Le système vidéo intégré modulaire (SVIM): matériel nouveau de surveillance

De nouveaux appareils vidéo vont être mis en place dans les installations nucléaires soumises aux garanties de l'AIEA

par K.-J. Gärtner et E.W. Dawes

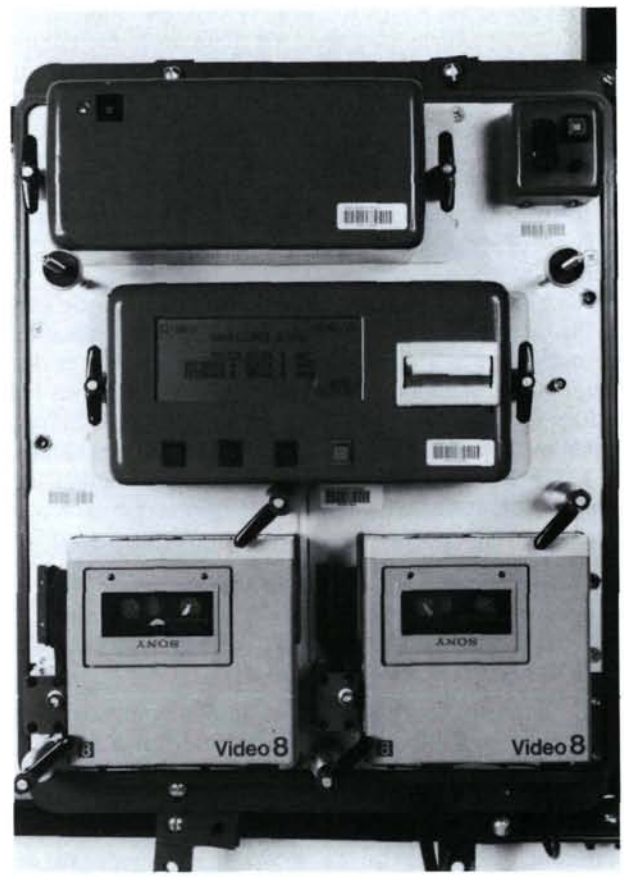
Depuis des années, la caméra de 8 mm*, utilisée pour la surveillance dans des installations nucléaires du monde entier, est un des «chevaux de labour» du système de garanties de l'AIEA. Depuis peu, l'Agence abandonne néanmoins ces appareils pour les remplacer par les systèmes vidéo modernes qui ont envahi le marché. La production d'appareils et de pellicules de ce format a d'ailleurs pratiquement cessé. Or, le passage au matériel vidéo qui suppose le remplacement des appareils de 8 mm désuets dans quelque 290 installations nucléaires a posé à l'Agence de sérieux problèmes en ce qui concerne la technologie, l'assurance de la qualité, la rentabilité et le calendrier de l'opération.

Nous parlerons ici de trois systèmes vidéo destinés à remplacer les caméras 8 mm, qui sont en cours de réalisation dans le cadre des programmes de soutien de l'AIEA, au Japon, en République fédérale d'Allemagne et aux Etats-Unis. Nous passerons en revue les progrès réalisés dans divers domaines et nous présenterons en particulier les caractéristiques et les avantages de l'un des systèmes, le système vidéo intégré modulaire (SVIM), qui deviendra l'un des outils essentiels des garanties au cours des années 90.

Avancement des études

La mise au point d'un choix de système vidéo dans le cadre des programmes de soutien aux garanties est une initiative des plus intéressantes. Actuellement, les travaux sur chacun des trois systèmes en sont à divers stades, car les approches conceptuelles diffèrent et les trois projets n'ont pas commencé en même temps:

- L'étude du SVIM aux Etats-Unis a commencé au milieu des années 80 en vertu d'un accord conclu entre l'AIEA et les Etats-Unis; l'établissement Sandia National Laboratories (SNL) d'Albuquerque (Nouveau-Mexique) a été le principal concepteur. Le système utilise la technique d'enregistrement vidéo en 8 mm et un principe tout nouveau d'authentification vidéo. Après de nombreux essais et retouches, l'AIEA vient de commander 50 exemplaires de ce système qui vont être mis en service dans des installations nucléaires du monde entier.
- Le Japon propose son système COSMOS (compact surveillance et monitoring system) qui subit actuellement ses épreuves d'homologation et dont la mise en vente est prévue pour 1991.



Unité SVIM, sans son carter de protection, montrant les quatre modules facilement accessibles et remplaçables; de haut en bas: module de commande, module d'affichage et deux modules d'enregistrement.

M. Gärtner est membre du Département des garanties de l'AIEA et M. Dawes est un expert américain au service de ce département.

* Fabriquée par Minolta.

● La République fédérale d'Allemagne a pratiquement terminé la mise au point de son système de liaison TV anti-fraude. Il s'agit d'un dispositif à plusieurs caméras avec authentification du signal vidéo sur chaque canal et bloc de commande unique.

L'Agence s'intéresse aux trois candidats, mais c'est le SVIM qu'elle a commencé à installer, à cause de ses caractéristiques et de sa fiabilité, et parce qu'il est en fabrication. C'est donc lui que nous allons présenter.

La mission et ses exigences

Depuis 18 ans qu'elle est en service, la caméra 8 mm utilisée pour la surveillance a eu le temps de se perfectionner pour devenir un instrument extrêmement fiable, économique et docile*, mais au prix d'un gros effort sur le plan de la technique et de la disponibilité.

Depuis 1976, l'Agence s'est également familiarisée avec les systèmes compacts de télévision en circuit fermé**, lesquels présentent plusieurs avantages par rapport à la caméra 8 mm: plus grande capacité et meilleure qualité d'image, plus grande sensibilité à la lumière, notation de la date et de l'heure et moindre sensibilité aux rayonnements***. En outre, ce système permet d'examiner immédiatement sur place l'information enregistrée sans la corvée du développement des pellicules.

Le SVIM deviendra un des moyens essentiels de surveillance vers la fin des années 90. Vu l'importance de ce nouveau matériel, des spécialistes de l'AIEA et des laboratoires Sandia ont conjugué leurs efforts à tous les stades du projet pour en garantir la bonne exécution, notamment en ce qui concerne la conception, les essais, le choix d'un fabricant, la livraison, l'installation, le service et la maintenance, afin d'assurer en permanence un haut niveau de fiabilité *(voir encadré, le calendrier des principales activités).*

Les voies de la réussite

Le remplacement des caméras photographiques étant une opération d'importance, un groupe de travail spécial a été créé en juillet 1988 à titre temporaire. Il était chargé de recommander les mesures à prendre pour coordonner les activités; commencées en 1989, elles dureront jusqu'à la fin de 1994. Il se composait de membres du personnel compétents en matière d'études de systèmes, d'application des garanties, d'assurance de la qualité et d'achats. L'active collaboration de tous les participants était évidemment à l'ordre du jour.

Le groupe était directement responsable des dispositions à prendre en ce qui concerne les diverses tâches, les ressources nécessaires, les calendriers et la répartition du travail. En janvier 1989, le plan général d'action était adopté. Toutes les activités d'exécution relèvent maintenant d'une gestion normalement hiérarchisée. Le président du groupe assure le suivi; il fait rapport sur les progrès accomplis et, le cas échéant, sur telle ou telle question particulière.

La complexité du programme exige une planification à la fois souple et bien structurée, qui englobe actuellement plus de 200 tâches, et l'emploi d'un ensemble de logiciels très étudiés pour les ordinateurs personnels*. Le logiciel comporte des méthodes de gestion bien éprouvées. Il peut établir et rationaliser l'interdépendance des diverses activités et, par conséquent, leur ordre de priorité, ce qui permet au programme d'assimiler tout retard critique d'exécution.

Le plan d'action

En 1986, l'Agence a adopté la planification proposée par les laboratoires Sandia qui assure la mise en œuvre effective du système en dix étapes. Ces étapes ont été précisées à l'origine par un groupe consultatif réuni en 1982 comme étant les activités générales nécessaires à la mise au point et à l'exploitation du matériel des garanties. Dans le cas du SVIM, elles se présentent comme suit: définition du besoin; évaluation des exigences de l'Etat et de l'exploitant de l'installation; définition et approbation des spécifications du système; définition et approbation de la performance et de la fiabilité; essais d'homologation; réalisation d'un prototype avec essais et démonstration; choix d'un fabricant pouvant fournir 16 exemplaires expérimentaux; tests d'homologation de la performance et de la fiabilité, y compris l'évaluation du matériel dans les conditions réelles d'exploitation; commande du matériel à fabriquer; installation et mise en service**.

Le SVIM a maintenant franchi toutes ces étapes avec succès et le premier exemplaire de série a été mis en place dans une installation.

La transition à faible risque

Rappelons que, du fait de l'importance et du coût du programme SVIM, l'Agence doit s'assurer que les phases de transition ne comportent qu'un faible risque (phases que l'on peut considérer comme correspondant aux dix étapes énumérées ci-dessus).

* «IAEA Film Camera Surveillance Development and Practice», par D.E. Rundquist et R.E. Kerr, *comptes rendus de l'ESARDA* (1980).

** «Future Trends in Compact TV Surveillance Systems», par K.-J. Gärtner, B. Heaysman et P. Vodrazka, *comptes rendus de l'INMM* (1985).

*** «Transition to CCTV Surveillance for Safeguards», par K.-J. Gärtner, B. Heaysman, R.E. Kerr et D.E. Rundquist, *comptes rendus de l'INMM* (1987).

* «Replacement Programme Safeguards Surveillance Units», par K.-J. Gärtner, *comptes rendus de l'INMM* (1989).

** «Program Plan for the Modular Integrated Video System», par K.-J. Gärtner, B. Heaysman, R. Holt et C.S. Sonnier, *comptes rendus de l'INMM* (1986); et «The Modular Integrated Video System (MIVS) Program in Perspective», par S.L. Schneider, C.S. Sonnier et K.-J. Gärtner, *comptes rendus de l'INMM* (1988).

Historique du programme SVIM, 1985–1990: calendrier des principales activités

Octobre 1985: L'Agence demande que le système soit étudié dans le cadre du programme de soutien des Etats-Unis.

Février 1986: L'établissement Sandia National Laboratories propose des caractéristiques de conception et de performance.

Juin 1986: Les spécifications sont arrêtées lors d'une réunion au siège de cet établissement.

Juillet 1986: Le Directeur général adjoint chargé du Département des garanties de l'AIEA accepte officiellement les spécifications.

Décembre 1986: L'AIEA accepte le plan d'épreuves d'homologation proposé par l'établissement Sandia.

Février 1987: Une démonstration est faite à l'AIEA avec un prototype expérimental.

Juillet 1987: L'établissement Sandia passe contrat pour la fabrication de 16 exemplaires du système destinés à des épreuves de fiabilité et à des essais en condition réelle de fonctionnement. Des consultants indépendants étudient un système de transition à faible risque pour la mise en œuvre du SVIM.

Août 1987: L'établissement Sandia entreprend une longue série d'essais avec le magnétoscope.

Mars 1988: Les 16 exemplaires subissent avec succès l'épreuve d'homologation des 168 heures.

Avril 1988: L'AIEA soumet dix exemplaires du système à un essai de fiabilité de cinq mois.

Juillet 1988: L'AIEA réunit un groupe de travail chargé du remplacement des appareils photographiques par le nouveau système vidéo.

Août 1988: L'informatique est appliquée à la planification du projet.

Septembre 1988: L'épreuve de fiabilité de cinq mois se termine avec succès et fait l'objet d'une déclaration commune de l'AIEA et des Sandia National Laboratories.

Novembre 1988: Début de la formation des inspecteurs de l'AIEA à l'emploi du SVIM.

Décembre 1988: En collaboration avec l'AIEA, l'établissement Sandia étudie un appel d'offres pour la fabrication du système. L'établissement Sandia commence les dernières mises au point et termine les essais de deux exemplaires dans différents environnements. Réception et mise en service du premier système dans une installation.

Février 1989: La mise en service du système dans des installations et la formation des inspecteurs continuent.

Avril 1989: Les appels d'offres pour la fabrication du système sont lancés. Le document pose des conditions spéciales en ce qui concerne la qualité.

Juin 1989: La contribution de SLN au programme de soutien des Etats-Unis est définie et approuvée.

Juillet 1989: L'AIEA étudie les offres reçues de divers fabricants. Un contrat est passé.

Août 1989: De nouvelles modifications sont apportées au système pour en faciliter la fabrication.

Septembre 1989: Un premier prototype de série est remis à l'adjudicataire. Le plan initial de fabrication et d'assurance de la qualité est examiné.

Novembre 1989: La planification continue et s'étend à la fourniture des pièces de rechange, aux prévisions de fiabilité, à l'acceptation des épreuves par l'AIEA et aux méthodes de montage dans les installations.

Décembre 1989: Le premier exemplaire de série est examiné par l'AIEA chez le fabricant et expédié au Siège de l'organisation.

Janvier 1990: Les deuxième et troisième exemplaires sont préparés pour l'essai prévu dans divers environnements.

Février 1990: Le premier exemplaire de série est mis en place dans une installation.

Mars 1990: La version définitive des plans de l'adjudicataire pour la fabrication et l'assurance de la qualité est examinée.

Le système est fabriqué par Aquila Technologies Group Inc. (Etats-Unis) sous contrat passé avec l'AIEA.

En avril 1987, un consultant a été engagé au titre du programme de soutien des Etats-Unis pour élaborer un plan de transition en collaboration avec les spécialistes de l'AIEA*. Ce travail appelait une analyse en profondeur des risques associés à chacune des phases, analyse qui appelait à son tour la meilleure pratique en usage (ou, en son absence, la mise au point d'une nouvelle pratique) qui devait être appliquée jusqu'à ce que le risque soit réduit au minimum.

La mise en œuvre de ce plan a révélé 73 risques potentiels, dont bon nombre étaient déjà effectivement éliminés par l'application de la meilleure pratique. D'autres exigeaient la mise au point de nouvelles pratiques plus efficaces. Elles sont maintenant acquises et, à l'exception de quelques détails de documentation et de vérification, cette phase du projet est jugée terminée.

Ce plan s'est avéré extrêmement utile, notamment au niveau de la fabrication et de la mise en œuvre. Aussi l'Agence envisage-t-elle de l'appliquer de façon sélective dans l'avenir à l'étude, à la réalisation et à l'installation de matériel nouveau.

Le fabricant

Avant de passer contrat, les Départements de l'Agence chargés des garanties et de l'administration, assistés des concepteurs et des responsables de l'assurance de la qualité de l'établissement Sandia, ont rédigé un projet d'appel d'offres exposant en détail les spécifications techniques et de maintenance et précisant la haute qualité d'exécution requise. L'appel d'offres a ensuite été envoyé à plusieurs sociétés des Etats-Unis et d'Europe.

Un grand pas a été franchi le 27 juillet 1989, lorsque l'Agence a passé commande pour la fabrication du SVIM à la société Aquila Technologies Group d'Albuquerque (Nouveau-Mexique). Ce choix a été fait pour trois raisons: la société se spécialisait dans l'étude et la réalisation de matériel vidéo de haute technologie utilisant le disque et le ruban magnétique; elle acceptait sans réserve les exigences de l'AIEA en matière de fabrication, d'ingénierie et de contrôle de la qualité telles qu'elles étaient exposées dans l'appel d'offres et dans les documents joints; le devis présenté était très compétitif.

Pour assister la société adjudicataire, l'établissement Sandia a été chargé de surveiller l'ingénierie et l'assurance de la qualité au nom de l'Agence pendant la fabrication. Cette fonction était administrée par le programme de soutien des Etats-Unis et renforcée par des missions du Département des garanties de l'AIEA auprès du fabricant. Réciproquement, des cadres supérieurs du fabricant se sont rendus à deux reprises au Siège de l'Agence depuis la signature du contrat.

Cette activité continuera pendant une bonne partie de la décennie tant que des systèmes et des pièces de rechange seront en fabrication. Ces rencontres favorisent la communication et la coordination et se sont avérées d'une importance vitale pour une entreprise aussi complexe que le projet SVIM.

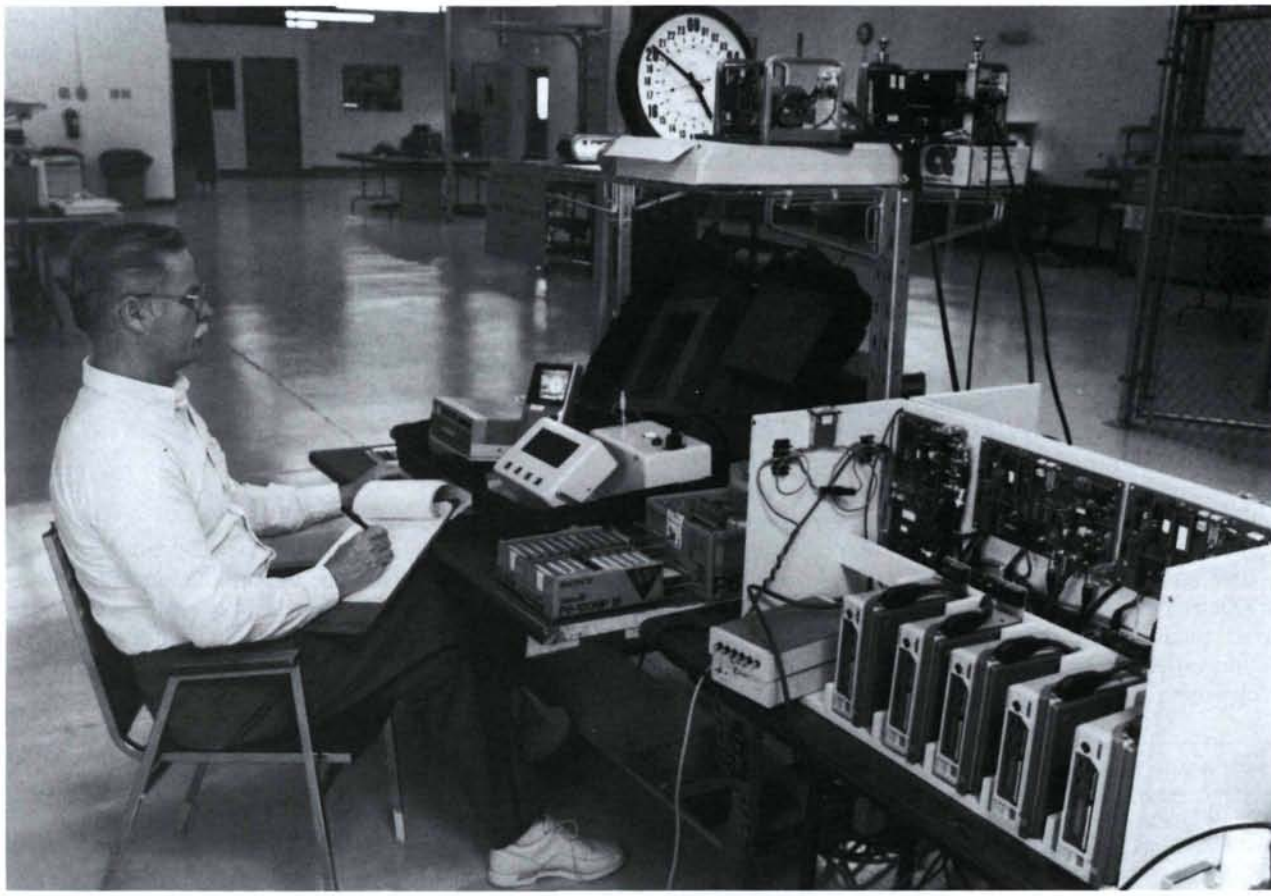
Le matériel

Le système vidéo intégré modulaire est un système automatique de télévision en circuit fermé commandé par un microprocesseur et prévu pour se déclencher toutes les cinq minutes pendant un cycle d'inspection de

Caractéristiques comparées du SVIM et du système à caméra 8 mm

Caractéristiques	Caméra 8 mm (Twin Minolta)	SVIM
Enregistrement	Deux caméras 8 mm	Deux magnétoscopes 8 mm
Capacité de chaque appareil	7200 images (monochromes) 3600 images (couleur)	26 000 images (monochromes)
Service de l'appareil	Tous les 25 jours pour prises de vues à 5 minutes d'intervalle	Tous les 90 jours pour prises de vues à 5 minutes d'intervalle
Sensibilité à la lumière	Approximativement 25 lux	Approximativement 0,05 lux
Indication de l'heure et de la date	néant	oui
Emplacement de la caméra	Solidaire de l'élément de commande	Peut être située jusqu'à 60 mètres du bloc magnétoscope/ commande
Alimentation	2 batteries sèches AA	100–240 volts AC et batterie pour 3 heures d'autonomie
Mode de réparation	Remplacement de l'unité	Modules amovibles indépendants pour l'affichage, l'alimentation et l'enregistrement
Fiabilité	0,98 à 90% de confiance pour 7000 images	Plus de 0,98 à 90% de confiance pour 26 000 images
Coût de l'appareil	Environ 2300 $	Environ 13 000 $
Frais d'exploitation film-bande/90 jours	10 $ (sans le développement)	20 $
Encombrement (L × P × H) (mm^3)	330 × 220 × 230	Boîtier commande: 640 × 500 × 160 Caméra: 300 × 200 × 230
Poids en service	6,5 kg	28 kg (poids total)

* «Development of a Plan for Ensuring a Low-Risk Transition of the MIV System for Design, Test, Production into IAEA Implementation», par E. Karlin, Rapport POTAS, opération D.60 (mai 1989).



Le SVIM a été soumis à de nombreux essais. On voit ici un technicien vérifiant le fonctionnement du magnétoscope. (Photo Aquila Technologies Group Inc.)

trois mois*. Il est conçu pour les installations sous garanties où l'on peut le brancher sur le réseau normal d'alimentation et lorsqu'il est préférable que le magnétoscope soit séparé de la caméra. En cas de panne de courant, il est alimenté par une batterie de secours qui lui assure une autonomie d'au moins trois heures *(voir le tableau comparatif des caractéristiques et des avantages du SVIM par rapport au système à caméra 8 mm).*

Modules et logistique. Le système est composé de modules pour simplifier la maintenance et le service. Les deux éléments fondamentaux sont la caméra et le magnétoscope, tous deux enfermés dans des boîtiers anti-fraude sous scellés de l'AIEA.

Le module caméra comporte un dispositif à couplage de charge et un circuit d'authentification vidéo. Le bloc magnétoscope se compose de quatre modules facilement remplaçables en cours d'inspection normale: une alimentation, un affichage et deux enregistreurs identiques. Le module d'alimentation comporte un branchement universel CA/CC, une batterie de secours et une imprimante sur papier pour l'indication du nombre d'enregistrements pendant la période de surveillance et des fraudes éventuelles. Le module d'affichage porte tout le circuit de commande, un affichage à cristaux liquides pour le réglage et la vérification du système et la partie réceptrice du circuit d'authentification.

Authentification vidéo. La caméra et le magnétoscope sont reliés par un câble hybride (câble coaxial et deux fils de cuivre) d'une longueur maximale de 60 mètres. Le câble est facilement accessible, de sorte que, pour s'assurer que le signal vidéo de la caméra de l'AIEA est enregistré sans falsification, un dispositif très perfectionné d'authentification est incorporé au système*. Les événements détectés qui révèlent une fraude sont enregistrés dans une mémoire ineffaçable et sur la bande magnétique en même temps que le signal vidéo. Toutes les données mises en mémoire sont transcrites par l'imprimante lors de chaque inspection.

Surveillance et enregistreurs redondants. La fiabilité générale du système est assurée en particulier par les magnétoscopes. On s'est aperçu très tôt lors de l'étude du système que ces organes très sollicités devaient être prévus en double pour que la surveillance soit assurée en permanence.

Les spécifications à cette fin sont rigoureuses: les deux enregistreurs fonctionnent alternativement (et indépendamment) afin qu'il soit impossible de manquer deux prises de vues successives. La redondance interdit pratiquement qu'une défaillance mécanique ou électronique puisse avoir cet effet.

Confirmation en a été donnée par les épreuves de fiabilité AIEA/SNL au cours desquelles plus de trois

* «A Video Authentication Technique», par C.S. Johnson, *comptes rendus de l'INMM* (1987).

* «The Modular Integrated Video System (MIVS)», par S.L. Schneider et C.S. Sonnier, *comptes rendus de l'INMM* (1987).

millions de prises de vues ont été enregistrées entre avril et septembre 1988, sans qu'il y ait eu une seule interruption. En outre, dix millions de prises de vues ont été enregistrées par SNL avec 165 magnétoscopes, entre 1986 et 1989, pendant les essais d'endurance mécanique.

L'examen de ces résultats et ceux des essais des enregistreurs dans différents environnements ont amené l'Agence à prévoir le remplacement tous les deux ans des enregistreurs des systèmes mis en place dans les installations. Cette directive tient également compte du facteur rentabilité*.

Relevé et examen de la surveillance. Les laboratoires Sandia ont créé une petite section d'évaluation des activités de surveillance SVIM qui remplit une fonction importante dans le cadre de l'exploitation du système**. Le système peut enregistrer des prises de vues à intervalles de 1 à 99 minutes. Chaque vue est accompagnée d'une indication de son numéro d'ordre, de l'heure et de la date, et des fraudes éventuelles.

Quatre cas de fraude sont définis: ouverture du bloc de commande; panne d'alimentation; défaillance de l'authentification vidéo; enregistrement de l'événement déclencheur.

La section peut traiter ces informations à l'intention de l'inspecteur. Elle peut récapituler les poses manquées, les fraudes éventuelles ainsi que toute absence d'image de plus de 15 secondes. Le système peut être réglé de façon à s'arrêter automatiquement lorsque l'un de ces événements est détecté, afin de permettre une vérification manuelle, ou il peut continuer de les relever sans s'arrêter.

Rappelons que toutes les données sur les événements sont également mises en mémoire électronique. Lors de la visite d'un inspecteur, ces données sont transcrites par l'imprimante et deviennent une partie du rapport d'inspection.

Conclusions

L'adoption du SVIM par le Département des garanties de l'AIEA est une importante innovation dans le domaine de la surveillance. La réalisation de ce système est le fruit des efforts conjugués du gouvernement, d'entreprises privées et du Département des garanties.

La tâche a été facilitée par l'adoption de méthodes éprouvées de gestion pour l'exécution du projet et par le choix judicieux des moyens en matière d'ingénierie et d'assurance de la qualité.

La mise en place du système dans les installations sous garanties se fera dans le même esprit.

---

* «Video Tape Recorder Reliability Requirements for the Modular Integrated Video System (MIVS)», par E. Dawes, *comptes rendus de l'INMM* (1989).

** «Modular Integrated Video System (MIVS) Review Sation», par M.L. Garcia, *comptes rendus de l'INMM* (1989).