

L'évolution technologique et l'instrumentation utilisée aux fins des garanties: Répondre aux nouveaux besoins

Le progrès technique au service des garanties

?

Au seuil de la dernière décennie du siècle, les moyens techniques qui étaient encore à l'étude il n'y a pas si longtemps sont en train de changer la vie des inspecteurs chargés de vérifier les matières nucléaires dans nombre d'installations du monde entier.

Maints instruments nouveaux — depuis les derniers modèles de systèmes vidéo de surveillance aux détecteurs et analyseurs miniaturisés — sont déjà à pied d'œuvre. Certains d'entre eux ont été conçus spécialement aux fins des garanties ou pour fonctionner dans des endroits où les inspecteurs ne peuvent pas pénétrer, comme c'est le cas des bassins de stockage par immersion du combustible épuisé.

Divers facteurs ont contribué à la réalisation de ces nouveaux instruments:

- *Progrès technologiques dans divers domaines de l'informatique, tels que les microprocesseurs et l'électronique et dans certains domaines de l'instrumentation.* Grâce à un ensemble de programmes internationaux d'appui auxquels participent plus de dix pays ainsi qu'Euratom, la compétence de certains des laboratoires d'instrumentation parmi les plus importants du monde sert l'Agence dans ses activités relatives aux garanties. Dans certains cas, l'évolution rapide de ces technologies a imposé des changements qui ont déclassé certains matériels ou rendu difficile l'acquisition de pièces de rechange.

- *Evolution technologique de l'industrie nucléaire.* Mentionnons les techniques nouvelles de fabrication des assemblages combustibles pour réacteurs ainsi que le développement de l'automatisation et de la télémanipulation dans les installations du

cycle du combustible nucléaire, notamment dans les usines de retraitement du combustible épuisé et dans les usines de fabrication des éléments combustibles. Il en résulte que les matières nucléaires deviennent moins accessibles et qu'il faut disposer de nouvelles procédures et de nouvelles techniques pour vérifier les stocks.

- *Amélioration des rendements et réduction des coûts de mise en œuvre des garanties.* La situation financière de l'AIEA a stimulé la mise au point de mesures et de techniques plus rentables pour l'application des garanties, notamment en ce qui concerne certains types particuliers d'installations nucléaires.

Considérées avec un certain recul, les innovations technologiques ont sensiblement amélioré l'efficacité de l'instrumentation nécessaire mais ont créé parallèlement de nouveaux besoins au niveau du service des nouveaux matériels et de la formation de leurs utilisateurs.

Actuellement, il existe des instruments pour répondre pratiquement à tous les besoins, tout au moins en principe. Dans quelques cas, il s'agit d'instruments de pointe qu'il faut même, la plupart du temps, simplifier dans une certaine mesure pour améliorer leur fiabilité dans les conditions industrielles d'utilisation.

En revanche, il arrive que l'instrument parfait dont on a besoin n'existe pas sur le marché.

Tel est bien le cas le plus souvent, car l'application des garanties exige un matériel répondant à de très rigoureuses spécifications, de sorte que la plupart du matériel dont l'Agence a besoin dans ce domaine doit être fabriqué spécialement pour elle, ce qui garantit, en général, que l'objectif technique est atteint. Ce qui n'est pas certain, c'est que les conditions prévues pour l'utilisation de l'instrument soient idéales ou que l'infrastructure d'appui existante soit immédiatement adaptable.

A ce niveau, le progrès technologique soulève un sérieux problème dont l'AIEA s'occupe actuelle-

par K. Naito
et
D.E. Rundquist

M. Naito est directeur de la Division des études et de l'appui technique, Département des garanties de l'AIEA, et M. Rundquist est chef de la Section de l'instrumentation.

ment: comment intégrer au mieux un matériel de haute technologie dans le dispositif limité dont l'Agence dispose pour appliquer les garanties.

Nous allons donner un bref aperçu de l'évolution du matériel des garanties dans le contexte du progrès technologique actuel et nous présenterons l'essentiel des caractéristiques techniques d'un certain nombre d'instruments représentatifs du matériel utilisé.

Système de surveillance optique à caméras multiples.



Réalisation de l'instrumentation et du matériel

Pour mettre en œuvre les garanties dans une installation, il faut une méthode et les moyens de l'appliquer.

Les modalités varient selon le type d'installation, mais elles comportent toutes, essentiellement, une combinaison de comptabilités matières et de confinement/surveillance. La comptabilité consiste principalement à faire le relevé des stocks de matières nucléaires dans les divers services d'une installation. Pour cela, il faut généralement mesurer des quantités, des taux d'enrichissement, et dénombrer des articles déterminés. Le confinement consiste à empêcher de déplacer des matières nucléaires ou d'y accéder, condition qui résulte soit spontanément de la nature des opérations, soit de mesures de contrôle, telle la pose de scellés de l'AIEA sur des quantités de matières nucléaires précédemment mesurées. La surveillance s'entend de l'observation du mouvement des matières nucléaires, soit directement par l'homme à l'aide de la télévision en circuit fermé, soit indirectement par l'intermédiaire de la photographie.

Les moyens, ce sont l'appui financier, les inspecteurs et le matériel. Pour qu'une méthode de contrôle donne de bons résultats, il faut que les inspecteurs sachent parfaitement utiliser le matériel nécessaire et interpréter les données qu'ils en obtiennent.

Le matériel utilisé par l'AIEA pour appliquer les garanties se divise généralement en deux grandes catégories:

- Un matériel fixe assez volumineux mis en place dans l'installation pour assurer la surveillance/détection ou obtenir des mesures précises par analyse non destructive.
- Des instruments miniaturisés et portatifs dont les inspecteurs se munissent quand ils visitent une installation pour faire des mesures d'identification (indicatives plutôt que quantitatives) ou des opérations simples de confinement et de surveillance.

Cette distinction est un peu arbitraire, mais elle est utile pour donner une idée dont l'instrumentation est utilisée.

Les instruments les plus courants de la première catégorie sont les compteurs de neutrons à coïncidence pour la mesure quantitative du plutonium non irradié sous diverses formes chimiques. Ces instruments peuvent être fixes ou non dans l'installation. Dans de bonnes conditions (matières bien caractérisées et étalons représentatifs), ce genre de compteur peut être juste à 1% près. Le moniteur de déchargement du cœur dont nous parlerons plus tard appartient aussi à cette catégorie.

A la seconde catégorie appartiennent des instruments comme l'analyseur multicanal portatif et le détecteur Tchénkov pour l'observation du combustible irradié.

La réalisation de ces deux catégories d'appareils ne diffère sensiblement que dans les détails.

L'utilisateur expose ses desiderata, à partir desquels sont établies les spécifications fonctionnelles qui déterminent à leur tour la conception technique de l'instrument.

La définition de ces spécifications fonctionnelles est le point crucial de tout programme de réalisation d'une instrumentation. Dans ce programme interviennent les spécifications techniques de l'appareil, l'évaluation de la sûreté, l'acceptation et les essais en réel, la documentation, la maintenance et la formation des utilisateurs. Un instrument doit être conforme à un minimum de critères avant d'être homologué pour une inspection.

A ce jour, 65 instruments ou systèmes ont été approuvés pour les inspections; 24 autres sont à l'essai pour évaluation. Jusqu'à un certain point, la variété des instruments rend compte de la multitude des opérations que les inspecteurs de l'Agence doivent exécuter dans l'accomplissement de leurs fonctions. D'un autre côté, cela implique toute une organisation car il faut prévoir des services de soutien fiables et rentables en matière de documentation, de formation, de maintenance, d'inventaire et d'expédition.

Bref aperçu de l'instrumentation

Plusieurs nouveaux instruments ont été récemment homologués ou sont en phase finale de réalisation:

Moniteur de déchargement du cœur. L'appareil est placé à l'intérieur du confinement (inaccessible) d'un réacteur de puissance à rechargement en marche, et surveille automatiquement, en continu, le combustible présent dans le cœur. Il a été réalisé dans le cadre des programmes d'appui exécutés avec le Canada et les Etats-Unis pour les batteries de réacteur CANDU (ou autres réacteurs rechargés en marche).

Le signal émis par ce moniteur lorsque du combustible est extrait du réacteur est enregistré, avec indication temporelle. Le relevé de l'enregistrement permet à l'inspecteur d'établir qu'un nombre déterminé de faisceaux de combustible irradié ont été déchargés.

Le système est conçu de manière à ne jamais tomber en panne. Une redondance suffisante est incorporée de sorte que l'appareil peut continuer de fonctionner même en cas de défaillance de l'un quelconque de ses composants. Il est conçu pour durer autant que le réacteur étant donné que l'endroit où il est placé le rend inaccessible pour la maintenance et la réparation. Il comporte en outre un dispositif automatique qui surveille la performance et signale les défaillances.

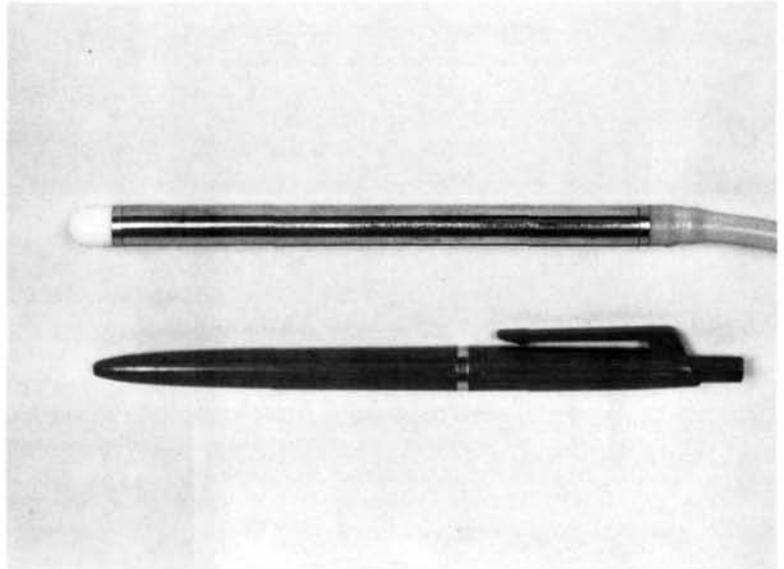
Ce moniteur fonctionne sans problème depuis sa mise en service. A noter qu'il a même permis de détecter le déchargement de faisceaux de combus-

tible irradié d'un réacteur qui était à l'arrêt depuis longtemps.

Sondes miniaturisées pour détecteur gamma (CdTe). La vérification de matières nucléaires par analyse destructive ou non est une opération essentielle pour assurer l'application de garanties internationales efficaces. Dans la plupart des cas, elle consiste à mesurer l'émission de neutrons et de rayons gamma.

Les détecteurs au tellurure de cadmium (CdTe) se sont avérés très utiles pour effectuer des vérifications

Sonde CdTe miniaturisée pour la détection des rayons gamma.



par mesure des rayons gamma, notamment lorsque les matières sont d'un accès difficile ou que le matériel portatif doit être extrêmement maniable. Avec l'aide du programme d'appui de la Fédération de Russie, une sonde CdTe miniaturisée a été mise au point et se prête à de nouvelles applications pratiques. Elle est associée à une puce hybride qui constitue le premier étage d'un préamplificateur sensible à la charge. La cellule de détection est logée dans une sonde miniaturisée de 8,2 mm seulement de diamètre, et longue de 100 mm, qui peut être utilisée jusqu'à 2 m de distance de son analyseur multicanal portatif.

La miniaturisation a rendu possible l'exécution de plusieurs mesures, depuis la vérification de combustible épuisé immergé au contrôle interne d'assemblages combustibles neufs (la sonde étant alors insérée dans le canal de refroidissement).

Identificateur de combustible épuisé. Les stocks de combustible épuisé immergés sont la source la plus importante de matières directement utilisables soumises aux garanties. Normalement, on les vérifie en observant l'effet Tchérénekov.

Or, on constate de plus en plus souvent que le rayonnement de Tchérénekov est trop faible pour servir aux fins des garanties. Les méthodes actuelles

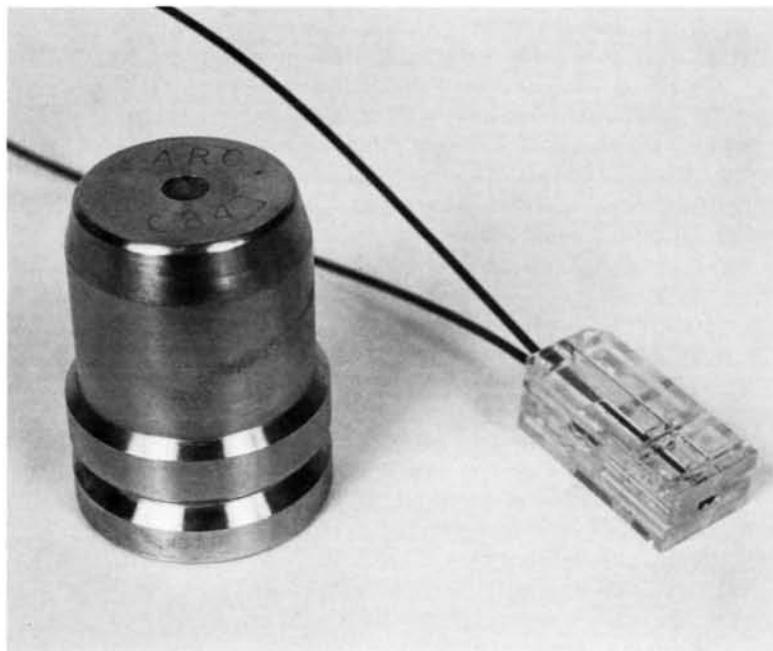
d'analyse non destructive (en l'occurrence le détecteur d'ions à fourche) consistent à soulever les assemblages combustibles pour les vérifier.

La technique nouvelle, moins intrusive, qui vient d'être mise au point permet de détecter plus sûrement la caractéristique recherchée du combustible irradié (rayonnement gamma des produits de fission) même si le rayonnement est relativement faible, ce qui est le cas lorsque le combustible a séjourné pendant longtemps dans un bassin de désactivation, par exemple. Le principe de cet instrument est simple: détection des rayons gamma à l'aide d'un spectromètre à collimateur. Ces identificateurs, adaptés à des installations déterminées, sont maintenant couramment utilisés, après une période d'essai concluante dans des conditions réelles. Ce genre d'appareil a pu être réalisé grâce à des contrats de recherche et à des programmes d'appui, notamment ceux conclus avec l'Allemagne, la Suède et la Finlande.

Ensemble de spectroscopie gamma à taux de comptage élevé. La détermination de la teneur isotopique d'échantillons de plutonium par spectrométrie gamma à haute résolution est une technique couramment appliquée dans les installations. Jusqu'à récemment, cette opération était sensiblement plus longue que le comptage à coïncidence de l'émission neutronique du plutonium total contenu dans l'échantillon.

Grâce au programme d'appui italien, un nouveau système intégré a été mis au point pour obtenir la teneur isotopique du plutonium en bien moins de temps. La mesure des rapports isotopiques est de trois à cinq fois plus rapide que les inspecteurs en mission ne pouvaient le faire jusqu'à présent. L'appareil se compose essentiellement d'un processeur d'impulsions récemment mis au point, associé à

Scellés COBRA et ARC
vérifiables *in situ*.



des détecteurs au germanium de grande pureté répondant à des spécifications très précises. Il est conçu pour des mesures sur place dans des conditions industrielles et a récemment été agréé pour les inspections.

Système de surveillance optique à plusieurs caméras. La surveillance optique est, elle aussi, une opération indispensable à l'application de garanties internationales. Elle sert de complément à la comptabilité matières et renseigne en continu sur l'emplacement et l'intégrité des matières nucléaires. L'Agence pratique cette surveillance depuis de nombreuses années; elle a commencé par utiliser la photographie pour passer ensuite à la télévision en circuit fermé.

Le dernier système en date, et le plus perfectionné, peut comporter jusqu'à 16 caméras; il a été réalisé grâce au programme d'appui allemand. Les principaux composants sont les caméras, les organes de transmission et de réception (pour chacun des circuits), une mémoire transistorisée pour l'enregistrement intermédiaire des images, la commande de réseau et le magnétoscope. Chaque circuit peut être désynchronisé et réglé pour différents intervalles de temps entre 0,5 et 99 minutes. Il peut aussi être déclenché par des signaux extérieurs provenant de détecteurs infrarouges ou de détecteurs vidéo de mouvement, par exemple. La transmission en multiplex du signal vidéo est assurée par une commande informatisée indépendante pour chaque circuit. Le système peut aussi enregistrer les événements intervenant au cours de la période d'inspection, le nombre de vues enregistrées et le nombre de fraudes qui se sont produites. Le système a été agréé pour les inspections régulières.

Poste de visionnage. Du fait de l'accroissement de la capacité des systèmes de surveillance par la télévision en circuit fermé, le dépouillement des données obtenues devient un réel pensum pour les inspecteurs. L'expérience montre qu'environ 5%, tout au plus, des données enregistrées présente de l'intérêt pour les garanties (indique qu'il y a peut-être eu mouvement de matières nucléaires).

Indépendamment de cette tâche, les inspecteurs doivent avoir l'assurance que le système a bien fonctionné quand il était censé le faire (qu'aucune prise de vues n'a été omise) et que toute fraude éventuelle est effectivement signalée. Avec 30 000 vues enregistrées par bande, cela implique un gros effort.

Pour alléger la tâche des inspecteurs, l'idée est venue de recourir à un dispositif spécial pour visionner les bandes vidéo de surveillance enregistrées par les différents systèmes de télévision en circuit fermé, y compris le système à caméras multiples, et d'autres encore. Le système a été conçu comme un atout pour simplifier la formation des inspecteurs, la maintenance et autres opérations d'appui. Les deux projets qui ont été préparés répondent techniquement aux besoins.

Sur le plan opérationnel, le poste de visionnage réduira des trois quarts le temps que les inspecteurs passent au dépouillement des bandes vidéo. Son rôle

principal consistera à signaler les fraudes et à identifier automatiquement les vues importantes pour les garanties, ainsi que les vues manquantes. Les premiers prototypes seront au point pour l'été 1992.

Scellés vérifiables in situ (COBRA, ARC). La mise au point de deux systèmes de scellés vérifiables *in situ* sera bientôt terminée. Le système COBRA a été conçu dans le cadre du programme d'appui des Etats-Unis. Après de nombreux essais, il vient d'être agréé aux fins des inspections, accompagné d'un contrôle photographique. Un vérificateur automatique, indispensable pour une application généralisée, est en cours de réalisation dans le cadre du programme d'appui japonais. La vérification se fait par comparaison avec la distribution aléatoire des points correspondant aux fibres sectionnées d'un câble optique.

Le scellé ARC mis au point par le programme d'appui canadien est conçu pour être apposé sous l'eau; il est couramment utilisé depuis plusieurs années. Un nouveau système de vérification ultrasonique est à l'étude dans le cadre d'un programme commun auquel participent le Canada, Euratom et les Etats-Unis. (Ce système pourra également servir à vérifier le scellé VAK-III conçu par Euratom, qui est aussi un scellé ultrasonique immergé.)

La même équipe étudie également une base de données qui permettra de traiter automatiquement l'information relative aux scellés. L'intention est de remplacer le système manuel actuel qui doit traiter chaque année les relevés de quelque 20 000 scellés.

Orientations futures

De plusieurs façons, les progrès technologiques continuent de jouer un grand rôle dans le développement du système de garanties de l'AIEA. Actuellement, les inspecteurs de l'Agence disposent de matériel et de procédures pour la plupart de leurs travaux. Pour certaines opérations très particulières, ils utilisent généralement un matériel spécialement adapté. Les ressources limitées dont dispose l'AIEA sont utilisées au mieux pour assurer l'infrastructure nécessaire au maintien d'une grande diversité d'instruments.

L'évolution technologique de ces dernières années ouvre de nouvelles perspectives pour l'étude et la gestion des matériels, en particulier au niveau de la normalisation. Pratiquement toute l'instrumentation utilisée aux fins des garanties repose sur des technologies modernes, telles que celles des ordinateurs et des microprocesseurs. Fondamentalement, tous ces appareils se ressemblent, même si leur cellule sensible ou leur fonction spécifique diffèrent sensiblement. Tout système comporte en principe une cellule sensible, un ordinateur, une mémoire et un dispositif de visualisation. La cellule sensible peut être une caméra de télévision, un détec-

teur de rayonnement ou tout autre capteur connecté aux organes de commande, de mise en mémoire et de restitution. En normalisant les composants et les méthodes, par exemple, on peut plus facilement optimiser l'exploitation de ces matériels et économiser des ressources.

En présence de difficultés financières persistantes, les considérations techniques et économiques deviennent plus pressantes et placent les moyens que l'Agence consacre aux garanties dans une perspective différente qui englobe le développement de l'instrumentation, sa mise en œuvre, l'infrastructure d'appui et la formation à son emploi. Un premier effort est déjà fait pour regrouper ces activités. Lors d'une réunion de novembre 1991 au cours de laquelle un projet de programme a été présenté, l'AIEA a reçu de précieux conseils des Etats Membres qui participent aux programmes d'appui pour les garanties.

Un programme comme celui qui est envisagé sera mis en œuvre progressivement. Dans un premier temps, on étudiera les normes à appliquer pour faciliter la communication, l'authentification des données, le développement des logiciels et du matériel informatique, la maintenance et la formation. L'objectif à long terme sera l'intégration de composants normalisés pour des applications particulières à une installation déterminée.

Dans les années à venir, cette approche intégrée devrait aider l'AIEA à améliorer encore le rendement et l'efficacité de son système de garanties.

Ensemble de spectroscopie gamma à taux de comptage élevé.

