

NORME INTERNATIONALE

ISO
7753

Première édition
1987-08-01



INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

Énergie nucléaire — Prescriptions relatives aux caractéristiques techniques et aux méthodes d'essai des systèmes de détection et d'alarme de criticité

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

Nuclear energy — Performance and testing requirements for criticality detection and alarm systems

ISO 7753:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c99bffe-c-fda2-439d-bfb9-70920c05165b/iso-7753-1987>

Numéro de référence
ISO 7753 : 1987 (F)

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 normalement 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.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 7753 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

Énergie nucléaire — Prescriptions relatives aux caractéristiques techniques et aux méthodes d'essai des systèmes de détection et d'alarme de criticité

0 Introduction

Dans certaines opérations où l'on utilise de la matière fissile, le risque de criticité, bien qu'étant très faible, ne peut être écarté. Il est donc important dans un tel cas de disposer à la fois de moyens permettant d'avertir le personnel du risque de niveaux élevés de rayonnements ionisants et des procédures d'évacuation.

La présente Norme internationale relative à la conception et la maintenance des systèmes de détection et d'alarme de criticité, est complétée par trois annexes. L'annexe A donne les spécifications d'un accident minimal de référence, l'annexe B donne des exemples d'application de la présente Norme internationale aux zones de traitement et l'annexe C fournit un guide pour la mise au point des plans d'urgence.

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale donne des prescriptions relatives aux caractéristiques techniques et aux méthodes d'essai des systèmes de détection et d'alarme de criticité. Elle est applicable à toutes les opérations faisant intervenir du plutonium, de l'uranium 233, de l'uranium enrichi en isotope 235, et toute autre matière fissile pouvant conduire à l'état critique et provoquer l'exposition de personnel à des niveaux inacceptables. Elle ne nécessite pas une instrumentation supplémentaire séparée, lorsque les appareils utilisés pour le fonctionnement des installations, tels que les réacteurs nucléaires où les expérimentations critiques sont conformes à la présente Norme internationale.

La présente Norme internationale ne traite pas des détails des mesures administratives, lesquelles sont considérées comme ressortissant des responsabilités des autorités, ni de la conception spécifique ou la description des instruments. Les détails relatifs à la dosimétrie en cas d'accident nucléaire, aux évaluations de l'exposition du personnel ainsi qu'aux détecteurs nécessaires à l'établissement des diagnostics post-accident, ne font pas l'objet de la présente Norme internationale.

Une norme rassemblant les prescriptions auxquelles doivent répondre les caractéristiques des instruments utilisés dans les systèmes d'alarme de criticité se trouve actuellement à l'étude dans le cadre de la CEI.

La présente Norme internationale est essentiellement consacrée aux détails des dispositifs sensibles au débit d'exposition due aux rayonnements gamma. Les critères de détection spécifiés peuvent être satisfaits avec des dispositifs intégrateurs ou avec des systèmes détectant les rayonnements de neutrons ou gamma, et les considérations analogues sont applicables.

2 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables.

2.1 accident de criticité : Émission accidentelle d'énergie à la suite d'une réaction neutronique en chaîne, divergente ou auto-entretenue.

2.2 accident minimal de référence : Le plus petit accident qu'un système d'alarme de criticité doit pouvoir détecter.

3 Principes généraux

3.1 Généralités

Des systèmes d'alarme doivent être prévus chaque fois que l'on estime que leur installation aura pour effet la réduction du risque total. On devra par ailleurs étudier les risques de déclenchement de fausses alarmes.

3.2 Limites d'application et spécifications générales

3.2.1 La nécessité de disposer de systèmes d'alarme de criticité doit être étudiée pour chaque opération faisant intervenir des matériaux fissiles dont la quantité dépasse dans chaque zone séparée, 700 g pour le ^{235}U , 520 g pour le ^{233}U , 450 g pour les isotopes fissiles de plutonium ou bien 450 g pour une combinaison quelconque de ces isotopes (voir [1]). On devra accorder une attention toute particulière à tous les processus dans lesquels on rencontre des réflecteurs ou des modérateurs de neutrons dont l'efficacité est supérieure à celle de l'eau.

Dans l'énoncé ci-dessus, on peut considérer comme séparées les zones dont les limites sont telles qu'il ne peut y avoir passage de matériaux d'une zone à l'autre, la distance minimale de séparation entre des matériaux appartenant à des zones adjacentes est de 10 cm, et la masse surfacique de matériaux fissiles, moyennée sur chaque zone séparée, est inférieure à 50 g/m².

3.2.2 Aux termes de la présente Norme internationale, un système d'alarme de criticité n'est pas nécessaire, lorsque la dose maximale prévisible qui serait délivrée en cas d'accident dans l'air libre ne dépasse pas 0,12 Gy. Il faut pour cette évaluation supposer un rendement maximal ne dépassant pas 2×10^{19} fissions pour des cas survenant en dehors du cœur du réacteur.

3.3 Détection

Dans les zones où la protection par alarme de criticité est requise, on devra prévoir des dispositifs pour détecter les dépassements de dose ou de débit de dose de rayonnements, ainsi que pour signaler l'évacuation du personnel.

3.4 Alarme

3.4.1 Le signal d'alarme doit être unique et avoir un niveau ainsi qu'une portée sonore suffisants, de façon à être entendu en tous points des zones à évacuer. La durée du signal doit être telle qu'elle permette à chacun de rallier son point de rassemblement.

3.4.2 Le niveau de déclenchement de l'alarme doit être réglé à une valeur suffisamment élevée de façon à réduire au minimum la probabilité d'alarme provoquée par des sources autres que la criticité. Cependant, le niveau doit être réglé à une valeur suffisamment basse pour que soit détecté l'accident minimal de référence.

3.4.3 L'évacuation doit être signalée dès la détection d'un accident.

3.4.4 Après son déclenchement, le signal sonore doit se poursuivre jusqu'à l'acquiescement, même si le rayonnement retombe au-dessous du niveau d'alarme. Le dispositif d'acquiescement manuel, accessible aux seules personnes autorisées, doit être installé hors des zones à évacuer.

3.4.5 Les zones où règnent des fonds sonores d'intensité très élevée peuvent nécessiter l'adjonction, au système d'alarme, d'une signalisation visuelle.

3.5 Fiabilité

3.5.1 Une attention particulière s'impose pour éviter le déclenchement de fausses alarmes. Ceci peut être obtenu grâce à l'utilisation d'une seule chaîne fiable de détection ou

mieux encore, par la nécessité de réponses concomitantes de deux ou plusieurs chaînes de détection pour déclencher l'alarme. Dans les systèmes où l'on a recours simultanément à plusieurs chaînes, la panne d'une quelconque chaîne ne doit pas suspendre la conformité de l'ensemble au critère de détection spécifié en 4.2. Un dispositif de signalisation de la panne sans déclenchement de l'alarme doit être prévu.

3.5.2 Un dispositif de vérification de la réponse et des caractéristiques du système d'alarme, n'entraînant pas l'évacuation, doit être prévu.

3.5.3 Les zones dans lesquelles les opérations se poursuivent pendant les coupures de courant doivent disposer d'alimentations secourues pour les systèmes de détection de criticité et d'alarme, ou bien il faut mettre en place pour ces opérations, en cas de panne de courant, une surveillance avec des instruments portatifs.

3.5.4 On ne peut accepter que les détecteurs ne déclenchent pas l'alarme lorsqu'ils sont soumis à des champs de rayonnement intenses dépassant 10³ Gy/h. La conformité avec cette disposition peut être démontrée par essai sur des détecteurs «échantillons» ou par des essais effectués par le constructeur sur des échantillons de sa production.

4 Critères pour la conception du système

4.1 Fiabilité

La conception du système doit, autant que possible, être simple et compatible avec l'objectif recherché, à savoir un déclenchement fiable de l'alarme, dépourvu de fausses alertes.

4.2 Critère de détection

Les systèmes d'alarme de criticité doivent être conçus de façon à détecter rapidement l'accident minimal de référence. À cet effet, on considère que, dans les zones typiques de traitement hors protection, l'accident minimal de référence est supposé délivrer une dose absorbée de neutrons et de rayons gamma dans l'air libre de 0,2 Gy à une distance de 2 m du matériau en réaction et pendant 60 s¹⁾. Des excursions évoluant très lentement, bien qu'elles soient peu probables, peuvent ne pas atteindre cette valeur. Par ailleurs, les excursions se produisant dans des systèmes dépourvus de modérateur surviendront probablement beaucoup plus rapidement.

4.3 Réponse des instruments

Lors de la conception des détecteurs de rayonnements, on peut supposer que la durée minimale du rayonnement transitoire est de 1 ms. Les systèmes doivent être conçus pour répondre à des rayonnements transitoires de cette durée.

1) Des considérations sur les mécanismes de l'accident d'ailleurs complétées par l'annexe A montrent qu'en cas d'accident de criticité l'intensité du rayonnement dépasserait en règle générale cette valeur.

4.4 Point de déclenchement

Afin de réduire autant que possible les fausses alarmes, le point de déclenchement doit être réglé à un niveau suffisamment élevé tout en restant conforme au fonctionnement souhaité et au critère de détection spécifié en 4.2. On doit pouvoir connaître les chaînes de détection qui ont réagi positivement.

4.5 Disposition des détecteurs

La disposition et l'espacement des détecteurs doivent être choisis tout en évitant d'avoir un effet d'écran dû aux appareils ou équipements trop massifs. Les distances séparant les détecteurs doivent être compatibles avec le niveau choisi pour le déclenchement de l'alarme et avec le critère de détection. Les prescriptions à respecter en matière de distance entre les détecteurs sont examinées dans l'annexe B.

4.6 Vérifications

4.6.1 La réponse de l'instrument aux rayonnements doit être contrôlée régulièrement afin de confirmer la continuité des caractéristiques de l'instrument. Dans les systèmes où l'on a recours simultanément à plusieurs chaînes, on doit vérifier les

caractéristiques de chaque chaîne. Les intervalles entre les vérifications peuvent être choisis sur la base de l'expérience, à condition qu'il soit procédé à des essais au moins une fois par mois. On devra conserver les résultats de ces vérifications.

4.6.2 L'ensemble du système d'alarme doit être vérifié régulièrement. Chaque générateur de signal sonore doit être vérifié au moins une fois tous les trois mois. Des observations effectuées sur place doivent établir que le signal est effectivement audible au-dessus du bruit de fond en chaque point des zones à évacuer. Tous les membres du personnel dans la zone concernée doivent être prévenus d'avance des essais sonores.

4.6.3 Lorsque les essais révèlent des caractéristiques non satisfaisantes, des mesures correctrices doivent être prises sans délai.

4.6.4 Des procédures doivent être formulées pour la réduction du nombre des fausses alarmes imputables aux essais et pour la remise en fonctionnement normal du système immédiatement après les essais.

4.6.5 Le responsable de l'installation doit faire connaître par avance toute période de mise hors service du système d'alarme.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7753:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c99bffe-c-fda2-439d-bfb9-70920c05165b/iso-7753-1987>

Annexe A

Caractérisation de l'accident minimal de référence

(Cette annexe ne fait pas partie intégrante de la norme.)

Une des premières considérations devant présider à la conception d'un système d'alarme de criticité, est la définition de l'importance de l'événement à détecter. Un « accident minimal de référence » a été défini sur la base d'un scénario d'accident, complété ensuite par des considérations sur les mécanismes de l'accident correspondant à la délivrance d'une dose de 0,2 Gy dans la première minute suivant l'accident, à une distance de 2 m des matériaux fissiles pour la protection nominale.

Neuf accidents de criticité survenus au cours de traitement ou de manipulation de matériaux fissiles sont décrits dans [2]. C'est l'étude de ces événements qui a conduit à la définition ci-dessus de l'accident minimal de référence. On pourrait bien sûr imaginer des mécanismes ne libérant lors d'un accident que de faibles quantités d'énergie, mais un accident s'arrêtant de lui-même doit libérer suffisamment d'énergie pour que ce mécanisme d'arrêt ait lieu. De plus, si un système pouvait libérer cette énergie sur une longue période, cela nécessiterait une surveillance minutieuse que l'on peut espérer en cas d'accident.

Un accident classique résulterait de l'addition de réactivité à un système jusqu'alors sous-critique qui deviendrait alors supercritique. L'accroissement de réactivité pourrait être dû à l'addition de matériaux fissiles, à l'accroissement de l'effet des modérateurs ou des réflecteurs présents, ou encore, à une modification de la configuration du système entraînant une plus faible fuite neutronique.

Le système supercritique se met rapidement à libérer de l'énergie, le débit variant avec le degré de supercriticité atteint. Une part de l'énergie libérée va entraîner une dilatation thermique, l'ébullition ou d'autres effets qui réduiront la réactivité. Ainsi, la supercriticité sera rapidement compensée et le taux de réaction grandement atténué. L'énergie libérée lors de ce transitoire de puissance (caractéristique de la plupart des accidents de criticité) est le « rendement du pic ».

Les pics des neuf accidents de traitements mentionnés ci-dessus sont présentés sur la figure 1. Les accidents survenus dans des réacteurs ou dans des expériences de criticité télécommandées ne sont pas ici pris en compte, car les mécanismes pouvant être responsables de l'accroissement de réactivité sont très différents de ceux que l'on rencontre dans les installations de traitement.

La conversion des rendements de fission de la figure 1 en doses ou débits de dose au voisinage de l'assemblage n'est pas immédiate. Des estimations de la dose délivrée dans quatre de ces neuf accidents ont été proposées dans [3], ou on trouve également des estimations de la distance séparant la personne exposée du point de l'excursion critique. Ces données montrent, qu'à un facteur 2 près, ces quatre accidents auraient chacun conduit à une exposition de 10 Gy à une distance de 2 m. Les doses ont toutes été délivrées dans des temps très courts, en général quelques secondes.

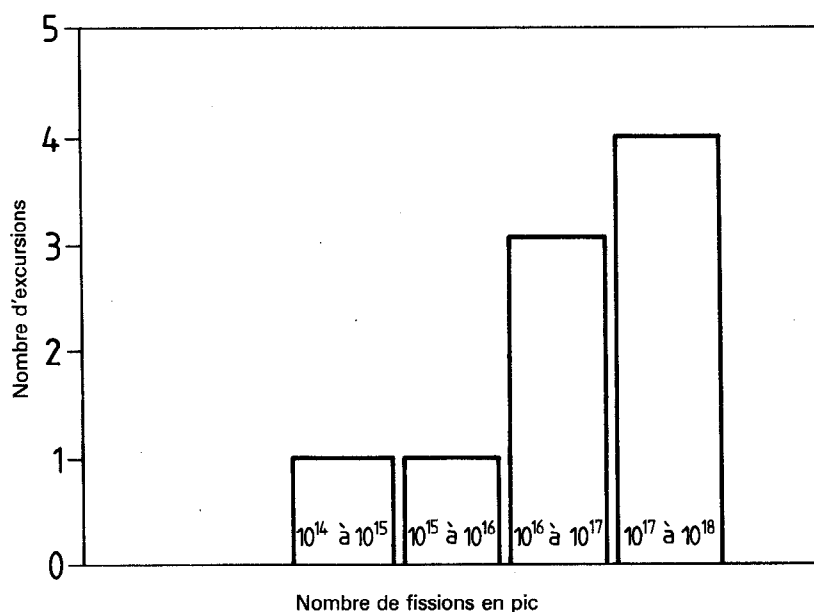


Figure 1 — Rendements du pic

Les plus petits pics de rendement de la figure 1 sont dus à l'empilement manuel de matière autour d'une sphère de plutonium métallique de 6,2 kg. Dans ce cas, le réflecteur était constitué par du carbure de tungstène et dans un autre, par du béryllium. Dans le premier cas, on a estimé que le pic de rendement avait été de l'ordre de 2×10^{15} fissions, et dans le deuxième cas inférieur d'un facteur 10. Les deux pics ont été suivis de brefs plateaux de puissance, si bien que les rendements globaux ont été de 10^{16} et de 3×10^{15} fissions respectivement. Chacun des assemblages est resté à l'état critique pendant environ 1 s.

Les personnes situées à proximité immédiate de ces assemblages ont reçu des doses létales, mais des incertitudes existent quant aux valeurs des doses reçues. En ce qui concerne l'assemblage réflecteur au carbure de tungstène, on ne dispose que de peu de données et celles-ci sont rendues complexes par la présence d'une lourde protection. Plusieurs études ont été faites pour déterminer les doses émises par la sphère réflectrice en béryllium. Une dose de première collision totale de 11 Gy à une distance de 40 cm environ a été déterminée dans [4], en se basant sur l'activation du sodium sanguin prélevé au moment de l'accident, et en tenant compte des corrections récentes relatives aux effets du spectre neutronique. Une des personnes située à 2 m environ du point d'excursion critique a reçu environ 0,56 Gy.

Ces accidents avec une sphère de plutonium métallique représentent une limite inférieure raisonnable aux accidents se terminant par un mécanisme inhérent d'arrêt. Il est à remarquer que chacun de ces accidents s'est terminé par l'action délibérée de la personne présente après que celle-ci se soit rendue compte de la situation. Si l'assemblage critique n'avait pas été démantelé en quelques secondes, l'énergie libérée au cours de la première minute aurait été d'un ordre de grandeur supérieur.

L'étude du comportement des assemblages critiques expérimentaux permet d'améliorer notre compréhension des caractéristiques des excursions nucléaires. Deux de ces types d'assemblages du « Los Alamos Critical Experiment Facility » présentent un intérêt tout particulier.

« Godiva » est un assemblage nu d'uranium enrichi destiné à fonctionner au-dessus du régime prompt-critique en mode impulsif rapide. Le coefficient de température de réactivité pour cet assemblage est voisin de $-3,6 \times 10^{-3}$ dollars/°C¹⁾, de sorte qu'une élévation de température de 300 °C environ est nécessaire pour ramener l'assemblage de l'état critique instantané à l'état critique retardé et éventuellement atteindre un minimum raisonnable de l'effet d'arrêt. Cette énergie serait fournie par 5×10^{16} fissions environ, qui conduiraient à une dose de 7,5 Gy approximativement à 2 m de l'assemblage.

« Parka » est un cœur cylindrique en graphite chargé d'uranium de 0,91 m de diamètre et de 1,37 m de longueur muni d'un réflecteur en béryllium de 100 mm d'épaisseur. Pour un tel assemblage, la criticité peut se produire par inadvertance à la suite de l'introduction d'une petite quantité d'eau dans l'assemblage. Si ce phénomène se produit lentement, le système pourrait dépasser l'état critique d'une faible marge avant que la température atteigne le point d'ébullition de l'eau et qu'un équilibre s'établisse à un niveau d'énergie, maintenant constante la quantité d'eau. Si l'on néglige la condition de l'état de stabilité, l'élévation initiale de température (70 °C environ) correspondrait à quelque 2×10^{18} fissions et aboutirait à une dose supérieure à 15 Gy à 2 m de l'assemblage.

Si on le compare à « Godiva », l'assemblage « Parka », de par ses dimensions, son poids et sa capacité calorifique rappelle probablement beaucoup plus les accidents des usines de retraitement nous préoccupant ici, et par ailleurs, des accidents sur des systèmes ayant une compacité voisine de celle de la sphère de 6,2 kg de plutonium sont considérés comme étant hautement improbables.

Des valeurs calculées de la densité d'énergie en fonction du temps pour des augmentations de réactivité de 1 et de 1,2 dollar avec des durées de vie neutroniques allant de 10^{-8} à 10^{-4} s sont données dans [2]. Pour des additions plus limitées de réactivité, les densités d'énergie sont de plusieurs centaines de joules par centimètre cube dans les premières 60 s qui suivent l'excursion. À partir de ces valeurs, on peut prévoir plus de 10^{17} fissions dans la première minute d'une excursion se produisant dans le volume critique minimal de plutonium en solution (6 l), du fait du passage du système à l'état critique spontané.

La série des expériences CRAC effectuées par la Section expérimentale d'études de criticité de Valduc [5], [10] donne un certain nombre d'aperçus sur le comportement des quantités supercritiques de solutions d'uranium enrichi dans des cuves du type classique que l'on retrouve dans de nombreux domaines des usines de retraitement. De l'uranium très enrichi en solution à différentes concentrations a été transvasé dans une cuve afin d'y réaliser des configurations supercritiques. Les rendements de fission les plus faibles ont été obtenus pour les excursions lentes avec des accroissements de réactivité se situant entre 30 et 60 cents au-dessus de la criticité retardée. La puissance maximale de ces excursions a varié de $7,8 \times 10^{14}$ à $7,4 \times 10^{15}$ fissions/s. La puissance moyenne pendant la durée des excursions a varié de 10^{14} à 10^{15} fissions/s environ. Les valeurs les plus élevées sont en général associées aux cuves plus grandes, si bien que la densité de puissance présente des variations nettement plus faibles.

Des études d'accident de criticité proposant des solutions se sont poursuivies à Valduc avec le réacteur SILENE [6], [11]. Suite à des accroissements de réactivité de quelques cents au-dessus de la criticité retardée, des excursions très lentes ont été engendrées, avec des périodes de plusieurs minutes et des taux de pic de fission allant de 10^{12} à 10^{13} fissions/s.

Des expériences similaires menées au réacteur SHEBA [7] avec des taux de réactivité d'environ 7 à 11 cents au-dessus de la criticité retardée ont produit à plusieurs reprises des taux de pic de fission de 10^{13} fissions/s.

1) Un dollar est équivalent à la variation de réactivité entre la criticité retardée et la criticité spontanée, et il vaut 100 cents.

L'expérience acquise à la suite des deux accidents mortels décrits en [2] (Los Alamos 1958 et Wood River 1964) a fait apparaître des doses de l'ordre de 100 Gy, à une distance de 0,5 m d'une excursion nucléaire d'environ 10^{17} fissions dans un milieu en solution, ce qui correspond à environ 0,06 Gy à 2 m pour 10^{15} fissions.

Si l'on utilise la valeur de 8×10^{15} fissions/min fournie par la plus petite des excursions lentes de CRAC, cela représente environ 0,5 Gy/min à une distance de 2 m. La puissance dans le pic étant environ cinq fois la puissance moyenne et l'excédent de réactivité étant approximativement de 33 cents, le critère de détection de 0,2 Gy en 60 s à 2 m entraînera une alarme pour les petits accidents survenant dans des solutions et faisant intervenir un excédent de réactivité de quelques dizaines de cents seulement. Ce contexte est adopté dans la présente Norme internationale comme spécification de l'accident minimal de référence.

Ce critère de détection peut s'avérer insuffisant pour détecter des excursions de criticité retardée à l'évolution très lente.

Les expériences de SILENE révèlent que de telles excursions peuvent passer inaperçues et qu'elles requièrent un contrôle très sensible. À noter qu'elles ne doivent normalement pas survenir au niveau des matériels de traitement. Cette situation constitue par conséquent un cas particulier, en marge de la définition de l'accident minimal de référence.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7753:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c99bfec-fda2-439d-bfb9-70920c05165b/iso-7753-1987>

Annexe B

Calcul du rayon de couverture du détecteur en fonction du point de déclenchement de l'alarme

(Cette annexe ne fait pas partie intégrante de la norme.)

B.1 Hypothèses

Plusieurs hypothèses rendent possible un calcul simple du rayon de couverture d'un détecteur en un point de déclenchement donné. Ces hypothèses de départ sont les suivantes :

- Le système d'alarme doit répondre à tout accident produisant, hors protection, une dose de 0,2 Gy (rayonnement neutronique et gamma) en 60 s, à une distance de 2 m (voir 4.2).
- Le détecteur est un débitmètre gamma.
- L'accident peut être du type transitoire rapide, survenant dans un matériau fissile métallique, sans réflecteur ni modérateur, ou bien encore, il peut être du type transitoire rapide ou une réaction de fission entretenue dans un matériau fissile avec modérateur.
- La réponse du détecteur aux transitoires rapides est d'au moins 1/2 500 du débit de dose réel. (Cette hypothèse repose sur les résultats présentés dans [8].) On suppose que les transitoires rapides ont une largeur d'impulsion de 1 ms ou plus.
- L'intensité du rayonnement gamma varie en raison inverse du carré de la distance à la source. Pour les grandes distances, on suppose un facteur d'atténuation dans l'air de 3. (Ce facteur devrait surestimer l'atténuation pour toutes les distances concernées pratiquement.)
- Pour les transitoires rapides dans un assemblage métallique sans réflecteur ni modérateur, on a supposé un rapport de 12 entre les doses dues aux neutrons et celles dues aux gammas. (Deux criticités très similaires se sont produites dans un assemblage de plutonium 239 métallique partiellement réfléchi [2].) Un transitoire de 3×10^{15} fissions a produit une dose de 0,51 Gy due aux neutrons et une dose de 0,051 Gy due aux rayons gamma à 1,8 m [4]. Nous avons supposé un rapport de 12 entre les doses dues aux neutrons et celles dues aux gammas pour un assemblage de plutonium 239 métallique, entièrement nu. En conséquence, la dose mixte (neutrons et gammas) de 0,2 Gy à une distance de 2 m serait constituée par 0,185 Gy de neutrons et 0,015 Gy de gammas. (Cette dose serait due à $1,86 \times 10^{15}$ fissions.)
- Pour les assemblages avec modérateur, on suppose un rapport de 0,30 entre les doses dues aux neutrons et celles dues aux gammas. On a fait fonctionner un modèle expérimental de l'accident Y-12 avec un tuyau continu de $9,5 \times 10^{12}$ fissions/s pendant 42 min. Celui-ci a produit une dose neutronique de 0,47 Gy à une distance de 1,9 m et un rapport de 0,30 entre la dose due aux neutrons et celle due aux gammas [9]. Ainsi, une dose supposée de 0,2 Gy à 2 m serait composée d'une dose de 0,047 Gy imputable aux neutrons et de 0,153 Gy imputable aux gammas. (Cette dose serait produite par $2,2 \times 10^{15}$ fissions.)

B.2 Calcul du rayon de couverture du détecteur

En utilisant ces hypothèses, on peut calculer pour n'importe quel point de déclenchement la distance maximale à laquelle doit se trouver un détecteur de l'endroit où un accident est susceptible de se produire (rayon de couverture du détecteur). Par exemple, pour un transitoire rapide dans un assemblage métallique nu, la réponse du détecteur gamma, T_r , en un point de déclenchement donné, à une distance r sera

$$T_r = \dot{D} \times \left(\frac{a}{r} \right)^2 \times \frac{1}{d_{\text{air}}} \times \varepsilon$$

où

$\dot{D}$ est le débit de dose absorbée, en gray par milliseconde, à une distance a ;

$a = 2$ m;

r est le rayon de couverture du détecteur, en mètres;

d_{air} est le facteur d'atténuation dans l'air ($d_{\text{air}} = 3$, voir chapitre B.1);

ε est la réponse supposée du transitoire rapide ($\varepsilon = \frac{1}{2\,500}$, voir chapitre B.1).