

Le rôle des programmes d'appui

Aperçu et perspectives de la recherche appliquée

par H. Kurihara

L'application des garanties de l'AIEA dépend de nombreux facteurs. Ces garanties sont régies par un accord conclu entre l'Agence et l'Etat intéressé (dans le cadre du TNP, le texte de base est le document INFCIRC/153), par des arrangements subsidiaires et par des formules types, sortes de fiches techniques sur les installations précisant les dispositions à prendre en vue de l'application des garanties. Avant d'établir une formule type, l'Agence étudie les voies possibles de détournement et met au point une méthode de contrôle adaptée à l'installation considérée, en vertu de laquelle l'Etat est tenu d'adresser à l'Agence, dans des délais prescrits, un certain nombre de rapports, notamment sur les variations de stock, le bilan matière, etc. Pour traiter toute cette information, l'Agence s'est dotée d'un système informatique spécial. Par ailleurs, elle assure l'inspection des installations afin de vérifier les matières nucléaires qu'elles contiennent, adaptant ses procédures aux particularités de chacune d'elles. Le principal moyen de contrôle est la comptabilisation des matières nucléaires, complétée par des mesures de confinement et de surveillance.

Pour que cette comptabilisation réponde à ses fins, il faut que les inspecteurs procèdent à des mesures indépendantes pour vérifier l'exactitude des chiffres présentés dans les comptes. Les deux méthodes fondamentales utilisées sont l'analyse non destructive (AND) et l'analyse destructive (AD). Quant aux techniques de confinement et de surveillance (C/S), on les applique pour alléger le travail d'inspection (par exemple, en réduisant la fréquence des vérifications comptables), et pour s'assurer que les matières nucléaires suivent des voies prédéterminées, que leur confinement demeure intact et qu'elles sont comptabilisées aux points de mesure spécifiés. L'Agence fait régulièrement le point de ses activités dans le domaine des garanties et rend compte des résultats obtenus dans le Rapport sur l'application des garanties qu'elle adresse chaque année au Conseil des gouverneurs. Des méthodes d'évaluation et d'assurance de la qualité, indispensables à la préparation de ces rapports, sont spécialement étudiées. Il s'ensuit que l'Agence a besoin d'un programme continu de recherche et développement en matière de garanties.

Cette activité relève pour une bonne part des divers programmes nationaux d'appui et non de l'Agence elle-même. Voyons maintenant comment ces travaux se sont organisés dans le passé, en quoi ils consistent actuellement et ce qu'ils promettent pour l'avenir.

Les premières années

L'Agence n'a jamais déployé une grande activité de recherche et développement dans le domaine des garanties. Elle n'a disposé que de ressources financières et humaines limitées, car les Etats Membres estiment que sa vocation est celle d'un organisme exécutif plutôt que d'un établissement de recherche. Au début, elle s'en est donc remise aux efforts dispersés des institutions scientifiques de ses Etats Membres. C'est ainsi que, vers la fin des années 60, un groupe des garanties s'est constitué au Laboratoire scientifique de Los Alamos, aux Etats-Unis, pour commencer à étudier la technologie des garanties. De même, l'Institut de recherche de Karlsruhe, en République fédérale d'Allemagne, a entrepris des travaux sur les garanties.

En 1970-1971, le Comité des garanties créé par le Conseil des gouverneurs a élaboré un document (INFCIRC/153) qui contient un modèle d'accord à conclure entre l'Agence et ses Etats Membres dans le cadre du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP). Tous les débats y afférents témoignent du souci d'intensifier l'effort de recherche et développement. C'est vers cette époque qu'ont vu le jour deux organismes voués aux garanties, à savoir l'Institut of Nuclear Material Management (Institut de gestion des matières nucléaires), aux Etats-Unis, et l'Association européenne de recherche et développement pour les garanties, en Europe. De son côté, l'Agence organisait des colloques sur la question.

Les Etats-Unis ont été les premiers à lancer un programme d'appui, en 1976. Ils furent bientôt suivis par le Canada (1977), la RFA (1978), le Royaume-Uni et l'Australie (1980), le Japon et Euratom (1981), l'URSS et la Belgique (1982), la France (1983), l'Italie (1985) et la Suède (1987).

Deux considérations sont à l'origine de ces programmes: 1) le Conseil estimait qu'il fallait confier les travaux de recherche et développement pour les garanties à des établissements des Etats Membres plutôt que doter l'Agence de moyens propres à cette fin; 2) l'Agence avait conclu que certaines insuffisances et certains besoins du système de garanties exigeaient l'étude de nouveaux matériels et de nouvelles techniques.

M. Kurihara est directeur de la Division des études et de l'appui technique, Département des garanties, AIEA. Il tient à remercier ses collaborateurs de leur contribution au contenu de cet article, en particulier M. A von Baeckmann et M. D.E. Rundquist.

Opérations au titre des programmes d'appui

Etudes de systèmes	24
Technologie de la mesure	100
Technologie du confinement et de la surveillance	55
Traitement de l'information	12
Evaluation de l'efficacité des garanties	16
Formation	28
Divers	35

A ce niveau, les programmes ont consisté à mettre au point des matériels et des techniques d'analyse destructive et non destructive, de confinement et de surveillance, mais aussi à étudier des méthodes de contrôle, à former des inspecteurs de l'Agence, à informatiser le traitement des données, à élaborer des méthodes d'évaluation de l'efficacité des garanties et à fournir des services d'experts gratuits à l'Agence.

Un programme d'appui s'établit par voie d'échange de lettres entre l'Etat Membre intéressé et le Directeur général de l'AIEA. Il est implicite qu'il s'agit d'une entreprise coopérative dont l'Etat Membre et l'AIEA doivent assurer la parfaite coordination. Les deux parties en retirent des avantages.

L'Agence y trouve une source de financement et de personnel de direction adaptée aux projets les plus difficiles; un accès aux ressources variées des principales installations nucléaires dans le monde; des conditions réelles pour les essais, les évaluations et la formation; des renseignements intéressants sur les orientations de l'industrie nucléaire et sur les calendriers de construction des installations.

Pour l'Etat Membre, les avantages sont les suivants: assistance dans la préparation de l'installation en vue de l'application des mesures de contrôle; assurance que les instruments et les techniques prévus seront conformes à la réglementation nationale en matière de sûreté; dialogue avec l'Agence permettant de l'informer des contraintes d'ordre pratique que peuvent imposer certains modes ou conditions d'exploitation de l'installation considérée; renseignements sur l'instrumentation et les techniques de pointe communiqués par l'intermédiaire de l'Agence.

Situation actuelle des programmes nationaux d'appui

Depuis plus de dix ans que le premier programme d'appui a été mis en œuvre, on ne compte plus les réalisations à mettre à l'actif de cette coopération, dont voici l'essentiel:

- Pratiquement tout le matériel actuellement utilisé par le Département des garanties a été soit réalisé, éprouvé, perfectionné ou présenté grâce à un programme d'appui.
- Des services d'experts à titre gratuit ont été fournis dans tous les domaines des garanties.
- Des moyens d'enseignement, des instructeurs et des cours complets ont été mis à disposition.
- Une aide a été fournie pour favoriser les travaux dans de nombreux autres secteurs des garanties, notamment le traitement de l'information, l'évaluation, la gestion, la maintenance, l'assurance de la qualité et les études de systèmes.

En résumé, les programmes nationaux d'appui ont aidé l'Agence dans presque tous les secteurs où elle assume des responsabilités à l'égard de ses Etats Membres en matière de garanties. (Une partie du matériel réalisé grâce aux programmes d'appui est décrite ci-après.) A l'heure actuelle, 270 opérations sont en cours dans le cadre de 12 programmes (*voir le tableau*).

Quant à l'aide financière, on l'évalue entre 12 et 14 millions de dollars E.-U. par an pour les dernières années. Il est impossible de faire une évaluation plus précise en une seule monnaie, car les modalités de financement et d'exploitation diffèrent sensiblement d'un programme à l'autre.

La coordination entre l'Agence et les programmes et entre les programmes eux-mêmes est une question qui prend de l'importance depuis quelques années. Aussi l'Agence a-t-elle pris un certain nombre de dispositions, dont l'organisation, en 1983, d'une réunion à laquelle ont assisté tous les coordonnateurs de programmes d'appui pour discuter les problèmes de gestion et, bien entendu, de coordination. D'autres réunions de ce genre ont eu lieu en 1984 et 1986 et une autre encore était prévue pour 1988.

Pour la plupart des programmes, l'Agence organise des réunions périodiques, annuelles ou semestrielles pour passer en revue le travail accompli et étudier toutes les nouvelles propositions. Elle désigne aussi un responsable pour chaque projet et pour chaque programme national. En outre, elle organise de temps à autre des réunions techniques pour étudier des problèmes précis; deux de ces réunions ont eu lieu en 1987.

Tous les deux ans, l'Agence collecte l'ensemble de l'information relative aux travaux de recherche et développement (provenant principalement des programmes d'appui) et fait un rapport sur le développement des garanties, qui rend compte de l'ensemble des travaux accomplis au cours des deux dernières années et décrit brièvement toutes les opérations en cours relevant des programmes d'appui des Etats Membres (*voir le tableau des réunions de coordination en 1987*).

Quelques résultats

Comme on l'a déjà dit, ces travaux portent sur l'ensemble du domaine des garanties. Dans le secteur du matériel, il n'est pas possible de rendre compte de tous les travaux entrepris au titre des programmes d'appui; nous nous limiterons donc à quelques instruments couramment utilisés par l'Agence. Aux fins de la comptabilité matières, les inspecteurs de l'Agence emploient fréquemment du matériel d'analyse non destructive principalement destiné à mesurer les rayons gamma et les neutrons émis par diverses matières nucléaires.

Spectrométrie des rayons gamma. Les principaux instruments de mesure des rayons gamma sont le compteur à scintillation — comportant généralement un cristal d'iodure de sodium (NaI) activé — et le détecteur semi-conducteur — généralement un cristal de germanium (Ge) de grande pureté. Les détecteurs au NaI ont un faible pouvoir de résolution en énergie mais un

Les garanties

Réunions de 1987

<i>Réunions techniques:</i>	<i>Date:</i>	<i>Participants:</i>
Réunion sur l'analyse des échantillons de Pu de l'ordre du mg	Juillet 1987	Laboratoires du réseau: CEN-Belgique, NBL-Etats-Unis, CEA-France, ECN-Pays-Bas, CCL Tchécoslovaquie
Réunion de groupe consultatif sur la mesure par AND du combustible épuisé des réacteurs de puissance	Novembre 1987	Argentine, Australie, Autriche, Belgique, Bulgarie, Canada, Etats-Unis, Euratom, Finlande, France, Hongrie, Italie, Japon, RDA, RFA, Royaume-Uni, Suède, Tchécoslovaquie, URSS.

Réunions pour l'examen des programmes d'appui

Date et lieu de la réunion

Programme URSS	Mars (Autriche)
Programme Canada	Mai (Autriche)
Programme Etats-Unis	Mai (Etats-Unis)
Programme Italie	Mai (Italie)
Programme Japon	Juin (Autriche)
Programme République fédérale d'Allemagne	Juin (Autriche)
Programme Suède	Août (Autriche)
Programme France	Septembre (Autriche)
Programme Euratom	Octobre (Euratom, Centre d'Ispra, Italie)
Programme Canada	Octobre (Canada)
Programme République fédérale d'Allemagne	Novembre (RFA)
Programme Italie	Novembre (Autriche)
Programme Etats-Unis	Novembre (Autriche)
Programme Royaume-Uni	Novembre (Royaume-Uni)

rendement de détection bien meilleur que celui des détecteurs au germanium. Ces derniers, en revanche, ont un fort pouvoir de résolution et sont donc capables de lire des spectres gamma complexes, donnant ainsi beaucoup plus de précisions sur les matières examinées.

Des mesures par spectrométrie gamma tant à faible qu'à forte résolution sont pratiquées aux fins des garanties. Pour la spectrométrie à faible résolution, les inspecteurs utilisent communément un indicateur de spectre gamma (HM-4) muni d'une crose qui permet de le tenir à la main. L'instrument fonctionne sur piles, comporte un cristal détecteur en NaI et un affichage digital, et possède une bonne sélectivité en énergie. Conçu dans le cadre d'un programme national d'appui, il remplace en partie l'ensemble de spectrométrie gamma à stabilisateur de pic (SAM-2), de fabrication plus ancienne. Il est actuellement d'un usage courant, essentiellement pour la mesure de l'uranium non irradié.

Pour la spectrométrie à forte résolution, on utilise principalement un analyseur multicanal associé à un détecteur au germanium. Grâce à son fort pouvoir de résolution, ce genre de détecteur permet de discriminer et de mesurer les pics d'un spectre complexe de rayons gamma, impossible à résoudre par la spectrométrie à scintillation, par exemple lorsqu'il s'agit de déterminer la composition isotopique du plutonium par une technique non destructive. Cet instrument a servi à plusieurs fins, dont la mesure de matières contenant du plutonium et la détermination de l'enrichissement de l'hexafluorure d'uranium en bouteille. L'analyseur

multicanal Silena Cicero à détecteur au germanium est un des instruments les plus couramment utilisés par les inspecteurs de l'Agence. Un modèle portatif récemment mis au point dans le cadre d'un programme d'appui peut être utilisé pour la spectrométrie gamma à faible et forte résolution et possède maintes des fonctions du SAM-2.

Comptage des neutrons. L'appareil le plus utilisé pour cette opération est le compteur de neutrons à coïncidence pour taux de comptage élevé qui discrimine entre les neutrons provenant de la fission spontanée des isotopes du plutonium et ceux qui produisent les réactions (α, n). Selon la cellule de détection employée, cet appareil peut servir à mesurer diverses matières nucléaires contenant du plutonium. Il est, lui aussi, le produit d'un programme d'appui (*voir la liste du matériel d'analyse non destructive dont dispose l'Agence*).

Confinement et surveillance. La surveillance optique est largement utilisée pour suivre le mouvement des matières nucléaires et observer en continu les matières stockées, tel le combustible nucléaire épuisé.

L'Agence emploie essentiellement un système à deux caméras Minolta fonctionnant image par image et actionné par une minuterie à quartz conçue par l'Agence. Plus de 200 unités sont en service, mais l'appareil ne se trouve plus sur le marché, car il n'est plus fabriqué, d'où la nécessité de mettre au point un nouveau système dans les meilleurs délais. Plusieurs

Les garanties

Matériel d'analyse non destructive

Instruments de mesure gamma à faible résolution (HM-4, SAM-2, Pitman 322C)	75
Analyseurs multicanaux gamma à faible et forte résolution (portatifs)	38
Spectromètres gamma à forte résolution (analyseurs multicanaux Silena à détecteur au germanium)	47
Compteurs de neutrons à coïncidence (pour taux de comptage élevé et autres détecteurs munis d'un circuit à coïncidence)	46
Renforceur d'image de l'effet Cerenkov (vision de nuit)	25
Jauges d'épaisseur aux ultrasons	20
Appareil de pesage	13
Densitomètres de discontinuité K	2
Détecteurs à chambre d'ionisation/chambre de fission pour combustible épuisé	2

(Stock fin 1987)

programmes d'appui s'occupent activement du problème et l'Agence compte disposer, dans deux ou trois ans, de systèmes vidéo en circuit fermé adaptés à ses besoins.

Par ailleurs, il existe un système de sécurité comprenant l'enveloppe de confinement des matières nucléaires soumises aux garanties, les fixations des scellés (fils métalliques, par exemple) et les scellés eux-mêmes. Le scellé métallique du type E, généralement utilisé, est associé à un fil de cuivre ou d'acier noué ou replié à l'intérieur de la capsule. Chaque scellé est numéroté et porte, à l'intérieur, une marque d'identification qui lui est propre et dont il est pris note avant la remise du scellé à son utilisateur. Les scellés levés sont renvoyés au Siège pour identification. On étudie actuellement plusieurs variantes de scellés contrôlables sur place, ce qui éviterait d'avoir à les déposer pour les renvoyer au Siège (voir la liste du matériel de confinement et de surveillance dont dispose l'Agence). En 1986, 10 300 scellés ont été contrôlés au Siège de l'AIEA au moyen d'un système vidéo à disque.

Il y a longtemps déjà que chercheurs et ingénieurs se sont mis au service des garanties de l'Agence, et de grands progrès ont été faits grâce à l'active collaboration des Etats Membres. Il semble que cette activité soit parvenue à maturité si l'on en juge par la quantité de matériel et toutes les techniques et autres productions qui en sont le fruit, et dont l'Agence fait désormais un large usage.

Il faut néanmoins poursuivre ces travaux, car plusieurs rapports successifs sur l'application des garanties ont signalé des difficultés dont certaines sont dues au fait que l'on ne dispose pas de techniques appropriées pour mesurer certains types de matières nucléaires, tandis que d'autres sont imputables au mauvais fonctionnement des appareils. Il est donc urgent de mettre au point des matériels plus fiables.

Il importe également de se préparer aux changements qui vont intervenir dans l'industrie nucléaire. Celle-ci évolue en effet vers une automatisation plus poussée,

notamment dans les installations du cycle du combustible, laquelle peut rendre très difficiles certaines des vérifications qui incombent à l'Agence. Les possibilités d'accès des inspecteurs risquent d'être extrêmement limitées et il se peut même qu'il soit impossible de procéder directement à des analyses non destructives ou de prélever des échantillons. Aussi un effort constant de recherche et développement est-il essentiel si l'on veut que les garanties demeurent efficaces.

Evolution et perspectives

Comme on vient de le voir, les programmes nationaux d'appui sont profitables tant à l'Agence qu'aux Etats Membres et l'on peut donc prévoir qu'ils se multiplieront. En effet, la République démocratique allemande a annoncé en septembre 1987 qu'elle prévoyait de lancer un programme en janvier 1988, et il est fort probable que d'autres suivront.

Il est peu probable, en revanche, que l'Agence voie augmenter les ressources destinées à la coordination des programmes d'appui, étant donné la politique budgétaire de croissance nulle actuellement suivie.

Besoins futurs de recherche et développement.

L'Agence vient de répertorier les besoins de toutes les divisions de son Département des garanties et en adresse une liste à la direction des programmes d'appui. Indépendamment de cet appel général, des demandes sont faites individuellement à l'occasion des réunions d'examen des programmes. Les travaux à entreprendre dans les divers domaines sont nombreux et il est impossible de les mentionner tous dans ce bref exposé.

● *Amélioration de la fiabilité des systèmes C/S.* Lors de l'application future des garanties dans certaines conditions, on peut prévoir qu'il sera extrêmement difficile de procéder à une nouvelle mesure des matières une fois que leur comptabilisation sera terminée. En pareil cas, le système de confinement et de surveillance revêt une importance capitale; c'est pourquoi il est indispensable d'en améliorer la fiabilité.

● *Mesures de contrôle dans les installations automatisées.* Comme on l'a vu, il s'agit là d'un véritable défi que l'on ne pourra relever qu'en combinant l'analyse destructive et non destructive avec les techniques C/S. Il faut aussi raffiner les méthodes d'authentification, car il est à prévoir que l'Agence se verra souvent dans l'obligation d'utiliser les moyens informatiques ou le système de mesure de l'exploitant.

Matériel de confinement et de surveillance

Appareils photographiques de surveillance	287
Appareils de télévision en circuit fermé	36
Compteurs de faisceaux de combustible épuisé	16
Dispositifs vidéo de surveillance spécialement conçus par l'Agence	2
Caméra TV immergée	1

(Stock fin 1987)

● *Mesure du plutonium dans le combustible épuisé.* Il n'existe pas encore de technique fiable et non intrusive pour mesurer les teneurs du combustible épuisé en plutonium et uranium.

● *Amélioration du rendement des opérations de contrôle.* Considérant la situation budgétaire de l'Agence, caractérisée par une croissance nulle, et l'augmentation probable du nombre d'installations nucléaires soumises aux garanties, les travaux de recherche et développement visant à réduire les ressources humaines et financières nécessaires aux garanties sont du plus grand intérêt.

On pourrait, par exemple, reconsidérer le système en étudiant la possibilité de décider au hasard quelles inspections effectuer. On pratique déjà l'échantillonnage aléatoire lorsqu'il s'agit de contrôler de grandes quantités de matières sous forme d'articles dénombrables. Il y aurait intérêt, par conséquent, à appliquer le même principe aux inspections afin de réduire le nombre des visites d'installations, notamment au niveau du cycle du combustible.

De même, le rendement des opérations serait amélioré si les inspecteurs étaient assistés dans l'examen des nombreuses photographies produites par le système de surveillance. Cette tâche exige en effet beaucoup de temps et l'on pourrait l'abrégier très sensiblement, et épargner ainsi du personnel, en appliquant les techniques du traitement de l'image.

● *Coordination des programmes d'appui.* Plusieurs propositions ont été faites pour maintenir les activités des programmes à leur niveau actuel. Les diverses formules possibles sont encore à l'examen et celles que choisiront les parties intéressées, c'est-à-dire l'Agence et la direction des programmes, différeront peut-être de celles qui sont énumérées ci-après.

● *Classement des tâches en fonction de l'intervention qu'elles exigent de l'Agence.* Toutes les tâches (actuellement 270 réparties entre 12 programmes) n'impliquent pas la même participation de l'Agence. Pour certaines, l'Agence doit désigner un responsable de projet (pris généralement dans une division d'appui) et réserver du personnel des divisions chargées des opérations, ce qui suppose un gros effort, tandis que d'autres n'exigent qu'une participation minimale. Il conviendrait de réduire le nombre des travaux qui appellent une importante intervention de l'Agence.

● *Coopération entre programmes d'appui.* La coordination des programmes a révélé des situations que les programmes eux-mêmes peuvent parfaitement régler entre eux. Cette solution s'est avérée très efficace en ce qu'elle a permis de réaliser un excellent travail tout en ne faisant appel qu'à un minimum de personnel de l'Agence. Cette coopération doit être encouragée afin de réduire encore la contribution de l'Agence.

● *Prise en charge par les programmes d'appui d'une plus forte proportion des travaux.* Les programmes peuvent mener de nombreux travaux à terme si on les charge d'organiser les essais sur place, de préparer la documentation et de trouver des fournisseurs de matériel.

● *Réduction de la charge administrative.* Une partie de l'administration pourrait être assurée par les programmes. En particulier, la fourniture d'un plus grand nombre d'experts à titre gratuit, dans le cadre de directives générales, faciliterait grandement la tâche administrative de l'Agence. Il conviendrait aussi d'organiser moins de réunions d'examen des programmes impliquant une large participation de l'Agence.

Conclusions

Au cours des quelque vingt dernières années, les Etats Membres et l'Agence ont mis en œuvre des moyens considérables pour perfectionner la technologie au service des garanties et peuvent se flatter de réalisations tout à fait remarquables. Les techniques ne cessent pas pour autant de progresser pratiquement d'un jour à l'autre, et la technologie nucléaire ne fait pas exception. Aussi faut-il pousser la recherche et le développement si l'on veut résoudre les problèmes qui se posent dans l'immédiat, tels ceux que nous signalent les rapports sur l'application des garanties, ou se préparer aux changements qu'apporteront l'automatisation, l'avènement des réacteurs surgénérateurs rapides et l'implantation de grandes installations de retraitement du combustible.

Il est donc indispensable de maintenir les programmes d'appui des Etats Membres et de bien orienter leurs activités. Cependant, il est impératif de réduire au minimum les ressources destinées à la coordination des travaux de recherche et développement. Il y a maintes façons de parvenir à ces fins.