

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

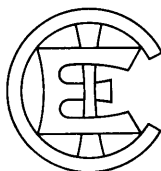
Publication 697

Première édition — First edition

1981

**Détermination du rendement d'un semicteur gamma au germanium
à l'aide d'un récipient de forme enveloppante normalisé**

**Germanium semiconductor detector gamma-ray efficiency determination
using a standard re-entrant beaker geometry**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

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

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

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

Graphical and letter symbols

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

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to pages 3 and 4 of the cover, which list other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 697

Première édition — First edition

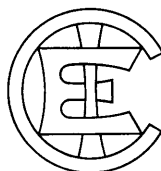
1981

**Détermination du rendement d'un semicteur gamma au germanium
à l'aide d'un récipient de forme enveloppante normalisé**

**Germanium semiconductor detector gamma-ray efficiency determination
using a standard re-entrant beaker geometry**

Mots clés: mesures électriques de grandeurs
de la technologie nucléaire, semicteurs de
rayonnement au germanium de haute pureté,
mesure du rendement.

Key words: electrical measurement of quantities
of nuclear technology, high-purity
germanium radiation detectors;
efficiency measurement.



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application et objet	6
2. Introduction	6
3. Source normalisée en récipient enveloppant (SNRE)	6
3.1 SNRE homologuée	8
3.2 SNRE étalonnée	8
3.3 Solution SNRE homologuée	8
3.4 Solution SNRE étalonnée	8
3.5 Solution homologuée	8
4. Le récipient	8
5. Matière radioactive de remplissage	10
6. La mesure	10
7. Dossier de la SNRE	12
8. Discussion	14
ANNEXE A — Radionucléides types et étalonnages caractéristiques	18

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope and object	7
2. Introduction	7
3. Re-entrant beaker standard source (RBSS)	7
3.1 Certified RBSS	9
3.2 Calibrated RBSS	9
3.3 Certified-solution RBSS	9
3.4 Calibrated-solution RBSS	9
3.5 Certified solution	9
4. The beaker	9
5. Radioactive filling material	11
6. The measurement	11
7. RBSS documentation	13
8. Discussion	15
APPENDIX A — Representative radionuclides and typical calibrations	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DÉTERMINATION DU RENDEMENT D'UN SEMICTEUR GAMMA
AU GERMANIUM
À L'AIDE D'UN RÉCIPIENT DE FORME ENVELOPPANTE NORMALISÉ**

PRÉAMBULE

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

PREFACE

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

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Baden-Baden en 1977. Des projets furent révisés lors des réunions tenues à Nice en 1978 et à Varsovie en 1979. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 45(Bureau Central)131, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1979.

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

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Autriche
Belgique
Bulgarie
Egypte
Espagne
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France

Italie
Pays-Bas
Pologne
République Démocratique Allemande
Roumanie
Suède
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

Autre publication de la CEI citée dans la présente norme:

Publication n° 430: Méthodes d'essais des semicteurs gamma au germanium.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GERMANIUM SEMICONDUCTOR DETECTOR GAMMA-RAY
EFFICIENCY DETERMINATION
USING A STANDARD RE-ENTRANT BEAKER GEOMETRY**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 45: Nuclear Instrumentation.

A first draft was discussed at the meeting held in Baden-Baden in 1977. Drafts were reviewed at meetings held in Nice in 1978 and in Warsaw in 1979. As a result of this latter meeting, a draft, Document 45(Central Office)131, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Poland
Belgium	Romania
Bulgaria	South Africa (Republic of)
Egypt	Spain
Finland	Sweden
France	Turkey
German Democratic Republic	Union of Soviet
Germany	Socialist Republics
Italy	United States of America
Netherlands	

Other IEC publication quoted in this standard:

Publication No. 430: Test Procedures for Germanium Gamma-ray Detectors.

DÉTERMINATION DU RENDEMENT D'UN SEMICTEUR GAMMA AU GERMANIUM À L'AIDE D'UN RÉCIPIENT DE FORME ENVELOPPANTE NORMALISÉ¹⁾

1. Domaine d'application et objet

Cette norme pour la détermination des rendements des semicteurs gamma au germanium résulte du constat qu'un nombre croissant d'échantillons de gros volume et de faible activité doivent être mesurés par spectrométrie gamma. La forme normalisée de l'échantillon et les techniques de mesures décrites permettent, lorsqu'elles sont conjointement utilisées avec la mesure type du rendement relatif décrite dans la Publication 430 de la CEI: Méthodes d'essais des semicteurs gamma au germanium, d'évaluer de façon significative les caractéristiques d'un détecteur.

Le but de la présente norme est de décrire de façon précise deux configurations à seule fin de caractériser les possibilités d'un détecteur.

2. Introduction

Le récipient de forme enveloppante spécifié ici (figures 1 et 2, pages 16 et 17) a été principalement choisi pour sa forme quasi optimale permettant de placer le matériau échantillon aussi près que possible de la matière active. Les semicteurs au germanium sont encapsulés dans des cryostats à vide, ce qui fait que leurs dimensions internes ne sont pas facilement mesurables par l'utilisateur. C'est pourquoi, dans cette publication, on se réfère aux dimensions externes du cryostat. Pour les besoins de ce document, le semicteur est considéré comme étant une partie d'un «spectromètre simple» où les modes coïncidence ou suppression Compton ne sont pas utilisés. Le spectromètre doit être installé et étalonné conformément à la Publication 430 de la CEI.

3. Source normalisée en récipient enveloppant (SNRE)

Une source normalisée en récipient enveloppant (SNRE) consiste en un récipient enveloppant normalisé (article 4) contenant un milieu support de matière radioactive (article 5). Une SNRE peut être une *SNRE homologuée*, une *SNRE étalonnée*, une *solution SNRE homologuée* ou une *solution SNRE étalonnée*. L'incertitude d'étalonnage du taux d'émission de photons²⁾ pour un récipient rempli ne doit pas être supérieure à 3% (1σ) à moins qu'il n'en soit décidé autrement.

¹⁾ Récipient de Marinelli.

²⁾ Le taux d'émission de photons concernant la présente norme est le nombre de photons par seconde résultant de la désintégration des radionucléides de la source; il est ainsi supérieur au taux de photons quittant la surface de la source.

GERMANIUM SEMICONDUCTOR DETECTOR GAMMA-RAY EFFICIENCY DETERMINATION USING A STANDARD RE-ENTRANT BEAKER GEOMETRY¹⁾

1. Scope and object

This standard for determination of gamma-ray efficiencies of germanium semiconductor detectors is provided in recognition of the increasing number of large-volume, low-activity samples being measured by gamma-ray spectroscopy. The standardized sample geometry and measurement techniques described, when used in conjunction with the relative efficiency measurement standard of IEC Publication 430: Test Procedures for Germanium Gamma-ray Detectors, provide a meaningful assessment of detector performance.

The object of this standard is to specify two configurations for the sole purpose of characterizing detector performance.

2. Introduction

The re-entrant beaker geometry specified herein (Figures 1 and 2, pages 16 and 17) has been chosen primarily for its near-optimum design in placing the sample material as near the active detector material as feasible. Germanium semiconductor detectors are encapsulated in vacuum cryostats such that internal dimensions are not readily measurable by the user. Therefore, in this publication reference is made to the cryostat external dimensions. For the purposes of this document the detector is considered to be part of a "singles spectrometer" where coincidence or Compton suppression modes are not used. The spectrometer shall be set up and calibrated as in IEC Publication 430.

3. Re-entrant beaker standard source (RBSS)

A re-entrant beaker standard source (RBSS) consists of a standard re-entrant beaker (Clause 4) containing a carrier with radioactive material (Clause 5). An RBSS may be a *certified RBSS*, a *calibrated RBSS*, a *certified-solution RBSS*, or a *calibrated-solution RBSS*. The calibration uncertainty of the photon emission rate²⁾ for the filled beaker shall be not more than 3% (1 σ) unless otherwise stated.

¹⁾ Also known as Marinelli beaker.

²⁾ The photon emission rate as used in this standard is the number of photons per second resulting from the decay of radionuclides in the source and is thus higher than the rate of photons leaving the surface of the source.

3.1 *SNRE homologuée*

Une *SNRE homologuée* est une SNRE qui a été étalonnée pour un taux d'émission de photons¹⁾ à des énergies déterminées par un laboratoire reconnu comme laboratoire national de normalisation habilité pour les mesures radioactives et a été certifiée par ledit laboratoire d'étalonnage.

3.2 *SNRE étalonnée*

Une *SNRE étalonnée* est une SNRE qui a été étalonnée par comparaison de son taux d'émission de photons¹⁾ à celui d'une *SNRE homologuée*.

3.3 *Solution SNRE homologuée*

Une *solution SNRE homologuée* est un récipient conforme aux dispositions de l'article 4 qui contient une *solution homologuée* (paragraphe 3.5) en tant que matière radioactive de remplissage (article 5).

3.4 *Solution SNRE étalonnée*

Une *solution SNRE étalonnée* est un récipient normalisé conforme aux dispositions de l'article 4 qui contient comme matière radioactive de remplissage (article 5) une solution qui a été étalonnée par comparaison de son taux d'émission de photons¹⁾ à des énergies déterminées avec celui d'une *solution homologuée* (paragraphe 3.5).

3.5 *Solution homologuée*

Une *solution homologuée* est un liquide radioactif de remplissage (article 5) qui a été étalonné par un laboratoire reconnu comme laboratoire national de normalisation pour les mesures radioactives et a été certifiée par ledit laboratoire d'étalonnage.

4. Le récipient

Les récipients enveloppants sont des récipients puits renversés de tailles diverses utilisés pour les mesures de gros volumes, à bas niveau. Les récipients normalisés spécifiés ici (modèles 450 et 1000) sont détaillés à la figure 1, page 16. La figure 2, page 17, en donne une représentation schématique pour un détecteur déterminé. Les récipients modèles 450 et 1000 ont respectivement une capacité spécifiée de 450 ml et 1 000 ml (voir article 5). Lorsque le remplissage a été effectué avec ces capacités, il reste un intervalle raisonnable entre le dessus de la matière de remplissage et le haut du récipient. On a tenu compte des critères suivants pour le choix des récipients spécifiés:

- a) haut rendement de comptage pour le matériau échantillon utilisé;
- b) disponibilité dans le commerce à bas prix;

¹⁾ Le taux d'émission de photons concernant la présente norme est le nombre de photons par seconde résultant de la désintégration des radionucléides de la source; il est ainsi supérieur au taux de photons quittant la surface de la source.

3.1 *Certified RBSS*

A *certified RBSS* is an RBSS that has been calibrated as to photon emission rate¹⁾ at specified energies by a laboratory recognized as a country's national standardizing laboratory for radioactivity measurements, and has been so certified by the calibrating laboratory.

3.2 *Calibrated RBSS*

A *calibrated RBSS* is an RBSS that has been calibrated by comparing its photon emission rate¹⁾ to that of a *certified RBSS*.

3.3 *Certified-solution RBSS*

A *certified-solution RBSS* is a standard beaker conforming to Clause 4 that contains a *certified solution* (Sub-clause 3.5) as its radioactive filling material (Clause 5).

3.4 *Calibrated-solution RBSS*

A *calibrated-solution RBSS* is a standard beaker conforming to Clause 4 that contains as its radioactive filling material (Clause 5) a solution that has been calibrated by comparing its photon emission rate¹⁾ at specified energies to that of a *certified solution* (Sub-clause 3.5).

3.5 *Certified solution*

A *certified solution* is a liquid radioactive filling material (Clause 5) that has been calibrated by a laboratory recognized as a country's national standardizing laboratory for radioactivity measurements, and has been so certified by the calibrating laboratory.

4. **The beaker**

Re-entrant beakers are inverted well beakers and are available in a variety of sizes for use in large volume, low-level, measurements. The standardized beakers specified herein (Models 450 and 1000), are shown in Figure 1, page 16. Figure 2, page 17, shows a schematic of a typical sample-detector geometry. The Model 450 beaker is considered to be of 450 ml capacity and the Model 1000 of 1 000 ml capacity (see Clause 5). When filled to these capacities, a reasonable distance remains between the top of the filling material and the top of the beaker. The following factors were considered in selecting the beakers specified:

- a) high counting efficiency for the sample material used;
- b) commercial availability at low cost;

¹⁾ The photon emission rate as used in this standard is the number of photons per second resulting from the decay of radionuclides in the source and is thus higher than the rate of photons leaving the surface of the source.

- c) utilisation courante dans de nombreux laboratoires;
- d) commodité matérielle;
- e) dimensions de logement du détecteur.

Un récipient transparent a l'avantage de permettre l'observation directe du contenu.

5. Matière radioactive de remplissage

Le récipient employé pour l'étalonnage d'un détecteur doit être rempli avec le volume spécifié d'un milieu support solide ou liquide contenant une matière radioactive uniformément répartie. Le volume spécifié est de 450 ml pour le récipient modèle 450 et de 1 000 ml pour le récipient modèle 1000. Le milieu solide est préférable pour l'emploi courant, car il constitue une source scellée sûre et chimiquement inerte.

La liste des radionucléides typiques utilisés dans les SNRE est donnée par le tableau A1 de l'annexe.

Le milieu support doit avoir un nombre atomique moyen Z de $4,0 \pm 0,7$ et un poids spécifique moyen de $1,15 \pm 0,02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ pour les milieux solides ou $1,00$ à $1,07 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ pour les liquides. La densité du milieu porteur utilisé doit être déterminée à 2% près (voir 4) du point a) de l'article 7). L'activité de la source ne doit pas excéder le taux de comptage admissible par le système de détection (les pertes de temps mort ne devraient pas être supérieures à 1%). Dans certains systèmes, une distorsion spectrale importante peut se manifester pour des taux de comptage bas, de l'ordre de quelques milliers par seconde.

6. La mesure

Le rendement d'absorption totale de détection d'une SNRE (E_a) d'un ensemble détecteur à étalonner doit être déterminé en plaçant la SNRE sur le capot comme le montre la figure 2, page 17, en comptant pendant une durée utile T et en effectuant la mesure conformément au paragraphe 4.1 de la Publication 430 de la CIEI (voir également son paragraphe 6.1).

E_a est défini par:

$$E_a = A/N_s \quad (1)$$

où:

A = nombre d'événements provenant de la SNRE, enregistrés sous forme de coups dans le pic d'absorption totale et représentant l'énergie E , pendant la durée utile de comptage T

N_s = nombre de photons gamma d'énergie E émis par la SNRE pendant la même durée utile T

Lorsque les rendements des SNRE sont spécifiés, les énergies employées pour la détermination doivent être précisées. Les énergies convenables souvent utilisées des photons gamma sont parmi celles indiquées plus bas. Le photon de 1 333 keV du ^{60}Co est le plus largement utilisé pour la détermination du rendement et de la résolution (voir aussi les paragraphes 6.1 et 6.2 de la Publication 430 de la CIEI). Pour les basses énergies, la raie préférée est celle de 88 keV du ^{109}Cd .

88 keV	(^{109}Cd)
122 keV	(^{57}Co)
662 keV	(^{137}Cs)
1 333 keV	(^{60}Co)

- c) common usage in many laboratories;
- d) physical convenience;
- e) detector container dimensions.

Transparent beakers have the advantage of permitting visible inspection of the contents.

5. Radioactive filling material

The beaker to be used for calibration of the detector shall be filled with the specified volume of a solid or liquid carrier containing uniformly dispersed radioactive material. The specified volume is 450 ml for the Model 450 beaker and 1 000 ml for the Model 1000 beaker. The solid carrier is preferable for general use because it constitutes a safe and chemically inert sealed source.

Representative radionuclides for use in RBSSs are listed in Table A1 of the appendix.

The carrier shall have a mean atomic number Z of 4.0 ± 0.7 and a mean specific gravity of $1.15 \pm 0.02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ for solid carriers or 1.00 to $1.07 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ for liquid carriers. The density of the carrier used shall be stated within 2% (see 4) of Item *a*) of Clause 7). The source activity should be such as not to exceed the count-rate capability of the detector system (dead time losses should not exceed 1%). In some systems significant spectral distortion may occur at count-rates as low as a few thousand per second.

6. The measurement

The RBSS total absorption detection efficiency (E_a) of a detector assembly being calibrated shall be determined with the RBSS placed over the end cap as in Figure 2, page 17, counted for a live time count interval T and measured according to Sub-clause 4.1 of IEC Publication 430 (see also Sub-clause 6.1 of IEC Publication 430).

E_a is defined as:

$$E_a = A/N_s \quad (1)$$

where:

A = number of events from the RBSS registered as counts in the total absorption peak representing energy E during the live time count interval T

N_s = number of gamma rays of energy E originating in the RBSS during the same live time interval T

When the RBSS efficiencies are specified, the energies used in the determination shall be stated. Convenient and frequently used gamma-ray energies include those listed below. The 1 333 keV gamma ray of ^{60}Co has been the most widely used for specifying efficiency and resolution (see also Sub-clauses 6.1 and 6.2 of IEC Publication 430). The preferred line at low energies is the 88 keV gamma ray of ^{109}Cd .

88 keV	(^{109}Cd)
122 keV	(^{57}Co)
662 keV	(^{137}Cs)
1 333 keV	(^{60}Co)

Si l'utilisateur désire étendre l'emploi de ces techniques pour tracer une courbe d'étalonnage détaillée en vue d'applications particulières du détecteur, il aura en général besoin de pics d'énergie différente (voir le tableau A1 de l'annexe).

Le tableau A2 donne quelques résultats typiques obtenus par une SNRE étalonnée et deux semicteurs Ge(Li). Les deux semicteurs sont caractérisés par leurs rendements relatifs d'absorption totale d'une SNRE tels que définis dans le paragraphe 6.2 de la Publication 430 de la CEI. La figure A1, page 22, montre la variation du rendement absolu d'absorption totale E_a en fonction de l'énergie du rayonnement gamma pour les deux semicteurs du tableau A2 utilisant la configuration d'une SNRE.

La figure A2, page 23, représente le diagramme linéaire d'un spectre observé en utilisant une SNRE et la figure A3, page 24, le diagramme logarithmique du même spectre. La plupart des pics sont nettement repérables et directement mesurables. Une source d'erreur possible existe du fait que le pic d'échappement simple de l' ^{88}Y est situé à 7 keV environ (à 1 325 keV) du pic de 1 333 keV du ^{60}Co . La figure A4, page 25, montre une fraction dilatée du spectre de la figure A2, au droit du pic de 1 333 keV. Il faut prendre soin de s'assurer que le comptage, provenant du pic d'échappement, ne soit pas attribué au pic gamma de 1 333 keV.

On doit noter que les radioéléments émettent souvent en cascade prompt des rayonnements gamma (par exemple les 1 173 keV et 1 333 keV du ^{60}Co). Cette particularité peut donner un pic-somme qui modifie le nombre d'événements enregistrés dans le pic d'absorption totale de la SNRE. Une valeur de coups dans le rendement d'absorption totale de détection plus faible que sans cet effet est alors obtenue. Cela peut entraîner une erreur considérable dans la valeur calculée du rendement d'absorption totale de détection (E_d).

7. Dossier de la SNRE

Un certificat doit accompagner chaque SNRE spécifiant si la SNRE est une *SNRE homologuée* (paragraphe 3.1) ou une *SNRE étalonnée* (paragraphe 3.2). Dans le cas de la *solution SNRE homologuée* (paragraphe 3.3) et de la *solution SNRE étalonnée* (paragraphe 3.4), le certificat ne doit concerner que la solution. Dans tous les cas, le certificat doit contenir les informations suivantes:

a) Radionucléides employés et étalonnés, en même temps que:

- 1) les énergies des photons et la période du radionucléide;
- 2) les dates correspondant aux taux indiqués d'émission des photons;
- 3) les précisions sur les taux d'émission indiqués dans le cas d'une *SNRE étalonnée*, les erreurs de la *SNRE homologuée* qui a servi à l'étalonnage et les erreurs de l'étalonnage proprement dit devront être séparément indiquées. Dans le cas d'une *solution SNRE étalonnée*, les erreurs de la *solution homologuée* qui a servi à l'étalonnage et les erreurs de l'étalonnage proprement dit devront être séparément indiquées;
- 4) la densité à 2% près du milieu support.

b) Dates d'étalonnage.

Dans le cas d'une *SNRE étalonnée*, la date de l'étalonnage par rapport à la *SNRE homologuée* et la date d'étalonnage de la *SNRE homologuée* proprement dite devront être données. Dans le cas d'une *solution SNRE étalonnée*, la date de l'étalonnage par rapport à la *solution homologuée* et la date de l'étalonnage de la *solution homologuée* proprement dites devront être données.

If the user wishes to extend the use of these techniques to establish a detailed calibration data set for specific applications of the detector, additional energy peaks will generally be required (see Table A1 of the appendix).

Table A2 shows typical results for a calibrated RBSS used with two Ge(Li) detectors. The two detectors are described by their relative RBSS total absorption detection efficiencies as in Sub-clause 6.2 of IEC Publication 430. Figure A1, page 22, shows the variation of the absolute full-energy peak efficiency E_a versus gamma-ray energy for the two Ge(Li) detectors of Table A2 for the RBSS geometry.

Figure A2, page 23, shows a linear plot of the spectrum observed using the RBSS. Figure A3, page 24, shows the log plot of the spectrum of Figure A2. Most of the peaks are clearly observable and available for direct measurement. A possible source of error arises from the fact that the ^{88}Y single-escape peak is about 7 keV (at 1 325 keV) from the 1 333 keV peak of ^{60}Co . Figure A4, page 25, shows an expanded portion of the spectrum around 1 333 keV for the data of Figure A2. Care should be exercised to assure that counts from the escape peak are not attributed to the peak due to the 1 333 keV gamma ray.

It should be noted that radionuclides often emit gamma rays in prompt cascade (e.g. the 1 173 keV and 1 333 keV gamma rays of ^{60}Co). Due to this, summation effects will occur which effect the number of events from the RBSS registered as counts in the total absorption peak. A lower value of the number of counts in the total absorption peak is obtained then without this effect. This may cause a significant error in the calculated value of the total absorption detection efficiency (E_a).

7. RBSS documentation

A certificate shall be provided with each RBSS stating whether the RBSS is a *certified RBSS* (Sub-clause 3.1) or a *calibrated RBSS* (Sub-clause 3.2). In the case of the *certified-solution RBSS* (Sub-clause 3.3), and the *calibrated-solution RBSS* (Sub-clause 3.4), the certificate shall be for the solution alone. In any case, the certificate shall contain the following information:

a) Radionuclides used and calibrated, together with:

- 1) the photon energies and radionuclide half lives;
- 2) dates corresponding to the stated photon emission rates;
- 3) uncertainties in the stated photon emission rates. In the case of a *calibrated RBSS*, the errors for the *certified RBSS* against which the calibrated RBSS has been calibrated and the errors in the comparison shall be given separately. In the case of a *calibrated-solution RBSS*, the errors for the *certified solution* against which the radioactive filling material solution has been calibrated and the errors in the comparison shall be given separately;
- 4) density of the carrier within 2%.

b) Calibration dates.

In the case of a *calibrated RBSS*, the date of calibration against the *certified RBSS* and the date of calibration of the *certified RBSS* shall be given. In the case of a *calibrated-solution RBSS*, the date of calibration of the radioactive filling material solution against the *certified solution* and the date of calibration of the *certified solution* shall be given.

- c) Historique complet de la *SNRE étalonnée* ou de la *solution SNRE étalonnée* y compris l'identification de la *SNRE homologuée* ou de la *solution homologuée* qui ont servi à l'étalonnage.
- d) Type de la SNRE et numéro d'identification.
- e) Laboratoire ou organisme d'étalonnage.

8. Discussion

L'utilisation de cette norme conjointement avec la mesure de rendement relatif (paragraphe 6.2 de la Publication 430 de la CEI) permet une meilleure compréhension tant des caractéristiques d'un détecteur que de celles que l'on peut obtenir dans la mesure d'échantillons de grand volume.

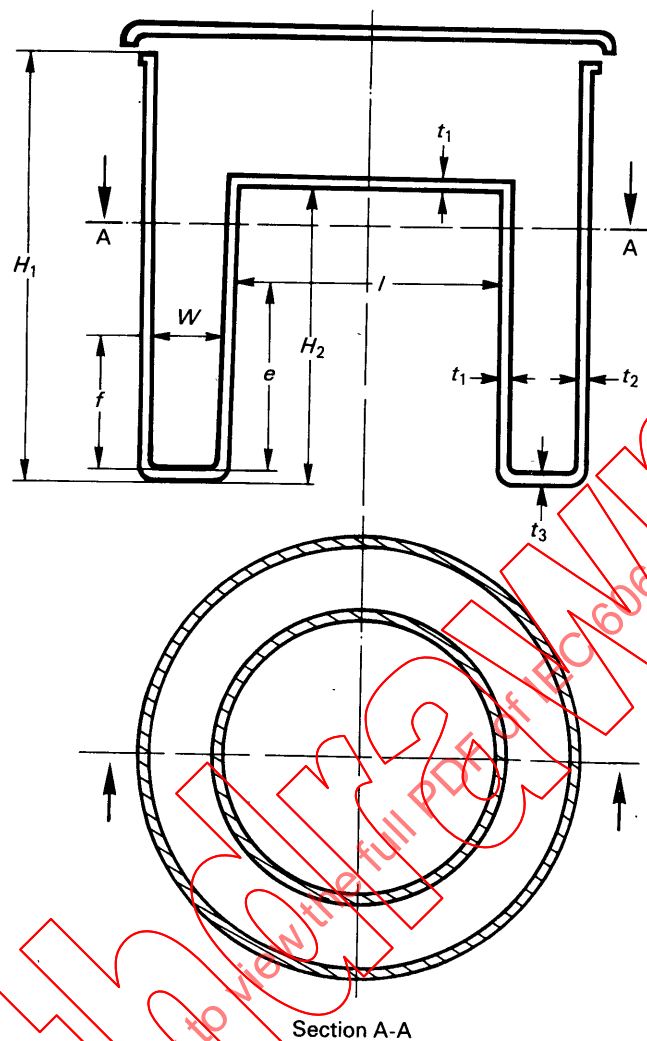
L'angle solide, l'auto-atténuation de la source et l'énergie du rayonnement gamma sont tous les facteurs de la mesure du rendement d'absorption totale de détection de la SNRE. Cette norme d'étalonnage pour détecteur fixe la configuration de la source, permettant de ce fait une comparaison d'effets sur le détecteur comme l'épaisseur de la fenêtre, le volume sensible et le rapport de la longueur au diamètre.

- c) Full genealogy in the case of a *calibrated RBSS* or a *calibrated-solution RBSS*, including identification of the *certified RBSS* or *certified solution* against which it has been calibrated.
- d) RBSS model number and identification.
- e) Calibrating laboratory or organization.

8. Discussion

Use of this standard in conjunction with the relative efficiency measurement (Sub-clause 6.2 of IEC Publication 430) permits a fuller understanding of both detector performance and expected performance for measuring large volume samples.

Solid angle, source self attenuation, and gamma-ray energy are all factors in the measurement of the RBSS total absorption detection efficiency. This detector calibration standard fixes the source geometry thereby allowing systematic comparison of detector effects such as window thickness, sensitive volume and length/diameter ratio.



Section A-A

139/81

Modèle/Model 450

	mm	pouces (réf.) / inches (réf.)
H_1	$104,1 \pm 1,3$	$4,10 \pm 0,05$
H_2	$68,33 \pm 0,15$	$2,690 \pm 0,006$
I	$[77,40 - 0,008 e]$	$[3,048 - 0,008 e]$
	$\pm 0,10$ moyenne	$\pm 0,004$ moyenne
	average	average
	$\pm 0,25$ max.	$\pm 0,010$ max.
W	$[14,83 + 0,008 f]$	$[0,584 + 0,008 f]$
	$\pm 0,10$ moyenne	$\pm 0,004$ moyenne
	average	average
	$\pm 0,25$ max.	$\pm 0,010$ max.
t_1	$1,90 \pm 0,1$	$0,075 \pm 0,004$
t_2	$2,00 \pm 0,25$	$0,079 \pm 0,010$
t_3	$3,60 \pm 0,15$	$0,142 \pm 0,006$

Modèle/Model 1000

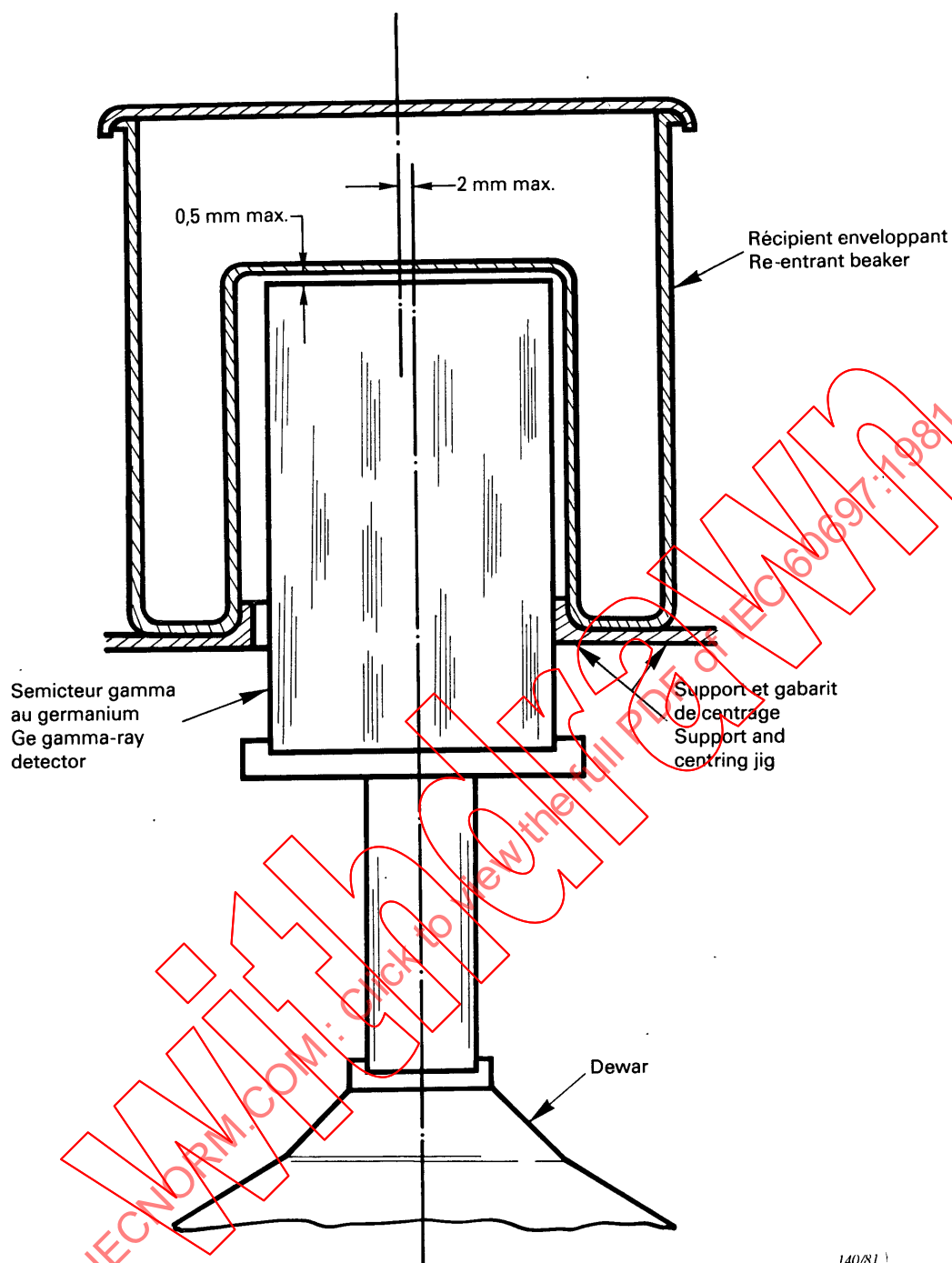
	mm	pouces/inches
H_1	$150,0 \pm 1,3$	$5,91 \pm 0,05$
H_2	$100,00 \pm 0,15$	$3,937 \pm 0,006$
I	$[120,00 - 0,008 e]$	$[4,724 - 0,008 e]$
	$\pm 0,1$ moyenne	$\pm 0,004$ moyenne
	average	average
	$\pm 0,25$ max.	$\pm 0,010$ max.

Toutes les autres dimensions sont les mêmes que celles du modèle 450

All other dimensions same as for Model 450

Matériau: plastique de densité $1,1 \pm 0,1$
Material: plastic of density

FIG. 1. — Récipients enveloppants normalisés.
Standard re-entrant beakers.



140/81

FIG. 2. — Récipient enveloppant avec semcteur.
Re-entrant beaker with solid state detector.

ANNEXE A

RADIONUCLÉIDES TYPES ET ÉTALONNAGES CARACTÉRISTIQUES

TABLEAU A1

Radionucléides types pour SNRE

Radionucléide	Energie (keV)	Période	Taux en gamma s ⁻¹ de l'émission initiale pour une SNRE typique
¹⁰⁹ Cd	88,0	464 jours	200
⁵⁷ Co	122,1	271 jours	250
¹³⁹ Ce	165,9	137,7 jours	200
²⁰³ Hg	279,2	46,6 jours	600
¹¹³ Sn	391,7	115,1 jours	1 000
¹³⁷ Cs	661,6	30,0 ans	500
⁸⁸ Y	898,0	106,6 jours	3 500
⁶⁰ Co	1 173,2	5,271 ans	1 500
⁶⁰ Co	1 332,5	5,271 ans	1 500
⁸⁸ Y	1 836,0	106,6 jours	3 800

APPENDIX A

REPRESENTATIVE RADIONUCLIDES AND TYPICAL CALIBRATIONS

TABLE A1

Representative Radionuclides for RBSS

Parent radionuclide	Energy (keV)	Half life	Typical RBSS initial emission rate in gamma s ⁻¹
¹⁰⁹ Cd	88.0	464 days	200
⁵⁷ Co	122.1	271 days	250
¹³⁹ Ce	165.9	137.7 days	200
²⁰³ Hg	279.2	46.6 days	600
¹¹³ Sn	391.7	115.1 days	1 000
¹³⁷ Cs	661.6	30.0 years	500
⁸⁸ Y	898.0	106.6 days	3 500
⁶⁰ Co	1 173.2	5.27 years	1 500
⁶⁰ Co	1 332.5	5.27 years	1 500
⁸⁸ Y	1 836.0	106.6 days	3 800

TABLEAU A2

*Rendements d'absorption totale de détection d'une SNRE
déterminés pour deux semicteurs Ge(Li)*

Energie (keV)	E_a pour le semicteur 1 * ($E_{rel} = 11,4\%$) **	E_a pour le semicteur 2 * ($E_{rel} = 24,5\%$) **
88,0	0,025	0,0414
122,1	0,032	0,0484
165,9	0,0236	0,0368
279,2	0,0157	0,0260
391,7	0,0112	0,020
661,6	0,0068	0,0131
898	0,0050	0,0097
1 173	0,0039	0,0077
1 333	0,0034	0,0070
1 836	0,0026	0,0054

* Caractéristiques des semicteurs:

	Semicteur 1	Semicteur 2
Résolution à 1,33 MeV	1,88 keV	2,04 keV
E_{rel} ** à 1,33 MeV	11,4%	24,5%
Pic/Compton à 1,33 MeV	44/1	50/1
Diamètre	41,2 mm	53,5 mm
Longueur	47,5 mm	53 mm
Profondeur de la diffusion	1,0 mm	1,5 mm
Diamètre du cœur	5,0 mm	9,0 mm
Volume actif	56,2 cm ³	103,8 cm ³
Surface de la zone exposée au récipient	74,8 cm ²	111,6 cm ²

** E_{rel} : rendement d'absorption totale de détection par rapport à celui d'un scintillateur NaI(Tl) de 3 × 3 pouces (76 × 76 mm) à une distance source-détecteur de 25 cm où la surface du pic pour le scintillateur NaI(Tl) vaut $1,2 \times 10^{-3} N_s$. N_s est le nombre total de photons gamma de 1332,5 keV émis par la source durant le temps de comptage (voir les paragraphes 6.1 et 6.2 de la Publication 430 de la C.E.I.).

TABLE A2

*RBSS total absorption detection efficiencies
determined for two Ge(Li) detectors*

Energy (keV)	E_a for detector 1 * ($E_{rel} = 11.4\%$) **	E_a for detector 2 * ($E_{rel} = 24.5\%$) **
88.0	0.025	0.0414
122.1	0.032	0.0484
165.9	0.0236	0.0368
279.2	0.0157	0.0260
391.7	0.0112	0.020
661.6	0.0068	0.0131
898	0.0050	0.0097
1 173	0.0039	0.0077
1 333	0.0034	0.0070
1 836	0.0026	0.0054

* Detector characteristics:

	Detector 1	Detector 2
Resolution at 1.33 MeV	1.88 keV	2.04 keV
E_{rel} ** at 1.33 MeV	11.4%	24.5%
Peak/Compton at 1.33 MeV	44/1	50/1
Diameter	41.2 mm	53.5 mm
Length	47.5 mm	53 mm
Diffusion depth	1.0 mm	1.5 mm
Core diameter	5.0 mm	9.0 mm
Active volume	56.2 cm ³	103.8 cm ³
Surface area exposed to beaker	74.8 cm ²	111.6 cm ²

** E_{rel} : total absorption detection efficiency relative to that of a 3×3 in (76 × 76 mm) NaI(Tl) scintillation crystal at a source to detector distance of 25.0 cm, where the peak area for the NaI(Tl) crystal is taken as $1.2 \times 10^{-3} N_s$. N_s is the total number of 1 332.5 keV gamma-ray photons emitted by the source during the live counting time (see Sub-clauses 6.1 and 6.2 of IEC Publication 430).

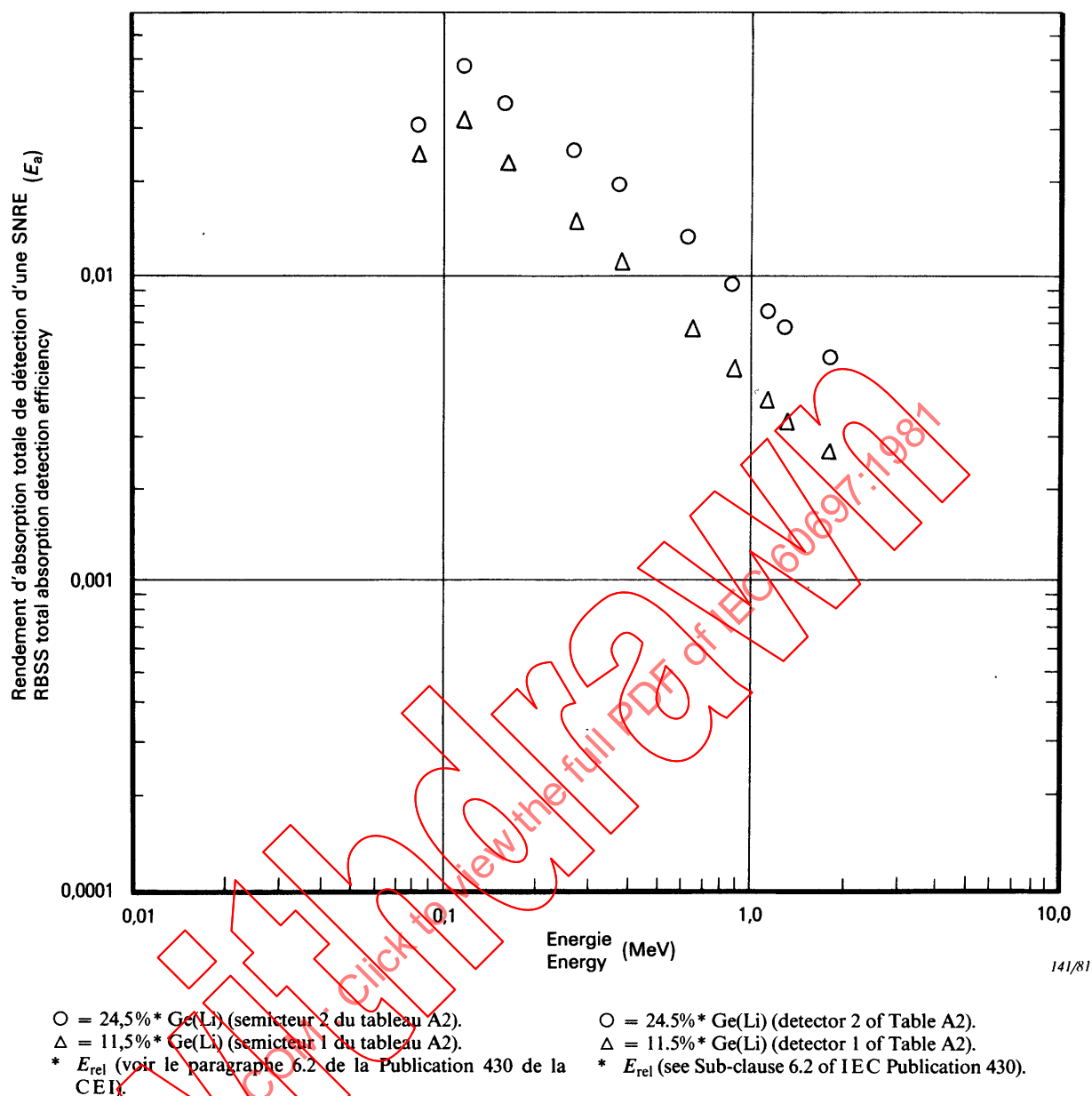


FIG. A1. — Rendement d'absorption totale de détection d'une SNRE (E_a) en fonction de l'énergie, pour deux semicteurs (Ge(Li)).
RBSS total absorption detection efficiency (E_a) versus energy for two Ge(Li) detectors.