
**Technologie du combustible nucléaire —
Préparation des sources de plutonium et
détermination du rapport isotopique
 $^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ par spectrométrie alpha**

*Nuclear fuel technology — Preparation of plutonium sources and
determination of $^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ isotope ratio by alpha spectrometry*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 11483:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23f8bebc-e748-4b37-8aca-5cb1ac14375d/iso-11483-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23f8bebc-e748-4b37-8aca-5cb1ac14375d/iso-11483-2005>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 11483:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23f8bebc-e748-4b37-8aca-5cb1ac14375d/iso-11483-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23f8bebc-e748-4b37-8aca-5cb1ac14375d/iso-11483-2005>

© ISO 2005

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Principe	1
3 Préparation de source	2
3.1 Préparation des sources par électrodéposition sur disques d'acier inoxydable polis ^[4]	2
3.1.1 Appareillage	2
3.1.2 Réactifs	3
3.1.3 Mode opératoire	3
3.2 Préparation de source sur disque de porcelaine ^[5]	3
3.2.1 Appareillage	3
3.2.2 Réactifs	4
3.2.3 Mode opératoire	4
3.3 Préparation de la source par électrodéposition ^[2]	4
3.3.1 Appareillage	4
3.3.2 Réactifs	4
3.3.3 Mode opératoire	5
4 Spectrométrie alpha	5
4.1 Appareillage	5
4.2 Mesurage	5
4.3 Dépouillement du spectre	6
4.3.1 Principe	6
4.3.2 Méthode de la progression géométrique décroissante ^[9]	6
4.3.3 Méthode de la décroissance exponentielle	7
5 Expression des résultats	8
6 Interférence de l'américium	9
7 Dépouillement du spectre α	9
8 Répétitivité	9
9 Reproductibilité	9
10 Interférences	10
Annexe A (informative) Évaluation de l'incertitude standard combinée	11
A.1 Incertitude standard $R(\alpha)$	11
A.2 Incertitude standard combinée $\bar{R}_{8/9}$	14
A.3 Estimation de $\bar{R}_{8/9}$	15
Bibliographie	18

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 11483 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*, sous-comité SC 5, *Technologie du combustible nucléaire*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 11483:1994), dont elle constitue une révision technique.

STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23f8bebc-e748-4b37-8aca-5cb1ac14375d/iso-11483-2005>

Technologie du combustible nucléaire — Préparation des sources de plutonium et détermination du rapport isotopique $^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ par spectrométrie alpha

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit trois procédures rapides et simples pour préparer des sources de plutonium et une procédure de mesure du rapport des activités du ^{238}Pu et du ($^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$) par spectrométrie α . La méthode de spectrométrie α est utilisée pour déterminer l'abondance isotopique du ^{238}Pu en combinaison avec la spectrométrie de masse et pour éliminer les interférences possibles du ^{238}Pu dans cette dernière. Elle s'applique à l'analyse de solutions purifiées de plutonium en milieu acide nitrique 2 mol/l à 4 mol/l et contenant de 50 μg à 200 μg de plutonium par millilitre, comme dans le cas des traitements chimiques et de purification précédant l'analyse isotopique du plutonium par spectrométrie de masse.

La présente Norme internationale s'applique aux solutions de plutonium exemptes de ^{241}Am et à celles contenant moins de 10 % d'autres impuretés volatiles par rapport à la concentration de plutonium. La chromatographie d'échange anionique conformément à l'ISO 8299:1993 [12], 7.2 et 7.3, ou la chromatographie par extraction par solvant de l'ISO 15366 [13], sont des méthodes de purification adaptées.

Les procédures données dans la présente Norme internationale sont prévues pour un usage combiné ou parallèle à la spectrométrie de masse pour l'analyse isotopique du plutonium dans les solutions de combustibles irradiés ou pour les produits à base de plutonium de qualité nucléaire.

2 Principe

Il y a deux méthodes pour préparer des sources de plutonium: dépôt de gouttes et électrodéposition. Deux méthodes de dépôt de gouttes sont données: une goutte de solution est mélangée à un agent mouillant et déposée sur un disque d'acier inoxydable poli électrochimiquement ou sur un disque de porcelaine puis séchée. Le résidu obtenu est calciné dans une flamme ou dans un four à moufle en fonction du type de disque sélectionné pour produire une source fine et exempte de résidu de matrice.

Dans le cas de la méthode d'électrodéposition, le plutonium est déposé en tant qu'oxyde hydraté à l'aide d'une solution tamponnée légèrement acide sur un disque d'acier inoxydable.

La source est mesurée par spectrométrie α avec un détecteur semi-conducteur.

Le spectre obtenu est traité pour déterminer l'activité des isotopes ^{238}Pu et ($^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$). La traîne du pic ^{238}Pu est corrigée par la méthode de progression géométrique décroissante ou une méthode d'extrapolation exponentielle.

Le rapport isotopique $^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ est calculé en utilisant le rapport $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ déterminé par spectrométrie de masse.

3 Préparation de source

La source doit être très fine. Son épaisseur ne doit pas limiter de façon significative la résolution des pics α .

Différentes procédures peuvent être utilisées pour préparer les sources, comme

- la sublimation sous vide,
- l'électrodéposition,
- l'évaporation de la solution avec un agent mouillant et sa calcination, ou
- la coprécipitation du Pu(III)F_3 avec NdF_3 ou CeF_3 .

La sublimation est la méthode à privilégier quand le but est d'étudier la structure fine de l'émission α du plutonium et qu'une résolution en énergie de 9 keV est nécessaire [1]. Il est possible mais plus difficile d'atteindre une telle résolution avec des sources préparées par électrodéposition [2]. La coprécipitation est bien adaptée pour la détermination de traces de plutonium dans des échantillons environnementaux ou biologiques par spectrométrie α [3]. Cependant, les sources préparées par coprécipitation présentent des pics α avec de plus larges traînes.

Le dépôt et le séchage d'une petite goutte de solution d'échantillon purifié sur un support inerte donne des sources satisfaisantes pour les mesures de comptabilité du plutonium. Deux exemples de méthode de dépôt de gouttes sont décrits ci-dessous. Ces solutions ont été sélectionnées car elles sont pratiques et d'un usage courant quand l'échantillon est mesuré en parallèle par spectrométrie α et de masse. Il est aussi facile avec ces méthodes de préparer de cinq à vingt sources simultanément. Le dépôt de gouttes produit des sources de propriétés appropriées pour l'utilisation de détecteurs semi-conducteurs ayant une résolution en énergie intrinsèque de 20 keV ou moins pour les particules alpha d'énergie de 5,50 MeV du ^{238}Pu .

Le support de source doit avoir une surface propre et parfaitement lisse, qui doit rester physiquement et chimiquement inerte pendant la préparation des sources. En particulier, le support du matériau ne doit pas fondre et doit être résistant à l'acide nitrique, au nitrate de plutonium, à l'agent mouillant et à leurs produits de décomposition ainsi qu'à la corrosion atmosphérique.

3.1 Préparation des sources par électrodéposition sur disques d'acier inoxydable polis [4]

Dans la méthode suivante, les sources doivent être préparées sous une hotte ventilée ou dans une boîte à gants conçues pour travailler avec des radio-isotopes émetteurs α et où l'usage d'un brûleur à gaz est autorisé.

3.1.1 Appareillage

3.1.1.1 Disques électrochimiquement polis, en acier inoxydable résistant à la chaleur, d'environ 25 mm de diamètre et de 0,5 mm d'épaisseur; les aciers inoxydables de composition suivante sont adaptés: Cr 17 % à 20 %; Ni 8/15 %; Mo 2,5/4 %; C 0,12 % max.; Si 1,0 % max.; Mn 2,0 % max.; S 0,030 % à 0,045 %; P 0,045 %.

3.1.1.2 Brûleur à gaz

3.1.1.3 Pipette à piston, de 10 μl , à embout jetable.

3.1.1.4 Porte-échantillon, en acier inoxydable, de 50 mm de diamètre et de 5 mm d'épaisseur avec un manche isolant d'environ 25 cm de long. Un renforcement de 0,2 mm à 0,3 mm de profondeur doit être aménagé au centre avec un diamètre supérieur de 1 mm à celui des disques.

3.1.2 Réactifs

3.1.2.1 Éthanol, de qualité analytique.

3.1.2.2 Vernis incolore.

3.1.2.3 Tétraéthylène glycol, de qualité analytique.

3.1.3 Mode opératoire

3.1.3.1 Nettoyer le disque avec de l'éthanol (3.1.2.1).

3.1.3.2 Tracer un anneau circulaire d'environ 12 mm de diamètre sur la surface polie du disque avec le vernis (3.1.2.2) et le laisser sécher.

NOTE Un pinceau d'artiste peut être pratique pour cette opération.

3.1.3.3 Placer le disque dans le renforcement du porte-échantillon.

3.1.3.4 Pipetter 10 µl de tétraéthylène glycol (3.1.2.3) à l'intérieur du rebord circulaire.

3.1.3.5 Changer l'embout de la pipette et pipetter 10 ml de la solution d'échantillon à l'intérieur de l'anneau circulaire.

3.1.3.6 Chauffer doucement le porte-échantillon et le disque avec un brûleur à gaz, faire tourner lentement au-dessus de la flamme pour bien mélanger l'échantillon et le tétraéthylène glycol. La solution doit s'évaporer lentement, sans bouillir.

3.1.3.7 Quand le disque est sec, chauffer plus fortement pour brûler le rebord de vernis.

3.1.3.8 Finalement, introduire le disque dans la zone réductrice de la flamme et porter la source au rouge sombre pendant seulement 30 s.

3.1.3.9 Laisser refroidir le porte-échantillon et le disque à la température ambiante. La source est prête pour la mesure.

3.2 Préparation de source sur disque de porcelaine [5]

3.2.1 Appareillage

3.2.1.1 Disque de porcelaine glacée, de 29 mm de diamètre environ et de 5,5 mm d'épaisseur. Un renforcement de 1 mm d'épaisseur et d'environ 8,5 mm de diamètre et définissant la surface de la source doit exister au centre du disque pour recevoir la solution d'échantillon. Le glaçage ne doit pas fondre au-dessous de 1 000 °C.

3.2.1.2 Plaque chauffante, avec une température maximale de 250 °C.

NOTE Un thermomètre de surface peut être utilisé pour contrôler la température de la plaque.

3.2.1.3 Four à moufle, contrôlable jusqu'à 1 000 °C et équipé d'une nacelle ou tube en quartz, d'environ 100 mm à 200 mm de long et de 30 mm de diamètre. La nacelle doit être assez large pour recevoir les disques de porcelaine.

3.2.1.4 Pipette à piston, de 10 µl, à embout jetable

3.2.1.5 Crayon, pour référencer le disque de porcelaine. Le marquage doit rester lisible après la calcination à 850 °C.

3.2.2 Réactifs

3.2.2.1 **Éthanol**, de qualité analytique.

3.2.2.2 **Tétraéthylène glycol**, de qualité analytique.

3.2.3 Mode opératoire

3.2.3.1 Nettoyer la surface du disque de porcelaine avec un tissu de papier humidifié à l'éthanol (3.2.2.1). Écrire l'identification de l'échantillon avec le crayon (3.2.1.5) sur l'envers du disque.

3.2.3.2 Pipetter 10 ml de tétraéthylène glycol (3.2.2.2) dans le renforcement au centre du disque de porcelaine et l'étaler avec le bout de la pipette sur la surface entière du renforcement.

3.2.3.3 Changer l'embout de la pipette et pipetter 10 ml de la solution d'échantillon dans le renforcement au centre du disque de porcelaine, précédemment humidifié avec le tétraéthylène glycol, bien mélanger les deux solutions avec le bout de la pipette.

3.2.3.4 Placer le disque de porcelaine sur la plaque chauffante (3.2.1.2), régler la température à 100 °C et chauffer pendant 1 h; puis augmenter la température jusqu'à 150°C pour encore 1 h; après ces 2 h, le disque doit être sec.

3.2.3.5 Introduire le disque de porcelaine dans le tube de quartz ou la nacelle du four à moufle (3.2.1.3), régler la température à 850 °C et calciner à cette température pendant 20 min; le four atteint 850 °C en 20 min environ.

3.2.3.6 Arrêter le four à moufle et laissez-le refroidir pendant 20 min avant d'enlever la source.

La source est prête pour la mesure.

3.3 Préparation de la source par électrodéposition [2]

3.3.1 Appareillage

3.3.1.1 **Disque en acier inoxydable**, comme décrit en 3.1.1.1. Le diamètre doit être adapté à la cellule d'électrodéposition.

3.3.1.2 **Appareil d'électrodéposition**, avec une tension ajustable jusqu'à 12 V et une densité de courant ajustable jusqu'à 200 mA/cm² de surface de dépôt. L'anode doit être tournante pour servir d'agitateur.

3.3.1.3 **Cellule d'électrodéposition jetable**, de 10 ml de capacité et de diamètre compatible avec le diamètre des disques en acier inoxydable (3.1.1.1).

3.3.1.4 **Anode de platine**.

3.3.2 Réactifs

3.3.2.1 **Acide nitrique**, de qualité analytique, concentré, 3 mol/l, 0,1 mol/l, 0,001 mol/l.

3.3.2.2 **H₂O₂**, de qualité analytique, 30 %.

3.3.2.3 **Nitrate d'ammonium**, de qualité analytique, en solution saturée dans l'eau distillée.

3.3.2.4 **Ammoniaque**, de qualité analytique, 5 % dans l'eau distillée.

3.3.2.5 **Acétone**, de qualité analytique.

3.3.3 Mode opératoire

3.3.3.1 Un traitement d'oxydo-réduction est nécessaire pour assurer l'homogénéisation isotopique si du plutonium de différentes origines a été mélangé. Cela peut être fait d'abord en traitant la solution deux fois à l'acide nitrique concentré (HNO_3) pour détruire le polymère et ensuite en ajoutant de l'eau oxygénée H_2O_2 dans de l'acide nitrique 3 mol/l. Ensuite, évaporer à sec et redissoudre dans de l'acide nitrique 0,1 mol/l pour ajuster la concentration de la solution à environ 1 $\mu\text{g Pu}/10 \mu\text{l}$.

3.3.3.2 Ajouter 5 ml d'acide nitrique 0,001 mol/l dans la cellule d'électrodéposition. Transférer 10 μl de la solution de plutonium dans la cellule.

3.3.3.3 Connecter le disque d'acier inoxydable poli miroir et l'agitateur en platine pour qu'ils soient respectivement cathode et anode. Il est important d'agiter la solution pendant l'électrodéposition, car il y a dégagement de gaz pendant l'opération.

3.3.3.4 Démarrer l'électrodéposition en maintenant une tension de 10 V à 12 V et en ajustant la densité de courant à environ 200 mA/cm^2 par addition de solution saturée de nitrate d'ammonium.

3.3.3.5 Continuer l'électrodéposition pendant 1 h.

3.3.3.6 Avant l'arrêt de l'électrodéposition, ajouter quelques gouttes de solution diluée d'ammoniaque.

3.3.3.7 Enlever les connexions électriques et laver la source électrodéposée avec de l'eau et de l'acétone et laisser sécher.

3.3.3.8 Laver l'électrode de platine soigneusement avec de l'acide nitrique concentré. Utiliser toujours une nouvelle cellule pour une nouvelle source.

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4 Spectrométrie alpha

ISO 11483:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23f8bebc-e748-4b37-8aca-5cb1ac14375d/iso-11483-2005>

4.1 Appareillage

4.1.1 Chambre à vide, équipée avec une jauge à vide et une pompe permettant l'obtention d'un vide de 5 Pa ou moins.

4.1.2 Détecteur au silicium, à barrière de surface passivée ou à ions implantés, de résolution en énergie (FWHM) de 20 keV ou mieux, avec une surface active de 100 mm^2 .

Les détecteurs passivés ou à ions implantés ont une résolution de 9 keV à 10 keV, mais ne sont pas nécessaires à moins que la source soit préparée par sublimation sous vide ou électrodéposition et que le but recherché soit une meilleure précision ou l'étude des structures fines du spectre alpha du plutonium.

Le détecteur doit être monté dans la chambre à vide à une distance d'environ 15 mm de la source alpha, c'est-à-dire 1,5 fois le diamètre de la source.

4.1.3 Modules électroniques, alimentation en tension de polarisation ajustable jusqu'à 200 V, préamplificateur et amplificateur de spectrométrie, analyseur multicanal de 1 024 canaux ou plus. Le gain de l'amplificateur doit être ajusté de telle manière que les pics de ^{238}Pu et de $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ soient affichés dans la partie des énergies les plus élevées de l'écran; l'échelle d'énergie doit être de 1,5 keV par canal pour un analyseur à 1 024 canaux.

4.1.4 Équipement de calcul, séparé ou incorporé dans l'analyseur multicanal.

4.2 Mesurage

4.2.1 Introduire la source dans la chambre à vide et pomper jusqu'à obtenir un vide d'environ 5 Pa (5×10^{-2} mbar). Puis régler la tension du détecteur à la valeur recommandée par le constructeur.

4.2.2 Enregistrer le spectre du rayonnement α , collecter si possible au moins 500 000 coups dans le plus petit des deux groupes de pics [correspondant aux pics ^{238}Pu ou ($^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$)]. Le spectre enregistré en échelle semi-logarithmique doit être similaire à celui présenté à la Figure 1. Les côtés des énergies les plus élevées des deux groupes de pics doivent être doux, alors que les côtés des énergies plus faibles doivent décroître de façon monotone à l'exception des deux petits pics indiqués à la Figure 1. À mi-hauteur, le pic de 5,5 MeV du ^{238}Pu doit avoir une largeur de 20 keV ou moins. Le nombre de coups par canal dans la vallée entre les deux groupes ne doit pas dépasser 1 % du nombre de coups au sommet du pic ^{238}Pu .

4.3 Dépouillement du spectre

De nombreux logiciels de calculs ont été développés pour réaliser le dépouillement des spectres α [6, 7, 8]. Certains sont utilisables sur des ordinateurs de bureau. Cependant, des sources ayant de très hautes résolutions sont nécessaires pour tirer un avantage substantiel de ces dépouillements élaborés, en comparaison de la méthode empirique simple décrite en 4.3.2

4.3.1 Principe

Des modèles très simples s'avèrent très efficaces pour corriger précisément la traîne du pic ^{238}Pu , tant que le spectre est bien résolu et la traînée faible.

Les hypothèses suivantes sont généralement respectées:

- a) les pics α isolés ont la même forme;
- b) les traînes sont la somme des traînes de tous les pics isolés d'énergies supérieures;
- c) dans la partie plate de la traîne, les contributions des traînes des pics sont proportionnelles aux surfaces des pics correspondants.

Les hypothèses ci-dessus forment la base des méthodes décrites ci-dessous.

4.3.2 Méthode de la progression géométrique décroissante ^[9]

La méthode implique deux hypothèses:

- l'auto-absorption des particules α du ^{238}Pu , du ^{239}Pu et du ^{240}Pu est identique;
- le nombre de coups dans la traîne d'un pic décroît selon une progression géométrique.

Ces principales caractéristiques sont comme suit:

- a) des intervalles égaux sont choisis pour les pics ^{238}Pu et ($^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$);
- b) chaque intervalle est choisi de façon à inclure tous les pics individuels significatifs qui contribuent à au moins 0,05 % de l'activité totale du groupe intéressant;
- c) les intervalles d'intégration des pics ^{238}Pu incluent seulement les contributions des isotopes ^{238}Pu (et ^{241}Am);
- d) les intervalles d'intégration des pics ($^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$) excluent tous les pics majeurs du ^{242}Pu et du ^{241}Pu ;
- e) les estimations de contribution de traîne excluent aussi les contributions des pics principaux des ^{242}Pu et ^{241}Pu et le pic mineur du ^{238}Pu à 5,357 9 MeV.

4.3.2.1 Diviser le spectre α du plutonium en quatre régions: A, B, C, D, chaque région ayant un nombre égal de canaux (voir Figure 1).

4.3.2.2 Choisir l'énergie haute de la région A: $E_{\max}^A = 5,499\ 0\ \text{MeV} + \text{FWHM}$, où FWHM (MeV) est la largeur totale à mi-hauteur de pic maximal du ^{238}Pu à l'énergie 5,499 0 MeV.

4.3.2.3 Régler l'énergie basse de la région A: $E_{\min}^A = E_{\max}^A - 0,267\ 7\ \text{MeV}$.

4.3.2.4 Sélectionner l'énergie haute et l'énergie basse de la région B: $E_{\max}^B = 5,168\ 2\ \text{MeV} + \text{FWHM}$ et $E_{\min}^B = E_{\max}^B - 0,267\ 7\ \text{MeV}$.

4.3.2.5 Sélectionner l'énergie haute et l'énergie basse de la région C: $E_{\max}^C = 4,856\ 2\ \text{MeV} - \text{FWHM}$ et $E_{\min}^C = E_{\max}^C - 0,267\ 7\ \text{MeV}$.

4.3.2.6 Sélectionner l'énergie haute et l'énergie basse de la région D: $E_{\max}^D = E_{\max}^B - (E_{\max}^A - E_{\max}^C)$ et $E_{\min}^D = E_{\max}^D - 0,267\ 7\ \text{MeV}$.

4.3.2.7 L'intervalle de 0,267 7 MeV correspond à l'intervalle d'énergie entre le pic du ^{240}Pu à 5,168 2 MeV et le pic du ^{242}Pu à 4,900 5 MeV (voir le Tableau 1).

4.3.2.8 Déterminer les sommes des coups dans les canaux des régions A, B, C et D. Relever les coups correspondants a , b , c et d respectivement.

4.3.2.9 Le rapport d'activité α $^{238}\text{Pu}/(^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu})$, $R(\alpha)$, est calculé par

$$R(\alpha) = \frac{a}{b - \frac{ac}{b + \frac{ad}{c}}} \quad (1)$$

Voir la référence [9] pour plus de détails.

4.3.3 Méthode de la décroissance exponentielle

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23f8bebc-e748-4b37-8aca-11483-2005>

4.3.3.1 Diviser le spectre α du plutonium en deux régions A et B, comme décrit en 4.3.2 (voir Figure 1).

4.3.3.2 Utiliser un intervalle de 96 keV au-dessus de la région B pour ajuster une fonction exponentielle.

$$Y_i = A_0 \cdot e^{a_1 X_i} \quad (2)$$

ou une ligne droite

$$\ln Y_i = \ln A_0 + a_1 X_i \quad (3)$$

où

Y_i est le nombre de coups dans le canal X_i ;

A_0 et a_1 sont les paramètres d'ajustement.

4.3.3.3 Calculer la surface $T = \sum Y_i$ sous cette ligne dans la région B et soustraire ce nombre de la somme des coups de la région B.

T est le nombre de coups dans la traîne extrapolée sous les pics $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$.

4.3.3.4 Calculer le rapport d'activité

$$R(\alpha) = \frac{A}{B - T} \quad (4)$$

où A et B sont les nombres de coups dans les régions respectives.