
**Energie nucléaire — Technologie du
combustible nucléaire — Méthode
théorique de calcul de l'activation
pour évaluer la radioactivité des
déchets activés produits par les
centrales nucléaires**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standard document)

*Nuclear energy — Nuclear fuel technology — Theoretical activation
calculation method to evaluate the radioactivity of activated waste
generated at nuclear reactors*

ISO 16966:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb54905-f049-4502-8cc6-f72cad944092/iso-16966-2013>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 16966:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb54905-f049-4502-8cc6-f72cad944092/iso-16966-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au 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 Termes et définitions	1
3 Méthode d'évaluation théorique	2
3.1 Méthodologie générale.....	2
3.2 Méthode par point.....	2
3.3 Méthode par plage.....	3
4 Calculs	4
4.1 Généralités.....	4
4.2 Sélection et détermination des paramètres et conditions d'entrée.....	4
4.3 Calculs d'activation.....	7
4.4 Validation et incertitudes.....	7
4.5 Enregistrements.....	8
Annexe A (Informative) Méthode d'application et exemple de méthode théorique d'évaluation par calcul d'activation	9
Annexe B (informative) Mode opératoire suggéré pour la méthode par point pour le calcul d'activation	15
Annexe C (informative) Mode opératoire suggéré pour la méthode par plage en vue de définir les données d'entrée des calculs d'activation	21
Annexe D (informative) Prise en compte des incertitudes	38
Annexe E (informative) Expression des résultats	41
Bibliographie	43

ISO 16966:2013
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb54905-f049-4502-8cc6-f72cad944092/iso-16966-2013>

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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues (voir www.iso.org/patents).

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, aussi bien que pour des informations au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC) voir le lien suivant: Foreword - Supplementary information
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb54905-f049-4502-8cc6-f72cad944092/iso-16966-2013>

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 85, *Energie nucléaire, technologies nucléaires, et radioprotection*, sous-comité SC 5, *Cycle du combustible nucléaire*.

Introduction

La présente Norme internationale présente les lignes directrices des méthodes d'évaluation par calcul d'activation de la radioactivité des déchets activés produits dans les réacteurs nucléaires.

La présente Norme traite du processus de base de planification et d'exécution des calculs, de restitution des résultats de caractérisation d'un composant donné (méthode par point) obtenus sur la base de l'estimation du flux neutronique, des compositions en éléments de ce composant, des paramètres physiques et de l'exploitation du réacteur. La norme présente également la méthode par plage qui est une extension de la méthode par point afin de définir la distribution d'un radionucléide applicable à un ensemble de composants de types et d'historiques d'irradiation similaires, en tenant compte des variations stochastiques des paramètres d'entrée: compositions des matériaux, fluences, ainsi que les différents historiques d'irradiation applicables à cet ensemble de composants.

Energie nucléaire — Cycle du combustible nucléaire — Méthode théorique d'évaluation, par calcul d'activation, de la radioactivité contenue dans les déchets activés produits par les centrales nucléaires

Energie nucléaire — Technologie du combustible nucléaire — Méthode théorique de calcul de l'activation pour évaluer la radioactivité des déchets activés produits par les centrales nucléaires

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne les lignes directrices d'une méthodologie théorique de base permettant d'évaluer l'activité des radionucléides dans les déchets activés produits dans les réacteurs nucléaires au moyen de calculs d'activation neutronique.

L'évaluation de l'activité additionnelle due à la contamination surfacique des matériaux activés n'est pas traitée dans la présente Norme.

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1 calcul d'activation

méthode de calcul théorique permettant de déterminer la radioactivité induite par une activation neutronique

2.2 déchets activés

déchets radioactifs qui contiennent de la radioactivité produite par activation

EXEMPLE Barre de commande, boîtier canal, poison consommable, structures de support de cœur, structures internes du réacteur, matériaux à proximité du cœur du réacteur, etc.

Note 1 à l'article: Ils peuvent également contenir une radioactivité additionnelle sous forme de contamination surfacique.

2.3 radionucléide difficile à mesurer

radionucléide dont la radioactivité est difficilement mesurable depuis l'extérieur des colis de déchets par des méthodes non destructives

[SOURCE: ISO 21238:2007, modifié]

EXEMPLE Radionucléides émetteurs alpha, émetteurs bêta purset émetteurs dans des raies X caractéristiques.

2.4 index de contrôle

index traduisant une relation constante vis-à-vis des conditions d'irradiation ayant une influence sur l'activité du radionucléide cible contenu dans le déchet activé et qui permet de calculer cette activité au moyen d'un facteur de conversion

EXEMPLE Taux de combustion du combustible.

2.5

radionucléide traceur

radionucléide émetteur gamma dont l'activité est corrélée avec celle du radionucléide difficile à mesurer et qui peut être aisément mesurée directement par des méthodes non destructives

[SOURCE: ISO 21238:2007, modifié]

EXEMPLE ^{60}Co .

2.6

élément parent

élément chimique produisant un radionucléide cible par activation neutronique

2.7

radionucléide cible

radionucléide dont l'activité et/ou la concentration doit être déclarée dans le colis de déchets pour son transport puis son stockage

2.8

débit de fluence neutronique

à un point donné dans l'espace, le nombre de neutrons incidents sur une petite sphère dans un court intervalle de temps, divisé par la section de cette sphère et l'intervalle de temps

[SOURCE: ISO 31-10:1992, modifié]

3 Méthode d'évaluation théorique

STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.1 Méthodologie générale

Les deux méthodes suivantes peuvent être appliquées pour l'estimation de la radioactivité des déchets activés:

- Méthode par point, une technique applicable pour calculer la concentration de radioactivité dans une partie représentative ou en un point spécifique d'un déchet activé.
- Méthode par plage, une technique qui est une extension de la méthode par point applicable à une classe de composants activés dont les propriétés et les conditions d'irradiation sont similaires, pour calculer la radioactivité moyenne d'un ensemble de déchets activés en évaluant la plage de radioactivités propres à cet ensemble.

3.2 Méthode par point

Cette méthode fournit la base des calculs d'activation. Elle est généralement appliquée élément par élément en utilisant les valeurs des paramètres clés directement applicables ou estimées au mieux, en particulier celles du flux neutronique et des spécifications des matériaux avec une information précise de l'historique d'utilisation de ces derniers.

Cette méthode peut être utilisée pour caractériser toutes sortes de matériaux activés en particulier l'instrumentation de cœur et les équipements internes du réacteur. En général, cette méthode offre plus de précision sur les résultats pour des éléments spécifiques et s'avère nécessaire lorsque la radioactivité des déchets est proche de celle limite du stockage. La méthode est le plus souvent appliquée avec une confirmation des résultats par des relevés de débits d'équivalent de dose en comparant ces derniers à ceux estimés des radionucléides clés.

NOTE Voir [Annexe B](#).

3.3 Méthode par plage

3.3.1 Généralités

Les neutrons et les conditions d'irradiation des déchets activés varient en fonction du débit de fluence neutronique et de leur position physique dans le réacteur. La radioactivité totale du ou des éléments activés dans leur intégralité peut être estimée en répétant le calcul d'activation en tenant compte de toutes les conditions nécessaires d'irradiation neutronique rencontrées sur l'ensemble de l'élément activé d'un type donné. Cette manière de procéder fournit les valeurs types et moyennes et leur distribution.

L'activité de certains types de déchets activés est étroitement liée au taux de combustion du combustible (par exemple, composants associés aux éléments combustibles). Une fois l'équilibre atteint, les radionucléides produits dans la même partie d'un même déchet activé présentent des taux de composition constants car ces parties ont la même composition élémentaire et sont soumises aux mêmes conditions d'irradiation.

Pour les composants du réacteur installés à un emplacement fixe (par exemple, la cuve du réacteur) et ayant une composition élémentaire précise, seul le débit de fluence neutronique diffère en fonction de la position axiale et de la position radiale de cet emplacement.

Les trois méthodes d'évaluation théorique suivantes sont applicables en tant que méthodes types par plage:^[1]

- Méthode de conversion;
- Méthode par corrélation;
- Méthode d'évaluation de la distribution.

NOTE Voir [Annexe C](#).

3.3.2 Méthode de conversion

Pour des types de déchets activés faisant partie des assemblages de combustible comme les boîtiers canal et les poisons consommables, la radioactivité induite peut être étroitement liée aux paramètres de contrôle courants du réacteur tels que le taux de combustion du combustible (pour autant que les éléments soient d'un même matériau, de même conception, restent dans le réacteur pendant la même durée et soient soumis à la même fluence neutronique que le combustible).

Avec cette méthode, le rapport (facteur de conversion) entre l'index de contrôle (tel que le taux de combustion du combustible) et la radioactivité desdites parties de l'assemblage combustible peut être obtenu par une série de calculs d'activation qui tient compte de la plage de variation possible du taux de combustion. La radioactivité des déchets activés peut ensuite être estimée en multipliant l'index de contrôle tel que le taux de combustion par le facteur de conversion validé pour cette plage.

NOTE Voir [Annexe C](#).

3.3.3 Méthode par corrélation

Une corrélation peut être utilisée si les proportions de radionucléides, produits par activation, d'une partie spécifique ou d'un élément d'un groupe de déchets activés sont, une fois l'équilibre atteint, constants pour la totalité du groupe (du fait de la similitude de la composition élémentaire, des débits de fluence neutronique et des conditions (durées) d'irradiation).

Par conséquent, le facteur de corrélation entre les radionucléides difficiles à mesurer (DAM) dans l'ensemble des déchets activés et les radionucléides traceurs produits simultanément est évalué par une série de calculs d'activation qui tiennent compte de la composition élémentaire, des débits de fluence neutronique et des conditions d'irradiation des différentes parties spécifiques des différents déchets activés de même type. Les ratios (facteurs de corrélation) entre radionucléides traceurs et radionucléides difficiles (DAM) à mesurer sont calculés lors de la détermination de ces corrélations,

et l'activité de chaque radionucléide présent dans les déchets activés peut être calculée en multipliant l'activité du radionucléide traceur par les ratios correspondants. A noter qu'il convient de prendre en compte le temps de décroissance post-irradiation dans cette méthode étant donné que le rapport entre le radionucléide traceur et les radionucléides DAM varie avec le temps car ils ne possèdent pas les mêmes périodes (durées de demi-vie de décroissance).

NOTE Voir [Annexe C](#).

3.3.4 Méthode d'évaluation de la distribution

Les éléments internes fixes du réacteur sont activés par irradiation neutronique directe dans le réacteur. Dans le cas de ce type de déchets activés, la composition élémentaire et les conditions (la durée) d'irradiation peuvent être considérées comme identiques pour ces éléments internes et, seul, le débit de fluence neutronique diffère en fonction de leurs emplacements dans le réacteur.

Avec cette méthode, la distribution et la plage d'activité de chaque radionucléide dans tous les déchets activés peuvent être obtenues par une série de calculs d'activation qui prend entièrement en compte le débit de fluence neutronique à l'emplacement des déchets activés. L'activité moyenne de chaque radionucléide dans les déchets peut ensuite être calculée sur la base de cette distribution.

NOTE Voir [Annexe C](#).

4 Calculs

4.1 Généralités

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Le procédé de base permettant d'exécuter les calculs d'activation dans le but d'estimer les concentrations en radionucléides dans les déchets activés est constitué des étapes suivantes.

- a) Établissement du contexte: cette étape consiste à définir l'objectif du calcul, les radionucléides dont il est question, l'exactitude et la précision nécessaires, la géométrie de base et le domaine d'application général des calculs requis. Cette première étape est très importante pour le choix d'une méthodologie de calcul appropriée et des paramètres d'entrée (par exemple les matériaux concernés, la quantité d'items, leur similitude, la forme du déchet visée, l'accessibilité de l'échantillonnage, etc.).
- b) Choix de la méthodologie de calcul (par exemple méthode par point ou par plage). La sélection va dépendre du contexte du calcul et de la disponibilité des données d'entrée.
- c) Sélection et détermination des paramètres d'entrée: les paramètres d'entrée et les conditions limites de calcul vont dépendre de la méthodologie de calcul choisie. Inversement, la disponibilité des données peut influencer le choix de la méthodologie de calcul.
- d) Exécution du ou des calculs à l'aide de la méthodologie sélectionnée.
- e) Traitement des résultats bruts du ou des calculs afin de déterminer les facteurs de corrélation, les facteurs de conversion, etc., en fonction de la méthodologie choisie.

4.2 Sélection et détermination des paramètres et conditions d'entrée

4.2.1 Paramètres d'entrée

Un mode opératoire général de configuration de ces paramètres et conditions d'entrée peut être établi afin de permettre des méthodologies de calcul fondées en un point ou sur une plage. Les calculs d'activation nécessitent un certain nombre de paramètres d'entrée et de conditions limites de base, qui sont spécifiés ci-dessous.

- Composition élémentaire,
- Débits de fluence neutronique,

- L'historique d'irradiation (temps d'exposition/ temps de décroissance).

4.2.2 Composition élémentaire

Les éléments chimiques parents seront sélectionnés en fonction du contexte et du domaine d'application du calcul ainsi que des matériaux des composants impliqués (par exemple, les alliages et aciers). Les données de composition élémentaire pour la sélection des éléments parents peuvent ensuite être recueillies à partir d'un grand nombre de sources différentes pour être ensuite utilisées dans les calculs d'activation.

a) Sélection des éléments parents.

La liste des éléments parents est sélectionnée pour chaque type de déchets activés sur la base d'une ou de plusieurs des considérations suivantes.

- La liste initiale des éléments parents est élaborée à partir de la composition chimique de base connue du matériau concerné (par exemple, alliages, aciers), ainsi que les éléments connus ou supposés être présents en tant que contaminants ou sous forme de traces (impuretés).
- Les éléments qui génèrent des radionucléides importants dans les évaluations de sûreté (notamment ceux utilisés comme radionucléides traceurs pour la déclaration d'autres radionucléides au moyen des facteurs de corrélation) doivent être précisément inclus dans la liste des éléments parents. Il convient de choisir des radionucléides traceurs dont les périodes (demi-vies) sont suffisamment longues pour ne pas avoir d'influence significative sur le rapport entre radionucléides sur toute la durée de la période d'évaluation.

Les éléments parents peuvent être écartés selon un ou plusieurs motifs suivants:

- Des radio-isotopes peuvent être écartés de la liste d'éléments parents d'origine à utiliser dans les calculs d'activation.

EXEMPLE Les radio-isotopes qui sont produits après activation du matériau tels que le Pu, etc.

- Des éléments qui ne produisent pas de radionucléides présentant un intérêt dans le contexte du calcul peuvent être écartés de la liste des éléments parents.
- Des éléments dont il a été démontré qu'ils étaient éliminés lors du procédé d'affinage du matériau peuvent être écartés de la liste d'éléments parents. Toutefois, il arrive fréquemment que l'élément ne soit pas entièrement éliminé et que la quantité infime résiduelle soit toujours significative dans un calcul d'activation, en fonction du domaine d'application et du contexte du calcul.
- En principe, en fonction du domaine d'application et du contexte du calcul, les éléments qui ne contribuent que très peu au risque à court terme ou à long terme ou qui génèrent des radionucléides dont la demi-vie est courte peuvent en principe être écartés de la liste d'éléments parents.

b) Recueil des données de composition élémentaire.

Les données de composition élémentaire sur les déchets peuvent être recueillies à l'aide des méthodes suivantes.

- Analyse élémentaire directe d'un échantillon réel du matériau d'origine (par exemple, échantillon conservé à des fins de management de la qualité) ou d'un échantillon du même type de matériau.
- Recueil de données issues de la documentation et des certificats de fabrication des matériaux bruts qui présentent les résultats de l'analyse élémentaire du même type de matériau ou de matériaux similaires.
- Recueil des données de composition élémentaire issues des spécifications d'élaboration du matériau en fabrication (si ces spécifications ne sont disponibles, utilisation des normes nationales de nuances métallurgiques ou d'autres normes reconnues applicables au matériau à caractériser).

c) Sélection de la composition élémentaire d'entrée

La composition élémentaire du matériau à évaluer peut être définie à l'aide de l'une des méthodes suivantes.

- Définition des valeurs représentatives: les valeurs représentatives (ou issues de la meilleure estimation) des concentrations en éléments chimiques seront définies selon des données d'éléments chimiques recueillies sur les éléments parents des radionucléides à évaluer. En général, ce procédé est utilisé pour la méthode par point.
- Définition d'une plage de concentration: les concentrations en éléments chimiques minimales et maximales seront définies selon les distributions de concentrations basées sur les données chimiques recueillies sur les éléments parents des radionucléides à évaluer. En général, ce procédé est utilisé pour la méthode par plage.
- Définition d'une distribution de concentration: la distribution de concentration en éléments chimiques représentative sera définie selon la distribution de la concentration basée sur les données chimiques recueillies sur les éléments parents des radionucléides à évaluer. En général, ce procédé est utilisé pour la méthode par plage.

NOTE Voir C.5.

4.2.3 Débits de fluence neutronique

Le flux neutronique et le spectre d'énergies devront être déterminés au moyen d'un code de calcul de transport des neutrons adapté au matériau activé en tenant compte de sa position dans le cœur du réacteur. Le code devra correspondre aux exigences du calcul opéré dans un contexte de modélisation détaillée et dans la recherche d'une justesse globale des résultats obtenus. Dans certaines circonstances, des méthodes alternatives, en particulier la simulation Monte Carlo du processus de transport des neutrons, peuvent être utilisées si des détails supplémentaires ou des vérifications sont requis.

NOTE Voir C.6.

4.2.4 Historique d'irradiation

ISO 16966:2013
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb54905-f049-4502-8cc6-f72cad944092/iso-16966-2013>

La durée d'irradiation et la durée d'absence d'irradiation de la période de calcul en question (par exemple, durée de fonctionnement du réacteur et période de décroissance post-irradiation) peuvent être définies selon l'une des deux méthodes suivantes pour les déchets activés à évaluer. La période de calcul totale peut impliquer plusieurs cycles d'irradiation et de périodes sans irradiation.

- a) Définition de l'historique d'irradiation détaillé pour chaque déchet

L'historique d'irradiation est défini en détail pour chaque élément activé, selon son propre historique. En général, ce procédé est utilisé pour la méthode par point.

- b) Définitions d'un historique d'irradiation représentatif

L'historique d'irradiation qui est considéré comme adéquat ou conservatif pour un groupe de matériaux activés, est défini sur la base de l'historique d'irradiation d'un membre du groupe représentatif ou enveloppe.

Lorsque l'historique d'irradiation est utilisé comme donnée d'entrée pour d'autres calculs par la méthode de conversion, la méthode par corrélation ou la méthode d'évaluation de la distribution, une plage des conditions d'irradiation représentatives de plusieurs matériaux activés peut être définie plutôt que de définir des conditions détaillées pour chaque matériau.

En général, ce procédé est utilisé pour la méthode par plage.

NOTE Voir C.7.

4.3 Calculs d'activation

4.3.1 Code de calcul

Le calcul d'activation au moyen d'un code doit être vérifié dans le cadre du système de management de la qualité des utilisateurs. Les utilisateurs doivent comprendre et être familiers de la méthodologie appliquée et être formés de manière appropriée à l'utilisation du code de calcul et à la connaissance de ses limites.

EXEMPLE Code ORIGEN, etc.

4.3.2 Données d'entrée de configuration

Les données d'entrée pour le calcul d'activation listées ci-dessous (pour la méthode par point ou par plage) sont requises pour chaque méthode de calcul théorique à appliquer. Conformément à 4.2, ces données seront définies pour chaque type de déchets activés à évaluer.

- Composition élémentaire,
- Débits de fluence neutronique,
- Historique d'irradiation (temps d'exposition/de décroissance intégrés).

Lorsque la méthode par plage est appliquée, les données d'entrée pour chaque calcul et condition peuvent être sélectionnées aléatoirement dans la plage de distribution des données d'entrée spécifiées en 4.2 et peuvent être définies comme conditions d'entrée pour le calcul d'activation. Alternativement, les données d'entrée représentatives de chaque condition peuvent être définies comme conditions d'entrée pour le calcul d'activation.

4.3.3 Détermination du nombre de calculs ISO 16966:2013

- a) Méthode par point <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb54905-f049-4502-8cc6-f72cad944092/iso-16966-2013>

Il convient de déterminer au cas par cas le nombre de calculs requis.

(par exemple, pour un objet volumineux ou complexe, il est nécessaire de le diviser en plusieurs segments pour les calculs ou d'utiliser une valeur représentative moyenne, lorsque la fluence neutronique ou les matériaux peuvent varier d'une partie de l'objet à l'autre).

- b) Méthode par plage

Lorsque la méthode d'estimation par plage est appliquée, il convient que le nombre de résultats de calcul d'activation obtenus soit adéquat pour être utilisés en tant que données d'évaluation pour la détermination des concentrations en radioactivité. Il est possible de déterminer si ce nombre est adéquat ou non en considérant le nombre de calculs d'activation effectués et l'évolution de la stabilité des valeurs statistiques obtenues à partir des résultats de ces calculs d'activation.

4.4 Validation et incertitudes

4.4.1 Validation

La validation implique de déterminer l'exactitude et l'applicabilité des résultats du code dans le respect de son domaine d'application. La validation doit évaluer des éléments tels que le niveau de pertinence des approximations physiques, l'applicabilité des corrélations physiques, la pertinence des approximations de la méthode numérique, etc.

Il convient d'effectuer la validation à l'aide d'un code de calcul qui est soumis à une gestion de configuration et qui possède un numéro de version défini. Cette étape est en général effectuée par l'utilisateur du code pour une application spécifique.

La validation confirme qu'un calcul a été conduit correctement et de manière cohérente (avec une preuve objective et documentée), que le code de calcul et le programme de calcul de la méthode de calcul théorique produisent des résultats attendus pour une entrée donnée. Cela est possible, par exemple, en appliquant le code de calcul à des cas d'essais connus ou en comparant les résultats à ceux d'une autre méthode de calcul qui a déjà été validée ou qui possède une solution analytique connue.

NOTE Voir A.4.

4.4.2 Prise en compte des incertitudes

Le niveau d'incertitudes acceptables dépend de radionucléides particuliers et de comment les déchets seront finalement traités et stockés. Une estimation de l'exactitude et de l'incertitude du résultat du calcul doit être réalisée afin de quantifier la représentativité du calcul théorique effectué. L'exactitude se traduit par un écart minime entre la valeur calculée théoriquement et la valeur réelle. Il s'agit d'une mesure de l'erreur systématique (biais) et souvent, un facteur de conservatisme est établi pour garantir de manière sûre le respect des limites impliquées (critères d'acceptation des déchets, protection radiologique, classes de transport, etc.). L'incertitude correspond à la variabilité par rapport à la valeur de consigne. Une valeur très fidèle est caractérisée par une faible incertitude et réciproquement.

La représentativité peut être considérée comme un paramètre qui prend en compte à la fois le caractère conservatif /l'erreur systématique (biais) et l'incertitude d'une valeur. Elle donne une idée de l'écart entre la valeur calculée théoriquement et la valeur réelle ainsi que de la variabilité de la valeur calculée théoriquement par rapport à la valeur réelle.

NOTE Voir [Annexe D](#).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4.5 Enregistrements

Il convient de présenter les enregistrements de façon à garantir la traçabilité des sources de données et des hypothèses utilisées qui doivent être clairement identifiées. Cela permet à d'autres de reproduire facilement le calcul à des fins de validation.

Les résultats doivent être enregistrés de manière concise et facile à interpréter de façon que le résultat puisse être interprété sans manipulation supplémentaire. Il convient de spécifier dans l'enregistrement les unités des résultats obtenus, qu'il convient d'exprimer, en toutes circonstances, selon le Système Métrique International sauf s'il est spécifiquement demandé d'utiliser d'autres unités.

NOTE Voir [Annexe E](#).

Annexe A

(Informative) Méthode d'application et exemple de méthode théorique d'évaluation par calcul d'activation

Généralités

Cette annexe fournit des explications et donne des exemples et des pratiques qui aident à comprendre ou à utiliser cette Norme internationale.

Application de base de la méthode théorique de calcul d'activation

Généralités

Les déchets activés provenant du cœur du réacteur ont généralement des niveaux significatifs de radioactivité. Les méthodes empiriques d'évaluation, basées sur l'échantillonnage des déchets et leur analyse radiochimique, sont souvent limitées pour de tels déchets du fait de l'exposition à un haut niveau de radiations du personnel qui les met en œuvre.

La méthode d'évaluation théorique utilisant des calculs d'activation constitue une méthode alternative raisonnable pour déterminer l'activité des radionucléides produits par activation neutronique à l'intérieur ou à proximité du cœur du réacteur. Avec cette méthode, les types et quantités de radionucléides sont déterminés de manière théorique par des calculs d'activation.

La réalisation de l'évaluation théorique dépend des débits de fluence neutronique au niveau des matériaux dont il est question et de leur historique d'irradiation. La radioactivité contenue dans ces matériaux est obtenue soit directement par les résultats de calculs soit indirectement par des facteurs d'évaluation déterminés à partir de ces résultats.

La Figure A.1 présente un logigramme de base pour l'application de la méthode d'évaluation théorique. Les étapes de cette méthode sont expliquées plus en détail ci-dessous.

ÉTAPE 1: définition de la base du calcul

Le contexte, le domaine d'application et l'objet des calculs doivent être établis avant de commencer à les effectuer. Cela permet de déterminer les radionucléides d'intérêt, la géométrie d'irradiation, les matériaux parents, l'exactitude et la fidélité nécessaires, etc.

L'évaluation théorique de la radioactivité des déchets activés dépend de la connaissance des conditions de fonctionnement du réacteur (conditions d'irradiation) et des propriétés caractéristiques (physiques et chimiques) des matériaux activés à évaluer. Cela inclut les principaux paramètres suivants.

- Composition élémentaire du matériau exposé.
- Débits de fluence neutronique (notamment le flux et le spectre).
- Historique d'irradiation (notamment la durée d'irradiation et les durées de décroissance radioactive).

Une fois le contexte, le domaine d'application et l'objet déterminés, il convient de recueillir les données pertinentes. Ce procédé est décrit plus en détail à l'[Annexe C](#).

ÉTAPE 2: sélection de la méthode d'évaluation

Avec la méthode d'évaluation théorique, la radioactivité des déchets activés est déterminée en effectuant un ou plusieurs calculs d'activation basés sur les propriétés caractéristiques, l'historique d'irradiation et d'autres conditions concernant les déchets à évaluer. Il convient, de préférence, de sélectionner la