha-only mode;

t is the common count time for both measurements.

If the background in the alpha-only and alpha/beta modes is significant, it shall be taken into consideration in order to correct the alpha count rate as follows:

$$R_{\alpha'} = \frac{T_{\alpha}}{t} - \frac{T_{B(\alpha)}}{t_B} \tag{B.5}$$

where

$T_{B(\alpha)}$ is the number of background counts in time t_B in the alpha-only mode;

t_B is the count time for the background measurement.

The background corrected beta count rate is calculated as follows:

$$R_{\beta'} = \left(\frac{T_{\alpha+\beta}}{t} - \frac{T_{B(\alpha+\beta)}}{t_B}\right) - \left(\frac{T_{\alpha}}{t} - \frac{T_{B(\alpha)}}{t_B}\right) \tag{B.6}$$

where

$T_{B(\alpha+\beta)}$ is the number of background counts in time t_B in the alpha/beta mode.

NOTE The above equations assume that the background count time is the same in both the alpha/beta and alpha-only modes.

The uncertainty of the alpha count rate when background is subtracted is

$$\sigma_{R\alpha'} = \sqrt{\frac{T_{\alpha}}{t^2} + \frac{T_{B(\alpha)}}{t_B^2}} \tag{B.7}$$

where

$T_{B(\alpha)}$ is the number of background counts in time t_B in the alpha-only mode;

t_B is the count time for the background measurement.

The uncertainty of the beta count rate when a background is subtracted is

$$\sigma_{R\beta'} = \sqrt{\frac{T_{\alpha+\beta}}{t^2} + \frac{T_{B(\alpha+\beta)}}{t_B^2} + \frac{T_{\alpha}}{t^2} + \frac{T_{B(\alpha)}}{t_B^2}} \tag{B.8}$$

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

B.2.2 Méthodes de discrimination d'amplitude d'impulsion et de temps de montée

Dans les méthodes PHD et RTD, on procède à un comptage de l'échantillon avec le détecteur en mode alpha ou bêta seulement, et les alpha sont séparés des bêta par les canaux PHD ou RTD respectivement. Dans les deux méthodes, le taux de comptage alpha net se calcule de la façon suivante:

$$R_\alpha = \frac{N_\alpha}{t_0} - R(\mathrm{B})_\alpha - \frac{R_\beta \times X_{\beta->\alpha}}{100} \quad \text{(B.9)}$$

où

R_α est le taux de comptage alpha net (en coups par seconde);

N_α est le nombre total de coups sur la voie alpha (en coups);

t_0 est le temps de comptage de l'échantillon (en secondes);

$R(\mathrm{B})_\alpha$ est le taux de comptage alpha du bruit de fond (en coups par seconde);

$X_{\beta->\alpha}$ est le facteur de diaphonie bêta-vers-alpha en pourcentage;

R_β est le taux de comptage bêta net (en coups par seconde), déterminé de la façon suivante:

$$R_\beta = \frac{N_\beta}{t_0} - R(\mathrm{B})_\beta - \frac{R_\alpha \times X_{\alpha->\beta}}{100} \quad \text{(B.10)}$$

où

N_β est le nombre total des coups sur la voie bêta (en coups);

$R(\mathrm{B})_\beta$ est le taux de comptage du bruit de fond (en coups par seconde);

$X_{\alpha->\beta}$ est le facteur de diaphonie alpha-vers-bêta en pourcentage.

L'incertitude du taux de comptage alpha net est:

$$\sigma_{R_\alpha} = \sqrt{\frac{R_\alpha}{t_0} + \frac{R(\mathrm{B})_\alpha}{t_0} + \frac{R(\mathrm{B})_\alpha}{t_\mathrm{B}} + \frac{R_\beta \times X_{\beta->\alpha}}{t_0 \times 100} + \left(\frac{X_{\beta->\alpha} \times \sigma_{R_\beta}}{100}\right)^2} \quad \text{(B.11)}$$

où t_B est le temps de comptage du bruit de fond et, en supposant une incertitude $X_{\alpha->\beta}$ négligeable.

L'incertitude du taux de comptage bêta net est:

$$\sigma_{R_\beta} = \sqrt{\frac{R_\beta}{t_0} + \frac{R(\mathrm{B})_\beta}{t_0} + \frac{R(\mathrm{B})_\beta}{t_\mathrm{B}} + \frac{R_\alpha \times X_{\alpha->\beta}}{t_0 \times 100} + \left(\frac{X_{\alpha->\beta} \times \sigma_{R_\alpha}}{100}\right)^2} \quad \text{(B.12)}$$

en supposant une incertitude $X_{\beta->\alpha}$ négligeable.

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

B.2.2 Pulse-height discrimination and rise-time discrimination methods

In the PHD and RTD methods, the sample is counted with the detector biased in the alpha/beta mode only, and the alphas are separated from the betas by the PHD channels or the RTD channels, respectively. In both methods, the net alpha count rate is determined as follows:

$$R_\alpha = \frac{N_\alpha}{t_0} - R(\mathrm{B})_\alpha - \frac{R_\beta \times X_{\beta->\alpha}}{100} \quad \text{(B.9)}$$

where

R_α is the net alpha count rate (in counts per second);

N_α are the total counts in the alpha channel (in counts);

t_0 is the sample count time (in seconds);

$R(\mathrm{B})_\alpha$ is the alpha background count rate (in counts per second);

$X_{\beta->\alpha}$ is the beta-to-alpha crosstalk factor in per cent;

R_β is the net beta count rate (in counts per second) which is determined as follows:

$$R_\beta = \frac{N_\beta}{t_0} - R(\mathrm{B})_\beta - \frac{R_\alpha \times X_{\alpha->\beta}}{100} \quad \text{(B.10)}$$

where

N_β are the total counts in the beta channel (in counts);

$R(\mathrm{B})_\beta$ is the beta background count rate (in counts per second);

$X_{\alpha->\beta}$ is the alpha-to-beta crosstalk factor in per cent.

The uncertainty for the net alpha count rate is:

$$\sigma_{R_\alpha} = \sqrt{\frac{R_\alpha}{t_0} + \frac{R(\mathrm{B})_\alpha}{t_0} + \frac{R(\mathrm{B})_\alpha}{t_\mathrm{B}} + \frac{R_\beta \times X_{\beta->\alpha}}{t_0 \times 100} + \left(\frac{X_{\beta->\alpha} \times \sigma_{R_\beta}}{100}\right)^2} \quad \text{(B.11)}$$

where t_B is the background count time, and assuming a negligible $X_{\alpha->\beta}$ uncertainty.

The uncertainty of the net beta count rate is:

$$\sigma_{R_\beta} = \sqrt{\frac{R_\beta}{t_0} + \frac{R(\mathrm{B})_\beta}{t_0} + \frac{R(\mathrm{B})_\beta}{t_\mathrm{B}} + \frac{R_\alpha \times X_{\alpha->\beta}}{t_0 \times 100} + \left(\frac{X_{\alpha->\beta} \times \sigma_{R_\alpha}}{100}\right)^2} \quad \text{(B.12)}$$

assuming a negligible $X_{\beta->\alpha}$ uncertainty.

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

B.3 Concentrations d'activité

La concentration d'activité d'un nucléide émettant en alpha se calcule de la façon suivante:

$$C_\alpha = \frac{R_\alpha}{V \times \varepsilon_\alpha} \quad \text{(B.13)}$$

où

C_α est la concentration d'activité pour les alpha (en Bq/volume);

R_α est le taux de comptage alpha net défini dans l'équation (B.1), si la méthode DVA est employée sans soustraction du bruit de fond, dans l'équation (B.5), si la méthode DVA est employée avec soustraction du bruit de fond, ou dans l'équation (B.9), si l'on emploie la méthode PHD ou RTD;

V est le volume de l'échantillon;

ε_α est l'efficacité alpha.

La concentration d'activité d'un nucléide émettant en bêta est

$$C_\beta = \frac{R_\beta}{V \times \varepsilon_\beta} \quad \text{(B.14)}$$

où

C_β est la concentration d'activité pour les bêta (en Bq/volume);

R_β est le taux de comptage bêta net défini dans l'équation (B.2), si la méthode DVA est employée sans soustraction du bruit de fond, dans l'équation (B.6), si la méthode DVA est employée avec soustraction du bruit de fond, ou dans l'équation(B.10), si l'on emploie la méthode PHD ou RTD;

V est le volume de l'échantillon;

ε_β est l'efficacité bêta.

L'incertitude estimée de la concentration d'activité alpha se calcule de la façon suivante:

$$\sigma_{C\alpha} = \frac{\sigma_{R\alpha}}{V \times \varepsilon_\alpha} \quad \text{(B.15)}$$

où $\sigma_{R\alpha}$ est l'incertitude du taux de comptage alpha net définie dans l'équation (B.3), si la méthode DVA est employée sans soustraction du bruit de fond, dans l'équation (B.7), si la méthode DVA est employée avec soustraction du bruit de fond, ou dans l'équation (B.11), si l'on emploie la méthode PHD ou RTD, et en supposant une erreur d'efficacité nulle.

L'incertitude estimée de la concentration d'activité bêta se calcule de la façon suivante:

$$\sigma_{C\beta} = \frac{\sigma_{R\beta}}{V \times \varepsilon_\beta} \quad \text{(B.16)}$$

où $\sigma_{R\beta}$ est l'incertitude du taux de comptage bêta net définie dans l'équation (B.4), si la méthode DVA est employée sans soustraction du bruit de fond, dans l'équation (B.8), si la méthode DVA est employée avec soustraction du bruit de fond, ou dans l'équation (B.12), si l'on emploie la méthode PHD ou RTD, et en supposant une erreur d'efficacité nulle.

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

B.3 Activity concentrations

The activity concentration for an alpha-emitting nuclide is calculated as follows:

$$C_\alpha = \frac{R_\alpha}{V \times \varepsilon_\alpha} \quad \text{(B.13)}$$

where

C_α is the activity concentration for alphas (in Bq/volume);

R_α is the net alpha count rate defined in equation (B.1), if the DVA method is used without background subtract, equation (B.5), if the DVA method is used with background subtract, or equation (B.9), if the PHD or RTD method is used;

V is the sample volume;

ε_α is the alpha efficiency.

The activity concentration for a beta-emitting nuclide is

$$C_\beta = \frac{R_\beta}{V \times \varepsilon_\beta} \quad \text{(B.14)}$$

where

C_β is the activity concentration for betas (in Bq/volume);

R_β is the net beta count rate defined in equation (B.2), if the DVA method is used without background subtract, equation (B.6), if the DVA method is used with background subtract, or equation (B.10), if the PHD or RTD method is used;

V is the sample volume;

ε_β is the beta efficiency.

The uncertainty estimate for the alpha activity concentration is calculated as follows:

$$\sigma_{C_\alpha} = \frac{\sigma_{R_\alpha}}{V \times \varepsilon_\alpha} \quad \text{(B.15)}$$

where $\sigma_{R\alpha}$ is the net alpha count rate uncertainty defined in equation (B.3), if the DVA method is used without background subtract, equation (B.7), if the DVA method is used with background subtract, or equation (B.11), if the PHD or RTD method is used, and assuming no efficiency error.

The uncertainty estimate for the beta activity concentration is calculated as follows:

$$\sigma_{C\beta} = \frac{\sigma_{R\beta}}{V \times \varepsilon_\beta} \quad \text{(B.16)}$$

where $\sigma_{R\beta}$ is the net beta count rate uncertainty defined in equation (B.4), if the DVA method is used without background subtract, equation (B.8), if the DVA method is used with background subtract, or equation (B.12), if the PHD or RTD method is used, and assuming no efficiency error.

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

B.4 Correction de masse

Si l'épaisseur de l'échantillon (mesurée par exemple en mg/cm^2) est différente de celle de la source d'étalonnage, il convient que les résultats soient corrigés de l'autoatténuation. La correction du calcul de la concentration d'activité donne l'équation suivante pour les alpha:

$$C_{\alpha'} = \frac{R_\alpha}{V \times \varepsilon_\alpha \times W_\alpha} \quad \text{(B.17)}$$

où W_α est le coefficient de correction nécessaire pour tenir compte de la perte d'efficacité alpha due à la masse de l'échantillon par rapport à celle de la référence avec laquelle l'efficacité a été mesurée.

Il est recommandé d'appliquer également une équation équivalente aux bêta, selon le cas, à savoir:

$$C_{\beta'} = \frac{R_\beta}{V \times \varepsilon_\beta \times W_\beta} \quad \text{(B.18)}$$

où W_β est le coefficient de correction nécessaire pour tenir compte de la perte d'efficacité bêta due à la masse de l'échantillon par rapport à celle de la référence avec laquelle l'efficacité a été mesurée.

B.5 Frottis de radioprotection

Les compteurs proportionnels à gaz sont fréquemment utilisés pour déterminer si une surface, un outil ou un élément d'appareil sont contaminés par une radioactivité éliminable. Ces mesures sont souvent effectuées par comptage d'un frottis d'une surface de 100 cm^2, appliqué sur un type de papier filtre spécifié fixé sur un support plat (plaque de liège ou de caoutchouc par exemple). Les matériaux poreux comme les filtres en fibre de verre ou les tampons de coton sont proscrits pour réaliser les frottis des surfaces exposées à la contamination éliminable. Un taux net de désintégration par centimètre carré supérieur à celui prescrit par la réglementation indique que l'élément recevant le frottis est contaminé en surface par une radioactivité éliminable.

Etant donné que la collecte des échantillons est subjective, la mesure du niveau de contamination avec un frottis est inexacte en pratique. Ceci est pour une part dû au manque d'informations sur les forces de liaison des radionucléides et sur la nature chimique de ces derniers. Par conséquent, il convient que les frottis ne soient utilisés qu'en combinaison avec d'autres méthodes directes pour vérifier qu'un objet ou une surface soit exempt de contamination. La connaissance que l'on aura des processus aidera à déterminer les radionucléides risquant de contaminer l'objet ou la surface en question. On déterminera par là de quelle façon compter les frottis et les efficacités à utiliser.

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

B.4 Mass correction

If the sample thickness (for example, measured in mg/cm^2) is different from that of the calibration source, the results should be corrected for self-attenuation. The correction to the activity concentration calculation results in the following equation for alphas:

$$C_{\alpha'} = \frac{R_\alpha}{V \times \varepsilon_\alpha \times W_\alpha} \quad \text{(B.17)}$$

where W_α is the correction factor required for the alpha efficiency loss due to the sample mass compared to the standard with which the efficiency was measured.

An equivalent equation should also be applied for betas as appropriate, i.e.

$$C_{\beta'} = \frac{R_\beta}{V \times \varepsilon_\beta \times W_\beta} \quad \text{(B.18)}$$

where W_β is the correction factor required for the beta efficiency loss due to the sample mass compared to the standard with which the efficiency was measured.

B.5 Health physics smear samples

Gas proportional counters are frequently used to determine if a surface, tool, or piece of apparatus is surface contaminated with removable radioactivity. These determinations are often made by counting a smear sample taken of 100 cm^2 of surface with a specified type of paper filter attached to a flat backing (for example, a cork or rubber stopper). Porous material such as glass-fibre filters or cotton swabs should not be used to smear uncovered surfaces for removable contamination. A net disintegration rate per square centimeter above that designated by regulation indicates that the smeared item has removable radioactive surface contamination.

Because the gathering of smear samples is subjective, measurement of the contamination level with a smear sample is inexact in practice. This is partly due to the lack of information regarding the binding forces of the radionuclides, and the chemical nature of the radionuclides themselves. Therefore, smear samples should only be used in combination with other direct methods to ascertain if an item or surface is free of contamination. Process knowledge should be used to determine which radionuclides are potentially contaminating the article or surface in question. This information should be used to determine how the smears should be counted and what efficiencies should be used.

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

Il est possible de conduire les techniques de collecte et de mesure des frottis de façon à réduire l'incertitude de la mesure résultante, même en présence d'un certain nombre de variables non définies de l'échantillon. L'efficacité alpha pour un échantillon donné, sans matériau d'atténuation, et pour un instrument et une géométrie donnés, est relativement constante en fonction de l'énergie (~30 % à 45 %), mais les matériaux d'atténuation ont une influence importante sur le taux de comptage alpha des frottis contaminés. Une bonne correction de l'efficacité est indispensable dans la mesure des frottis. Les recommandations suivantes sont proposées pour améliorer la répétabilité et la précision de la collecte et de la mesure des frottis.

a) N'utiliser que le type de support spécifié par la réglementation (par exemple, le papier Whatman 50 est souvent préconisé).

b) Il convient que les frottis soient comptés dans la même géométrie et les mêmes conditions que celles utilisées pour mesurer les efficacités des échantillons. Il convient que le temps de comptage soit choisi de façon à atteindre la sensibilité exigée par la réglementation pour l'affranchissement d'un objet potentiellement contaminé.

c) Si l'on connaît le radionucléide responsable de la contamination, utiliser l'efficacité mesurée correspondant à ce radionucléide et au type de frottis.

d) Si plusieurs radionucléides ont pu contribuer à la contamination, utiliser l'efficacité mesurée correspondant à celui de plus faible énergie bêta.

Ces consignes réduiront les risques d'affranchissement de matériels affectés d'une contamination éliminable.

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

The techniques for gathering and measuring smear samples can be conducted so as to reduce the uncertainty in the resulting measurement even with a number of undefined sample variables. The alpha efficiency for a given sample, free of attenuating material and for a given instrument and counting geometry is relatively constant as a function of energy (~30 % to 45 %), but attenuating material has a large effect on the count rate of alpha-contaminated smears. Proper efficiency correction is essential in measurement of smear samples. The following recommendations are offered to improve the repeatability and accuracy of gathering and counting smears.

a) Use only the type of smear specified by regulation (for example, Whatman 50 paper is often specified).

b) Smears should be counted in the same geometry and under the same counting conditions as used to measure the efficiencies for smear samples. A counting time should be selected to achieve the sensitivity required by regulations for release of a potentially contaminated item.

c) When the radionuclide responsible for contamination is known, use the efficiency measured for that radionuclide and smear type.

d) When several radionuclides contribute to potential contamination, use the efficiency measured for the radionuclide with the lowest beta energy.

These guidelines will reduce the possibility of releasing material as uncontaminated when, in fact, it is contaminated with removable contamination.

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

Bibliographie

[1] KNOLL G.F. *Radiation Detection et Measurement*, Deuxième édition, John Wiley & Sons, New York, 1989.

[2] TSOULFANIDIS N. *Measurement and Detection of Radiation*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1983.

[3] Rapport NCRP n° 58, *A Handbook of Radioactivity Measurements Procedures.*

[4] ANSI N42.22, *Measurement and Traceability of Radioactive Sources and Associated Instrument Quality Control*.

[5] TAYLOR B.N. et KUYATT C.E. *Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainties of NIST Measurement Results*, NIST Technical Note 1297, United States Department of Commerce and Technology Administration, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, Jan 1993.

[6] GIACOMO P. "News from the BIPM", *Metrologia*, 17(1981)69.

[7] SMITH D.L. *Probability, Statistics, and Data Uncertainties in Nuclear Science and Technology*, OECD Nuclear Energy Agency Nuclear Data Committee Series, *Neutron Physics and Nuclear Data in Science and Technology*, Vol. 4, American Nuclear Society, 1991.

[8] ANSI N42.23, *Measurement and Associated Instrumentation Quality Assurance for Radioassay Laboratories*.

[9] ANSI N42.14, *Calibration and Use of Germanium Spectrometers for the Measurement of Gamma-Ray Emission Rates of Radionuclides*.

[10] GEHRKE R.J. et Johnson L.O. "A 4π β-γ Coincidence System with Minimally Broadened Pulses for High Count Rates", *Nucl. Instr. & Meth*. 204(1982)191.

[11] COLLE R. "Use of the Harmonic Mean: On Averaging Count Rate Data for Variable-Time, Fixed-Count Intervals", *Radioactivity & Radiochemistry*, Vol. 7, No. 1, 1996.

[12] ROSSI B. et STAUB H.H. *Ionization Chambers and Counters*, McGraw-Hill, New York, 1949.

[13] WILKINSON D.H. *Ionization Chambers and Counters*, Cambridge University Press, Cambridge, 1950.

[14] CURRAN S.C. "Proportional Counter Spectrometry", in K. Siegbahn, Ed., *Beta and Gamma-Ray Spectroscopy*, North Holland Publishing Co., Amsterdam, 1955, Vol. XLV, Chapter VI.

[15] EHMANN W.D. et VANCE D.E. *Radiochemistry and Nuclear Methods of Analysis*, John Wiley & Sons, New York, 1991, pp 207-220.

[16] CEI 61145:1992, *Etalonnage et utilisation de systèmes à chambre d'ionisation pour le dosage des radionucléides*.

[17] CEI 61151:1992, *Instrumentation nucléaire – Amplificateurs et préamplificateurs utilisés avec des détecteurs de rayonnements ionisants – Méthodes d'essais*.

[18] CEI 61452:1995, *Instrumentation nucléaire – Mesure des taux d'émission gamma de radionucléides – Etalonnage et utilisation des spectromètres germanium.*

[19] ANSI N42.25, *Calibration and usage of Alpha/Beta Proportional counters*

———————

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

Bibliography

[1] KNOLL G.F. *Radiation Detection and Measurement*, Second Edition, John Wiley & Sons, New York, 1989.

[2] TSOULFANIDIS N. *Measurement and Detection of Radiation*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1983.

[3] NCRP Report No. 58, *A Handbook of Radioactivity Measurements Procedures.*

[4] ANSI N42.22, *Measurement and Traceability of Radioactive Sources and Associated Instrument Quality Control*.

[5] TAYLOR B.N. and KUYATT C.E. *Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results*, NIST Technical Note 1297, United States Department of Commerce and Technology Administration, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, Jan 1993.

[6] GIACOMO P. "News from the BIPM", *Metrologia*, 17(1981)69.

[7] SMITH D.L. *Probability, Statistics, and Data Uncertainties in Nuclear Science and Technology*, OECD Nuclear Energy Agency Nuclear Data Committee Series, *Neutron Physics and Nuclear Data in Science and Technology*, Vol. 4, American Nuclear Society, 1991.

[8] ANSI N42.23, *Measurement and Associated Instrumentation Quality Assurance for Radioassay Laboratories*.

[9] ANSI N42.14, *Calibration and Use of Germanium Spectrometers for the Measurement of Gamma-Ray Emission Rates of Radionuclides*.

[10] GEHRKE R.J. and JOHNSON L.O. "A 4π β-γ Coincidence System with Minimally Broadened Pulses for High Count Rates", *Nucl. Instr. & Meth.* 204(1982)191.

[11] COLLE R. "Use of the Harmonic Mean: On Averaging Count Rate Data for Variable-Time, Fixed-Count Intervals", *Radioactivity & Radiochemistry*, Vol. 7, No. 1, 1996.

[12] ROSSI B. and STAUB H.H. *Ionization Chambers and Counters*, McGraw-Hill, New York, 1949.

[13] WILKINSON D.H. *Ionization Chambers and Counters*, Cambridge University Press, Cambridge, 1950.

[14] CURRAN S.C. "Proportional Counter Spectrometry", in K. Siegbahn, Ed., *Beta and Gamma-Ray Spectroscopy*, North Holland Publishing Co., Amsterdam, 1955, Vol. XLV, Chapter VI.

[15] EHMANN W.D. and VANCE D.E. Radiochemistry and Nuclear Methods of Analysis, John Wiley & Sons, New York, 1991, pp 207-220.

[16] IEC 61145:1992, *Calibration and usage of ionization chamber systems for assay of radionuclides.*

[17] IEC 61151:1992, *Nuclear instrumentation – Amplifiers and preamplifiers used with detectors of ionizing radiation – Test procedures.*

[18] IEC 61452:1995, *Nuclear instrumentation – Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides – Calibration and use of germanium spectrometers.*

[19] ANSI N42.25, *Calibration and usage of Alpha/Beta Proportional counters*

———————

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.

Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC**/CSC at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland

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

Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: *(e.g. 60601-1-1)*

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard *(tick all that apply).* I am the/a:

purchasing agent ❑
librarian ❑
researcher ❑
design engineer ❑
safety engineer ❑
testing engineer ❑
marketing specialist ❑
other.....

Q3 I work for/in/as a: *(tick all that apply)*

manufacturing ❑
consultant ❑
government ❑
test/certification facility ❑
public utility ❑
education ❑
military ❑
other.....

Q4 This standard will be used for: *(tick all that apply)*

general reference ❑
product research ❑
product design/development ❑
specifications ❑
tenders ❑
quality assessment ❑
certification ❑
technical documentation ❑
thesis ❑
manufacturing ❑
other.....

Q5 This standard meets my needs: *(tick one)*

not at all ❑
nearly ❑
fairly well ❑
exactly ❑

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: *(tick all that apply)*

standard is out of date ❑
standard is incomplete ❑
standard is too academic ❑
standard is too superficial ❑
title is misleading ❑
I made the wrong choice ❑
other .....

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:
(1) unacceptable,
(2) below average,
(3) average,
(4) above average,
(5) exceptional,
(6) not applicable

timeliness.....
quality of writing.....
technical contents.....
logic of arrangement of contents .....
tables, charts, graphs, figures.....
other .....

Q8 I read/use the: *(tick one)*

French text only ❑
English text only ❑
both English and French texts ❑

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

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

Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Suisse

ou

Télécopie: **CEI**/CSC +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 GENÈVE 20
Suisse

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

Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (*ex. 60601-1-1)*

.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

agent d'un service d'achat ❑
bibliothécaire ❑
chercheur ❑
ingénieur concepteur ❑
ingénieur sécurité ❑
ingénieur d'essais ❑
spécialiste en marketing ❑
autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

dans l'industrie ❑
comme consultant ❑
pour un gouvernement ❑
pour un organisme d'essais/ certification ❑
dans un service public ❑
dans l'enseignement ❑
comme militaire ❑
autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

ouvrage de référence ❑
une recherche de produit ❑
une étude/développement de produit ❑
des spécifications ❑
des soumissions ❑
une évaluation de la qualité ❑
une certification ❑
une documentation technique ❑
une thèse ❑
la fabrication ❑
autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

pas du tout ❑
à peu près ❑
assez bien ❑
parfaitement ❑

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

la norme a besoin d'être révisée ❑
la norme est incomplète ❑
la norme est trop théorique ❑
la norme est trop superficielle ❑
le titre est équivoque ❑
je n'ai pas fait le bon choix ❑
autre(s) .....

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

publication en temps opportun .....
qualité de la rédaction.....
contenu technique .....
disposition logique du contenu .....
tableaux, diagrammes, graphiques, figures.....
autre(s) .....

Q8 Je lis/utilise: *(une seule réponse)*

uniquement le texte français ❑
uniquement le texte anglais ❑
les textes anglais et français ❑

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

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.

ISBN 2-8318-5869-0

ICS 27.120

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND