

Dispositifs de surveillance et de confinement utilisés par l'Agence aux fins des garanties

Le document fondamental relatif à l'application des garanties de l'AIEA dans le cadre du Traité de non-prolifération [1] définit la surveillance et le confinement comme des auxiliaires importants de la comptabilité matières pour la réalisation de l'objectif primordial des garanties: la détection rapide de tout détournement de quantités significatives de matières nucléaires. Dans le contexte des garanties de l'Agence, on entend par "surveillance" une observation, par des appareils ou par l'homme, visant à signaler ou à détecter les mouvements de matières nucléaires. Cet article est consacré à la surveillance au moyen d'appareils, telle que l'Agence la pratique le plus souvent.

L'objet des appareils et des dispositifs de surveillance est d'indiquer qu'aucune matière nucléaire n'a quitté un emplacement donné ou que les matières qui l'ont quitté ont toutes suivi des voies autorisées. Ils permettent aussi de savoir si le confinement des matières nucléaires, qu'il s'agisse de cuves de réacteur, de récipients ou de locaux de stockage par exemple, est resté intact ou a été violé depuis le dernier contrôle. Dans certains cas, les dispositifs de surveillance facilitent également l'identification de certaines matières nucléaires.

Grâce aux appareils de surveillance, on a la possibilité de renforcer l'efficacité des inspections tout en réduisant le nombre et la durée des inspections; en effet, ces appareils peuvent fonctionner automatiquement pendant de longues périodes. Ce mode de surveillance fournit des relevés permanents et sûrs sous forme de films, de bandes ou autres enregistrements, que les inspecteurs peuvent exploiter aux fins de leur évaluation. Une des insuffisances du matériel de surveillance actuellement disponible réside dans le fait que, le plus souvent, il ne fournit pas d'indication sur la quantité de matières nucléaires enlevées. C'est ainsi qu'un enregistrement optique ne permet pas de déterminer avec certitude le nombre exact d'éléments combustibles irradiés prélevés lors d'un rechargement de réacteur ou le nombre d'éléments chargés dans un château de transport. Une caméra ne peut fixer que les mouvements de la machine de chargement du réacteur ou du château en les assortissant, pour certaines d'entre elles, de l'indication de la date et de l'heure de l'opération. Cependant, cette insuffisance se trouve compensée du fait que l'Agence a mis au point un système de garanties bien équilibré qui associe la surveillance à d'autres techniques en vue d'apporter la confirmation que l'état des mouvements de matières reçu par l'Agence est correct. La surveillance revêt bien sûr une importance particulière là où les méthodes d'analyse non destructive ne peuvent pas être appliquées de façon satisfaisante.

L'Agence a acquis une large expérience pratique de l'emploi du matériel de surveillance. Cette expérience témoigne de l'utilité de l'application des mesures de surveillance. Elle a en outre révélé certaines insuffisances du matériel et la nécessité de recourir aux techniques les plus perfectionnées pour y remédier. C'est pourquoi, d'ailleurs, un programme d'études et de réalisations figure au nombre des activités régulières de la Division des études et de l'appui technique. Ce programme a été établi, et il est revu périodiquement, en consultation avec les inspecteurs et son exécution est assurée en coopération avec des centres de recherche nationaux, des laboratoires, des entreprises, etc. La décision de certains pays de fournir un appui technique à l'AIEA en vue de renforcer ses activités en matière de garanties a donné un nouvel essor à cette activité.



Ce système de surveillance photographique fait appel à des appareils de prise de vues Minolta Super 8. Ce sont les systèmes de surveillance les plus utilisés à l'heure actuelle. Un modèle récemment mis au point, qui comporte une minuterie électronique en miniature au lieu d'un dispositif de déclenchement électromécanique, est actuellement à l'essai au Siège de l'AIEA et à l'extérieur.

Outre les impératifs généraux de surveillance, le matériel nécessaire doit posséder un certain nombre de caractéristiques particulières, à savoir: fiabilité; fonctionnement sans intervention humaine pendant une longue période; inviolabilité; efficacité; facilité d'entretien; minimum d'entretien; fonctionnement ne gênant pas les activités de l'installation surveillée. En outre, le coût unitaire ne doit pas être élevé.

Dans certains cas, il est indispensable que le matériel soit portable; c'est le cas des appareils de mesure non destructive que les inspecteurs doivent pouvoir emporter dans plusieurs pays au cours d'une seule mission. Le matériel de surveillance, quant à lui, ne doit pas nécessairement être portable; il suffit que l'on puisse le transporter et l'installer rapidement là où il devra fonctionner pendant plusieurs années. Cependant, on ne saurait trop insister sur l'importance de la fiabilité étant donné que dans certains cas, en l'absence d'un appareil de secours, la panne d'un appareil entraîne la perte de renseignements essentiels qui ne pourront alors être obtenus que par reconstitution du stock physique correspondant, ce qui est une opération très longue et très coûteuse.

L'une des difficultés tient à ce que les appareils et les dispositifs existant dans le commerce ne répondent pas, bien souvent, aux besoins de l'Agence et que celle-ci a donc dû mettre au point son propre matériel. Par souci d'économie elle a utilisé dans toute la mesure du possible des produits et des composants courants du commerce qui ont fait la preuve de leur fiabilité.

Le dispositif de surveillance le plus simple, et le plus ancien, utilisé par l'Agence est le scellé, qui a été très largement utilisé au cours de la dernière décennie. La pose de scellés donne la certitude que toute atteinte à l'intégrité du confinement sera détectée. Un scellé se compose de deux parties métalliques qui s'imbriquent l'une dans l'autre. Pour poser un scellé on utilise un fil de fer dont les extrémités sont nouées à l'intérieur du scellé avant sa fermeture. Le scellé est conçu de telle manière que toute tentative de l'ouvrir peut être décelée. Son inconvénient est que l'on ne peut détecter sur place une éventuelle contrefaçon. La substitution ne pourra être constatée qu'au Siège de l'Agence par comparaison micro-photographique. Il faut donc remplacer le scellé et le rapporter au Siège.

Afin de surmonter ces difficultés, l'Agence a entrepris de perfectionner les scellés et d'améliorer les techniques de pose. L'un des scellés actuellement à l'étude est fondé sur l'utilisation de fibres optiques et permet à l'inspecteur de vérifier l'intégrité du scellé sur place. A cet effet, il suffit d'examiner la continuité des fibres dans les faisceaux de la boucle de fermeture en observant ou en photographiant la transmission de la lumière par les fibres. Les fibres de chaque scellé créent une configuration caractéristique de points lumineux qui constituent, en quelque sorte, l'identité du scellé. Il n'est donc pas nécessaire de remplacer le scellé pour en vérifier l'intégrité. Des essais intensifs sur le terrain permettront de déterminer les applications futures des scellés à fibres optiques dans le cadre des garanties de l'AIEA.

L'Agence a également encouragé les travaux de recherche sur la mise au point de scellés électroniques. Le premier prototype réalisé est un système à auto-surveillance et à alimentation autonome: Il comporte un affichage codé qui change automatiquement avec le temps. Bien que l'exploitant de l'installation puisse lire le code affiché, seul l'inspecteur connaît l'ordre de succession des différents codes. Il peut donc vérifier le scellé lors de chaque inspection et même, autre avantage intéressant de ce type de scellé, téléphoner ou télexer à l'exploitant de l'installation et lui demander quel code est affiché; cette lecture à distance permettra à l'inspecteur de savoir si le scellé a été ouvert ou non.

Indépendamment de son propre programme d'étude des scellés, l'Agence reçoit aussi des renseignements sur les travaux effectués en la matière dans quelques Etats Membres. Elle s'intéresse notamment aux travaux portant sur l'utilisation des ultra-sons pour l'identification des scellés. En effet, des scellés ont été mis au point, qui, lorsqu'on les analyse à l'aide d'un appareil spécial à ultra-sons, permettent de recueillir une image sonore réfléchie différente pour chaque scellé.

Les appareils de surveillance qui utilisent des composantes optiques ou électro-optiques permettent d'obtenir des renseignements sur les mouvements de matières nucléaires ou l'intégrité du confinement. A cette fin, on a fabriqué un certain nombre de systèmes photographiques, incorporant des appareils de prise de vues ou des caméras super-8, 16 ou 35 mm du commerce. Ils se caractérisent notamment par des déclencheurs de prise de vues automatiques à temps prééglés et par un boîtier de sécurité. On les installe en un point stratégique d'une installation, d'où ils peuvent surveiller un secteur "vulnérable" tel que la tête du réacteur ou la piscine de désactivation. L'examen des pellicules après développement permet à un inspecteur de déterminer si le rechargement du réacteur ou l'expédition du combustible épuisé, par exemple, ont été effectués dans les règles et conformément au calendrier remis à l'Agence. Le système peut fonctionner sur piles ou sur secteur. Il peut arriver que les

Le système de surveillance par télévision avec émetteur infra-rouge rend le développement du film superflu. Le système vidéo proposé présente des avantages supplémentaires: champ de vision très large, grande sûreté de fonctionnement et enregistrement sélectif. ►



Tableau 1: Quelques caractéristiques du système Minolta

Modèle	Stade de mise au point ou d'utilisation	Masse (kg)	Dimensions (mm)
Mark 1,2	A fait ses preuves; en service depuis plus de cinq ans	18,2	490 X 330 X 335
Mark 3	A l'essai au Siège	4,7	240 X 215 X 330
Mark 4	A l'essai au Siège et sur le terrain	2,6	95 X 125 X 290

pires soient épuisées plus tôt que prévu, notamment si le système fonctionne dans des conditions d'environnement extrêmement défavorables, ce qui réduit la fiabilité du système. Le branchement sur le secteur élimine évidemment ce problème mais rend le système tributaire de l'alimentation électrique de l'installation.

Comme il existe toute une série de systèmes de surveillance photographique, on peut choisir celui qui convient le mieux à l'ensemble des conditions d'utilisation prévues. Toutefois, l'Agence a constaté qu'un système incorporant une caméra Minolta super-8 répond le mieux aux besoins et, pour cette raison, la majorité des appareils installés sont de ce type. Les efforts ont donc porté principalement sur le perfectionnement de ce système particulier et l'on a déjà pu en améliorer les caractéristiques suivantes:

- possibilités d'emploi sous mauvais éclairage,
- facilité d'installation et d'entretien sur place,
- durée de fonctionnement indépendant avec un jeu de piles.

On a pu prolonger la durée des piles en remplaçant le dispositif de déclenchement électromécanique par une minuterie électronique spéciale. En outre, on a considérablement réduit les dimensions et la masse du système (voir le tableau 1).

Cependant, les systèmes de surveillance utilisant des pellicules présentent des inconvénients inhérents aux conditions d'emploi et au système lui-même, et notamment:

- capacité d'images limitée (la caméra Minolta permet 7200 prises de vues);
- nécessité de développer les pellicules (ce qui empêche l'inspecteur de discuter avec l'exploitant des renseignements enregistrés au cours de sa visite);
- impossibilité d'enregistrer sous très mauvais éclairage ou dans une plage d'éclairage suffisamment grande;
- difficulté d'accès pour l'entretien des unités si le niveau de rayonnement ou de contamination est élevé;
- restrictions à l'emploi des pellicules en milieu radioactif;
- le système Minolta ne permet pas de dater directement les événements enregistrés;
- risque de panne dans des conditions ambiantes extrêmes.

Devant ces difficultés, l'Agence a entrepris une étude intensive en vue de mettre au point d'autres solutions. Cette étude a fait ressortir l'intérêt d'utiliser des caméras de télévision en liaison avec un enregistrement vidéo-magnétique. Plusieurs prototypes ont été conçus, construits et soumis à des essais au Siège de l'AIEA puis, en coopération avec les inspecteurs, sur le terrain dans différents types d'installation et de milieu.

D'une manière générale, un système de surveillance par télévision comprend une caméra commandée à distance et une unité de commande. Les derniers modèles permettent de relier deux caméras à une unité de commande, un "diviseur" vidéo incorporé partageant l'écran en deux parties de dimensions réglables. Chacune des caméras peut être située à 500 mètres au maximum de l'unité de commande. On a modifié la caméra Hitachi HV-16 pour en accroître de 80 fois la sensibilité à la lumière; cette caméra s'ajuste automatiquement aux variations de lumière et donne une qualité d'image acceptable dans une gamme de 0,5 à 100 000 lux. Le tube vidicon multidiode est sensible non seulement à la lumière visible mais également aux infrarouges (800 à 1100 nm). Grâce à cette caractéristique, une caméra équipée d'un émetteur infrarouge éclairant la zone de prise de vues peut faire des enregistrements même si la lumière habituelle est éteinte. Le recours à un éclairage autonome, donné par un flash par exemple, a été envisagé depuis longtemps pour les caméras de surveillance, mais l'idée n'a pas été retenue car les éclairs risquent de déranger le personnel d'exploitation. Il est probable que l'emploi de lumière infrarouge ne se révélera pas gênant et permettra de résoudre un certain nombre de problèmes. Par sa conception, la caméra devrait pouvoir fonctionner de façon sûre dans une plage de température ambiante de -10°C à $+50^{\circ}\text{C}$.

Tous les composants de l'unité de commande (enregistreur vidéo, déclencheur, calendrier ou horloge vidéo, groupe électrogène de secours, etc.) sont placés dans un boîtier scellé. Après modification, l'enregistreur vidéo Hitachi SV-612 permet d'enregistrer, à des intervalles pré-réglés, 180 000 images sur une bande magnétique normale de 720 mètres. En moyenne, on peut donc utiliser une bande pour la surveillance d'une partie de l'installation pendant environ un an. Le dateur à cristal incorporé surimpose sur chaque image le mois, le jour, l'heure, la minute et la seconde de la prise de vues. Le dispositif électronique de déclenchement autorise un large choix d'intervalles entre images ou groupes d'images. Le système peut être branché sur secteur de type américain ou européen, ainsi que sur une alimentation par piles de 24 volts. Il consomme environ 250 watts, c'est-à-dire relativement peu. On a constaté que la dépendance à l'égard de l'alimentation électrique de l'installation ne constituait pas un problème crucial pour l'emploi de ce système, car l'unité de commande peut être placée en un endroit où il est facile de la brancher sur le groupe électrogène de secours de l'installation qui rétablira le courant quelques minutes après une coupure de courant. En outre, les piles rechargeables incorporées à l'unité de commande peuvent de toute façon alimenter le système pendant plusieurs heures.

Le système de surveillance par télévision présente les principaux avantages suivants:

- il offre une très grande capacité de prise de vues;
- il n'y a pas à développer de pellicules;
- on peut accéder aux renseignements enregistrés sans pénétrer dans des zones contaminées;
- les renseignements enregistrés peuvent toujours être directement évalués sur place ou au Siège;
- il fait figurer sur chaque image la date et l'heure de l'enregistrement;
- il résiste mieux aux rayonnements que les caméras cinématographiques;
- il permet de faire des enregistrements dans une large gamme d'éclairement et l'emploi de la lumière infrarouge devrait permettre d'effectuer des enregistrements même en l'absence de lumière visible.

Depuis que le premier système de surveillance par télévision a été installé, il y a plus d'un an et demi, plusieurs installations en ont été dotées en Asie, en Europe septentrionale et centrale et en Amérique. L'expérience pratique ainsi acquise prouve que le système est très fiable; son fonctionnement ne pose guère de problème et aucune intervention d'entretien n'a été nécessaire jusqu'à présent. En outre, il offre de larges possibilités de perfectionnement.

D'autres types de matériel de surveillance sont à l'étude, notamment une série de moniteurs dont les uns compteraient le nombre de faisceaux de combustible épuisé déchargé du réacteur, d'autres identifieraient les faisceaux, d'autres encore mesureraient le débit et le niveau des liquides contenant des matières soumises aux garanties dans les usines de retraitement, etc.

Il importe manifestement de poursuivre les travaux d'études et d'essais en vue de trouver une combinaison optimale de divers types de matériel de surveillance pour chaque sorte d'installation soumise aux garanties. Les progrès accomplis à cet égard ont été partiellement présentés à la Conférence internationale sur l'énergie d'origine nucléaire et son cycle du combustible [2]. La longue expérience acquise par l'AIEA dans l'application de mesures de surveillance et de confinement aux fins des garanties internationales a permis de mettre en évidence l'efficacité et l'utilité de ces mesures. De nombreuses personnes, à l'Agence même ou ailleurs, ont apporté leur contribution aux résultats précités. Partie de quelques instruments de surveillance très simples, l'Agence a fait de grands progrès et s'attache actuellement à mettre au point des appareils et des techniques plus complexes, plus efficaces et plus fiables afin de perfectionner encore le système de garanties qu'elle applique.

Références

- [1] "Structure et contenu des accords à conclure entre l'Agence et les Etats dans le cadre du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires", INFCIRC/153, Vienne 1975.
- [2] A.J. Waligura, Y. Konnov, R.M. Smith, D.A. Head, J. Hodgkinson, "Application de garanties aux réacteurs rechargés en marche — matériel et techniques", Mémoire présenté à la Conférence internationale sur l'énergie d'origine nucléaire et son cycle du combustible, Salzbourg (Autriche), mai 1977.