

# Application des garanties aux réacteurs de recherche: pratiques actuelles et orientations futures

*Des mesures de vérification sont mises en application afin de renforcer l'efficacité et d'améliorer le rendement des garanties de l'Agence*

par Giancarlo Zuccaro-Labelarte et Robert Fagerholm

Environ 180 réacteurs de recherche et assemblages critiques sont actuellement soumis aux garanties de l'AIEA. La grande majorité des réacteurs de recherche fonctionnent à des niveaux de puissance relativement faibles (10 mégawatts thermiques ou moins), et les assemblages critiques à une puissance pratiquement nulle\*. Du point de vue des garanties, cela est très important car la puissance d'un réacteur détermine sa capacité de produire du plutonium. Avec l'uranium fortement enrichi et l'uranium 233, le plutonium est considéré comme une matière d'«emploi direct» qui peut être détournée vers la production d'armes nucléaires.

Le présent article traite de l'application des garanties de l'AIEA aux réacteurs de recherche, et notamment de certains aspects des scénarios de détournement et de production clandestine ainsi que des principales activités de vérification. Il passe aussi en revue les nouvelles mesures que l'on met actuellement en application dans le domaine des garanties afin de donner des assurances quant à l'absence de matières et d'activités nucléaires non déclarées.

## Les garanties appliquées aux réacteurs de recherche

Il existe plusieurs types de réacteurs de recherche en service. Un type très courant est le réacteur piscine qui fonctionne généralement à des niveaux de puissance de l'ordre de 10 mégawatts thermiques ou moins. Les éléments combustibles sont constitués habituellement d'uranium fortement enrichi (20 % ou plus d'uranium 235) ou d'uranium faiblement enrichi (moins de 20 % d'uranium 235) contenus dans

des plaques, des crayons ou des tubes en alliage d'aluminium. Le cœur du réacteur est immergé dans de l'eau qui sert à la fois de fluide de refroidissement et de modérateur des neutrons. Les assemblages combustibles sont d'ordinaire visibles et accessibles aux fins des mesures à effectuer dans le cadre des garanties.

D'autres types de réacteurs de recherche fonctionnent à des niveaux de puissance plus élevés (supérieurs à 10 mégawatts thermiques). Ils ont besoin de systèmes plus puissants d'évacuation de la chaleur et sont donc généralement enfermés dans des cuves et équipés de pompes de refroidissement et d'échangeurs de chaleur. Les éléments combustibles du cœur ne sont habituellement pas visibles ni accessibles aux fins des mesures à effectuer dans le cadre des garanties.

Les réacteurs de recherche sont souvent utilisés pour des études scientifiques et diverses applications. Les neutrons qu'ils produisent offrent un outil puissant pour l'étude de la matière aux niveaux nucléaire, atomique et moléculaire. Ils servent de sonde aux spécialistes de la physique nucléaire et de la physique des solides, aux chimistes et aux biologistes. Les expériences peuvent être faites en dehors du bouclier biologique grâce aux sorties de faisceaux. En outre, des spécimens placés dans le cœur du réacteur ou à proximité sont irradiés par les neutrons, et les isotopes radioactifs sont destinés à la médecine ou à la recherche.

\*Un assemblage critique est un outil de recherche consistant en une configuration de matières nucléaires qui, grâce à des systèmes de commande appropriés, peut entretenir une réaction en chaîne. Contrairement à un réacteur de recherche ou de puissance, il n'est pas doté habituellement d'un système de refroidissement, n'est pas protégé pour fonctionner à forte puissance, possède un cœur conçu pour être configuré avec une grande souplesse et utilise un combustible aisément accessible dont la position est fréquemment modifiée pour permettre l'étude de différents modèles de réacteurs.

M. Zuccaro-Labelarte est chef de la Section des procédures à la Division des opérations C et M. Fagerholm est analyste des garanties à la Division Concepts et planification du Département des garanties de l'Agence.

**Scénarios de détournement.** En vertu des accords de garanties généralisées, l'AIEA a le droit et l'obligation de vérifier qu'aucune matière nucléaire n'est détournée de son utilisation pacifique vers des armes nucléaires ou d'autres dispositifs explosifs nucléaires. Les Etats concluent de tels accords avec l'Agence conformément aux obligations que leur impose le Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP).

Dans le cas des réacteurs de recherche, on envisage les scénarios de détournement ci-après:

**Détournement de combustible neuf ou légèrement irradié en vue de l'extraction clandestine de matières fissiles par voie chimique.** Ce scénario, pour lequel un matériel de génie chimique courant suffit, retient spécialement l'attention dans les installations où le combustible neuf contient de l'uranium fortement enrichi ou du plutonium, qui n'auraient pas besoin d'une transmutation ou d'un enrichissement ultérieurs pour pouvoir servir dans un dispositif explosif nucléaire. Une vingtaine de réacteurs de recherche soumis aux garanties de l'AIEA utilisent ces matières fissiles d'emploi direct en quantités supérieures à une quantité significative (QS). Aux fins des garanties, une QS correspond à 8 kilos de plutonium ou d'uranium 233 et à 25 kilos d'uranium 235 contenu dans de l'uranium fortement enrichi.

Les efforts déployés à l'échelon international — par exemple, dans le cadre du Programme américain sur la réduction de l'enrichissement pour les réacteurs de recherche et d'essai — ont visé à mettre au point la technologie nécessaire pour remplacer l'uranium fortement enrichi par de l'uranium faiblement enrichi dans les réacteurs de recherche et d'essai sans réduire sensiblement leurs performances pour ce qui est des expériences, des coûts ou de la sûreté.

**Détournement de combustible usé ou fortement irradié en vue de l'extraction clandestine de matières fissiles par voie chimique dans une installation de retraitement.** Ce scénario fait appel à une technologie plus complexe et demande plus de temps que le précédent en raison du niveau de radioactivité élevé du combustible utilisé. Il nécessite une attention particulière dans une quinzaine de réacteurs de recherche soumis aux garanties de l'AIEA en raison des grandes quantités de combustible irradié accumulées et il revêt de l'importance dans une dizaine d'autres.

**Scénarios de production clandestine.** Il est possible de produire clandestinement du plutonium ou de l'uranium 233 par irradiation de matières fertiles non déclarées. En raison du développement des techniques faisant appel aux neutrons, il a fallu disposer de flux de neutrons plus intenses afin de pouvoir réaliser plus rapidement des expériences complexes qui exigeaient beaucoup de temps. On a donc construit de grands réacteurs de recherche pour obtenir de tels flux. Dans ces réacteurs, il serait techniquement possible de produire de grandes

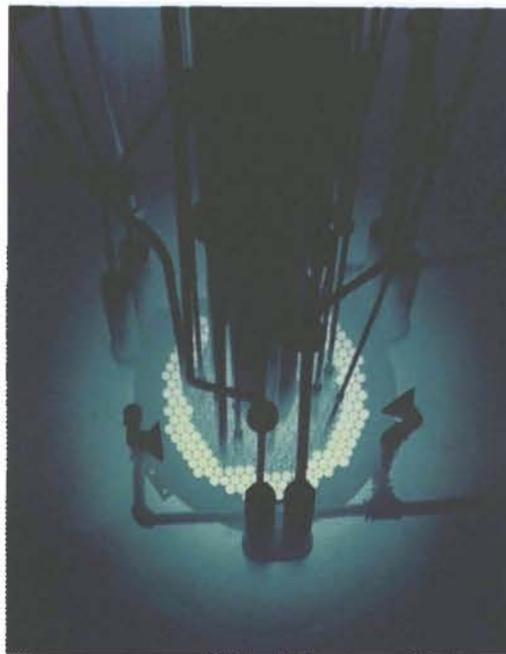
quantités de plutonium ou d'uranium 233 par irradiation de matières fertiles non déclarées. On pourrait y parvenir, par exemple, en plaçant les matières cibles dans le cœur ou à proximité pour les irradier, ou en remplaçant des éléments du réflecteur par des matières fertiles. Toutefois, des études ont montré qu'il n'est pas possible de produire une QS de plutonium en un an dans un réacteur de recherche qui fonctionne à une puissance inférieure à 25 mégawatts thermiques. La capacité de production effective dépend de la conception du réacteur et de ses paramètres de fonctionnement.

Le système de garanties actuel de l'AIEA prévoit que tous les réacteurs de recherche fonctionnant à des niveaux de puissance supérieurs à 25 mégawatts thermiques sont évalués sous l'angle de leur capacité de produire au moins une QS de plutonium (ou d'uranium 233) par an.

Il existe aujourd'hui une trentaine de réacteurs de recherche d'une puissance égale ou supérieure à 10 mégawatts thermiques qui sont soumis aux garanties de l'Agence. Une dizaine d'entre eux fonctionnent à des niveaux de puissance supérieurs à 25 mégawatts thermiques et font l'objet de mesures de garanties additionnelles quant aux scénarios de production clandestine.

#### Eléments des garanties «classiques» de l'AIEA

Les activités d'inspection de l'AIEA dans les réacteurs de recherche consistent principalement en une vérification annuelle du stock physique; en inspections destinées à permettre de déceler rapidement un éventuel détournement de combustible neuf (non irradié), de combustible du cœur



Réacteur de recherche utilisé au Japon pour tester le comportement du combustible dans le cadre d'études sur la sûreté.  
(Photo: JAERI)



Réacteur de recherche  
de Bataan en Indonésie.  
(Photo: Meyer/AIEA)

ou de combustible irradié; en examens de relevés et de rapports; en une vérification de types déterminés de transferts de combustible; et en activités de vérification visant à confirmer l'absence d'irradiation clandestine de matières fertiles.

Lors de la vérification du stock physique, on vérifie le combustible neuf et le combustible irradié en recourant à des méthodes d'analyse non destructive (AND) pour confirmer qu'il est rendu compte de tout le combustible déclaré. Pour le combustible du cœur, on recourt à l'AND ou à un contrôle de la criticité corroboré par d'autres données relatives au réacteur\*. Des inspections intérimaires sont effectuées dans les réacteurs de recherche à des intervalles fixés par les exigences relatives au facteur temps pour des stocks déterminés de différents types de matières\*\*. Si une installation contient plus de une QS, les vérifications du combustible du cœur et du combustible irradié sont effectuées quatre fois par année civile à des intervalles de trois mois, tandis que le combustible neuf contenant de l'uranium fortement enrichi et du plutonium est vérifié 12 fois par année civile à des intervalles de un mois. Les vérifications du combustible neuf contenant moins de une QS d'uranium fortement enrichi ou de plutonium ont lieu quatre fois par année civile, à des intervalles de trois mois s'il existe dans l'installation plus de une QS d'uranium fortement enrichi ou de plutonium (neuf et irradié).

Les transferts de combustible et de matières expérimentales contenant de l'uranium fortement enrichi, du plutonium ou de l'uranium 233 à destination ou en provenance d'une installation sont vérifiés dans l'installation expéditrice ou l'installation destinataire si les expéditions sont

scellées par l'Agence, ou dans les deux si elles ne le sont pas.

Pour s'assurer qu'il n'y a pas eu dans les réacteurs de recherche de forte puissance (plus de 25 mégawatts thermiques) de production non comptabilisée de une QS de plutonium ou d'uranium 233, on a recours à l'une des procédures suivantes:

- analyse de la conception et de l'exploitation de l'installation;
- confinement et surveillance (C/S), entre autres mesures (comme la surveillance de la puissance), qui confirment que le réacteur est arrêté ou n'a pas fonctionné pendant une période suffisante;
- l'une des activités suivantes: mesures C/S pour confirmer qu'il n'y a pas eu introduction non comptabilisée de matières fertiles ni retrait de ces dernières après irradiation; ou évaluation de la consommation de combustible neuf et des données de l'exploitant concernant le taux de combustion du combustible irradié pour confirmer qu'elles correspondent aux renseignements relatifs à la conception et aux opérations du réacteur.

Les renseignements sur la conception d'un réacteur de recherche qui sont importants aux fins des garanties sont fournis à l'Agence par l'Etat. Ils sont examinés et vérifiés conformément aux procédures établies de l'Agence et réexaminés au moins une fois par an. Si des modifications sont apportées à ces renseignements descriptifs, elles sont vérifiées en vue de définir les bases d'un ajustement des procédures des garanties, et les ajustements voulus sont ensuite appliqués.

### Éléments des garanties renforcées dans les réacteurs de recherche

En juin 1995, le Conseil des gouverneurs de l'AIEA a approuvé les grandes lignes d'un système de garanties renforcé et rentable, au titre de la partie 1 du «Programme 93+2». Les mesures prévues dans cette partie sont celles qui peuvent être appliquées en vertu des pouvoirs juridiques que les accords de garanties généralisées confèrent déjà à l'Agence.

Certaines mesures visant à renforcer l'efficacité et à améliorer le rendement des garanties sont de caractère général. C'est le cas de celles qui concernent la communication rapide des renseignements descriptifs et la fourniture d'informations sur le cycle du combustible nucléaire de l'Etat.

D'autres ont trait à des installations déterminées. Il s'agit notamment de la description et de la situation des activités de recherche-développement, en particulier de celles qui se rapportent à l'enrichissement et au retraitement de l'uranium; du prélèvement d'échantillons de l'environnement aux points stratégiques choisis pour les inspections régulières; d'inspections régulières inopinées ayant pour objet de confirmer les activités nucléaires déclarées et l'absence d'activités nucléaires non déclarées; et, enfin, de la surveillance automatique et de la télé-

\*La vérification de la criticité est une activité d'inspection qui apporte la preuve qu'un réacteur nucléaire a divergé et qu'une réaction nucléaire en chaîne contrôlée est entretenue, c'est-à-dire que le cœur contient au moins des quantités minimales critiques de matières nucléaires.

\*\*Le facteur temps aux fins des garanties est lié au temps nécessaire pour convertir les matières nucléaires en uranium fortement enrichi ou en plutonium métal.

transmission de renseignements concernant les garanties.

Les progrès continus de la technologie offrent la possibilité d'effectuer de nouvelles mesures et de recourir à de nouveaux systèmes de surveillance en faisant appel à des équipements télécommandés et à la télétransmission des données concernant les garanties. Les incidences de ces mesures pour les exploitants et les Etats dépendront dans une large mesure du type d'installations nucléaires et des Etats ou zones où ces installations sont situées.

Pour la mise en application des mesures proposées, une coopération accrue avec les Etats et les systèmes nationaux de comptabilité et de contrôle des matières nucléaires (SNCC) est indispensable afin de permettre à l'AIEA de planifier et de mener plus efficacement les activités d'inspection. Les SNCC et l'AIEA peuvent exécuter conjointement des inspections ou certaines activités de soutien pour économiser les ressources et utiliser au mieux le système actuel. Une mise en œuvre concertée et efficace des nouvelles mesures permettra de réduire les efforts déployés pour appliquer les garanties aux matières nucléaires déclarées tout en étant mieux à même de détecter les activités et matières qui ne seraient pas déclarées.

Comme on l'a vu plus haut, la fréquence des inspections dans les réacteurs de recherche varie de une à 12 par an, selon le type et la quantité de matières nucléaires présentes dans l'installation. Les activités actuelles d'inspection sont planifiées de manière à donner l'assurance que les matières nucléaires déclarées restent soumises aux garanties, mais il est plus difficile, dans le système actuel, d'obtenir l'assurance que le réacteur n'a pas été utilisé dans le cadre d'opérations non déclarées pour produire du plutonium ou de l'uranium 233 non déclaré, en particulier si la quantité de matières fissiles non déclarées qui ont été produites est très

inférieure à une QS (par exemple, 2 kilos de plutonium par an ou moins encore).

Dans le cas des installations qui sont aujourd'hui inspectées 12 fois par an, des mesures peuvent être prises lors de ces inspections fréquentes pour s'assurer que des opérations non déclarées n'y ont pas eu lieu. Dans d'autres établissements de recherche où les quantités de matières nucléaires déclarées sont inférieures à une QS, les inspections sont normalement effectuées au rythme de une par an ou, pour certains réacteurs de recherche plus importants, de deux par an. En pareil cas, les nouvelles mesures peuvent contribuer beaucoup à améliorer la capacité de l'Agence à donner l'assurance que l'on ne mène pas d'activités non déclarées.

Les mesures mises en application actuellement en vertu des pouvoirs juridiques existants de l'AIEA comprennent ce qui suit:

#### *Prélèvement d'échantillons de l'environnement.*

L'irradiation de cibles et leur dissolution ultérieure dans une cellule chaude pour extraire, par exemple, du plutonium peuvent échapper à toute détection par les mesures de garanties classiques, spécialement si les quantités produites sont très inférieures à une QS. Lorsque les inspections sont annoncées et que leur fréquence est limitée à une inspection par an, il pourrait être possible de dissimuler l'activité non déclarée et de l'interrompre avant l'inspection de l'AIEA. Toutefois, dans tout procédé chimique utilisé pour séparer des matières fissiles, de petites quantités de matières migreraient vers les zones entourant celle où ces matières sont traitées. En dépit des précautions prises pour empêcher les pertes, des traces de cette activité pourraient subsister et être détectées par les méthodes d'analyse perfectionnées et extrêmement sensibles utilisées pour les frottis environnementaux.

Les incidences de ces techniques d'analyse sur l'exploitation de l'installation sont faibles, étant

### Moyen de détection

	Matières nucléaires déclarées		Matières/activités nucléaires non déclarées	
	Détermination de la quantité	Facteur temps	Détermination de la quantité	Exploitation/ Production
Mesures de garanties actuelles	Oui	Oui	Non	Oui*
Prélèvement d'échantillons de l'environnement	Non	Non	Non	Oui**
Inspections inopinées	Oui	Oui	Non	Oui
Télésurveillance:				
vidéosurveillance	Non	Non	Non	Oui
transmission de données comptables	Oui***	Oui***	Non	Non
AND, détecteurs de rayonnements	Oui***	Oui***	Non	Oui

\* Le système de garanties actuel repose sur la détection des opérations non déclarées pour produire une QS par an (ou davantage) de plutonium ou d'uranium 233 non déclaré.

\*\* Le prélèvement d'échantillons de l'environnement reste efficace même si la production est très inférieure à une QS par an.

\*\*\*En liaison avec les arrangements concernant les inspections inopinées.

**Aperçu des mesures et des moyens de détection dans les réacteurs de recherche**

donné que les échantillons consistent en frottis prélevés à l'intérieur ou à l'extérieur des cellules chaudes lors des inspections régulières et exigent peu de préparatifs de la part de l'exploitant.

**Inspections inopinées.** L'Etat et l'exploitant ne sont informés qu'au moment où l'inspecteur de l'AIEA se présente à l'entrée du site. La coopération de l'Etat est nécessaire puisque ces inspections supposent qu'il accorde aux inspecteurs des visas pour entrées multiples ou les laisse entrer sans visa. L'exploitant doit prendre des dispositions pour que l'inspecteur puisse avoir accès à l'installation à bref délai. Il doit être prêt à tout moment à accueillir une inspection inopinée. L'avantage est que l'assurance donnée quant à l'absence d'activités non déclarées dans l'installation au moment de l'inspection implique qu'il en a probablement été ainsi pendant toute la période qui s'est écoulée depuis la dernière inspection sur le site.

**Télésurveillance.** Les systèmes de ce type comprennent ce qui suit:

**Vidéosurveillance.** Le recours à des caméras commandées à distance permettrait de surveiller continuellement les opérations qui se déroulent dans l'installation et réduirait la possibilité que des activités non déclarées passent inaperçues. Cette technique dérange peu l'exploitant, puisqu'elle exige seulement que la zone sous surveillance soit suffisamment éclairée en permanence.

**Données fournies par les mesures et par la comptabilité.** La télétransmission des données d'inspection donnerait une assurance supplémentaire quant à l'absence d'activités non déclarées, notamment en liaison avec les inspections inopinées. La mesure dans laquelle les équipements

nécessaires peuvent être utilisés dans une installation dépend des conditions et des pratiques de cette dernière et exige la coopération de l'Etat, du SNCC ainsi que de l'exploitant, qui devra faire fonctionner les équipements fournissant les données dont l'AIEA se servira.

La télésurveillance rendra la présence physique des inspecteurs moins nécessaire et réduira aussi les perturbations dans le fonctionnement de l'installation. (*Le tableau de la page précédente donne un aperçu général des moyens de vérification que les nouvelles mesures de garanties offrent pour les réacteurs de recherche.*)

### Coopération future

L'AIEA et ses Etats Membres ont pris, ces dernières années, des dispositions pour renforcer l'efficacité et améliorer le rendement du système des garanties. L'objectif est de donner l'assurance que les matières nucléaires déclarées d'un Etat sont utilisées à des fins pacifiques et qu'on n'a pas connaissance d'activités et de matières nucléaires non déclarées.

Le système de garanties «classique» fondé sur le contrôle comptable des matières nucléaires s'est révélé fiable pour ce qui est de donner l'assurance que les matières et les installations déclarées sont utilisées à des fins pacifiques. Toutefois, il doit être renforcé en ce qui concerne les assurances quant à l'absence de matières et d'activités nucléaires non déclarées.

Certaines des nouvelles mesures de garanties approuvées visent à renforcer le système et on a déjà commencé à les appliquer. Elles améliorent considérablement la capacité à détecter le détournement de matières nucléaires déclarées et la production de matières nucléaires non déclarées. Toutefois, elles ne permettent pas de déterminer la quantité de matières nucléaires non déclarées produites grâce à des activités non déclarées. Pour atteindre ces objectifs de la vérification, une coopération accrue et de nouvelles mesures de garanties seront nécessaires.

Le Conseil des gouverneurs de l'Agence étudie de nouvelles dispositions visant à renforcer l'efficacité et à améliorer le rendement des garanties. Les possibilités d'application de ces mesures dépendront de l'issue de ses travaux.

Les Etats Membres de l'AIEA ont approuvé certaines des nouvelles mesures de garanties et en examinent d'autres.  
(Photo: Pavlicek/AIEA)

