

Des matières sous garanties surveillées 24h/24 et 7j/7

Par Vincent Fournier

Si les inspections restent au centre des activités de vérification de l'AIEA, elles bénéficient de l'appui croissant de technologies de surveillance qui fonctionnent 24 heures sur 24 et permettent à l'AIEA de renforcer l'efficacité de ses contrôles tout en gagnant en efficacité.

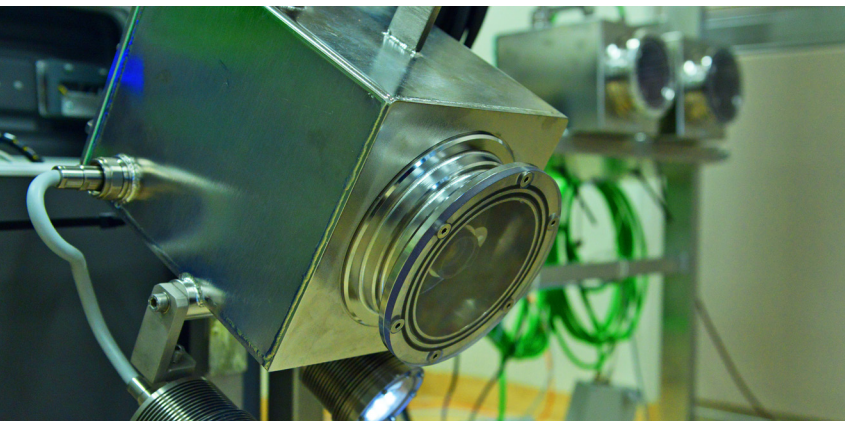
Cette surveillance des matières et installations nucléaires assure la continuité de l'information, laquelle offre le meilleur gage du non-détournement des matières utilisées à des fins pacifiques. Ne nécessitant pas la présence d'inspecteurs, les caméras et détecteurs de rayonnements enregistrent des opérations de longue durée, telles que le renouvellement du combustible dans un réacteur à eau ordinaire, qui peut prendre des semaines. Soit les données sont transmises en temps réel à l'AIEA via une connexion sécurisée, soit elles sont examinées sur le site par les inspecteurs, qui vérifient pendant l'inspection si les activités ont été réalisées conformément à ce qui avait été déclaré.

Plus d'un million d'ensembles de données chiffrées sont collectés par plus de 1 400 caméras de surveillance et 400 capteurs de rayonnements et autres dans le monde. Le confinement des matières et du matériel est assuré par plus de 23 000 scellés posés dans les installations nucléaires.



Sous un œil attentif

Le **système de surveillance de la prochaine génération** (NGSS) de l'AIEA utilise des caméras qui sont protégées par des boîtiers conçus pour révéler toute tentative de manipulation frauduleuse, et qui sont dotées de batteries longue durée pouvant assurer leur autonomie en cas d'absence d'alimentation externe pendant des périodes prolongées. L'authenticité et la confidentialité des données de surveillance acquises par le NGSS sont maintenues grâce à trois couches distinctes de protection des données par chiffrement et plusieurs couches physiques basées sur des technologies passives et actives d'indication de manipulation frauduleuse. Au cœur de la caméra du NGSS, un composant central de surveillance sécurisé protège les composants électroniques stratégiques et le capteur optique, et les clés de chiffrement sont défendues par un mécanisme actif destiné à révéler toute manipulation frauduleuse.



Les caméras sont installées dans les zones d'entreposage, dans les bassins à combustible usé ou à proximité, et à tous les points par lesquels peuvent transiter les matières nucléaires. Elles sont parfois équipées d'objectifs hypergones qui permettent une prise de vue panoramique. Les images sont prises à intervalles prédéterminés allant d'une seconde à dix minutes, voire plus, selon les besoins de la vérification. Par exemple, dans une installation d'enrichissement, les caméras enregistrent les activités à une fréquence plus élevée que dans une zone d'entreposage. « Quand une grue doit être installée pour déplacer des matières, comme c'est le cas dans les installations d'entreposage, nous pouvons détecter les activités suspectes même si les images sont moins fréquentes », explique Gabor Hadfi, chef de l'équipe de surveillance des garanties de l'AIEA.



Selon lui, il y a plusieurs avantages à prendre des photos plutôt que des films : on économise de la batterie, et les images fixes sont plus faciles à traiter et à analyser que les films.

Les données de surveillance sont prétraitées avec l'aide d'un logiciel spécialisé de détection de mouvements, puis les inspecteurs les examinent et déterminent si elles correspondent aux opérations normales et déclarées de l'installation.

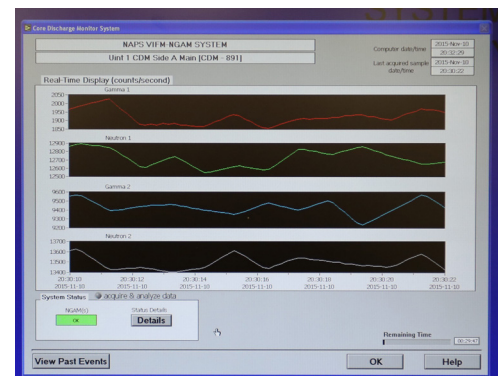
Contrôle radiologique à distance

Les caméras de surveillance permettent de détecter les mouvements mais pas l'intensité des rayonnements. Pour ce type de mesure, l'AIEA fait appel à des systèmes automatiques d'analyse non destructive qui intègrent des détecteurs de neutrons et de rayons gamma, ainsi que divers capteurs mesurant la température, les flux et d'autres paramètres. « Installés à des endroits précis, ces systèmes permettent de caractériser et vérifier les matières nucléaires, de surveiller les déplacements du combustible usé, et de collecter et transmettre des données chiffrées en permanence », explique Thierry Pochet, chef de l'équipe de l'AIEA chargée des systèmes de surveillance automatiques.

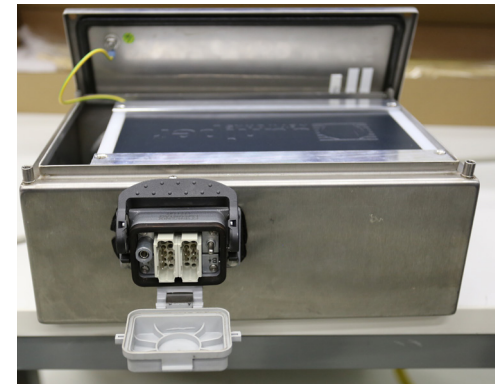
On installe ces systèmes de collecte de données dans des zones où les inspecteurs ne peuvent pas se rendre en raison des doses élevées de rayonnements qui s'y trouvent. Environ 160 systèmes dotés au total de 700 détecteurs et capteurs sont installés dans plus de 40 pays, nous apprend M. Pochet. Par exemple, un réacteur de puissance à eau lourde sous pression CANDU est habituellement équipé d'une vingtaine de capteurs.

On utilise des systèmes automatiques de types différents selon qu'il s'agit d'une installation d'enrichissement, d'un réacteur, d'un site d'entreposage de combustible usé ou d'une usine de retraitement, par exemple. Les données recueillies dans le cadre du contrôle radiologique sont souvent analysées conjointement avec les données de vidéosurveillance pour permettre le suivi des déplacements des matières nucléaires dans l'installation : grâce aux photos, l'inspecteur peut déterminer à distance les causes d'une variation dans l'intensité des rayonnements.

Le **système intégré de surveillance du combustible VXI** a été conçu pour le suivi et le comptage des éléments combustibles déchargés du cœur de réacteurs à eau lourde sous pression tels que les modèles CANDU. Dans les réacteurs de ce type, les grappes de combustible doivent être remplacées plusieurs fois par jour. À l'aide de plusieurs détecteurs de neutrons et de rayons gamma, le système de surveillance permet de procéder au suivi des grappes pendant leur chargement, leur réarrangement dans le cœur et leur déchargement dans le bassin à combustible usé.



Après environ cinq ans de refroidissement dans ce bassin, le combustible usé est prêt à être transporté vers un site d'entreposage – normalement situé à quelques kilomètres du site du réacteur. Pour le transport, le combustible usé est transféré dans des conteneurs appelés châteaux, sur lesquels sont installées des **unités mobiles de détection de neutrons** qui mesurent l'intensité des rayonnements et permettent ainsi de veiller à ce que le contenu ne soit pas modifié pendant le transit. Les batteries de ces unités de détection de neutrons leur permettent de collecter et conserver des données pendant une durée pouvant aller jusqu'à huit semaines sans maintenance.



À l'arrivée sur le site d'entreposage, l'unité est retirée et le contenu du château est transféré dans un silo. Un **moniteur gamma d'introduction dans le silo** est installé préalablement à ce transfert, afin de contrôler l'intensité des rayons gamma pendant le processus de chargement. Le moniteur est relié à une armoire dans laquelle sont stockées les données. Ce système fonctionne en conjonction avec la vidéosurveillance, qui permet d'enregistrer en parallèle chaque mouvement du processus de transfert.

Contrôle de la puissance des réacteurs de recherche

On utilise des systèmes spécifiques pour contrôler la puissance des réacteurs nucléaires de recherche. Le **moniteur de puissance thermohydraulique** avancé surveille la puissance produite par ces réacteurs en mesurant la température et le débit de l'eau de leurs circuits de refroidissement. Quand la puissance calculée à partir des données de contrôle dépasse un certain seuil, l'inspecteur cherche à déterminer si le réacteur fonctionne conformément à ce qui a été déclaré. Si la puissance thermique produite est supérieure à celle qui a été déclarée, il est possible que du plutonium ait été produit, ce qui constitue un risque de prolifération.





Retraitement

Le retraitement nucléaire permet de récupérer du plutonium fissionnable dans le combustible irradié. Ce plutonium retraité est recyclé en combustible nucléaire MOX destiné aux réacteurs à neutrons thermiques. Une fois retraité, l'uranium, qui constitue la matière la plus abondante dans le combustible usé, peut également être réutilisé comme combustible. La présence de plutonium présentant un risque particulier de prolifération, les différents processus à l'œuvre dans le retraitement sont surveillés grâce à des équipements automatiques installés dans les usines. Pour l'usine de retraitement japonaise de Rokkasho, par exemple, plus de 20 systèmes différents utilisant des centaines de détecteurs de neutrons et de rayons gamma ont été mis au point. Cette usine, qui compte parmi les plus grandes au monde, a la capacité de transformer en combustible 800 tonnes d'uranium ou 8 tonnes de plutonium par an. Toutes les données de surveillance recueillies sont transmises en temps réel au Centre d'inspection de l'AIEA situé dans l'enceinte de l'usine, grâce à un réseau sécurisé et réservé à cet usage.



Suivi de l'uranium 235 dans les usines d'enrichissement

En 2015, l'AIEA a mis au point un moniteur d'enrichissement en ligne pour mesurer le taux d'enrichissement dans les installations de centrifugation gazeuse. Ces installations enrichissent l'uranium en augmentant progressivement la proportion d'isotopes d'uranium 235 (^{235}U), qui peuvent supporter une réaction de fission en chaîne.

Le moniteur mesure les caractéristiques de l'uranium gazeux – l'hexafluorure d'uranium (UF_6) – qui traverse les tuyaux de traitement en sortie des cascades de centrifugeuses de l'usine d'enrichissement. Au niveau du principal nœud de connexion, un détecteur gamma contenant un cristal d'iodure de sodium mesure la quantité d'uranium 235 présente dans le tuyau, tandis que des capteurs manométriques et thermiques permettent à la machine de déterminer la quantité totale d'uranium gazeux. En comparant ces deux ensembles de mesures, le moniteur calcule le taux d'enrichissement, pour l'enregistrer ou le transmettre en temps réel au Siège de l'AIEA. On installe ce dispositif dans une configuration permettant de surveiller le taux d'enrichissement des matières qui entrent et sortent des cascades de centrifugeuses.

Tous les composants se trouvent dans des boîtiers scellés reliés par des tubes spéciaux, et toutes les parties fermées sont scellées. Le dispositif est recouvert d'une peinture spéciale qui rend visible toute tentative de manipulation frauduleuse.

Après avoir inauguré le moniteur d'enrichissement en ligne dans l'installation d'enrichissement de combustible iranienne de Natanz, en janvier 2016, l'AIEA entend le déployer progressivement dans les usines d'enrichissement par centrifugation gazeuse d'autres pays. Les nouvelles technologies permettant de prendre des mesures en continu, les activités de prélèvement d'échantillons et d'échantillonnage de l'environnement s'en trouveront réduites, ce qui se traduira par des gains d'efficacité et une réduction des dépenses.



Le sceau de l'AIEA

Les scellés de l'AIEA sont les équipements des garanties les plus connus et les plus utilisés. Malgré leur simplicité, ces dispositifs anti-fraude parviennent à prévenir avec une grande efficacité l'accès non autorisé aux matières sous garanties et aux équipements des garanties de l'AIEA. Ils constituent également la signature unique de chaque conteneur sécurisé. La vérification des scellés consiste à examiner avec soin l'enveloppe d'un élément ainsi que l'identité et l'intégrité du scellé afin de déceler toute trace de manipulation frauduleuse.

L'AIEA utilise plusieurs types de scellés selon les cas. Certains ont été conçus pour être installés sous l'eau ou dans des conditions extrêmes.

Les scellés à **capsule métallique**, à usage unique, sont utilisés depuis plus de 30 ans et environ 16 000 d'entre eux sont distribués et vérifiés tous les ans. Chaque scellé est identifiable à son numéro et à des marques distinctives situées sur ses parois internes. Ces identifiants sont enregistrés avant que le scellé soit remis aux inspecteurs. Lors des inspections, les scellés sont remplacés et rapportés au Siège de l'AIEA où leur efficacité et leur authenticité sont vérifiées par comparaison des marques avec celles d'origine.

D'autres types de scellés sont contrôlés sur place par les inspecteurs de l'AIEA. Le **scellé COBRA**, par exemple, intègre un câble à fibre optique multicœur dont les extrémités sont protégées par le scellé. Certains des cœurs sont sectionnés de manière aléatoire pendant la fermeture du scellé, afin de créer un profil optique unique. Une lumière est émise à travers le câble et cette signature unique est enregistrée au moyen de caméras. Pendant la vérification, l'image obtenue lors de l'inspection est comparée à celle enregistrée au moment de l'installation du scellé afin de confirmer son identité et son intégrité. Environ 2 000 scellés COBRA sont installés chaque année, en général conjointement avec des scellés à capsule métallique, pour plus de fiabilité encore.

L'AIEA utilise également des scellés électroniques tels que ceux du **système de scellés électro-optiques**, qui peuvent être interrogés à distance par les inspecteurs et sont reliés à des systèmes de vidéosurveillance. Ces scellés consistent en une boucle en fibre optique munie d'un dispositif électronique qui contrôle en permanence l'évolution de la boucle en émettant des impulsions lumineuses à travers la fibre à intervalles rapprochés. L'heure, la date et la durée de chaque ouverture et fermeture de la boucle en fibre optique sont enregistrées dans une mémoire interne chiffrée. Activés, ces scellés électroniques rendent possible la coopération avec les autorités nationales et les organismes d'exploitation, qui sont autorisés à les poser ou à les retirer. Ces modifications sont enregistrées et les inspecteurs peuvent les confronter aux activités déclarées.

Le **système laser de vérification du confinement** est la plus récente des technologies de scellé utilisées. Reposant sur la cartographie de surfaces par laser, le scanner employé par ce système dresse une carte de haute résolution de la soudure d'un conteneur au moment où celui-ci est mis en service. Pour identifier le scellé et révéler des fraudes éventuelles, on scanne à nouveau la soudure afin de comparer la nouvelle carte avec celle de référence.

Photos (sauf indication contraire) : AIEA

