

Sûreté radiologique: les nouvelles normes internationales

La nouvelle version des Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements est le fruit d'une collaboration sans précédent

par Abel J.
González

Dès la fin des années 80, on disposait d'un volume considérable de données nouvelles qui justifiaient une révision des normes régissant la protection contre les expositions aux rayonnements ionisants et la sûreté des sources radioactives.

En tout premier lieu, la réévaluation des résultats des études radioépidémiologiques sur les survivants de Hiroshima et de Nagasaki donnait à penser que l'exposition à de faibles niveaux de rayonnement impliquait plus de risques qu'on ne l'avait pensé.

Par ailleurs, d'autres événements — notamment l'accident nucléaire de Three Mile Island en 1979 et celui de Tchernobyl en 1986 suivi d'une contamination transfrontalière d'une intensité inconnue jusqu'alors — ont fortement influencé la perception par le public des dangers potentiels d'une radioexposition. Les accidents causés par des sources radioactives utilisées en médecine et dans l'industrie ont aussi retenu l'attention du grand public. Ciudad Juárez (Mexique), Mohamadia (Maroc), Goiânia (Brésil), San Salvador (El Salvador) et Saragosse (Espagne) ont défrayé la chronique lorsque l'on sut qu'il y avait des victimes. En outre, on a constaté de nouveau, pendant cette décennie, que le rayonnement naturel pouvait nuire à la santé: de fortes concentrations inattendues de radon dans l'air ont été relevées dans certaines habitations: on a découvert aussi que l'exposition à ce rayonnement naturel de certains travailleurs non exposés professionnellement atteignait des niveaux beaucoup plus élevés que les limites des expositions professionnelles spécifiées par les Normes.

Vu ces données nouvelles, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a révisé ses recommandations en 1990. Les organisations intéressées du système des Nations Unies ainsi que d'autres organismes multinationaux ont emboîté le

pas sans attendre et révisé à leur tour leurs propres normes.

L'objet du présent article est de souligner l'importance de ces initiatives pour l'harmonisation de la sûreté radiologique sur le plan international: il expose en particulier l'essentiel des nouvelles Normes fondamentales internationales de sûreté (NFR). Six organisations ont collaboré à leur élaboration — l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'Organisation internationale du Travail (OIT), l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE), l'Organisation panaméricaine de la santé (OPS) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Objectifs et cadre de l'harmonisation

Afin d'élaborer les NFR, les six organisations ont créé, en 1991, dans le cadre du Comité interorganisations de la sûreté radiologique, un secrétariat commun en confiant à l'AIEA la coordination des activités. Cette initiative a couronné des décennies d'efforts ininterrompus sous le signe d'une collaboration internationale sans précédent à laquelle ont contribué des centaines d'experts venant des Etats Membres des organisations participantes. Ces nouvelles normes internationales remplacent toutes celles qui étaient précédemment en vigueur dans le domaine de la sûreté radiologique, notamment celles qui avaient été élaborées sous les auspices de l'AIEA (voir l'encadré ci-après).

Les NFR s'intéressent aux effets des rayonnements. Dès les premières études faites sur les rayons X et les minéraux radioactifs, on avait constaté que l'exposition à de fortes doses d'irradia-

M. González est directeur adjoint de la Division de la sûreté nucléaire de l'AIEA.

Plusieurs organismes ont contribué à l'harmonisation des normes internationales de sûreté radiologique à partir de l'information obtenue grâce aux importants travaux de recherche et aux réalisations d'établissements scientifiques et techniques nationaux et internationaux. Pour sa part, et en vertu de son Statut, l'AIEA a pour attribution «d'établir ou d'adopter, en consultation et, le cas échéant, en collaboration avec les organes compétents des Nations Unies et avec les institutions spécialisées intéressées, des normes de sécurité destinées à protéger la santé...». C'est à cette fin que le Conseil des gouverneurs de l'AIEA approuva en mars 1960 les mesures de santé et de sûreté de l'Agence. Il approuva ensuite en juin 1962 la première version des *Normes fondamentales de radioprotection* de l'AIEA et, en septembre 1965, une version révisée. Une troisième version revue et corrigée a été publiée dans l'édition de 1982 du numéro 9 de la *Collection Sécurité* de l'AIEA; cette édition était commune à l'AIEA, à l'OIT, à l'AEN/OCDE et à l'OMS*.

Comité interorganisations de la sûreté radiologique (CIOSR). Il y a quelques années déjà l'AIEA préconisa la création de ce comité pour faciliter la consultation et la collaboration dans le domaine de la sûreté radiologique avec les organes compétents des Nations Unies et avec les institutions spécialisées. Ce comité a notamment pour mission d'encourager la coordination des politiques en vue d'assurer la cohérence des principes et des normes de sûreté radiologique. Ses membres sont la FAO, l'OIT, l'AEN/OCDE, l'OPS, l'UNSCEAR, l'OMS, la Commission des Communautés européennes (CCE) et l'AIEA. D'autres organismes — la CIPR, la Commission internationale des unités et des mesures radiologiques (CIUMR), la Commission électrotechnique internationale (CEI), l'Association internationale de radioprotection (AIR) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO) — ont un statut d'observateur.

Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR). Ce comité a fourni l'information scientifique sur laquelle les NFR sont fondées. Créé par l'Assemblée générale des Nations Unies de 1955, il se compose aujourd'hui des représentants de 21 pays et a pour tâche d'acquiescer, d'évaluer et de diffuser l'information sur les effets pathogènes des rayonnements et sur les niveaux de radioexposition à diverses sources radioactives.

Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Les normes de sûreté radiologique sont fondées sur les recommandations de cette commission, organisme scientifique non gouvernemental fondé en 1928. Ses recommandations les plus récentes ont été publiées en 1990 (Publication 60, *Annales de la CIPR*, vol. 21, n^{os} 1-3) et sont le fondement des NFR.

Commission internationale des unités et des mesures radiologiques (CIUMR). Les quantités et les unités utilisées pour les NFR sont essentiellement celles que recommande la CIUMR, organisation jumelle de la CIPR (voir l'encadré ci-après).

Groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire (INSAG). Ce groupe de consultants en sûreté nucléaire sert de centre d'échange de documentation et donne des avis à l'AIEA sur les problèmes de sûreté d'importance internationale. En 1988, il a publié par l'intermédiaire de l'AIEA des «Principes fondamentaux de sûreté pour les centrales nucléaires» (*Collection Sécurité* n° 75-INSAG-3). Nombre de ces principes s'appliquent à la sûreté d'autres sources et installations radioactives et ont été retenus dans les NFR.

* Ces anciennes normes internationales sont décrites par l'auteur dans un précédent article paru dans le *Bulletin de l'AIEA*, volume 25, n° 3 (septembre 1983).

tion risquait d'endommager les tissus du corps humain. Ces effets peuvent être diagnostiqués cliniquement chez l'individu exposé; ce sont ce que l'on appelle les *effets déterministes* parce que, pour une certaine dose de rayonnement, ils se manifestent nécessairement.

L'étude à long terme de populations exposées à des rayonnements, en particulier des survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki, a prouvé qu'une radioexposition peut aussi provoquer l'induction différée de tumeurs malignes et éventuellement d'effets héréditaires. Ces effets ne peuvent être rapportés à aucun cas individuel d'exposition mais peuvent être déduits des études épidémiologiques de groupes importants de population. Ce sont les *effets* dits *stochastiques*,

à cause de leur caractère statistiquement aléatoire (voir l'encadré ci-après).

Activités humaines et radioexposition: pratiques et interventions. Nombre d'activités humaines bénéfiques impliquent l'exposition d'individus à des sources radioactives tant naturelles qu'artificielles. Les *pratiques* sont des activités planifiées depuis l'origine qui augmentent le niveau d'exposition des individus par rapport au fond naturel de rayonnement.

Par ailleurs, il existe des cas d'exposition de l'individu dus à des situations de fait. Les activités qui visent à réduire ces expositions sont appelées des *interventions*.

Vu les effets pathogènes des rayonnements, les pratiques et les interventions doivent être soumises à

Effets pathogènes des rayonnements

Une radioexposition peut avoir des effets nocifs sur la santé. Aux fortes doses ponctuelles, diverses réactions telles que nausées, érythème ou, dans les cas graves, syndromes aigus se manifestent cliniquement chez le sujet peu de temps après l'exposition. Les fortes doses chroniques peuvent aussi avoir des effets délétères cliniquement détectables. On dit qu'ils sont **déterministes**, car ils se manifestent à coup sûr lorsque la dose dépasse un certain seuil.

L'exposition à de faibles doses peut aussi, en principe, avoir de graves conséquences sur la santé, telles les affections malignes, lesquelles sont statistiquement détectables dans une population mais ne peuvent être associées avec certitude à aucun sujet en particulier. Des effets héréditaires de la radioexposition ont été statistiquement détectés chez des mammifères et l'on suppose qu'ils peuvent également apparaître chez l'être humain. Ces effets statistiquement détectés sont dits **stochastiques** du fait de leur caractère aléatoire. Ils apparaissent après une période de latence, apparemment quelle que soit la dose, sans qu'il existe un seuil. En outre, il est possible que des effets apparaissent chez des enfants exposés à des rayonnements *in utero* à certains moments de la grossesse, les plus probables étant la leucémie et l'arriération mentale caractérisée.

Les effets déterministes résultent de la destruction de cellules par l'irradiation; si cette destruction est assez importante, la fonction du tissu atteint peut être compromise.

Un effet déterministe est d'autant plus grave que la dose augmente au-dessus du seuil, lequel est variable en fonction du genre d'effet. Les seuils les plus bas sont de quelques sieverts pour les expositions aiguës et de quelques centaines de millisieverts par an pour les expositions chroniques. La probabilité d'un effet déterministe est donc nulle aux très faibles doses, mais elle devient certaine au niveau du seuil.

Quant aux effets stochastiques, ils peuvent apparaître lorsque la cellule irradiée est modifiée mais non détruite. Les cellules modifiées peuvent, dans un délai assez long, évoluer en cancer. Les mécanismes de défense et de réparation de l'organisme font que cette éventualité est très improbable au niveau des faibles doses; néanmoins, rien ne prouve qu'il y ait un seuil au-dessous duquel le cancer est exclu. La probabilité de son apparition augmente évidemment avec la dose, mais la gravité du cancer radio-induit est indépendante de celle-ci. Lorsqu'une cellule germinale dont le rôle consiste à transmettre l'information génétique est endommagée par une radioexposition, on conçoit que divers effets héréditaires puissent se manifester dans la descendance du sujet exposé. La probabilité d'effets stochastiques est supposée proportionnelle à la dose reçue, et sans seuil. La probabilité de graves effets stochastiques radio-induits pendant la durée de vie est généralement évaluée à quelque 5% par sievert de dose de rayonnement pour l'ensemble de la population.

Quantités et unités en radioprotection

Bien que la plupart des spécifications des NFR soient qualitatives par nature, les normes fixent néanmoins certaines limites quantitatives ainsi que des niveaux recommandés. Les quantités et les unités utilisées dans ces normes sont fondées sur les recommandations de la CIPR et de la CIUMR.

Les quantités physiques fondamentales des NFR sont l'**activité**, soit le taux d'émission radioactive d'un radionucléide, et la **dose absorbée**, c'est-à-dire l'énergie du rayonnement incident qui est absorbée par unité de masse de la substance cible.

L'**unité d'activité** (nombre d'émissions par seconde) est le **becquerel (Bq)**. L'**unité de dose absorbée** est le joule par kilogramme, appelé **gray (Gy)**.

La **dose absorbée** est la quantité physique fondamentale en dosimétrie, spécifiée par les NFR, mais elle n'est pas entièrement satisfaisante aux fins de la radioprotection, car l'intensité de l'effet dans les tissus humains varie selon les types de rayonnement ionisant. Il faut donc multiplier la dose absorbée dans les tissus par un facteur de pondération qui tient compte de l'efficacité du type de rayonnement considéré pour induire des effets sur la santé.

La **dose équivalente** est la quantité qui résulte de la pondération de la dose absorbée par l'efficacité du rayonnement. A noter que la probabilité d'effets nocifs dus à une dose équivalente donnée varie selon les organes et les tissus atteints. C'est pourquoi la dose équivalente à chaque organe et tissu doit être multipliée à son tour par un facteur de pondération qui tient compte de la radiosensibilité de l'organe ou du tissu.

La **dose efficace** est la somme de toutes les doses équivalentes pondérées par la radiosensibilité des organes et tissus exposés de l'organisme. L'**unité de dose équivalente et de dose efficace** est la même que l'unité de dose absorbée, à savoir le joule par kilogramme, mais on lui donne le nom de **sievert (Sv)**.

Lorsqu'un radionucléide s'incorpore à l'organisme, la dose est fonction de la durée du séjour de ce radionucléide dans l'organisme.

La **dose engagée** est la dose totale reçue pendant tout le temps de séjour d'un radionucléide dans l'organisme et se calcule par l'intégrale dans le temps du débit de la dose. Toute limitation s'applique à la dose engagée du fait de l'incorporation. L'**unité de dose engagée** est le **sievert**.

L'impact global de la radioexposition due à une pratique ou à une source données est fonction du nombre d'individus exposés et de la dose qu'ils ont reçue.

La **dose collective**, définie comme la somme des produits de la dose moyenne dans les divers groupes de sujets exposés par le nombre d'individus de chaque groupe, sert par conséquent à définir l'impact radiologique d'une pratique ou d'une source. L'**unité de dose collective** est le **sievert-homme**.

A des fins opérationnelles, les NFR prévoient un **équivalent de dose ambiant** et un **équivalent de dose individuelle**. Ces quantités sont définies par la CIUMR pour faciliter les mesures et la surveillance radiologiques tout en se conformant aux quantités fondamentales retenues pour la radioprotection.

certaines normes de sûreté radiologique afin de protéger les individus exposés (voir l'encadré page 5).

Objectifs des normes

Ces normes ont expressément pour objet de prévenir l'apparition d'effets déterministes des rayonnements et de restreindre la probabilité d'effets stochastiques.

En ce qui concerne les *pratiques* considérées comme justifiées (voir l'encadré page 6), les exigences réglementaires qui leur sont appliquées portent sur les individus et la source. C'est ainsi que:

- le risque encouru par tout individu exposé est limité quel que soit le lieu ou le moment de son exposition, par le maintien des doses individuelles en dessous de limites de doses déterminées;
- la sûreté de la source est assurée notamment par a) la contrainte des doses que la source peut délivrer avec certitude et la restriction de la probabilité d'irradiation due à des expositions éventuelles; b) le maintien de doses délivrées, des probabilités d'exposition et du nombre d'individus exposés au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre dans les circonstances considérées; c) l'application à la source de diverses mesures administratives, techniques et opérationnelles destinées à garantir sa sûreté.

Quant aux *interventions* justifiées, l'objectif est atteint de la manière suivante:

- maintenir, dans toutes les circonstances prévisibles, les doses individuelles à un niveau inférieur au seuil fixé pour les effets déterministes;
- maintenir toutes les doses que l'intervention est censée éviter au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre dans les circonstances considérées, sur la base des résultats de l'optimisation.

Portée des NFR

Exclusions. Toute radioexposition qui, de par sa nature, ne peut relever des NFR est exclue du champ d'application de celles-ci. Citons à titre d'exemple l'exposition au potassium radioactif naturel, lequel est un constituant normal du corps humain, l'exposition aux rayons cosmiques au niveau du sol et, d'une façon générale, toute exposition d'origine naturelle contre laquelle on ne peut rien.

En outre, les NFR s'appliquent uniquement:

- aux êtres humains (on estime que les normes de protection suffisantes pour l'être humain garantissent qu'aucune autre espèce n'est menacée en tant que population, même s'il se peut que des individus de cette espèce risquent une lésion);
- aux rayonnements ionisants, c'est-à-dire gamma, X, alpha, bêta et autres particules pouvant provoquer l'ionisation; (les NFR ne s'appliquent pas aux

Pratiques et interventions

Les activités humaines prévues qui ajoutent à la radioexposition des individus déjà normalement reçue du fond naturel de rayonnement, ou qui augmentent la probabilité d'une exposition, sont appelées *pratiques*. Les activités humaines qui visent, elles, à réduire la radioexposition existante, ou la probabilité d'une radioexposition, sont appelées *interventions*.

Les NFR s'appliquent à la fois à la mise en œuvre et à la continuation de pratiques qui impliquent ou pourraient impliquer une radioexposition, ainsi qu'aux situations réelles dans lesquelles l'exposition ou sa probabilité peuvent être réduites ou exclues par une intervention. Pour ce qui est des pratiques, des dispositions de radioprotection et de sûreté peuvent être prises avant la mise en œuvre et les radioexpositions associées ainsi que leur probabilité peuvent être limitées dès le départ. Quant à l'intervention, en revanche, les circonstances qui provoquent une exposition ou impliquent sa probabilité existent déjà, de sorte que leur réduction ne peut se faire que par une action correctrice ou protectrice.

Le tableau ci-après montre comment l'UNSCEAR résume l'impact radiologique relatif de quelques pratiques et des accidents graves qui appellent une intervention. Les niveaux de radioexposition sont exprimés en équivalent d'exposition aux sources naturelles.

Niveaux de radioexposition

Sources d'exposition	Base du calcul	Equivalent en durée d'exposition aux rayonnements naturels
Essais d'armes nucléaires	Tous essais à ce jour	2,3 ans
Appareils et matières utilisés en médecine	Une année de la pratique au rythme habituel	90 jours
Accidents graves	Tous accidents à ce jour	20 jours
Energie d'origine nucléaire (conditions normales d'exploitation)	Production totale à ce jour	10 jours
Activités professionnelles	Une année de la pratique au rythme habituel	1 jour
	Une année d'activités professionnelles au rythme habituel	8 heures

rayonnements non ionisants et ne peuvent davantage servir à réglementer les aspects non radiologiques de la santé et de la sûreté).

Hormis ces exclusions, les NFR sont applicables à toute pratique et aux sources de rayonnements qu'elle peut impliquer, à condition qu'elle ne soit pas exemptée de l'application de ces normes, et à toute intervention et aux expositions associées.

Pratiques. Les NFR s'appliquent aux pratiques suivantes:

- utilisation de rayonnements ou de substances radioactives en médecine, dans l'industrie, en agriculture, pour l'enseignement et la formation, et pour la recherche;
- production d'énergie d'origine nucléaire, toutes opérations incluses dans le cycle du combustible

Justification des pratiques et des interventions

Cette opération fait intervenir de nombreux facteurs liés notamment aux aspects sociaux et politiques du problème, tandis que les considérations radiologiques jouent habituellement un rôle secondaire. Les NFR donnent quelques indications pratiques sur la manière de justifier pratiques et interventions, que l'on peut résumer comme suit.

Pratiques injustifiées. Les Normes mentionnent les pratiques injustifiées parmi lesquelles on relève celles qui feraient augmenter la teneur en substances radioactives des aliments, boissons, cosmétiques ou autres produits ou articles prévus pour être ingérés, inhalés, absorbés par la peau ou appliqués sur la peau d'un être humain, ainsi que les pratiques impliquant un usage irresponsable des rayonnements dans des produits ou articles tels que jouets, bijoux fantaisie et autres objets de parure. Par ailleurs, certaines expositions médicales sont également jugées non justifiées: examen radiologique à des fins professionnelles, juridiques, ou de contrat d'assurance vie; examen radiologique pour la détection d'objets volés; exposition de groupes d'individus pour dépistage en masse; exposition d'êtres humains à des fins de recherche médicale (sauf conformément aux dispositions de la Déclaration de Helsinki, aux instructions élaborées par le Conseil des organisations internationales des sciences médicales (COISM) et l'OMS, et sous réserve de l'avis d'un comité d'éthique et de la réglementation nationale ou locale applicable).

Interventions. L'intervention est justifiée si elle promet de faire plus de bien que de mal, compte tenu de la santé et de considérations sociales et économiques. Les NFR spécifient que

les mesures de protection sont pratiquement toujours justifiées lorsqu'il est à prévoir que les doses dans une situation d'intervention approcheront les valeurs indiquées sur le tableau ci-après. Toutefois, les niveaux d'intervention devraient être optimisés et pourraient aboutir à des doses bien inférieures (voir le tableau page 9).

Niveaux de dose individuelle auxquels l'intervention est probable en toutes circonstances

Expositions aiguës

Organe ou tissu	Prévision de dose absorbée par l'organe ou le tissu en moins de deux jours (Gy)
Organisme entier	1
Poumon	6
Peau	3
Thyroïde	5
Cristallin	2
Gonades	3

Expositions chroniques

Organe ou tissu	Débit de dose équivalente (Sv/an)
Gonades	0,2
Cristallin	0,1
Moelle osseuse	0,4

nucléaire impliquant ou pouvant impliquer une exposition à des rayonnements ou à des substances radioactives.

Sources. Dans le cadre d'une pratique, les NFR s'appliquent à toute source de rayonnement utilisée aux fins de cette pratique, qu'elle soit naturelle ou artificielle, dont:

- substances radioactives et dispositifs contenant des substances radioactives ou émettant des rayonnements, tels que produits de consommation, sources scellées, sources non scellées et générateurs de rayonnements;
- installations contenant des substances radioactives ou dispositifs émettant des rayonnements, tels que les irradiateurs, les mines et installations de traitement de minerais radioactifs, les installations traitant des substances radioactives, les installations nucléaires, et les installations de gestion des déchets radioactifs. (Lorsqu'une installation risque de rejeter des substances radioactives ou d'émettre des rayonnements dans l'environnement, elle est considérée comme une source dans son ensemble et

les NFR s'y appliquent globalement ainsi qu'à chaque source distincte de rayonnements qu'elle contient.)

Exemption et affranchissement. Une pratique et les sources qu'elle utilise peuvent être exemptées de l'application des NFR si elle répond à des critères d'exemption spécifiés. Ces critères assurent que les risques pour l'individu que comporte la source exemptée sont négligeables et que l'impact radiologique sur la collectivité n'appelle aucun contrôle réglementaire. Une source exemptée doit toutefois être intrinsèquement sûre.

Les critères d'exemption comportent aussi des niveaux d'exemption, c'est-à-dire des niveaux de radioactivité ou de concentration d'activité dans des matières au-dessous desquels l'exemption est pratiquement automatique.

Les matières et les objets appartenant à des pratiques et à des sources auxquelles s'appliquent déjà les NFR peuvent être soustraits aux obligations qui en découlent sous réserve de respecter des niveaux d'affranchissement (encore appelés niveaux

de «libération» ou de «déréglementation») qui n'excèdent pas les niveaux d'exemption spécifiés.

Interventions. Les situations d'intervention auxquelles les NFR s'appliquent sont toutes situations de fait qui provoquent une exposition du public et qu'il peut être justifié de réduire par des mesures correctrices.

Ce sont en particulier:

- les situations d'urgence, telles que celles qui résultent de la contamination de l'environnement à la suite d'un accident;
- les situations chroniques telles que l'exposition aux sources naturelles de rayonnements (le radon par exemple dans les habitations) et aux résidus radioactifs d'événements et d'activités passés (contamination chronique de l'environnement due à des activités passées).

Expositions. Les NFR s'appliquent à toutes expositions résultant de:

- toutes pratiques ou sources, y compris les expositions normales (certaines) ou les expositions potentielles (incertaines), et les expositions professionnelles (des travailleurs); les expositions à des fins médicales (essentiellement celles des patients) ou les expositions du public (toutes autres expositions);
- toute situation d'urgence impliquant une exposition accidentelle, dont des expositions appelant une prompt intervention, ou autre exposition temporaire résultant de circonstances dans lesquelles un plan d'intervention ou des mesures d'urgence ont été déclenchés; et une exposition chronique, y compris l'exposition aux sources naturelles de rayonnements, aux résidus radioactifs d'événements passés et à la contamination radioactive causée par des pratiques et des sources qui, pour une raison quelconque, n'étaient pas soumises au contrôle réglementaire.

Sources naturelles. Selon les NFR, l'exposition aux sources naturelles est normalement considérée comme une situation chronique appelant l'intervention. Sont exceptées les activités faisant appel à des sources naturelles responsables d'une augmentation de l'exposition du public due par exemple à l'évacuation de substances radioactives dans l'environnement, ainsi que certaines expositions professionnelles au radon qui tomberont sous le coup des dispositions concernant les pratiques lorsque l'action correctrice ne peut pas ramener ces expositions au-dessous des niveaux d'intervention fixés par les NFR.

Obligations

Les NFR stipulent des obligations générales en ce qui concerne tant les pratiques que les interventions. Sauf si l'exposition ne relève pas des Normes, les obligations sont les suivantes:

- aucune pratique ne peut être adoptée, mise en œuvre, suspendue ou annulée et aucune source qu'elle utilise ne peut être, selon le cas, extraite,

Limitation des doses individuelles

Les limites de dose spécifiées dans les NFR sont prévues pour protéger l'individu contre des risques inacceptables résultant d'une radioexposition.

Limites de dose d'exposition professionnelle

- dose efficace de 20 mSv par an en moyenne sur cinq années consécutives.
- dose efficace de 50 mSv en une année quelconque.
- dose équivalente au cristallin de 150 mSv par an.
- dose équivalente aux extrémités (mains et pieds) et à la peau de 500 mSv par an.

(Dans certains cas, les membres des équipes d'intervention peuvent être exposés jusqu'à 100 mSv en une année.)

Limites de dose pour les membres du public

- dose efficace de 1 mSv par an.
- dans certaines circonstances, dose efficace pouvant atteindre 5 mSv en un an, à condition que la dose moyenne sur cinq années consécutives n'excède pas 1 mSv par an; et que la dose dans les circonstances spéciales soit expressément autorisée par la réglementation.
- dose équivalente au cristallin de 15 mSv en une année.
- dose équivalente à la peau de 50 mSv en une année.

Application des limites de dose

Les limites de dose valent pour la somme des doses considérées résultant d'expositions externes pendant les périodes spécifiées et des doses engagées par incorporation pendant les mêmes périodes (les doses engagées sont normalement calculées sur 50 ans pour les adultes et 70 ans pour les enfants). Cette condition est remplie lorsque la dose équivalente individuelle de rayonnement pénétrant pendant l'année considérée, ajoutée à la somme des doses engagées par incorporation de radionucléides pendant la même année, demeure inférieure à la limite fixée.

broyée, traitée, préparée, fabriquée, construite, assemblée, acquise, importée, exportée, vendue, prêtée, louée, reçue, déposée, placée, mise en service, possédée, utilisée, exploitée, entretenue, réparée, transférée, déclassée, transportée, entreposée ou éliminée, si ce n'est conformément aux dispositions prévues dans les NFR, à moins que la pratique ou la source en question ne soit exemptée de l'application de ces normes;

- chaque fois que cela se justifie, les expositions de fait seront réduites par une intervention, comportant des mesures correctrices ou protectrices conformes aux dispositions des Normes.

Les NFR précisent en outre que toute source contenant des substances radioactives doit être transportée conformément aux dispositions du *Règlement de transport des matières radioactives* de l'AIEA (Collection Sécurité n° 6, AIEA, Vienne (1990)) et de toute convention internationale applicable.

Doses indicatives pour l'examen radiologique d'un sujet adulte normal

Radiographie

Examen	Pénétration du faisceau	Dose absorbée par radiographie (mGy)
Rachis lombaire	AP	10
	LAT	30
	LSJ	40
Abdomen, urographie intraveineuse et cholécystographie	AP	10
Bassin	AP	10
Articulation coxo-fémorale	AP	10
Thorax	PA	0,4
	LAT	1,5
Rachis cervico-dorsal	AP	7
Dents	LAT	20
	Periapical	7
Crâne	AP	5
	PA	5
	LAT	3

PA = Postéro-antérieure; LAT = Latérale; LSJ = Articulation lombo-sacrée;
AP = Antéro-postérieure.

Tomodensitométrie

Examen	Dose absorbée moyenne tomodensitométrique (mGy)
Tête	50
Rachis lombaire	35
Abdomen	25

Mammographie

Dose moyenne au parenchyme par projection cranio-caudale

1 mGy (sans grille)
3 mGy (avec grille)

Radioscopie

Mode opératoire	Débit de dose absorbée sous la surface de pénétration (mGy/minute)
Normal	25
Niveau élevé	100

Prescriptions

Pour assurer le respect de ces obligations, les NFR énoncent des prescriptions fondamentales de protection et de sûreté.

Ces prescriptions valent pour toutes les activités donnant lieu à des radioexpositions avec toute la

rigueur des textes statutaires des organisations parairantes. Elles n'engagent aucunement les Etats à adapter leur législation en conséquence et ne visent pas davantage à se substituer aux dispositions des législations, réglementations ou normes nationales en vigueur. Leur intention est plutôt de donner des indications pratiques aux autorités et services publics, aux employeurs et aux travailleurs, aux services spécialisés de radioprotection, aux commissions de sûreté et de santé publique, en proposant des principes fondamentaux et en précisant les différents aspects dont un programme de radioprotection devrait tenir compte pour être efficace.

Elles ne sont pas non plus destinées à être appliquées telles quelles dans tous les pays et toutes les régions. Il s'agirait plutôt de les interpréter compte tenu des circonstances locales, des moyens techniques disponibles et de la taille des installations — autant de facteurs qui détermineront les possibilités d'application. Comme ces normes s'appliquent à une large gamme de pratiques et de sources, nombre de spécifications sont rédigées en termes généraux de sorte qu'elles devront éventuellement être modulées selon le type de pratique, de source ou d'intervention et selon la nature des opérations et les risques d'exposition.

Spécifications pour les pratiques. Les NFR contiennent des dispositions concernant l'administration, la radioprotection, la gestion, les problèmes techniques, et la vérification.

Administration — Notification de l'intention de mettre en œuvre une pratique; inscription ou homologation des sources; responsabilité des inscrivants; exemption et levée du contrôle (affranchissement) des sources.

Radioprotection — Justification des pratiques; limites de dose individuelle; optimisation de la protection et de la sûreté; contraintes de dose pour les sources; valeurs indicatives de l'exposition à des fins médicales (voir les encadrés et les tableaux, p. 5, 6 et 7).

Gestion — Culture de sûreté; assurance de la qualité; facteurs humains; experts spécialisés (voir l'encadré, p. 9).

Technique — Sécurité; défense en profondeur; bonne conception et réalisation techniques (voir l'encadré, p. 9).

Vérification — Evaluation de la sûreté; conformité aux normes; archives.

Spécifications pour les interventions. Les NFR ne contiennent sur ce point que des dispositions relatives à l'administration et à la radioprotection.

Administration — Responsabilités des organismes qui interviennent, et des inscrivants et des titulaires de licences; notification des situations qui exigent des mesures de protection.

Radioprotection — Justification de l'intervention et optimisation des niveaux d'intervention (voir l'encadré et les tableaux, p. 6 et 10).

Aux NFR sont annexées des prescriptions détaillées pour toutes les formes d'exposition:

Prescriptions techniques des NFR

Les NFR contiennent des prescriptions techniques dans les domaines suivants:

Sécurité des sources. Les sources doivent être conservées en lieu sûr afin qu'elles ne puissent être volées ni endommagées et pour empêcher toute personne non autorisée d'entreprendre l'une quelconque des actions spécifiées dans les obligations prévues par les NFR, et à cette fin: ● le contrôle d'une source ne peut être levé que si sont remplies toutes les conditions pertinentes spécifiées dans les documents d'inscription ou d'homologation et que si l'information concernant la perte, le vol ou la disparition de la source est immédiatement notifiée à l'organisme de réglementation et, le cas échéant, à l'organisation parrainante concernée; ● une source ne peut être transférée que si le destinataire possède une autorisation valable; ● un inventaire périodique des sources doit être fait à intervalles appropriés pour vérifier que la source est bien gardée là où elle doit être.

Défense en profondeur. Un système de sécurités successives doit être prévu, ainsi que des mesures de sûreté adaptées au risque radiologique que présente la source afin que la défaillance d'une sécurité soit compensée ou corrigée par la sécurité suivante et cela afin: ● de prévenir les

accidents qui pourraient provoquer des expositions; ● d'atténuer les conséquences d'un tel accident; ● de garantir à nouveau la sûreté de la source après l'accident.

Bonne pratique technique. Selon le cas, le site ou l'emplacement, la conception, la construction, le montage, la mise en service, l'exploitation, la maintenance et le déclassement d'une source dans le cadre d'une pratique doivent avoir un solide fondement technique, lequel doit: ● tenir compte des codes et normes agréés et de toute autre documentation pertinente; ● être appuyé par une gestion et une organisation fiables, afin que la protection et la sûreté soient assurées pendant toute la durée utile de la source; ● comporter des marges de sécurité suffisantes au niveau de la conception et de la construction de la source et aux fins des opérations auxquelles elle sert, afin d'assurer sa fiabilité en période d'exploitation normale, sans oublier la qualité, la redondance et la facilité d'accès, spécialement en vue de prévenir les accidents, d'atténuer leurs effets et de limiter les risques d'exposition dans l'avenir; ● tenir compte de l'évolution des critères techniques, ainsi que des résultats des travaux de recherche en matière de protection ou de sûreté, et des leçons de l'expérience.

Prescriptions des NFR en matière de gestion

Les NFR contiennent un certain nombre de dispositions relatives à la gestion visant la sûreté radiologique, à savoir:

Culture de sûreté. Une culture de sûreté doit être instituée et entretenue afin de maintenir l'esprit en éveil et désireux d'apprendre en ce qui concerne la protection et la sûreté et de décourager l'optimisme passif, en faisant en sorte que: ● les directives et procédures mises en œuvre donnent la priorité absolue à la protection et à la sûreté du public et des travailleurs; ● les problèmes de protection et de sûreté soient promptement détectés et résolus selon leur importance; ● les responsabilités de chacun, y compris des cadres de direction, en matière de protection et de sûreté soient bien précisées et que chaque individu soit convenablement formé et qualifié; ● la voie hiérarchique soit bien précisée en ce qui concerne les décisions relatives à la protection et à la sûreté; ● l'organisation et la communication soient de nature à assurer la circulation de l'information relative à la protection et à la sûreté dans et entre les différents services.

Assurance de la qualité (AQ). Des programmes d'assurance de la qualité devront être mis en œuvre afin, selon le cas, de: ● garantir que les prescriptions spéciales relatives à la protection et à la sûreté sont respectées; ● créer des mécanismes et des procédures de contrôle de la qualité pour vérifier et évaluer l'efficacité de l'ensemble des mesures de protection et de sûreté.

Facteurs humains. Des dispositions doivent être prises pour réduire le plus possible la part de l'erreur humaine dans les accidents et autres événements qui pourraient donner lieu à des expositions, en s'assurant que: ● tout le personnel dont dépendent la protection et la sûreté est bien formé et suffisamment qualifié pour comprendre sa mission et s'acquitter de ses tâches avec bon sens, selon les procédures spécifiées; ● de sains principes d'ergonomie sont appliqués le cas échéant à la conception des matériels et à leur exploitation afin de faciliter celle-ci dans l'intérêt de la sûreté, de minimiser le risque que des fausses manœuvres provoquent des accidents, et de réduire les possibilités d'interprétation erronée des indicateurs de conditions normales et anormales; ● il existe un matériel, des systèmes de sûreté, des instructions et autres dispositions nécessaires pour éviter autant que possible qu'une erreur humaine ne cause par inadvertance l'exposition de personnes; ● des moyens sont prévus pour détecter les erreurs humaines, pour les corriger ou les compenser; ● des mesures d'intervention sont mises en place en cas de défaillance des systèmes de sûreté ou autres dispositifs de protection.

Spécialistes. Il faut recenser les experts disponibles pour donner des conseils en ce qui concerne l'application des NFR. Les inscrivants et titulaires de licences doivent informer l'organisme de réglementation des dispositions prises pour s'assurer les services d'experts nécessaires à l'application des Normes, avec indication des attributions précises des experts désignés.

**Niveaux indicatifs
d'intervention
en cas
d'exposition
accidentelle**

Mesures de protection d'urgence		
Action	Dose évitable	
Confinement dans les habitations	10 mSv pendant deux jours au maximum	
Prophylaxie de l'iode	100 mGy (engagement de dose absorbée à la thyroïde)	
Evacuation	50 mSv pendant une semaine au maximum	
Retrait et remplacement de denrées alimentaires (Source: Commission du Codex Alimentarius — niveaux indicatifs pour les radionucléides présents dans des denrées alimentaires du commerce international à la suite d'une contamination accidentelle)		
Radionucléides	Denrées de consommation générale (kBq/kg)	Lait, aliments pour nourrissons, eau potable (kBq/kg)
Césium 134, Césium 137, Ruthénium 103, Ruthénium 106, Strontium 89	1	1
Iode 131		0,1
Strontium 90	0,1	
Américium 241, plutonium 238, Plutonium 239	0,01	0,001
Mesures à long terme		
Action	Dose évitable	
Début relogement temporaire	30 mSv en un mois	
Fin relogement temporaire	10 mSv en un mois	
Relogement permanent éventuel	1 Sv sur toute la vie	

Exposition professionnelle: Responsabilité des employeurs, des inscrivants et titulaires de licences; conditions d'emploi (régime spécial de compensation, travailleuses enceintes, emploi de remplacement, conditions applicables aux jeunes); prescriptions pour la classification des zones; règles locales et surveillance; équipements individuels de protection; coopération entre les employeurs, les inscrivants et les titulaires de licences; contrôle radiologique individuel et évaluation des expositions; contrôle radiologique des lieux de travail; surveillance sanitaire; dossiers; limitation des doses dans les circonstances particulières.

Exposition médicale: responsabilités; justification des expositions; optimisation de la protection; niveaux indicatifs; contraintes de dose; activité maximale chez les patients traités sortis de l'hôpital; enquête sur les expositions accidentelles; dossiers.

Exposition du public: responsabilités; contrôle des visiteurs; sources d'irradiation externe; contamination radioactive dans les espaces clos; déchets radioactifs; rejets de substances radioactives dans l'environnement; contrôle de la radioactivité et de l'environnement; produits de consommation.

Expositions potentielles — sûreté des sources: responsabilités; évaluation de la sûreté, prescriptions de conception; prescriptions d'exploitation; assurance de la qualité.

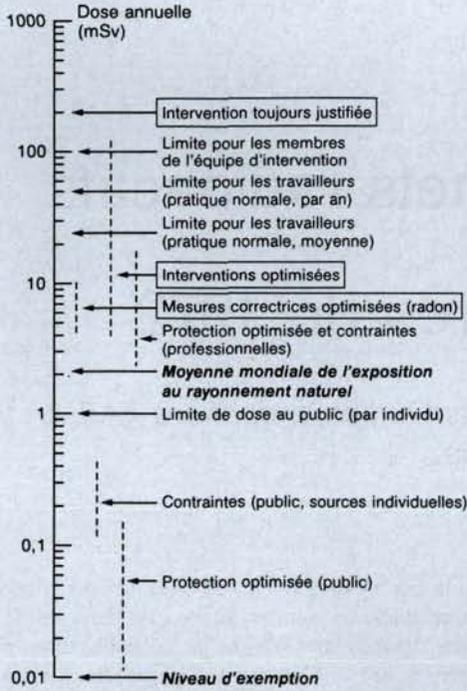
Exposition accidentelle: responsabilités; plans d'urgence; intervention en cas d'exposition accidentelle; évaluation et surveillance après les accidents; fin de l'intervention après un accident; protection des membres des équipes d'intervention.

Exposition chronique: responsabilités; mesures correctrices; niveau d'intervention en cas d'exposition chronique.

L'action internationale

Les NFR contiennent nombre de prescriptions interdépendantes visant à garantir la radioprotection et la sûreté (voir la figure). Bien que la plupart de ces prescriptions soient qualitatives, il en existe aussi de caractère quantitatif sous forme de restrictions ou d'indications concernant la dose que peuvent recevoir les individus. Les doses s'étalent largement sur quatre ordres de grandeur, depuis les doses

Spécifications quantitatives implicites et directives pour les pratiques



Les NFR comportent de nombreuses prescriptions interdépendantes qui, prises globalement, garantissent une protection et une sûreté suffisantes. Il est donc impossible de les paraphraser sans les priver de leur contenu essentiel. La figure tente néanmoins de donner une représentation graphique simplifiée de la manière dont les NFR s'appliquent aux pratiques. Dans ce schéma, on considère que les formalités administratives d'inscription ou d'homologation sont accomplies.

jugées si insignifiantes qu'elles ne méritent pas d'être retenues aux fins de la réglementation mais plutôt d'être exemptées des prescriptions, jusqu'aux doses si fortes que l'intervention devient pratiquement obligatoire (voir la figure). Les NFR marquent l'apogée de l'action menée pendant plusieurs décennies pour harmoniser la radioprotection et les normes de sûreté sur le plan international. Cet effort international sans précédent a été couronné par l'adoption des NFR par un comité technique lors d'une réunion qui s'est tenue au Siège de l'AIEA, à Vienne, en décembre 1993, à laquelle ont assisté 127 experts de 52 pays et 11 organisations.

Dans un temps proche, le Conseil des gouverneurs de l'AIEA devrait normalement approuver les nouvelles normes que l'AIEA publiera ultérieurement à titre provisoire (en anglais seulement). Lorsque ces normes auront été officiellement agréées par d'autres organisations, elles feront l'objet d'une édition définitive qui sera publiée dans la Collection Sécurité de l'AIEA en anglais, arabe, chinois, espagnol, français et russe.

Schéma de l'application des NFR aux pratiques

