

# Situation actuelle des garanties de l'Agence appliquées aux installations du cycle du combustible nucléaire

---

## INTRODUCTION

Cet article a pour objet d'examiner les méthodes auxquelles l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) recourt actuellement pour appliquer les garanties à divers types d'installations du cycle du combustible nucléaire. Il traite des objectifs et des critères qui, en matière de garanties, sont utilisés pour la planification des inspections de l'Agence, ainsi que des diverses techniques de garanties particulières qu'emploie l'Agence. La première partie contient des généralités et présente une vue d'ensemble des garanties, ainsi qu'un examen des modalités de l'application des garanties à la grande majorité des installations qui y sont soumises. La partie II traite successivement de diverses catégories d'installations et présente les mesures particulières qui y sont prises pour l'application des garanties. Selon la catégorie, le système de garanties est plus ou moins perfectionné, en raison du fait notamment que l'Agence dispose pour certains types d'installations d'une expérience plus longue que pour d'autres. Il en est ainsi par exemple des réacteurs de puissance thermiques, et en particulier des réacteurs à eau légère. En revanche, l'Agence n'a qu'une expérience limitée de l'application des garanties à des réacteurs surgénérateurs rapides, bien que des garanties soient à présent appliquées à plusieurs réacteurs de ce type et à leurs installations de soutien. Quant aux installations contenant des matières en vrac, l'Agence dispose d'une expérience appréciable pour certaines catégories d'installations, à savoir les usines de transformation et les usines de fabrication. Cependant, son expérience est limitée dans le domaine des usines de retraitement et inexistante dans celui des usines d'enrichissement, catégorie dans laquelle l'Agence commence à peine à appliquer des garanties. Pour certains types d'installations telles que les usines d'enrichissement et les grandes usines de retraitement, les modalités d'application des garanties n'ont pas encore été arrêtées définitivement mais les grands principes en sont déjà apparents et sont exposés dans le présent article.

Cette entrée en matière fait bien apparaître le caractère dynamique des garanties de l'Agence qui se trouvent en constante évolution. Il en est ainsi non seulement du fait que des installations de plus en plus grandes et de plus en plus complexes sont soumises aux garanties; des modifications sont en effet aussi apportées au système en fonction des enseignements tirés de l'expérience pratique et des résultats de travaux d'étude et de recherche qui visent à améliorer l'efficacité des garanties, à réduire l'interférence avec les opérations de la centrale, à limiter au minimum la radioexposition de l'exploitant et de l'inspecteur, et à diminuer le rôle des évaluations subjectives dans la détermination de l'efficacité des garanties. Les programmes d'appui technique de divers pays jouent à cet égard un rôle important.

Enfin, il convient de préciser que le présent article ne vise pas à donner une évaluation de l'efficacité des garanties de l'Agence ou à mettre en lumière les problèmes qui se posent. Son propos est simplement de présenter les garanties telles qu'elles sont appliquées actuellement aux différents stades du cycle du combustible ou telles qu'elles le seront à l'avenir.

## PREMIERE PARTIE – GENERALITES

### Attributions de l'Agence en matière de garanties

Conformément à l'alinéa 5 de l'Article III du Statut de l'Agence, celle-ci a pour attributions:

“D’instituer et d’appliquer des mesures visant à garantir que les produits fissiles spéciaux et autres produits, les services, l’équipement, les installations et les renseignements fournis par l’Agence ou à sa demande ou sous sa direction ou sous son contrôle ne sont pas utilisés de manière à servir à des fins militaires; et d’étendre l’application de ces garanties, à la demande des parties, à tout accord bilatéral ou multilatéral ou, à la demande d’un Etat, à telle ou telle des activités de cet Etat dans le domaine de l’énergie atomique”.

Les Etats acceptent ces garanties soit au moyen d’un “accord de projet” portant sur la fourniture par l’Agence ou par son intermédiaire de matières, de matériel et d’installations particuliers, d’un “accord de transfert des garanties” par lequel un Etat transfère à l’Agence ses responsabilités en matière de garanties, telles qu’elles sont énoncées dans ses accords de coopération, d’une “soumission unilatérale” par un Etat aux garanties de l’Agence de certaines installations ou matières nucléaires, ou de toutes ses activités nucléaires, soit au moyen d’un accord qu’ils concluent dans le cadre du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP).

Le système de garanties de l’Agence est formulé dans deux de ses documents: INFCIRC/66/Rev.2 et INFCIRC/153. Le premier document sert de base aux accords de projets, aux accords de transfert et aux accords de soumission unilatérale en vertu desquels le matériel, les installations, les matières nucléaires, ou d’autres matières et renseignements sont soumis aux garanties. Le second document sert de base à tous les accords conclus avec les Etats non dotés d’armes nucléaires parties au TNP, en vertu desquels toutes les matières nucléaires utilisées par un Etat dans l’ensemble de ses activités nucléaires pacifiques sont soumises aux garanties. Le document INFCIRC/153 définit l’objectif des garanties et, en outre, oblige l’Agence à formuler, en se fondant sur certaines de ses activités de vérification, des conclusions techniques portant sur la différence d’inventaire pour chaque zone de bilan matières. Le document INFCIRC/66/Rev.2 ne comporte pas le même genre d’obligations pour l’Agence mais, conformément au Statut, celle-ci a pour attribution de s’assurer que les accords de garanties sont respectés et, en cas de violation, d’en rendre compte au Conseil des gouverneurs. En ce qui concerne les matières nucléaires, le document INFCIRC/66/Rev.2 permet à l’Agence de tirer le même genre de conclusions que celles qui sont spécifiées dans le document INFCIRC/153. L’Agence doit déterminer dans chaque cas particulier si les modalités de vérification des matières nucléaires qu’elle applique lui permettent de s’acquitter de ses obligations quant au contrôle du matériel, des installations, des matières non nucléaires ou des éléments provenant de renseignements technologiques.

### Objectifs et critères

L’engagement fondamental de l’Etat signataire d’un accord de garanties du type TNP consiste à “accepter des garanties, conformément aux termes de l’accord, sur toutes les matières brutes et les produits fissiles spéciaux dans toutes les activités nucléaires pacifiques exercées sur le territoire de l’Etat, sous sa juridiction, ou entreprises sous son contrôle en quelque lieu que ce soit, à seule fin de vérifier que ces matières et produits ne sont pas détournés vers des armes nucléaires ou d’autres dispositifs explosifs nucléaires”.

L’objectif des garanties, tel qu’il est défini dans ce type d’accord, est de “détecter rapidement le détournement de quantités significatives de matières nucléaires des activités nucléaires

**Tableau 1. Quantités seuil et quantités significatives pour les garanties**

**A. Quantités seuil**

| Matière                          | Quantité seuil | La quantité seuil s'applique à: |
|----------------------------------|----------------|---------------------------------|
| Pu ( $^{239}\text{Pu} > 95\%$ )  | 8 kg           | Tout l'élément                  |
| $^{233}\text{U}$                 | 8 kg           | Tout l'isotope                  |
| U ( $^{235}\text{U} > 90-95\%$ ) | 25 kg          | $^{235}\text{U}$                |

**B. Quantités significatives pour les garanties**

| Matière                      |                                                          | Quantité significative pour les garanties | La quantité significative pour les garanties s'applique à: |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Matières "d'emploi direct"   | Pu                                                       | 8 kg                                      | Tout l'élément                                             |
|                              | $^{233}\text{U}$                                         | 8 kg                                      | Tout l'isotope                                             |
|                              | U ( $^{235}\text{U} \geq 20\%$ )                         | 25 kg                                     | $^{235}\text{U}$                                           |
|                              | Plus les règles applicables aux mélanges, le cas échéant |                                           |                                                            |
| Matières "d'emploi indirect" | U ( $^{235}\text{U} < 20\%$ )*                           | 75 kg                                     | $^{235}\text{U}$                                           |
|                              | Th                                                       | 20 t                                      | Tout l'élément                                             |
|                              | Plus les règles applicables aux mélanges, le cas échéant |                                           |                                                            |

\* Y compris l'uranium naturel et l'uranium appauvri.

pacifiques vers la fabrication d'armes nucléaires ou autres dispositifs nucléaires explosifs ou à des fins inconnues, et de dissuader tout détournement par le risque d'une détection rapide". L'expression "à des fins inconnues", incluse dans ce texte, est très importante du point de vue de l'application pratique des garanties car elle signifie que l'Agence n'a pas à déterminer l'usage auquel les matières détournées sont destinées, et notamment qu'elle n'a pas à déterminer si les matières nucléaires sont détournées vers "la fabrication d'armes nucléaires ou autres dispositifs explosifs nucléaires".

Les notions représentées par les expressions "déceler rapidement" et "quantités significatives" ont été quantifiées au cours de l'application des accords de garanties. En outre, le Groupe consultatif permanent sur l'application des garanties a examiné la notion de "quantité significative" et celle de "délai de découverte", qui sont essentielles pour apprécier

l'efficacité, et a approuvé provisoirement les valeurs utilisées par le Secrétariat comme quantités significatives. Ces valeurs figurent dans le tableau 1 où elles sont rapprochées des "quantités seuils". On appelle "quantité seuil" de matières nucléaires la quantité approximative de produits fissiles spéciaux nécessaire pour un dispositif explosif nucléaire. Par "quantité significative" de matières nucléaires ou "quantité significative pour les garanties" on entend la quantité approximative de matières nucléaires pour laquelle, compte tenu de tous les procédés de transformation applicables, la possibilité de fabriquer un dispositif explosif nucléaire ne peut être exclue.

La rapidité de la découverte est une autre notion essentielle dans le système de garanties de l'Agence et doit être considérée avec attention lors de l'évaluation de l'efficacité. Le système de garanties de l'Agence pose comme principe que le détournement d'une quantité significative de matières nucléaires, qu'il soit le résultat d'une opération ponctuelle ou progressive, doit être découvert dans les délais voulus. L'Agence détermine pour chaque cas particulier la fréquence à laquelle elle doit tirer des conclusions quant à un détournement éventuel, ainsi que la quantité de matières à laquelle se rapportent ces conclusions, la probabilité de découverte et la probabilité d'une fausse alerte. Le Secrétariat a établi et mis à l'essai des critères de rapidité chaque fois qu'une installation d'un type particulier entrainait pour la première fois dans le domaine d'application des garanties. Quand il s'agit de vérifier avec précision tous les éléments du bilan matières et rechercher ensuite la différence d'inventaire avant d'en apprécier les causes, la rapidité de la découverte dépend avant tout de la fréquence des inventaires physiques. Cependant, dans les cas où la fréquence de ces inventaires et de leur vérification, nécessaire pour garantir la découverte d'un détournement dans les temps voulus, générerait sérieusement l'exploitation de la centrale, la rapidité de la découverte doit être assurée par une grande fréquence des activités d'évaluation des quantités de matière nucléaire présentes dans la centrale.

Les critères de rapidité ont été récemment examinés lors de deux réunions du Groupe consultatif permanent sur l'application des garanties qui a provisoirement recommandé au Directeur général que la notion de "délai de découverte" soit retenue pour définir le critère de rapidité et que sa durée soit du même ordre de grandeur que le "délai de transformation", compte tenu de toutes les restrictions associées à la définition de ces deux notions. En règle générale, on entend par "délai de transformation" le temps minimum requis pour transformer différentes formes de matières nucléaires en composants métalliques d'un dispositif explosif nucléaire et par "délai de découverte" le temps maximum susceptible de s'écouler entre un détournement et sa découverte par l'Agence dans le cadre de ses activités de garanties. Les délais de transformation concernant diverses catégories de matières ont été évalués par le Groupe consultatif permanent sur l'application des garanties et figurent dans le tableau 2.

En attendant que l'expérience pratique et les débats du Groupe consultatif permanent sur l'application des garanties et d'autres groupes consultatifs permettent de formuler de nouvelles conclusions, le Secrétariat continue d'utiliser les valeurs en question.

Outre ces principes généraux concernant la rapidité et les quantités significatives, l'Agence doit s'efforcer de mettre au point un système de garanties qui permette d'atteindre ces objectifs avec une certaine probabilité. Le degré de cette probabilité doit lui-même être défini. Ni le document INFCIRC/66/Rev.2 ni le document INFCIRC/153 ne font état d'un degré de certitude de découverte, mais l'Agence a interprété ces documents comme s'ils définissaient implicitement cette notion. La valeur *a priori* de la probabilité de découverte recherchée est habituellement égale ou supérieure à 90% et le plus souvent elle est de 95%.

Les objectifs quantitatifs spécifiques concernant des installations particulières sont examinés dans la partie II.

**Tableau 2. Estimation des délais de transformation des matières**

| Catégorie | Etat initial des matières                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Etat final des matières                          | Délai de transformation estimé |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1         | Pu, uranium fortement enrichi*, ou $^{233}\text{U}$ métal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Composants finis de plutonium ou d'uranium métal | 7 à 10 jours                   |
| 2         | $\text{PuO}_2$ , $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ ou autres composés purs.<br>Uranium fortement enrichi ou oxyde de $^{233}\text{U}$ ou autres composés purs.<br>MOX ou autres mélanges purs non irradiés de Pu ou U [ $(^{233}\text{U} + ^{235}\text{U}) \geq 20\%$ ].<br>Pu, uranium fortement enrichi et/ou $^{233}\text{U}$ sous forme de rebuts ou autres composés impurs | Composants finis de plutonium ou d'uranium métal | 1 à 3 semaines**               |
| 3         | Pu, uranium fortement enrichi ou $^{233}\text{U}$ contenu dans des combustibles irradiés                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Composants finis de plutonium ou d'uranium métal | 1 à 3 mois***                  |
| 4         | U contenant < 20% de $^{235}\text{U}$ et $^{233}\text{U}$ ; thorium                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Composants finis de plutonium ou d'uranium métal | de l'ordre de 1 année          |

\* Uranium enrichi à 20% ou davantage en  $^{235}\text{U}$ .

\*\* La fourchette indiquée (1 à 3 semaines) ne s'explique en totalité par aucun facteur pris isolément; toutefois, le délai se situera plutôt vers la limite inférieure pour les composés purs, et vers la limite supérieure pour les mélanges et les rebuts.

\*\*\* Selon le degré d'irradiation du combustible.

### Concepts fondamentaux et modalités d'action

La méthode fondamentale suivie par l'Agence pour atteindre les objectifs mentionnés ci-dessus consiste en un processus de vérifications présentant trois aspects principaux:

#### 1) Examen des renseignements fournis par l'Etat à titre de:

- renseignements descriptifs;
- rapports comptables;
- rapports spéciaux;
- précisions et éclaircissements concernant les rapports;
- notification préalable des transferts internationaux.

## 2) Renseignements obtenus par l'Agence au cours:

- des inspections visant à vérifier les renseignements descriptifs;
- des inspections *ad hoc* et des inspections régulières;
- des inspections spéciales.

## 3) Evaluation des renseignements fournis par l'Etat et réunis au cours des inspections afin de déterminer si les renseignements fournis par l'Etat sont complets, justes et exacts.

Pour atteindre les objectifs des garanties tout en réduisant au minimum les incidences sur l'exploitation des installations, l'Agence s'est fixée notamment les trois grands principes d'action suivants:

- contrôle efficace, en certains points stratégiques, du mouvement des matières brutes et des produits fissiles spéciaux à l'aide d'appareils et d'autres techniques;
- établissement périodique de bilans matières sur la base d'un inventaire physique et leur vérification;
- vérification indépendante par l'Agence de toute la comptabilité des matières nucléaires soumises aux garanties, au moyen d'analyses chimiques et de mesures non destructives.

En ce qui concerne ce dernier point, le principe fondamental du système des garanties de l'Agence veut que les renseignements fournis par la partie inspectée soient comparés avec les résultats de la vérification indépendante et les observations de l'Agence. Etant donné qu'un détournement peut être le fait de l'Etat aussi bien que de l'exploitant d'une installation, d'un individu ou d'un groupe d'individus, il est nécessaire que l'Agence procède à une vérification indépendante des renseignements fournis par l'Etat.

Les deux documents — INFCIRC/66/Rev.2 et INFCIRC/153 — stipulent que l'Etat doit communiquer des renseignements à l'Agence. Il doit notamment:

- fournir à l'Agence des renseignements portant sur les caractéristiques de conception de l'installation et d'autres renseignements se rapportant aux garanties;
- tenir une comptabilité pour chaque installation ou chaque zone de bilan matières;
- fournir à l'Agence des rapports sur les matières nucléaires, établis sur la base de cette comptabilité.

L'existence d'un système national de comptabilité et de contrôle est une condition préalable à l'application de garanties internationales efficaces mais il ne peut remplacer celles-ci. L'Agence tient compte de l'efficacité technique de ce système lorsqu'elle effectue ses vérifications. Il est précisé dans les accords du type INFCIRC/153 que "l'Etat établit et applique un système de comptabilité et de contrôle pour toutes les matières nucléaires soumises à des garanties ...". Aux termes de ces accords, le système de comptabilité et de contrôle doit être fondé sur une structure de zones de bilan matières et doit comporter un système de mesures, un système de comptabilité et de rapports, des règles d'inventaire physique, et un ensemble de mesures visant à garantir que les règles de comptabilité ainsi que les autres dispositions sont correctement appliquées. Le document INFCIRC/66/Rev.2 ne mentionne pas de façon explicite un système national de comptabilité et de contrôle des matières nucléaires ni aucun des éléments d'un tel système mentionnés ci-dessus, mais il impose à l'Etat d'établir des relevés comptables et des relevés d'opérations et de soumettre à l'Agence des rapports comptables et des rapports d'opérations.

L'Agence procède à ses vérifications essentiellement au moyen:

- de la comptabilité matières
- du confinement et de la surveillance.

La comptabilité des matières nucléaires est actuellement le mécanisme fondamental des garanties de l'Agence, les techniques de confinement et de surveillance jouant un rôle complémentaire important. Par comptabilité des matières on entend un ensemble de mesures et d'autres déterminations qui permettent à l'Etat, et à l'Agence lorsque celle-ci vérifie les constatations de l'Etat, de connaître de façon régulière l'emplacement des matières nucléaires ainsi que les entrées et les sorties de ces matières pour chaque zone de bilan matières.

Par zone de bilan matières on entend une zone pour laquelle on peut mesurer toutes les entrées et les sorties de matières et établir, si nécessaire, un inventaire des matières. La création des zones de bilan matières est décidée conjointement par l'Etat et l'Agence et leur définition figure dans les arrangements subsidiaires qui précisent les détails de l'accord. Les points stratégiques auxquels sont effectués des mesures sont appelés "points de mesure principaux". Ce sont des emplacements où les renseignements essentiels portant sur les mouvements de matières et leur inventaire peuvent être réunis et vérifiés et dans lesquels les matières nucléaires se présentent sous une forme qui se prête à ce genre de mesure.

Le système de comptabilité de l'Agence comporte les opérations suivantes: détermination initiale du stock physique d'une installation ou d'une zone de bilan matières; tenue à jour du stock comptable sur la base de la détermination initiale et des variations de stocks mesurées ultérieurement; vérification et mise à jour du stock comptable et mesures et vérifications périodiques du stock physique; envoi de rapports par l'Etat à l'Agence. En se fondant sur ces rapports, l'Agence tient une comptabilité parallèle à celle de l'Etat, qui fait l'objet de vérifications et de comparaisons avec les relevés de l'installation. En ce qui concerne les installations qui détiennent des matières nucléaires en vrac non scellées, on constate généralement, à cause des incertitudes de mesure, une certaine différence entre le stock comptable et le stock physique. Il peut également y avoir des écarts pour d'autres raisons, par exemple lorsqu'une partie du stock n'a pas été mesurée, en cas de pertes de matière non mesurées ou en cas de détournement. La différence entre le stock comptable et le stock physique est la "différence d'inventaire" (DI). En tant que variable dérivée de mesures, la DI est comme les mesures elles-mêmes entachée d'incertitude. Elle peut servir à apprécier la possibilité d'un détournement.

Les mesures de confinement permettent, compte tenu des éléments de structure existants tels que conteneurs, cuves ou tuyauteries, de garantir l'intégrité physique d'un lieu ou d'un élément en empêchant tout mouvement clandestin de matière ou de matériel nucléaire. De telles mesures comportent la pose de scellés de dénonciation ou l'installation de dispositifs de surveillance grâce auxquels on pourra constater toute variation du stock d'un conteneur donné. Ces dispositifs ne sont pas utilisés pour les zones ou les structures par lesquelles les matières passent dans le cadre des activités régulières de l'installation. Si un dispositif de confinement risque d'avoir été ou d'être brisé, l'Agence doit en être avertie le plus rapidement possible. Par exemple si l'on constate qu'un scellé a été brisé ou endommagé, on doit en principe en rendre compte immédiatement.

La surveillance consiste en observation humaine et en observation au moyen d'appareils, le but étant de constater les mouvements de matières nucléaires. Par exemple, on peut installer des appareils de prise de vues ou d'autres dispositifs en des points stratégiques pour contrôler les mesures de confinement ou observer les variations de stocks. Des fonctions semblables peuvent être assignées à des personnes placées de façon continue ou périodique aux points d'observation principaux. Si l'Agence applique une surveillance humaine directe, les restrictions imposées à l'accès des inspecteurs en vertu des décisions consignées dans les arrangements subsidiaires qui ont été négociés avec l'Etat devront bien entendu être respectées.

Les techniques de confinement et de surveillance de l'Agence sont conçues et appliquées de façon suffisamment minutieuse pour éviter qu'elles n'apportent de restriction physique supplémentaire au mouvement des matières et aux possibilités d'accès à ces matières; mais elles doivent permettre à l'Agence de savoir si de tels mouvements ou accès ont eu lieu en l'absence des inspecteurs afin de préserver la validité des mesures antérieures des matières nucléaires qu'elle a effectuées et de la renseigner sur les mouvements de matières aux points importants d'un cycle du combustible.

Le système de vérification de l'Agence repose essentiellement sur le droit dont elle dispose de procéder à des inspections dans les installations. Celles-ci sont de trois types: les inspections *ad hoc*, les inspections régulières et les inspections spéciales comme on l'a vu plus haut. L'accent est mis tout particulièrement sur les inspections régulières dont l'accord de garanties spécifie l'intensité et la fréquence maximales. Une partie des inspections régulières peut être inopinée.

L'objectif des inspections régulières est de vérifier que les renseignements contenus dans les rapports soumis par l'Etat sont conformes à ses relevés comptables et relevés d'opérations, de vérifier l'emplacement, l'identité, la quantité et la composition des matières soumises aux garanties et de vérifier les renseignements sur les causes d'écarts entre expéditeur et destinataire, l'incertitude du stock comptable et la différence d'inventaire. Les inspections *ad hoc* visent à vérifier les renseignements descriptifs, les rapports initiaux et les variations survenues ultérieurement ainsi que les matières qui font l'objet de transferts internationaux. Les inspections spéciales sont destinées à vérifier les renseignements contenus dans les rapports spéciaux ou à obtenir des renseignements supplémentaires si l'Agence estime que les renseignements communiqués par l'Etat ou obtenus lors des inspections régulières ne lui suffisent pas pour s'acquitter de ses obligations.

Les activités d'inspection de l'Agence consistent à: examiner la comptabilité pertinente; faire des mesures indépendantes des matières nucléaires soumises aux garanties au moyen d'un matériel appartenant à l'Agence ainsi que du matériel de l'Etat ou de l'exploitant, après vérification de son fonctionnement, de son étalonnage et de son mode d'emploi; obtenir des échantillons et s'assurer qu'ils sont correctement prélevés, traités, manipulés et expédiés; utiliser et entretenir le matériel de surveillance de l'Agence; poser, inspecter, et enlever des scellés.

L'Agence fait son possible pour optimiser le rapport coût-efficacité; à cette fin, elle doit recourir notamment à "la concentration des activités de vérification sur les stades du cycle du combustible nucléaire où sont produites, transformées, utilisées ou stockées des matières nucléaires à partir desquelles des armes nucléaires ou dispositifs nucléaires explosifs peuvent être facilement fabriqués, et la réduction au minimum des activités de vérification en ce qui concerne les autres matières nucléaires, à condition que cela ne gêne pas l'application de garanties par l'Agence". Ainsi, les déclarations sur la différence d'inventaire et les limites d'erreur correspondantes ne doivent pas être nécessairement basées sur des activités de vérification de même intensité dans tous les genres d'installations ou pour tous les types de matières nucléaires. Cependant, ces activités doivent dans tous les cas permettre à l'Agence d'atteindre les objectifs des garanties, c'est-à-dire, de découvrir à temps le détournement éventuel d'une quantité significative de matières nucléaires. Lors de la mise au point de son système de vérification, l'Agence tient compte non seulement de la possibilité de transformer plus ou moins facilement les matières en armes ou en explosifs nucléaires mais également des rapports entre les divers éléments du cycle du combustible nucléaire. Par exemple, bien qu'on ne puisse utiliser de l'uranium faiblement enrichi pour fabriquer directement des armes nucléaires, le fait qu'il puisse servir à la production de plutonium ou qu'il puisse être ultérieurement enrichi ne doit pas être négligé.

Afin que le rapport coût-efficacité soit optimal, sans préjudice pour la capacité de découverte des détournements, l'Agence applique deux méthodes de vérification différentes selon le type d'installation nucléaire. Pour les installations qui produisent ou améliorent des matières nucléaires, telles que les installations d'enrichissement, certains réacteurs de puissance et les réacteurs de recherche les plus importants, et pour les installations de retraitement chimique dans lesquelles les matières produites dans les réacteurs sont séparées des autres composants du combustible irradié, la vérification de tous les mouvements est d'une importance capitale. Dans les autres types d'installations, les inspections consistent principalement en vérification d'inventaire.

Les conclusions que l'Agence tire de ses activités de vérification figurent dans une déclaration, établie pour chaque zone de bilan matières, et qui précise la différence d'inventaire pour une période déterminée, ainsi que les limites d'erreur correspondantes. Il est important que les conclusions techniques des activités de vérification de l'Agence comportent une estimation de l'incertitude globale des mesures de l'exploitant et la différence d'inventaire de l'exploitant ajustée pour tenir compte des différences entre les mesures de l'Agence et celles de l'exploitant. Cette conclusion technique donne une indication de l'exactitude des mesures de l'Agence et du degré de concordance entre les mesures de l'exploitant et celles de l'Agence.

Les résultats des inspections régulières effectuées au titre d'accords de garanties du type TNP sont communiqués à l'Etat intéressé sous forme d'une déclaration. Après un inventaire physique, un second type de déclaration contenant les conclusions des inspecteurs qui ont procédé aux activités de vérification est envoyé à l'Etat. Cette déclaration indique si les matières soumises aux garanties ont été comptabilisées de façon satisfaisante entre deux inventaires physiques successifs. Si l'Agence n'est pas satisfaite des résultats obtenus au cours des inspections, il faut procéder à un nouvel examen et l'Etat doit rechercher les causes des anomalies constatées et prendre les mesures nécessaires pour y remédier. Les déclarations communiquées aux Etats au sujet des garanties appliquées conformément aux accords du type INFCIRC/66/Rev.2 indiquent seulement si l'Agence a décelé ou non des violations de l'accord.

### **Tactiques de détournement**

De nombreuses tactiques de détournement que l'Agence s'efforce de combattre sont communes à plusieurs sinon à tous les types d'installations nucléaires. Par exemple, le contrevenant peut faire inclure dans la différence d'inventaire la quantité détournée, ce qui peut être ou ne pas être accompagné d'une surévaluation de l'incertitude réelle de mesure de la différence d'inventaire. Le contrevenant peut également essayer d'empêcher que la quantité détournée ne figure dans la différence d'inventaire en falsifiant les données relatives aux mouvements ou aux stocks. A cet effet, il peut, par exemple, recourir à l'un des procédés suivants de dissimulation:

- a) sous-évaluer les quantités reçues
- b) surévaluer les expéditions ou déclarer des expéditions fictives
- c) surévaluer les rebuts
- d) surévaluer le stock physique.

La tactique de détournement optimale consiste à combiner le gonflement de la différence d'inventaire et la falsification des données relatives aux mouvements et aux stocks. Dans les différentes sections de la partie II on examine les tactiques de détournement propres à divers types d'installations; cependant, la plupart des techniques de dissimulation peuvent être classées dans l'une ou l'autre des grandes catégories mentionnées ci-dessus.

## **PARTIE II – METHODES DE GARANTIES APPLIQUEES SELON LE TYPE D'INSTALLATION**

### **REACTEURS**

Plusieurs caractéristiques générales sont communes à la plupart des réacteurs de puissance actuellement soumis aux garanties. Dans pratiquement tous les cas le combustible du réacteur se présente sous forme d'article distincts et identifiables (éléments/assemblages). Les renseignements sur les matières nucléaires contenues dans ces articles sont obtenus grâce à des mesures effectuées à l'installation de fabrication du combustible et aux calculs relatifs à la consommation (c'est-à-dire l'appauvrissement provoqué par la combustion nucléaire) et à la production de matières nucléaires (transmutation des matières fertiles en matières fissiles) du réacteur. Il est donc possible de déterminer les quantités de matière nucléaire contenues dans le combustible irradié sur la base de données obtenues dans les installations de fabrication du combustible et compte tenu de la consommation et de la production de matières, puis de confirmer l'exactitude de cette détermination grâce au comptage et à l'identification des articles, à condition d'être sûr que l'intégrité physique de ces articles est maintenue.

On considère généralement qu'un réacteur constitue une seule zone de bilan matières. Il comporte un minimum de trois emplacements de stockage:

- stockage du combustible neuf: une ou plusieurs zones
- cœur de réacteur: une ou plusieurs unités
- stockage du combustible épuisé: une ou plusieurs zones.

Ces emplacements de stockage constituent des points de mesure principaux des stocks. En général les seuls points de mesure principaux des mouvements de matières sont ceux qui indiquent la réception de combustible neuf et l'expédition de combustible épuisé.

Dans le cas du cœur des réacteurs, les risques de détournement sont essentiellement de deux ordres:

- enlèvement d'un ou de plusieurs éléments ou assemblages auxquels sont éventuellement substitués des assemblages falsifiés en totalité ou en partie;
- utilisation de combustible soumis aux garanties pour l'irradiation de matières fertiles non déclarées (et, en conséquence, production de plutonium ou de U-233).

Ces risques sont examinés ci-dessous de façon détaillée pour divers types particuliers de réacteurs.

### **REACTEURS A EAU LEGERE**

#### **Caractéristiques importantes du point de vue des garanties**

Parmi tous les types d'installations nucléaires soumises aux garanties de l'Agence, le réacteur à eau légère semble être celui qui présente le moins de problèmes. Le combustible en est de taille relativement importante et comporte un nombre relativement réduit d'éléments, que ce soit dans le cœur ou dans les piscines de stockage. Le coût de fabrication du combustible neuf, qui contient de l'uranium faiblement enrichi, est élevé. D'autre part, les spécifications imposées à l'usine de fabrication sont si rigoureuses que la quantité d'uranium et son degré d'enrichissement sont connus avec une précision exceptionnelle pour l'ensemble du cycle du combustible. Le degré d'enrichissement du combustible se situe en général entre 1,5 et 4% de U-235. Le combustible se présente généralement sous forme de pastilles de  $\text{UO}_2$  qui sont scellées dans des tubes cylindriques. Les barres sont disposées dans des assemblages combustibles de type matriciel.

En ce qui concerne les réacteurs à eau légère, et dans la mesure où le combustible neuf ne contient pas de plutonium, le combustible épuisé présente, avec le plutonium qu'il contient, un plus grand intérêt stratégique que le combustible neuf. C'est pourquoi l'Agence fait porter davantage ses activités de garanties sur le combustible épuisé. Dans une installation type, la plus grande partie du plutonium produit se trouve dans la piscine de désactivation et le reste dans le cœur. Quant à l'uranium enrichi, il se trouve principalement dans le cœur, en quantité légèrement inférieure dans la piscine et en quantité encore plus faible dans le stock de combustible neuf.

Un réacteur à eau légère est normalement rechargé tous les 12 à 18 mois. On arrête alors le réacteur pour le recharger et effectuer des travaux d'entretien qui durent environ six semaines. Lors de cet arrêt, à peu près un tiers du combustible est déchargé et remplacé. Le combustible qui reste dans le réacteur est généralement réagencé pour la période de fonctionnement suivante. Le combustible neuf arrive en principe sur le site deux à trois mois avant qu'on ne commence la mise à l'arrêt du réacteur. Normalement, les règles de bonne gestion imposent le stockage du combustible irradié dans la piscine de désactivation pendant une durée de six mois à un an avant l'expédition vers une usine de retraitement. Cependant, dans de nombreuses installations, le combustible épuisé est actuellement conservé en piscine plus longtemps. Une piscine type peut recevoir une fois et demie la quantité de combustible contenue dans le cœur.

### Possibilités de détournement

Les exemples suivants de possibilités de détournement, de méthodes de dissimulation et de mesures de garanties correspondantes s'appliquent aux réacteurs à eau légère:

| Possibilités de détournement                                                        | Méthodes de dissimulation                                                                                                                                                        | Mesures de garanties                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Enlèvement d'éléments combustibles du stock de combustible neuf                     | Remplacement par des articles factices                                                                                                                                           | Pose de scellés<br>Mesures par analyse non destructive                                                            |
| Enlèvement d'éléments combustibles du cœur du réacteur                              | Remplacement par des articles factices                                                                                                                                           | Scellés<br>Surveillance optique                                                                                   |
| Irradiation d'éléments combustibles non déclarés dans le cœur                       | Arrêts non déclarés                                                                                                                                                              | Scellés<br>Surveillance optique                                                                                   |
| Enlèvement d'éléments combustibles de la piscine de désactivation                   | Remplacement par des articles factices                                                                                                                                           | Surveillance optique<br>Mesures par analyse non destructive                                                       |
| Enlèvement d'éléments combustibles d'un envoi, au départ de l'installation ou après | Remplacement par des articles factices dans l'envoi.<br>Sous-évaluation du nombre d'éléments expédiés et remplacement par des articles factices dans la piscine de désactivation | Pose de scellés sur les conteneurs avant leur expédition et vérification du contenu à l'installation destinataire |

## Objectif des garanties

Dans le cas des réacteurs à eau légère, l'objectif des garanties de l'Agence est de déceler l'absence d'un ou de plusieurs assemblages de combustible épuisé dans un délai de deux à trois mois et l'absence d'un ou de plusieurs assemblages de combustible neuf dans un délai d'un an. Les techniques de garanties appliquées au combustible déclaré situé dans le cœur du réacteur permettent de découvrir automatiquement l'introduction de combustible non déclaré dans le cœur pendant les mêmes délais; c'est pourquoi il n'est pas établi d'objectif particulier pour l'éventualité d'un détournement de ce type.

## Méthodes de garanties

Les deux systèmes fondamentaux utilisés dans le cadre des garanties pour les réacteurs à eau légère sont la comptabilité et l'identification des éléments, et les techniques de confinement et de surveillance. En tenant une comptabilité des articles, l'inspecteur s'intéresse donc davantage au nombre d'assemblages combustibles qu'aux quantités de matières nucléaires, bien que ce principe soit atténué par le fait que dans de nombreux cas la conception du combustible des réacteurs à eau légère permet d'enlever les aiguilles de combustible des assemblages. On utilise généralement des mesures de confinement et de surveillance pour le contrôle du combustible (irradié). Etant donné que le cœur des réacteurs à eau légère n'est en général pas ouvert plus d'une fois par an, il est souvent possible de sceller le couvercle de la cuve à pression. Les assemblages combustibles des réacteurs à eau légère sont de grandes dimensions et les conteneurs blindés nécessaires à leur transport après irradiation sont très massifs et ne peuvent être déplacés que lentement; aussi cette manœuvre ne peut-elle échapper à un système de surveillance optique. Quant à enlever du combustible irradié sans blindage, cela ne constitue pas une possibilité crédible.

L'Agence effectue habituellement environ quatre à huit inspections des réacteurs à eau légère par an, à raison d'une moyenne de six inspections par installation. En règle générale, l'Agence compte de dix à quinze journées d'inspecteur par an pour un réacteur à eau légère.

Les activités particulières des inspecteurs et l'objet de chacune d'entre elles sont les suivants:

■ **Vérification des relevés comptables et comparaison avec les rapports communiqués à l'Agence:** comme pour toutes les installations qui détiennent des matières soumises aux garanties, on vérifie les relevés comptables afin de déterminer s'ils sont correctement établis (c'est-à-dire cohérents et arithmétiquement exacts). On contrôle également si les renseignements qu'ils contiennent sont complets et conformes aux renseignements qui figurent dans les rapports soumis à l'Agence. Cette activité a pour objet de confirmer l'exactitude du stock comptable déclaré par l'exploitant, c'est-à-dire la quantité de matières dont il doit être rendu compte. Par "rapports" on entend notamment les rapports sur les variations de stock, les rapports sur le bilan matières et les inventaires du stock physique.

■ **Examen des relevés d'opérations et comparaison avec les relevés comptables:** on vérifie les relevés d'opérations de la même façon que les relevés comptables et on les utilise pour déterminer la répartition des assemblages combustibles à l'intérieur de l'installation. Ceci permet un contrôle supplémentaire des variations du contenu du cœur. Par exemple, si un enregistrement graphique indique que le réacteur a fonctionné sans interruption entre deux inspections, on peut penser que le contenu du cœur n'a pas varié. Conformément aux règles actuellement appliquées par l'Agence, la teneur en plutonium du combustible épuisé doit lui être communiquée lors du déchargement du combustible, bien que dans certains cas il n'en soit fait rapport qu'au moment de l'expédition.

■ **Vérification du combustible neuf avant son chargement dans le cœur:** Cette opération a pour objet de confirmer qu'il n'y a pas eu de détournement de combustible neuf. En outre, elle permet d'apprécier l'exactitude des déclarations de l'exploitant en ce qui concerne le combustible qui doit être chargé dans le cœur. Les vérifications physiques comportent un comptage de tous les assemblages stockés et une comparaison des numéros de série des assemblages avec des données indépendantes concernant les assemblages qui devraient en principe se trouver en magasin.

■ **Vérification du cœur:** elle est effectuée par comptage ou identification et comptage des assemblages combustibles en place dans le cœur du réacteur après rechargement et avant la fermeture de la cuve. Des techniques de confinement ou de surveillance sont ensuite appliquées, ce qui permet de vérifier que la cuve du réacteur reste fermée. Ces techniques comportent la pose de scellés (par exemple sur le blindage amovible), ou l'utilisation d'un dispositif de surveillance à prises de vues périodiques, l'intervalle étant inférieur au temps nécessaire pour ouvrir la cuve du réacteur. Dans la mesure où il n'est pas possible de poser des scellés au moment du chargement du réacteur, le combustible qui se trouve dans le cœur doit être soumis à une surveillance au moyen d'un appareil de prise de vues actionné à des intervalles inférieurs au temps requis pour enlever le combustible. Immédiatement après avoir rechargé le réacteur et avant de fermer le cœur, l'exploitant procède à un inventaire physique du contenu du cœur; cet inventaire est ensuite vérifié par l'inspecteur qui, après la fermeture, pose de nouveau des scellés ou rétablit la surveillance optique.

Dans le cas des réacteurs à eau légère, les garanties relatives au combustible épuisé sont appliquées, dans la mesure du possible, au moyen d'appareils de surveillance optique, soit photographique soit vidéo, qui permettent de vérifier qu'aucun conteneur blindé n'a servi pour le transport du combustible. En cas de défaillance ou d'installation tardive des appareils de prise de vues, le comptage des éléments et l'analyse non destructive d'échantillons de combustible épuisé prélevés au hasard permettent de reconstituer ou d'établir l'inventaire.

## REACTEURS DE PUISSANCE RECHARGES EN MARCHE

### Caractéristiques importantes du point de vue des garanties

Les réacteurs de type Magnox et Candu ainsi que certains autres réacteurs de puissance sont rechargés de façon continue sans qu'il soit nécessaire de les arrêter, et cette caractéristique impose le recours à des mesures de garanties beaucoup plus complexes que pour les réacteurs à eau légère. On présente ici principalement des mesures déjà appliquées, sans aborder celles qui sont à l'étude pour les réacteurs de la filière Candu mais qui ne sont pas encore mises en œuvre. Pour enlever le combustible épuisé et ajouter le combustible neuf, on utilise des appareils de manutention télécommandés. Le combustible épuisé est ensuite évacué par une rampe vers la piscine de désactivation où le stockage est effectué dans des paniers ou dans des élévateurs. Le stockage n'est pas toujours effectué de façon à faciliter le comptage des éléments combustibles; en particulier, les paniers sont souvent serrés les uns contre les autres dans les trois directions. Le calendrier des campagnes de retraitement est variable; le combustible irradié est dans certains cas régulièrement expédié par la centrale, tandis que dans d'autres cas il reste longtemps en stock.

Tous les réacteurs de puissance rechargés en marche soumis aux garanties de l'Agence sont alimentés principalement en uranium naturel. Le combustible épuisé contenant le plutonium formé a donc une importance stratégique plus grande que le combustible neuf. C'est pourquoi, dans le cas des réacteurs en question, on s'attache principalement à vérifier le combustible irradié déchargé des réacteurs. Actuellement le système comporte, outre

les mesures de confinement et de surveillance, essentiellement une comptabilité des articles et, dans un nombre de cas croissant, le contrôle des articles déchargés afin de s'assurer qu'il s'agit bien de faisceaux de combustible irradié. L'inspecteur compte visuellement le nombre des faisceaux des éléments ou des assemblages de combustible, et dans certains cas il procède à des mesures qualitatives des matières nucléaires. Cette tâche particulièrement difficile est examinée plus loin. Les techniques d'analyse non destructive peuvent être utilisées en des circonstances particulières, comme le transfert ou l'expédition de combustible, c'est-à-dire quand l'exploitant est amené lui-même à déplacer le combustible irradié.

Certains réacteurs de puissance rechargés en marche soumis aux garanties contiennent du combustible à l'uranium faiblement enrichi ou appauvri ainsi que du combustible à l'uranium naturel. Au moins un réacteur contient du combustible à mélange d'oxydes. Certains réacteurs rechargés en marche sont équipés de barres de dopage à l'uranium faiblement ou fortement enrichi qui permettent de maintenir la criticité en cas de variations sensibles de la puissance de la centrale. Certains réacteurs sont munis de barres au cobalt qui, tout en faisant partie du cœur, ne sont pas du combustible; ces barres sont enlevées du réacteur et manipulées indépendamment du combustible.

Parmi les autres caractéristiques communes à tous les réacteurs de puissance rechargés en marche, il faut noter, outre la haute fréquence de rechargement, le grand nombre de faisceaux combustibles relativement petits et le fait que le cœur demeure inaccessible aux fins de vérification pendant le fonctionnement.

### Possibilités de détournement

Les exemples suivants de possibilités de détournement, de méthodes de dissimulation et de mesures de garanties correspondantes s'appliquent aux réacteurs de puissance rechargés en marche:

| Possibilités de détournement                                                | Méthodes de dissimulation                      | Mesures de garanties                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Enlèvement d'éléments combustibles du stock de combustible neuf             | Remplacement par des articles factices         | Des techniques d'analyse non destructive simples et complexes peuvent servir à la vérification des stocks                                                              |
| Irradiation d'éléments combustibles non déclarés                            | Falsification de la comptabilité               | Etablissement d'inventaires du combustible épuisé aussi complets que possible                                                                                          |
| Enlèvement de combustible irradié du cœur et de la piscine de désactivation | Emprunt temporaire dans d'autres installations | Mesures de surveillance et de confinement au départ des voies possibles de détournement (tous les points importants) entre le cœur et le magasin de combustible épuisé |
|                                                                             | Falsification de la comptabilité               |                                                                                                                                                                        |
|                                                                             | Remplacement par des articles factices         |                                                                                                                                                                        |

| Possibilités de détournement                                                        | Méthodes de dissimulation                                                                                                                                                     | Mesures de garanties                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     |                                                                                                                                                                               | Pose de scellés sur les paniers ou les plateaux de stockage                                                                           |
|                                                                                     | Rendre difficile l'accès aux matières contenues dans la piscine de désactivation                                                                                              | Mesures par analyse non destructive                                                                                                   |
| Enlèvement d'éléments combustibles d'un envoi, au départ de l'installation ou après | Remplacement par des articles factices dans l'envoi. Sous-évaluation du nombre d'éléments expédiés et remplacement par des articles factices dans la piscine de désactivation | Vérification des conteneurs et pose de scellés avant expédition et vérification du contenu à l'installation destinataire, si possible |

### Objectif des garanties

Dans le cas des réacteurs rechargés en marche l'objectif technique des garanties de l'Agence est de déceler l'absence d'un certain nombre de faisceaux combustibles épuisés contenant 8 kg de plutonium dans un délai de deux à trois mois, l'absence de combustible neuf contenant 75 kg d'U-235 dans un délai d'un an, et l'absence d'éléments de dopage contenant 25 kg d'U-235 dans un délai de trois semaines s'il s'agit d'éléments non irradiés, et dans un délai de deux à trois mois s'il s'agit d'éléments irradiés.

### Méthodes de garanties

Dans le cas des réacteurs de puissance rechargés en marche, le volume de l'activité d'inspection de l'Agence varie généralement, selon le type particulier du réacteur, entre 15 et 50 journées d'inspecteur environ, lorsque des dispositifs appropriés de confinement et de surveillance ont été installés. L'Agence effectue environ six inspections par an dans chaque installation de ce type.

Au cours de ces inspections, elle procède aux activités particulières suivantes:

- **Vérification des relevés comptables et comparaison avec les rapports communiqués à l'Agence:** on vérifie les relevés comptables afin de déterminer s'ils sont correctement établis (c'est-à-dire cohérents et arithmétiquement exacts). On contrôle également si les renseignements qu'ils contiennent sont complets et conformes aux renseignements qui figurent dans les rapports soumis à l'Agence. Cette activité a pour objet de confirmer l'exactitude du stock comptable déclaré par l'exploitant, c'est-à-dire la quantité de matières dont il doit être rendu compte. Par "rapports", on entend notamment les rapports sur les variations de stock, les rapports sur le bilan matières et les inventaires du stock physique.
- **Détermination des cadences de chargement et de déchargement du combustible:** cette opération comporte tout un ensemble d'activités dont l'objet est de déterminer la répartition du stock à l'intérieur de l'installation. Les relevés comptables sont comparés aux relevés d'opérations. D'autre part, on vérifie la concordance entre les relevés relatifs au combustible chargé dans le réacteur et les relevés relatifs au combustible déchargé. La vérification physique du magasin de combustible neuf, du moins lors de chaque inventaire

physique, prévient toute éventualité de détournement de combustible neuf et, surtout, permet une détermination indépendante du nombre des éléments chargés puis déchargés, à condition qu'aucun élément combustible non déclaré ne soit introduit dans le circuit. On ne dispose pas encore de compteurs de faisceaux neufs et irradiés pour tous les réacteurs; ces compteurs permettront de déterminer avec précision le nombre des éléments chargés dans le réacteur et déchargés; ils seront particulièrement précieux pour vérifier le nombre des éléments acheminés dans la zone de stockage du combustible épuisé. Cette méthode permettra un contrôle indépendant des relevés d'opérations pertinents.

Le plutonium formé dans les éléments combustibles déchargés du cœur du réacteur est généralement déclaré au moment du déchargement. En se fondant sur l'examen des renseignements descriptifs et sur les calculs relatifs à la combustion nucléaire effectués par l'exploitant, on évalue la quantité de plutonium produit pour vérifier les données qui figurent dans les relevés et les rapports. On recourt parfois à des mesures de spectrométrie gamma pour classer le combustible épuisé en catégories, selon la consommation et la production nucléaires.

Dans ce genre d'installations, les mesures de confinement et de surveillance jouent un rôle prépondérant, bien que la nécessité de recharger le réacteur en permanence limite l'emploi des scellés pour les éléments combustibles. Les inspections portent principalement sur la vérification des transferts de combustible épuisé entre les zones de bilan matières et entre les installations. A cette fin on applique des mesures de confinement à la zone du réacteur (en général seulement aux voies de sortie) et à la zone de stockage du combustible épuisé, au moyen d'une caméra de surveillance par exemple, et l'appareil de contrôle du déchargement compte les éléments combustibles déchargés.

Si l'eau lourde utilisée dans l'installation est soumise aux garanties, l'inspecteur prend connaissance des relevés et des calculs effectués par l'exploitant et relatifs au stock; il peut procéder à une vérification indépendante du stock en pesant les fûts et en prélevant des échantillons au hasard. Si le réacteur est en fonctionnement, ce seul fait prouve que le modérateur est de l'eau lourde.

On trouvera ci-après une description des activités particulières d'inspection intéressant chaque zone d'un réacteur de puissance rechargé en marche:

### **Magasin de combustible neuf**

Compte tenu de l'intérêt stratégique peu important de l'uranium naturel, la vérification du stock physique effectuée à intervalles espacés (par exemple une fois par an) par dénombrement des éléments paraît satisfaisante en ce qui concerne le combustible neuf en magasin.

Le stock physique doit être vérifié tous les ans par comptage des éléments. Il peut représenter plusieurs milliers d'éléments, ce qui rend parfois difficile un comptage exhaustif. Une méthode pratique utilisée pour la vérification du stock physique consiste à dénombrer les boîtes de transfert et à vérifier le nombre d'éléments combustibles contenu dans certaines d'entre elles. On pourra à l'avenir utiliser des compteurs de faisceaux à l'endroit où les éléments combustibles neufs pénètrent dans le dispositif de chargement du réacteur. Lorsqu'on utilise des barres de dopage, il faut en principe les vérifier individuellement.

### **Cœur du réacteur**

A part la vérification des relevés d'opérations concernant le chargement du combustible dans le cœur du réacteur et son déchargement, les activités de vérification régulière se limitent au confinement et à la surveillance.

## Stockage du combustible épuisé

Le stock physique doit être vérifié tous les ans au moment de l'inventaire physique, par comptage des éléments. Il représente généralement plusieurs dizaines de milliers d'éléments ou de faisceaux combustibles. L'établissement de l'inventaire physique du combustible épuisé stocké auprès d'un réacteur rechargé en marche est rendu difficile par ce grand nombre d'éléments, par le fait que certains faisceaux en dissimulent d'autres et, parfois, à cause de l'opacité de l'eau des piscines qui réduit la visibilité. En outre, il est difficile de déterminer quantitativement quelles matières se trouvent dans les assemblages combustibles stockés. Afin d'éviter ces difficultés, l'Agence recourt essentiellement aux systèmes de surveillance optique pour s'assurer qu'aucune variation de stocks non déclarée n'a eu lieu. Si le combustible épuisé est stocké pendant une longue période, les inspecteurs poseront de plus en plus systématiquement des scellés sur les conteneurs renfermant un grand nombre de faisceaux de combustible épuisé.

Un comptage complet des éléments stockés dans la piscine de désactivation est effectué:

- Après chaque expédition lorsque le nombre des éléments expédiés n'a pas été vérifié.
- Au cas où les mesures de confinement et de surveillance n'ont pas permis de s'assurer qu'il n'y a pas eu détournement.
- Au moment de la vérification initiale du stock d'une installation en exploitation.

Si l'exploitant transfère du combustible épuisé hors de la piscine de désactivation en vue d'un stockage à long terme dans une zone auxiliaire ou dans des fûts, l'Agence peut recourir à une inspection continue pendant le transfert. En général, le combustible épuisé vérifié est stocké dans des cages qui sont scellées.

## Expéditions

Des mesures particulières doivent être appliquées lors des expéditions de combustible épuisé (par exemple en vue d'un stockage à long terme). L'inspecteur doit être présent au moment de l'expédition, et il est chargé de poser des scellés sur les châteaux de transport. Lorsqu'on procède à de fréquentes expéditions de combustible épuisé, on fait généralement appel à un système de surveillance photographique fonctionnant à intervalles réguliers déterminés de façon que chaque château de transport quittant le bâtiment soit photographié. En supposant que tous les châteaux de transport sont pleins ou qu'ils contiennent le nombre d'assemblages déclaré par l'exploitant, on peut calculer le nombre des éléments combustibles expédiés, mais ce résultat doit servir uniquement à corroborer d'autres observations. La vérification essentielle est effectuée à l'arrivée du combustible dans l'installation destinataire.

## INSTALLATIONS CONTENANT DES MATIERES EN VRAC

Les installations contenant des matières en vrac et en particulier les usines de retraitement et celles qui transforment et fabriquent du combustible contenant du plutonium ou de l'uranium fortement enrichi sont celles qui correspondent aux phases du cycle du combustible où les matières se prêtent le plus facilement à la fabrication d'armes nucléaires ou d'autres dispositifs explosifs nucléaires. Dans le cas des pays parties au TNP, c'est aux installations de ce type qui se trouvent dans ces pays et qui sont soumises aux garanties que l'Agence, conformément à l'alinéa c) du paragraphe 6 du document INFCIRC/153, consacre une grande partie de ses activités d'inspection. (Il est précisé à l'alinéa c) du paragraphe 6 que l'Agence doit concentrer ses "... activités de vérification sur les stades du cycle du combustible nucléaire où sont produites, transformées, utilisées ou stockées des matières nucléaires à partir desquelles des armes nucléaires ou dispositifs nucléaires explosifs peuvent être facilement fabriqués ...").

Le champ d'application des garanties de l'Agence a été récemment étendu à des installations complexes et de grandes dimensions (grandes par rapport à celles des installations déjà soumises aux garanties) qui contiennent des matières d'une haute valeur stratégique, soit du fait de l'entrée en vigueur de nouveaux accords de garanties, soit en raison de la mise en service d'installations nouvelles. Les installations contenant des matières en vrac qui ont donné à l'Agence la possibilité d'acquérir une grande expérience en matière de garanties sont les installations de transformation et de fabrication.

Dans le cas des installations contenant des matières en vrac, les activités de l'Agence en matière de garanties consistent à établir et à vérifier l'inventaire physique deux fois par an dans les installations qui transforment et fabriquent de l'uranium faiblement enrichi et quatre fois par an dans celles qui traitent l'uranium fortement enrichi ou le plutonium, sauf si l'exploitant assure lui-même un contrôle efficace et précis du mouvement, qui est ensuite vérifié par l'Agence. Dans ce cas l'inventaire physique est établi et vérifié au moins deux fois par an.

## **INSTALLATIONS DE TRANSFORMATION ET DE FABRICATION DU COMBUSTIBLE**

### **Caractéristiques importantes du point de vue des garanties**

S'agissant du cycle du combustible nucléaire, le terme de "transformation" peut s'appliquer indistinctement à l'une ou l'autre des opérations de transformation chimique. Il s'applique ici aux opérations qui précèdent immédiatement la fabrication du combustible, par exemple la transformation de  $UF_6$  en  $UO_2$  avant la fabrication du combustible. Ce type de transformation chimique est parfois effectué dans l'installation même qui fabrique également le combustible. Les déchets de fabrication peuvent être récupérés sur les lieux mêmes de l'installation ou accumulés et expédiés ailleurs par lots. Lorsque la transformation et la fabrication se font toutes deux dans la même installation, il est normal de diviser les opérations en deux zones bilan matières ou plus: une pour la transformation et une autre ou plus pour la fabrication et le traitement des déchets. Si les installations ne procèdent pas aux opérations de transformation, on considère qu'elles ne représentent qu'une zone de bilan matières pour chaque chaîne de transformation et de fabrication. Aux fins du présent document, il est considéré que l'installation en question effectue les opérations de transformation, de fabrication et de traitement des déchets.

A la zone ou aux zones de bilan matières mentionnées ci-dessus, s'ajoute en général une zone de bilan matières de stockage amont où sont rassemblées les données relatives à l'écart entre expéditeur et destinataire ainsi qu'une zone de bilan matières de stockage des produits finis où il est tenu une comptabilité par éléments des assemblages combustibles en attente d'expédition.

Il est établi des points de mesure principaux pour la mesure de toutes les matières premières au moment de leur réception, pour celle des éléments ou des assemblages combustibles avant leur expédition, et pour celle des déchets non récupérés. Il en est également établi pour le transfert des matières intermédiaires entre les zones de bilan matières. Si les déchets de fabrication sont transportés hors de l'installation aux fins de récupération, leur mesure nécessite l'établissement d'un point de mesure principal approprié. Des points de mesure principaux de stockage sont également établis à l'intérieur de l'installation.

Les installations de transformation et de fabrication correspondent aux phases du cycle du combustible où les matières nucléaires se présentent à l'intérieur d'éléments distincts et identifiables. Les opérations de vérification des éléments de matières nucléaires peuvent être simplifiées par l'identification et le comptage des éléments, complétés par des tests qui permettent de vérifier l'intégrité des conteneurs et par un contrôle des scellés de l'Agence. A l'intérieur de l'installation, toutefois, le stock peut dépasser une centaine de tonnes de

matières se présentant sous diverses formes telles que de la poudre pure, des assemblages, des barres, des pastilles non agglomérées, des pastilles agglomérées, des résidus attendant d'être recyclés, et des déchets de formes diverses et hétérogènes. En outre, dans les installations qui fabriquent du combustible d'uranium naturel et faiblement enrichi, seules des mesures de précaution limitées portant sur la toxicité et la criticalité lors de la manipulation des matières sont nécessaires. Il est donc possible à tout moment et à n'importe quel stade du processus de détourner des matières en les prélevant soit directement sur le stock soit lors du traitement pour l'inventaire physique. Le fonctionnement des installations de transformation et de fabrication est généralement arrêté une à quatre fois par an (selon le type d'installations et, dans le cas d'installations de traitement de l'uranium faiblement enrichi, selon la quantité de matières traitée). La production est en principe interrompue environ trois jours selon le type et la dimension de l'installation. Toutes les matières présentes sont fichées et une liste en est établie pour permettre à l'Agence de les vérifier.

### Possibilités de détournement

On trouvera ci-dessous des exemples de possibilités de détournement, de méthodes de dissimulation et de mesures de garanties correspondantes:

| Possibilités de détournement                    | Méthodes de dissimulation                                                                      | Mesures de garanties                                                                                                          |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Enlèvement d'uranium naturel ou enrichi en vrac | Non-déclaration de réception                                                                   | Comparaison des rapports                                                                                                      |
|                                                 | Sous-déclaration des quantités reçues                                                          | Pesage, prise d'échantillons et analyses au hasard des fûts reçus                                                             |
|                                                 | Majoration de l'incertitude des mesures                                                        | Analyse des écarts entre expéditeur et destinataire<br>Mesures indépendantes                                                  |
|                                                 | Remplacement par de l'uranium naturel ou de l'uranium appauvri (dans le cas d'uranium enrichi) | Scellés<br>Mesures par analyse non destructive                                                                                |
|                                                 | Emprunts à d'autres installations                                                              | Inspections simultanées                                                                                                       |
|                                                 | Pastilles vides ou de faible densité                                                           | Contrôle des pastilles                                                                                                        |
| Enlèvement d'assemblages combustibles           | Remplacement par des assemblages factices                                                      | Scellés<br>Analyse non destructive                                                                                            |
|                                                 | Expédition fictive                                                                             | Vérification au moment de la réception dans l'installation<br>Contrôle précis des relevés comptables et comptage des éléments |

| Possibilités de détournement       | Méthodes de dissimulation                                                                                                  | Mesures de garanties                                                                          |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Détournement de pastilles rebutées | Emprunt à d'autres installations                                                                                           | Inspections simultanées                                                                       |
|                                    | Expéditions fictives et surdéclaration des quantités expédiées (dans le cas où l'installation de récupération est séparée) | Contrôle minutieux des relevés comptables et vérification sur place à l'usine de récupération |
|                                    | Majoration de l'incertitude des mesures                                                                                    |                                                                                               |
|                                    | Surdéclaration des pertes lors du traitement                                                                               | Analyse des données anciennes                                                                 |

### Objectif des garanties

Dans le cas des installations de fabrication, l'objectif des garanties est de déceler, avec 95% de chances de réussite, le détournement progressif d'une matière nucléaire à raison au minimum d'une quantité significative par an. Dans le cas des installations qui traitent du plutonium, de l'uranium fortement enrichi et de l'uranium 233 et qui détiennent plus d'une quantité significative d'une de ces matières, il est de déceler avec un haut degré de certitude dans un délai d'une à trois semaines le détournement soudain de quantités significatives de produits fissiles spéciaux.

### Méthodes de garanties

Du point de vue des garanties, on peut diviser les installations de transformation et de fabrication du combustible en deux catégories: celles qui contiennent de l'uranium appauvri, naturel ou faiblement enrichi, et celles qui contiennent du plutonium, de l'uranium fortement enrichi et de l'uranium 233.

La comptabilité des matières nucléaires constitue le mécanisme fondamental du système de garanties de l'Agence, les mesures de confinement et de surveillance jouant un rôle d'appoint non négligeable. Dans le cas toutefois des installations de transformation et de fabrication du combustible, les possibilités d'application des mesures de confinement et de surveillance sont limitées, et l'inspecteur de l'Agence doit s'en remettre au contrôle de la comptabilité des matières, en s'attachant en particulier à vérifier les quantités déclarées de matières reçues, expédiées, stockées ou perdues, et en s'appuyant sur ses propres observations.

#### *Installations ne traitant que l'uranium appauvri, naturel ou faiblement enrichi*

Le principe fondamental du système des garanties de l'Agence en ce qui concerne les installations contenant de l'uranium appauvri, naturel ou faiblement enrichi et qui sont chargées des opérations de transformation et de fabrication à l'échelle commerciale, est celui de la vérification du bilan matières, le prélèvement d'échantillons au hasard jouant un rôle particulièrement important. Plus précisément, les méthodes et systèmes de mesures de l'Agence pour ce type d'installation sont les suivants:

- Selon le stock et/ou la quantité introduite de l'installation, l'Agence procède habituellement à dix inspections par an au minimum, deux de ces inspections ayant pour objet de vérifier l'inventaire physique de l'exploitant. Ces inspections nécessitent environ de 50 à 70 journées d'inspecteur et sont prévues pour une période de bilan matières. Le nombre

effectif des visites est calculé selon un plan de prise d'échantillons, établi en fonction du mouvement prévu des matières au cours d'une campagne, c'est-à-dire entre les inventaires (voir ci-dessous).

- L'Agence vérifie les relevés comptables et les compare à ceux qui lui ont été communiqués, afin d'établir le stock comptable de l'installation. Les rapports comprennent notamment les Rapports de variations de stock, les Rapports sur le bilan matières et les Enumérations des inventaires physiques pour les installations soumises aux garanties prévues dans les accords TNP, les Rapports sur le bilan matières et les Notifications communes pour les installations soumises aux garanties prévues dans les accords INFCIRC/66/Rev.2. Toutes les inspections régulières comportent un examen des relevés comptables et la comparaison entre ces relevés et les rapports.
- L'Agence détermine les mouvements de matières au moment de leur entrée dans l'installation, de leur passage et de leur sortie: la vérification du mouvement consiste à mesurer et à examiner les matières lors des inspections intermittentes. Au moment où les conteneurs de matières arrivent à l'installation, il en est choisi quelques uns au hasard pour vérification. La vérification du mouvement consiste à suivre dans la mesure du possible la progression de chaque assemblage jusqu'au réacteur puis jusqu'à l'installation de retraitement. Elle peut nécessiter la planification d'inspections simultanées dans les installations de réacteur et de fabrication pour qu'aucun assemblage n'échappe au contrôle. (Actuellement, les activités concernant la vérification des mouvements sont maintenues au minimum dans les installations de transformation de l'uranium naturel et de fabrication d'éléments combustibles d'uranium naturel, afin que le Secrétariat puisse concentrer ses moyens sur les matières de plus haute valeur stratégique).
- L'Agence procède au contrôle du stock de matières nucléaires: cette opération consiste en général à vérifier la population totale des éléments identifiés par l'exploitant en procédant à la vérification des relevés comptables, au comptage des éléments, puis en vérifiant les quantités déclarées par le prélèvement aléatoire d'échantillons afin de s'assurer, dans la mesure du possible, qu'il n'y a pas eu détournement d'une quantité significative de matières. L'inspecteur vérifie ainsi le stock physique de l'exploitant, ce qui représente une partie importante de l'opération globale de la vérification du bilan matières et fournit un élément supplémentaire de vérification en ce qui concerne la différence d'inventaire déclarée par l'exploitant. Comme il est précisé ci-dessus, les inspecteurs de l'Agence procèdent au contrôle des relevés comptables, au comptage des articles et à la vérification des quantités selon un plan de prélèvements aléatoires d'échantillons, en vérifiant le poids des conteneurs, et en utilisant des méthodes de contrôle d'attributs et de variables. Ils examinent par exemple les barres de combustible afin de s'assurer qu'aucune pastille ne manque et que les quantités déclarées sont exactes. Une fois montés, les assemblages de combustible sont comptés et identifiés par comparaison avec les relevés comptables de l'exploitant. Des contrôles d'attributs sont effectués sur des cylindres, de la poudre, des fûts, des pastilles, des barres, des assemblages et des déchets d'UF<sub>6</sub> (ou d'autres matières premières) au moyen de techniques d'analyse non destructive telles que la spectrométrie gamma, les contrôles de variables étant effectués par ailleurs sur des échantillons de poudre, de pastilles et de déchets pris au hasard. Les mesures des assemblages combustibles sont particulièrement importantes du point de vue des garanties, car ces assemblages représentent la phase finale du produit de l'usine de fabrication et doivent normalement rester intacts pendant plusieurs années. Les mesures sont souvent difficiles à prendre car les barres internes sont efficacement protégées et ne peuvent être facilement exposées. En outre, les instruments actuels ne fournissent pas de mesures quantitatives suffisamment précises de l'uranium dans les assemblages des réacteurs à eau légère. Dans les installations de transformation et de fabrication, la vérification des assemblages demeure assujettie à une grande marge d'incer-

titude, qui ne pourrait être éliminée qu'au moyen d'inspections continues. Les inspecteurs de l'Agence pourraient en effet mesurer les barres directement et avec précision au poste de remplissage, après quoi une surveillance continue jusqu'à la phase finale du produit permettrait à l'Agence de connaître avec précision le contenu des assemblages. Les matières à évacuer, aux fins de récupération par exemple, sont accumulées dans des fûts. La méthode spécifique pour vérifier ces matières consiste à examiner les documents pertinents afin de déterminer les quantités de matières à évacuer — le prélèvement d'échantillons et le pesage, ou les méthodes d'analyse non destructive permettant de vérifier les déclarations de l'exploitant sur la quantité et la qualité des matières.

La pose de scellés, qui fait généralement partie des méthodes de vérification de l'inventaire physique, permet l'inventaire de tous les éléments en excluant le risque de compter deux fois le même tout en garantissant l'intégrité des échantillons recueillis aux fins d'analyse. Si une partie du stock, et notamment des résidus et des déchets récupérables, est emmagasinée dans l'installation pendant une période prolongée, elle est mesurée et les scellés sont posés après prélèvement d'échantillons.

### *Installations traitant du plutonium, de l'uranium fortement enrichi ou de l'uranium 233*

Pour les installations de fabrication de combustible qui traitent du plutonium, de l'uranium fortement enrichi ou de l'uranium 233, il est nécessaire, selon leur taille, d'appliquer des mesures de garanties supplémentaires afin d'atteindre l'objectif de découverte à court terme mentionné précédemment\*. Une installation qui fabrique du combustible de plutonium et du combustible à mélange d'oxydes peut contenir plusieurs centaines de kilos de plutonium.

En fait de garanties, l'une des méthodes de l'Agence pour ce genre d'installations consiste à effectuer des inspections continues ou très fréquentes, à condition qu'elle ait l'assurance que l'exploitant effectue un contrôle du mouvement adéquat, cette méthode ayant pour but d'étendre la validité de la comptabilité des matières nucléaires en tant que mécanisme fondamental du système des garanties. En outre, l'exploitant n'étant pas toujours en mesure de mettre à la disposition de l'inspecteur toutes les matières (plutonium, uranium hautement enrichi ou uranium 233) à des intervalles qui permettent une découverte rapide, il sera nécessaire d'avoir à tout moment librement accès en certains points à toutes ces matières ainsi qu'aux zones de traitement et aux données pertinentes de l'exploitant. Les opérations de collecte et d'analyse des données effectuées par les inspecteurs de l'Agence sont conduites en tenant compte du programme de fonctionnement arrêté par l'exploitant afin d'atteindre le niveau de découverte souhaité tout en réduisant au minimum l'ingérence de l'Agence dans l'activité de l'installation.

Les caractéristiques de cette méthode de vérification du contrôle du mouvement sont les suivantes:

- Les emplacements de toutes les matières nucléaires ainsi que leur quantité établie par la vérification de l'inventaire physique complet effectué tous les semestres servent de points de référence pour suivre le mouvement des matières à l'intérieur de l'installation pendant les périodes d'exploitation entre deux inventaires consécutifs.
- A partir de ces points de référence, sont définies les méthodes à suivre pour la vérification complète de toutes les matières reçues avant qu'elles ne soient traitées, et de toutes celles qui doivent être expédiées avant leur expédition. D'autre part, tous les stocks sont à nouveau vérifiés au moins une fois au cours de chacune des périodes consécutives correspondant au délai de découverte de courte durée. (La pratique permet de déterminer la période avec précision).

---

\* Voir "Objectif des garanties", page 21.

- Dans la mesure du possible, la pose de scellés est largement utilisée sur les matières d'alimentation, les stocks en cours de traitement et les produits, ce qui permet des revérifications rapides et fréquentes.
- Des comptabilités séparées peuvent être tenues par les inspecteurs de l'Agence pour suivre le mouvement des matières à travers chacune des phases du traitement. Ces comptabilités sont établies à partir des relevés du contrôle de la production de l'exploitant et vérifiées dans la mesure du possible auprès des services de production.
- Au moins une fois au cours de chaque période et dans la mesure du possible, les inspecteurs de l'Agence vérifient le stock des matières en cours de transformation. Ils peuvent, par exemple, commencer par la première phase de transformation et suivre ainsi l'une après l'autre toutes les phases de la zone de bilan matières de traitement. Pour chaque phase de transformation, les inspecteurs disposent d'une liste à jour des quantités de matières qui doivent apparaître dans cette phase déterminée et ils s'appliquent à vérifier le stock en cours de traitement, sans interrompre les activités de transformation. Dans la mesure du possible, le programme de vérification est conçu de manière à coïncider avec une interruption des activités à chaque phase de transformation.
- Les vérifications effectuées en cours de traitement comportent des observations à vue servant à dénombrer tous les conteneurs de matières à l'intérieur de chaque zone d'activité, et à examiner le matériel de traitement afin d'estimer la quantité probable de matière présente dans chacune des phases. L'inspecteur observe et consigne toutes les mesures de poids ou toute autre caractéristique des matières traitées au cours de la phase en question. Il s'efforce de vérifier la quantité de matière nucléaire contenue dans les éléments quittant chacune de ces phases, en particulier si l'élément doit être transféré vers une autre zone de bilan matières. Il peut enfin prendre des mesures radiométriques en certains points déterminés afin d'obtenir une vue d'ensemble des quantités et de la répartition des matières au cours de l'exploitation normale. Les renseignements recueillis grâce à ces indications servent à déterminer un modèle d'étalonnage. Ainsi, un ensemble de relevés effectués au cours d'une même période peut être d'abord comparé aux quantités prévues dans la zone examinée pendant cette période, au moyen d'instruments de surveillance collimatés, puis ultérieurement, aux quantités de matières traitées lors de leur passage dans cette zone ou récupérées à leur sortie de cette zone, selon le cas.
- Pendant ces vérifications effectuées en cours de traitement, on recueille des échantillons qui permettent, notamment, d'assurer en permanence le contrôle des méthodes de découverte des erreurs systématiques. Les résultats de ces analyses sont ensuite utilisés pour mettre à jour, selon le cas, l'étalonnage des instruments d'analyse non destructive de l'Agence.
- A la fin de chaque période, l'inspecteur établit un résumé de ses constatations pour la période en question, examine tous les problèmes qu'il a observés, et définit sur la base de renseignements préliminaires, les conditions d'exploitation de l'installation au moment de l'inspection. Grâce à ces renseignements et à ses propres observations, l'inspecteur peut déterminer si une quantité quelconque de matières a été détournée ou non, au cours de la période considérée. Il essaie de définir si la probabilité d'un détournement non découvert d'une quantité significative de plutonium, d'uranium fortement enrichi ou d'uranium 233, hors de l'installation pendant la période considérée, est suffisamment réduite pour être acceptable.

## INSTALLATIONS DE RETRAITEMENT

L'Agence a encore peu d'expérience en ce qui concerne l'application des garanties aux installations de retraitement, et bien qu'elle ait déjà eu l'occasion de procéder à des opé-

rations de garanties dans plusieurs installations aux Etats-Unis d'Amérique, en Belgique et en Italie, ce n'est que depuis le mois de mai 1977 qu'elles s'est mise à appliquer de façon régulière son système de garanties à des installations d'exploitation continue. Les méthodes examinées au début de ce chapitre concernent les petites installations et les installations de taille moyenne (c'est-à-dire celles qui ont un débit ne dépassant pas 300 tonnes par an) dont l'Agence a à s'occuper actuellement. Ces méthodes ne sont encore qu'ébauchées et l'on pense qu'elles se perfectionneront à la lumière de l'expérience. Il est peut probable que l'Agence ait à contrôler, avant plusieurs années, de grandes installations commerciales. Elle a cependant déjà une certaine idée des méthodes efficaces de garanties qui pourraient leur être appliquées et ces méthodes sont brièvement examinées dans un autre paragraphe.\*

Le seul procédé de retraitement actuellement en exploitation à l'échelle industrielle étant le procédé Purex, c'est à lui que ce paragraphe est entièrement consacré.

### **Caractéristiques importantes du point de vue des garanties**

Du point de vue des garanties, les installations de retraitement présentent un très grande importance étant donné qu'elles produisent une matière — le plutonium purifié — à partir de laquelle il est particulièrement facile de fabriquer en peu de temps des explosifs nucléaires. Une installation dont la quantité introduite est de 300 tonnes de combustible épuisé par an sépare environ deux à trois tonnes de plutonium au cours de la même période.

En matière de garanties, ces installations soulèvent un problème très particulier. En effet, contrairement à toutes les autres installations, leurs entrées ne sont définies que par l'analyse d'entrée elle-même puisque la composition des barres combustibles irradiées au moment de la réception initiale n'est connue que par les calculs relatifs au réacteur. En outre, une difficulté majeure provient du fait que les installations de retraitement sont complexes et que la plus grande partie du matériel est inaccessible pendant l'exploitation. Etant donné que les installations traitent du combustible fortement irradié, les opérations doivent être effectuées derrière une structure protectrice (en général des murs de béton) pendant les premières phases. Les cuves de mesures sont également dissimulées, ce qui exclut l'observation directe à vue. Ces caractéristiques fournissent à un éventuel contrevenant de nombreuses occasions de dissimuler des matières détournées soit dans l'installation de retraitement, soit au cours d'une des phases antérieures du cycle du combustible.

Mais il y a également d'autres complications. Les installations de retraitement fonctionnent généralement par équipes 24 heures par jour et sept jours par semaine pendant de longues périodes, de sorte que le mouvement des matières nucléaires est continu. En outre, les entrées exactes de plutonium dans la zone de traitement ne peuvent être déterminées qu'au moyen du prélèvement d'échantillons dans la cuve de comptabilité, ce qui signifie que l'inspecteur de l'Agence doit être présent pour vérifier les mesures de l'exploitant à chaque transfert de matières nucléaires. Compte tenu du caractère complexe des installations de retraitement et de la quantité des matières névralgiques concernées, l'Agence en est arrivée à la conclusion que les inspections continues sont nécessaires. En outre, il y a lieu de respecter les prescriptions générales suivantes:

- étalonnage précis de toutes les cuves de comptabilité;
- prélèvement d'échantillons fiables sur les entrées, les sorties et tous les courants qui quittent l'installation;
- évaluations fréquentes des quantités de matières présentes;
- contrôle éventuel des sorties au moyen de scellés facilement vérifiables, ou par un système de surveillance continue.

---

\* Actuellement, l'Agence applique des garanties dans cinq usines de retraitement.

Aux fins de garanties, les installations de retraitement sont en général réparties en trois zones de bilan matières, dont sont exclues toutes les autres zones qui pourraient exister pour les opérations de transformation ultérieures. La première est la zone de stockage amont, où les assemblages combustibles sont réceptionnés, stockés avant leur transfert vers les services de traitement. Dans la zone de stockage amont, le stock consiste d'assemblages combustibles non retraités en attente d'être récupérés. Dans la zone de stockage du combustible, les réceptions de matières nucléaires sont enregistrées sur la base des données des expéditeurs (c'est-à-dire les calculs fondés sur l'exploitation du réacteur mentionné ci-dessus) et les matières expédiées dans la zone de traitement sont enregistrées sur la base des analyses effectuées sur les entrées. La différence entre les données des expéditeurs et les données des destinataires (qui doivent être ajustées pour rendre compte des supports, des étuis, etc.) correspond à l'écart entre expéditeurs et destinataires.

La deuxième zone de bilan matières est la zone de traitement, où sont traitées des solutions mesurées de dissolvants servant à séparer les trois principaux composants — le plutonium, l'uranium, et les produits de fission. Ces produits, notamment le plutonium, peuvent être recyclés dans la zone de traitement où ils sont retravaillés et soumis à des opérations de purification supplémentaires. La limite entre la première et la deuxième zone de bilan-matières doit être établie de façon à ce que les seules variations d'inventaire apparaissant normalement dans la première zone de bilan matières soient les expéditions et les réceptions. L'écart entre expéditeur et destinataire est égal à la différence entre les réceptions (définies d'après les données de l'expéditeur) et les expéditions (c'est-à-dire les transferts vers la deuxième zone de bilan matières) telles qu'elles sont mesurées.

La troisième zone de bilan matières est la zone de stockage des produits. Les réceptions et les expéditions concernant cette troisième zone de bilan matières sont enregistrées et déclarées d'après les mesures effectuées sur les entrées dans cette même zone. Ainsi, en ce qui concerne la zone de bilan matières de traitement, les réceptions et les expéditions ne sont mesurées qu'une seule fois, ce qui élimine la possibilité d'écart entre expéditeur et destinataire; le seul ajustement d'inventaire qui puisse être effectué dans cette zone est la différence d'inventaire, lorsqu'on procède à des opérations de mélanges. Pour les opérations de la zone de stockage on procède généralement de l'une des deux façons suivantes. Dans certaines installations, les conteneurs de produits sont stockés avant d'être expédiés. Dans ce cas, il suffit en général d'effectuer une seule fois des mesures, les produits étant expédiés en fonction des mesures obtenues au moment du stockage. D'autres installations utilisent des cuves de stockage et il y a alors parfois lieu de prendre des mesures une seconde fois après les opérations de mélange. On peut également utiliser une méthode conjuguée qui consiste à mettre dans des récipients l'une des matières (en général le plutonium) au fur et à mesure de sa production, les récipients étant ensuite expédiés, tandis que l'autre matière est recueillie dans des cuves. Une installation de retraitement peut également transformer l'uranium produit en d'autres éléments, tels que l'UF<sub>6</sub> aux fins de recyclage dans les installations d'enrichissement, ou le plutonium produit en PuO<sub>2</sub> pour fabriquer du combustible. De telles opérations sont normalement considérées comme relevant des zones de bilan matières séparées, les méthodes d'inspection appliquées étant celles qu'on utiliserait s'il s'agissait d'installations séparées.

### **Possibilités de détournement**

Les diverses possibilités de détournement énumérées ci-après sont définies pour chacune des six zones d'une installation de retraitement dans lesquelles ces détournements peuvent avoir lieu. Ces possibilités varient de la méthode la plus simple qui consiste à enlever directement les matières, par exemple du plutonium dans le magasin de stockage, à la méthode la plus subtile qui comporte le détournement ou la soustraction d'une partie du mouvement du

traitement passant par l'un des innombrables conduits qui font partie de la structure de la centrale. Hormis le cas des assemblages complets, ces détournements peuvent être effectués de façon soudaine ou progressive.

**Objectif des garanties**

Dans les installations de retraitement, l'Agence tient compte de la possibilité de tactiques de détournement soudaines et progressives. En ce qui concerne les détournements progressifs, le système de garanties de l'Agence est conçu de manière à permettre de découvrir avec 95% de chances de succès le détournement d'une quantité significative de matière nucléaire par an. Dans le cas des détournements soudains, il doit permettre de déceler avec un haut degré de certitude, dans un délai d'une à trois semaines, le détournement soudain de quantités significatives de produits fissiles spéciaux.

**Méthodes de garanties**

Dans les installations de retraitement, l'Agence procède à des inspection continues, les activités actuelles d'inspection d'une installation représentant au moins 900 journées d'inspecteurs par an (c'est-à-dire trois journées d'inspecteurs par jour) selon le stock et la quantité introduite de l'installation. Pour un grand nombre d'activités cependant, le travail est inégalement réparti pendant le même espace de temps. Dans le cadre d'un plan de travail optimal, les inspecteurs qui résident à proximité de l'installation peuvent être appelés pour procéder à des vérifications particulières, par exemple pour mesurer le volume des entrées, une ou deux heures avant que l'exploitant ne soit lui-même prêt pour prendre ces mesures. Pendant le service de jour, les inspecteurs peuvent, en cas de besoin, quitter leur bureau pour se rendre dans l'installation. En outre, s'ils habitent à proximité, il sera fait appel à eux pendant le service de nuit. Ils conservent en tout cas le droit de visiter à tout moment les points stratégiques définis d'un commun accord.

| Possibilités<br>de détournement                                                                              | Méthodes<br>de dissimulation                                                         | Mesures<br>de garanties                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Transfert et traitement dans la section de tronçonnage – dissolution</i>                                  |                                                                                      |                                                                                                                              |
| Transfert non enregistré des assemblages dans la section de tronçonnage-dissolution                          | Falsification des relevés concernant le nombre des assemblages transférés et dissous | Surveillance pour obtenir des preuves indépendantes concernant le transfert                                                  |
| Assemblage enlevé pendant le transfert (enregistré mais non reçu dans la section de tronçonnage-dissolution) | Falsification des relevés comptables                                                 | Comptage et identification des assemblages combustibles transférés dans la section de tronçonnage-dissolution                |
| <i>Pièces tronçonnées retirées de l'installation de dissolution</i>                                          |                                                                                      |                                                                                                                              |
| Plutonium et uranium incomplètement dissous (aux fins de dissolution ultérieure non enregistrée)             | Falsification des relevés concernant le Pu et l'U contenus dans les étuis            | Vérification par analyse non destructive ou par prélèvement d'échantillons et analyse du contenu de Pu et d'U dans les étuis |

| Possibilités<br>de détournement                                                                                                               | Méthodes<br>de dissimulation                                                                                                                                                                                                                      | Mesures<br>de garanties                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Liquide provenant de<br>l'installation de dissolution<br>ne passant pas par la cuve<br>de comptabilité                                        |                                                                                                                                                                                                                                                   | Observation à vue pendant<br>le retrait des étuis de la<br>cuve de dissolution et<br>vérification du transfert<br>vers le magasin de stockage                                                                                 |
| <i>Cuve de comptabilité des entrées</i>                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                   | Utilisation de techniques<br>de confinement et de sur-<br>veillance pour déceler le<br>détournement des matières<br>qui ne passent pas par la<br>cuve de comptabilité lors<br>de leur transfert vers la<br>zone de traitement |
| Transfert non enregistré de la<br>comptabilité à la phase de<br>traitement                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                   | Surveillance pour obtenir<br>la preuve indépendante de<br>tous les transferts                                                                                                                                                 |
| Déclaration inexacte du<br>volume (poids) ou de la con-<br>centration en Pu et en U<br>des matières transférées vers<br>la zone du traitement | Etalonnage inexact                                                                                                                                                                                                                                | Vérification de l'étalon-<br>nage des instruments de<br>mesure des volumes<br>(poids)                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                               | Falsification du système de<br>mesure de l'installation (tube<br>plongeur/manomètre ou<br>instrument de pesage)                                                                                                                                   | Vérification des mesures<br>de volume (poids), de<br>température et de<br>densité                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                               | Falsification des résultats<br>d'analyses par l'utilisation<br>d'échantillons non<br>représentatifs ou par falsifi-<br>cation de l'analyse elle-même                                                                                              | Observation à vue au<br>moment où la solution est<br>homogénéisée et où les<br>échantillons sont<br>recueillis                                                                                                                |
|                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                   | Vérification de l'analyse et<br>de l'homogénéité des<br>échantillons                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                               | Surdéclaration des incertitudes<br>de mesures dans les renseigne-<br>ments descriptifs ou intro-<br>duction d'erreurs supplé-<br>mentaires dans les mesures<br>enregistrées pour dissimuler<br>un détournement dans la<br>différence d'inventaire | Prélèvement d'échantillons<br>aux fins d'analyse indé-<br>pendante pour déceler les<br>erreurs systématiques et<br>évaluer les incertitudes de<br>mesures                                                                     |
|                                                                                                                                               | Recyclage d'acide (ou autres<br>additifs) contenant de<br>l'uranium et/ou du plutonium<br>non déclaré                                                                                                                                             | Prélèvement d'échantillons<br>d'acide recyclé aux fins<br>d'analyse indépendante                                                                                                                                              |

| Possibilités<br>de détournement                                                                                                      | Méthodes<br>de dissimulation                                                                                                                                                              | Mesures<br>de garanties                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Zone de traitement</i>                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Enlèvement de solutions par des tuyaux qui ne font pas partie du courant normal déclaré de production                                | Falsification des relevés comptables concernant la teneur en Pu et en U de divers déchets, y compris les déchets conservés sur le site, les déchets expédiés et les déchets non récupérés | Vérification du déchargement ou du transfert des courants de déchets, comportant notamment la mesure des volumes                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                      | Pertes accidentelles fictives et falsification de la comptabilité relative au Pu et à l'U dans les pertes accidentelles (c'est-à-dire les fuites ou les décharges d'effluents)            | Prélèvement d'échantillons de déchets aux fins d'analyse indépendante                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                      | Falsification des relevés comptables de la charge en œuvre en Pu et en U dans les cuves de traitement au moment de l'inventaire physique                                                  | Examen du règlement de l'installation relatif aux mesures à prendre en cas d'incidents anormaux tels que les pertes accidentelles, contrôle de la mise en application de ces méthodes et, le cas échéant, mesures indépendantes des quantités de Pu et d'U |
| <i>Cuve de comptabilité des sorties</i>                                                                                              |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Transferts non enregistrés des produits de la cuve de comptabilité des sorties et transferts ne passant pas par ces cuves            |                                                                                                                                                                                           | Observation à vue pendant les opérations de nettoyage permettant notamment de vérifier si les méthodes de nettoyage prescrites sont respectées. Si la charge en œuvre est importante, des mesures indépendantes de Pu et de U doivent être effectuées      |
| Déclarations inexactes du volume (poids) ou de la concentration en Pu et en U des matières transférées hors de la zone de traitement | Etalonnage inexact                                                                                                                                                                        | Surveillance pour obtenir la preuve indépendante de tous les transferts                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                      | Falsification du système de mesures de l'installation (tube plongeur/manomètre ou instrument de pesage)                                                                                   | Vérification de l'étalonnage des instruments de mesure des volumes (poids)                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                           | Vérification des mesures de volume (poids), de température et de densité                                                                                                                                                                                   |

| Possibilités<br>de détournement | Méthodes<br>de dissimulation                                                                                                                                                                                          | Mesures<br>de garanties                                                                                                                                                       |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | Falsification des résultats d'analyse soit par l'utilisation d'échantillons non représentatifs soit par falsification de l'analyse elle-même                                                                          | Observation à vue au moment où la solution est homogénéisée et lorsque les échantillons sont recueillis<br><br>Vérification des analyses et de l'homogénéité des échantillons |
|                                 | Surdéclaration des incertitudes de mesure dans les renseignements descriptifs ou introduction d'erreurs supplémentaires dans les mesures enregistrées pour dissimuler un détournement dans la différence d'inventaire | Prélèvement d'échantillons aux fins d'analyse indépendante pour déceler les erreurs systématiques et évaluer les incertitudes de mesure                                       |
|                                 | Recyclage d'acide (ou d'autres additifs) contenant de l'uranium et/ou du plutonium non déclarés                                                                                                                       | Prélèvement d'échantillons d'acide recyclé aux fins d'analyse indépendante                                                                                                    |

#### *Zone de stockage des produits*

|                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Expéditions inexactement enregistrées ou non enregistrées de Pu et d'U | Falsification des documents relatifs aux expéditions                                                                                                                                                                                             | Vérification des documents et des relevés relatifs aux expéditions                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                        | Falsification des relevés d'inventaire comportant l'introduction d'éléments fictifs, l'enregistrement du même élément plusieurs fois et le déplacement et le réétiquetage des éléments amenant l'Agence à compter plusieurs fois le même élément | Au moment de la vérification des mesures, pose de scellés sur tous les conteneurs pouvant être scellés et dans lesquels sont stockées les matières nucléaires, ainsi que sur toutes les expéditions<br><br>Pendant la vérification du stock, comptage de tous les éléments (contrôle par étiquetage) enregistrés sur la liste d'inventaire |
|                                                                        | Si les matières sont mesurées au moment de l'expédition, même méthode que pour la cuve de comptabilité d'entrée.                                                                                                                                 | Même méthode que pour la cuve de comptabilité d'entrée                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Les activités de garanties que l'Agence pourrait actuellement appliquer à une installation type de retraitement figurent dans la liste générale suivante:

- Préparer d'avance des registres qui serviraient à tenir à jour les relevés des inspecteurs relatifs aux paramètres essentiels de garanties, tels que l'entrée, la charge en œuvre, la sortie, le stockage intermédiaire, etc. Ces relevés permettraient d'une certaine façon de faire l'analyse dynamique des différences d'inventaire et d'en tirer des conclusions provisoires en matière de garanties. Conformément aux accords de garanties du TNP, une conclusion finale pourrait être élaborée au Siège sous forme de déclaration officielle selon une fréquence qui serait fonction du calendrier d'exploitation de la centrale.
- Vérifier dans l'installation de retraitement si le combustible irradié est complet lors du mouvement entre le réacteur et l'installation de dissolution. Dans l'installation du réacteur, le stock tampon de combustible irradié est en général surveillé au moyen d'appareils photographiques ou de retransmission télévisée qui doivent être réglés de façon à déceler tout mouvement des châteaux de transport avec un haut degré de certitude (en général 100%). Si le transport des châteaux est peu fréquent, il faut sceller les châteaux lors de chaque transport; cependant, les assemblages de combustible fortement irradié des réacteurs à eau légère ne peuvent être transportés qu'à raison d'un nombre très réduit par château; le nombre des transports est en conséquence si élevé qu'il est souvent difficile de sceller tous les châteaux. Dans ce cas, le contrôle du mouvement doit être assuré en comparant les inventaires intermédiaires effectués dans la piscine du réacteur pour combustible épuisé avec les inventaires correspondants effectués dans la piscine de réception de l'installation de retraitement. Dans la plupart des cas, l'identification à vue par lecture du numéro des assemblages devrait suffire. Si l'identification par simple relevé des numéros est difficile et/ou aléatoire, on peut utiliser un moyen de contrôle supplémentaire, la "dactyloscopie" qui consiste à photographier les plateaux numérotés et les soudures. Pour certains types de combustible, il est également possible de contrôler, sur la base d'un plan d'échantillonnage, les diverses étapes de l'irradiation au moyen du système de mesure gamma. Avant le tronçonnage et la dissolution, l'origine du combustible doit être minutieusement définie.
- Le transfert des matières entre la première et la seconde zone est vérifié à 100%. La limite entre les deux zones est le premier et le seul point du cycle du combustible auquel la quantité de plutonium produit peut être déterminée indépendamment. Les données de base permettant de déterminer la quantité de plutonium sont préparées par l'exploitant de la centrale. Elles sont divisées en deux groupes d'égale importance:
  - 1) celles qui concernent la détermination du volume et,
  - 2) celles qui concernent la détermination de la concentration du plutonium et du taux d'isotopes ainsi que du taux de plutonium par rapport à l'uranium.

Pour les données de base relatives au volume, il faut établir séparément chaque variable telle que la température, la longueur de la colonne ainsi que la densité du liquide du manomètre, le programme de contrôle et de vérification de la qualité. Pour les données de base relatives à la concentration, l'échantillonnage, avec ou sans ensemencement préalable, doit être préparé. Dans ce domaine particulier, on prévoit que les progrès techniques permettront des améliorations, mais on ne peut tenir compte pour le moment que des méthodes classiques mentionnées ci-dessus et celles-ci doivent être examinées en détail.

- En ce qui concerne l'étalonnage de la cuve, c'est-à-dire le volume en tant que fonction du niveau du liquide (la densité spécifique de la dissolution étant censée avoir été définie lors de la détermination de la concentration), l'ensemble des résultats d'étalonnage doit être soigneusement analysé du point de vue statistique afin de déterminer les composants aléatoires et systématiques des incertitudes. Pour chaque cuve, les données relatives à l'étalonnage devraient être soigneusement examinées afin de déterminer les incidences possibles, telles

que la déformation thermique de la cuve. L'étalonnage de la cuve de comptabilité des entrées est aussi important pour la détermination de la quantité de plutonium que, par exemple, l'analyse des concentrations de plutonium dans les échantillons de dissolution, et il doit donc être entièrement vérifié, ainsi que les étalonnages des cuves.

- Les relevés des entrées de plutonium dans la zone de bilan matières de traitement doivent être vérifiés en regard des quantités de plutonium produites dans le ou les réacteurs. L'écart entre expéditeur et destinataire calculé sur la base de la production de plutonium déclarée et des calculs relatifs à la combustion effectués dans les centrales au moyen d'ordinateurs, peut être affecté par un important facteur d'incertitude. Cependant, la teneur en uranium est moins affectée par ces facteurs d'imprécision; quant au plutonium, la marge d'imprécision peut être réduite par l'application de la méthode du taux Pu/U ainsi que d'autres corrélations isotopiques telles que le taux d'appauvrissement de l'U-235, le taux d'isotopes fissiles et le taux des produits de fission. Grâce à ces méthodes, on peut déterminer la production de plutonium avec une grande précision — de l'ordre de  $\pm 3\%$ , et même, dans certains cas, de l'ordre de  $\pm 1\%$ .
- On doit vérifier si les entrées de plutonium et d'uranium dans la zone de traitement correspondent aux quantités requises et n'ont pas été surdéclarées. Dans le cas des installations de retraitement, qu'elles aient été inspectées ou non au cours de leur construction, il est en fait impossible de s'assurer qu'il n'y a pas de voie de contournement hors de la zone de bilan matières de traitement. Le contrôle doit donc essentiellement reposer sur une vérification permanente du bilan matières d'un bout à l'autre de la zone de traitement.
- La mesure des matières qui restent dans les étuis soulève d'autres problèmes. Il est en effet difficile de vérifier ces matières et chaque cas doit être examiné séparément, les techniques de vérification disponibles étant limitées. Cependant, un contrôle minutieux du traitement permet d'assurer que la quantité de matières fissiles contenue dans les étuis est très réduite.
- Le recyclage de l'acide nitrique pose un problème supplémentaire en ce qui concerne la détermination des entrées de plutonium. On utilise pour la plupart des dissolutions de grandes quantités d'acide dont on s'est déjà servi pour ce même genre d'opération. Cet acide recyclé contient en général des quantités considérables de plutonium fortement polymérisé que l'on détermine par échantillonnage et analyse. La différence entre les valeurs d'analyse de plutonium recyclé et les valeurs d'analyse des entrées brutes peut conduire à une surdéclaration des entrées de plutonium du fait de la difficulté inhérente à ce genre d'analyse. Réciproquement, une surdéclaration de la teneur en plutonium dans l'acide recyclé peut conduire à une sous-déclaration des entrées de plutonium. Il y a donc lieu d'effectuer sur place une vérification minutieuse (y compris un prélèvement d'échantillons) de l'acide de recyclage.
- Les sorties de plutonium de la zone de bilan matières de traitement correspondent à un autre point de mesure principal. Dans le cas où les sorties se présentent sous forme de solutions de nitrate de plutonium, la détermination des quantités dépend là encore de deux éléments majeurs: 1) les données de base qui ont trait à la détermination du volume, y compris l'étalonnage de la cuve et 2) les mesures de concentration qui peuvent être effectuées directement sur le plutonium — le plutonium ayant en général un haut degré de pureté à cette fin du schéma de fonctionnement — en utilisant les méthodes les plus précises telles que la coulométrie contrôlée du potentiel ( $\pm 0,1\%$ ).
- Dans les grandes installations, on pourrait établir un point de vérification intermédiaire du mouvement du plutonium immédiatement après le cycle de partage.
- On vérifiera les sorties d'uranium et les comparera aux sorties de plutonium et au rapport Pu/U déterminé lors de l'entrée dans la centrale. Si une opération de calcination destinée à

la production d' $\text{U}_3\text{O}_8$  est en cours, on déterminera un point de vérification intermédiaire de l'uranium sous forme de nitrate d'uranyl en tenant compte des données de base pour les quantités et pour la concentration. Le stock tampon intermédiaire d'uranium, sous forme solide ou liquide, devrait être vérifié à intervalles espacés, c'est-à-dire tous les trois à six mois, selon le degré d'enrichissement résiduel.

- Une zone de bilan matières de traitement séparé doit être établie pour la transformation du nitrate de plutonium en plutonium oxyde. Les principes de mesure pour les réceptions et les expéditions de cette zone de bilan matières sont mutatis mutandis les mêmes que ceux qu'on applique dans la zone de bilan matières de traitement mentionnée ci-dessus.
- A la sortie de l'installation de retraitement on vérifiera fréquemment et soigneusement le stock de plutonium produit. Toutes les deux ou trois semaines, il y aurait lieu de procéder à des vérifications d'inventaire intermédiaires (par exemple au moyen du contrôle des scellés). Les expéditions effectuées à partir du magasin de stockage de sortie doivent être scellées et recontrôlées immédiatement après leur arrivée dans la zone de bilan matières destinataire.
- Les résultats des inspections et les conclusions relatives aux garanties doivent être formulés sur place et de façon permanente afin d'assurer un bref délai de découverte. Dans les installations de retraitement, presque tous les résultats des analyses effectuées par l'exploitant sont obtenus au moins en deux phases. Pour les besoins de l'exploitation, l'exploitant doit obtenir les résultats en quelques heures, mais il peut se contenter d'un degré de précision moindre qui peut être de  $\pm 20\%$ . Ce genre d'analyse est généralement appelé analyse à des fins techniques. Toutes les analyses essentielles pour la comptabilité sont refaites de façon beaucoup plus précise mais elles nécessitent un délai de plusieurs jours, exceptionnellement de plusieurs semaines. Ce genre d'analyse est généralement appelé analyse à des fins comptables. Les résultats obtenus par les inspecteurs devraient être formulés de façon continue selon une méthode similaire en deux phases. La première phase repose sur l'observation de l'analyse à des fins techniques, une correction basée sur la vérification de l'analyse à des fins comptables étant introduite au cours de la deuxième phase. Seuls les résultats de la deuxième phase sont comparés ultérieurement aux rapports officiels communiqués au Siège.

### **Garanties relatives aux grandes installations de retraitement**

Une grande installation de retraitement, d'une capacité annuelle d'environ 1500 tonnes d'éléments combustibles irradiés provenant de réacteurs à eau légère, produit de 10 à 14 tonnes de plutonium par an. L'Agence a effectué quelques travaux préliminaires pour déterminer les caractéristiques de garanties applicables aux grandes installations de retraitement. Ces garanties ne devraient pas être entièrement établies selon les méthodes traditionnelles de comptabilité des matières, car les erreurs et les incertitudes dans la mesure du bilan matières seraient trop importantes. Elles devraient plutôt reposer essentiellement sur le confinement, ainsi que sur des mesures complémentaires telles que la surveillance et le contrôle humains et par instruments. Une des possibilités consisterait à élever une ou plusieurs barrières très sensibles autour des emplacements particulièrement critiques de la centrale. Cette barrière serait munie de moyens de contrôle très sensibles au plutonium qui décèleraient la radioactivité du plutonium. Des techniques pertinentes pourraient être utilisées pour le contrôle radiologique du personnel à un nombre limité de portes (c'est-à-dire en installant des appareils de contrôle à ces portes) ainsi que pour le contrôle de salles entières contenant des boîtes à gants. Ces techniques seraient complétées par un système de surveillance. De telles méthodes supposent que les possibilités de s'assurer de

façon continue l'intégrité des enceintes de confinement seraient prises en considération lors de la conception et de la construction de la centrale.

En ce qui concerne ces grandes installations de retraitement, et dans une moindre mesure les autres installations appelées à contenir des matières en vrac à l'avenir, il serait presque indispensable de tenir compte lors de leur conception des caractéristiques propres à faciliter l'application des garanties. Ces caractéristiques de conception seraient dans la plupart des cas peu importantes et ne devraient pas augmenter sensiblement les coûts de construction ou d'exploitation. Il faudrait notamment prévoir des dispositifs appropriés pour le prélèvement d'échantillons, concevoir des cuves que l'on puisse vidanger entièrement ou dans lesquelles ce qui reste puisse être mesuré, et déterminer à l'avance un nombre de valves suffisant pour pouvoir isoler les cuves au moment des mesures. Plusieurs études effectuées à la fois par l'Agence et les Etats Membres et relatives aux critères de conception considéré sous l'angle des garanties sont actuellement en cours.

## INSTALLATIONS D'ENRICHISSEMENT DE L'URANIUM

L'Agence ne dispose d'aucune expérience pratique de l'application des garanties aux installations d'enrichissement de l'uranium, même pilotes, mais elle étudie la question depuis plusieurs années en attendant d'étendre ses activités à ce type d'installation. Les premières installations d'enrichissement qui doivent entrer dans le champ d'application des garanties de l'Agence utilisent le procédé de centrifugation. Les premières installations commerciales de diffusion qui seront soumises aux garanties sont encore en cours de construction. A l'avenir, l'Agence aura probablement à appliquer des garanties à des installations qui utilisent le procédé Becker et éventuellement à des installations travaillant selon d'autres procédés.\*

L'Agence n'a pas défini dans le détail une méthode de garanties applicable à tous les types d'installations d'enrichissement. Jusqu'à présent, elle a concentré la plupart des ses études sur les types d'installations à centrifugation auxquelles elle devra appliquer son système de garanties dans un proche avenir. Ce chapitre comporte une étude générale de l'application des garanties aux installations d'enrichissement, suivie de l'examen de certains aspects particuliers de la méthode envisagée par l'Agence pour appliquer les garanties aux installations à centrifugation, compte tenu des études effectuées jusqu'à ce jour.

### Caractéristiques importantes du point de vue des garanties et possibilités de détournement

Les installations d'enrichissement de l'uranium ont en commun un certain nombre de caractéristiques importantes du point de vue des garanties. A part les déchets accumulés, toutes les matières se présentent sous une forme chimique unique et très pure (hexafluorure d'uranium) tout au cours du traitement. La matière de départ peut être de l'uranium naturel, de l'uranium appauvri ou enrichi, recyclé après avoir été irradié dans un réacteur et purifié, ou des produits de queue appauvris (ou d'uranium faiblement enrichi) provenant d'une autre installation ou d'opérations précédentes et recyclés. Les installations peuvent être aménagées de manière à ce qu'il y ait plusieurs points d'alimentation et d'enlèvement des produits, à la suite de quoi on procède éventuellement à une opération de mélange afin d'obtenir le degré précis d'enrichissement défini par contrat. Tous les procédés d'enrichissement à phases multiples sont des procédés véritablement continus; une alimentation constante en matière première et un enlèvement constant des produits (et des rejets) sont

---

\* Actuellement l'Agence applique des garanties à trois installations d'enrichissement.

essentiels pour assurer une exploitation efficace. Normalement, une installation d'enrichissement est dotée de zones de stockage pour les matières premières, les rejets, et les produits finis. La capacité de stockage peut être voisine, voire supérieure aux quantités normalement traitées au cours d'une année, mais ce n'est pas là une règle absolue.

Du point de vue de la prolifération, les installations d'enrichissement de l'uranium, de même que les installations de retraitement, ont une importance stratégique plus grande que les autres installations du cycle du combustible, dans la mesure où elles peuvent servir à produire des matières avec lesquelles on peut directement fabriquer un dispositif explosif nucléaire. Toutefois, cela n'est vrai que pour un certain mode d'exploitation de ces installations. Pour les besoins civils, les usines d'enrichissement de l'uranium qui préparent le combustible pour les réacteurs de puissance sont en général conçues pour enrichir les matières jusqu'à environ 5% d'U-235. Pour les besoins militaires, un enrichissement supérieur à 90% est courant.

En matière de garanties, la question essentielle qui se pose au sujet des usines d'enrichissement est donc de savoir si une installation commerciale peut être adaptée ou utilisée d'une manière ou d'une autre pour atteindre des taux d'enrichissement élevés. La réponse à cette question dépend surtout du type de l'installation. Les installations à centrifugation permettent d'obtenir l'enrichissement nécessaire aux fins commerciales avec quelques étages seulement, mais, étant donné que la quantité traitée par chaque machine est en général faible, un grand nombre de machines doit fonctionner en parallèle à chaque étage pour donner le débit voulu. Afin d'obtenir un haut degré d'enrichissement, on pourrait augmenter le nombre des étages placés en série, en réduisant le nombre des machines fonctionnant en parallèle. L'exploitant doit choisir entre une forte production avec un faible degré d'enrichissement et une faible production avec un degré d'enrichissement élevé. Ce genre d'installation peut donc en principe servir à des fins non déclarées, mais les modifications qu'on devrait alors y apporter sont tout de même considérables.

Dans le cas des installations classiques de diffusion gazeuse, l'adaptation est encore plus difficile. La nature du traitement est telle qu'à chaque étage la séparation obtenue est peu importante si bien que de nombreux étages sont nécessaires même pour de faibles enrichissements. En outre, une cascade de diffusion gazeuse type est composée d'unités de taille différente, allant des étages de grande dimension à des unités plus petites au fur et à mesure de l'enrichissement. La possibilité de subdiviser les premiers étages afin de créer des étages ultérieurs est difficilement concevable si l'on veut maintenir un débit suffisant.

Sans toucher à la disposition des cascades, une autre possibilité consisterait à modifier le mode opératoire de manière à augmenter le degré d'enrichissement en augmentant l'enrichissement par étage, ce qui entraînerait cependant une réduction de la production. Ce procédé nécessiterait également des modifications considérables et ne permettrait qu'une augmentation limitée de l'enrichissement.

Il existe aussi des moyens de dissimuler un détournement sans modifier la disposition du matériel ou le mode opératoire d'une usine d'enrichissement, par exemple:

- Utiliser des matières premières autres que les matières déclarées afin d'obtenir un degré d'enrichissement supérieur
- Déclarer des pertes accidentelles d'UF<sub>6</sub> fictives ou majorées
- Emprunter des matières dans d'autres zones de bilan matières pour dissimuler les manques lors de l'inventaire physique
- Porter à l'inventaire des éléments fictifs ou enregistrer les mêmes éléments plusieurs fois
- Surévaluer les quantités mesurées d'UF<sub>6</sub> ou de déchets solides (charge en œuvre)
- Recycler des produits finis en tête d'usine.

## Méthode générale de garanties

Elle est influencée, quel que soit le type d'installation, par le fait que le propriétaire ou l'exploitant risque de vouloir garder secrète la conception de son installation et les possibilités civiles ou militaires qui en résultent. C'est pourquoi on a tenu compte dès le début dans les principaux accords internationaux de la possibilité que l'exploitant souhaite constituer les zones névralgiques de l'installation en une sorte de "boîte noire" dans laquelle les inspecteurs n'auront pas le droit de pénétrer, toutes les mesures de garanties devant être appliquées à la périphérie. Ces zones doivent être aussi petites que possible. En vertu de l'alinéa iv) du paragraphe 46 b) du document INFCIRC/153, l'Etat peut demander qu'une certaine partie de l'installation soit considérée comme une zone de bilan matières spéciale. Il est à présumer que les inspecteurs de l'Agence ne pénétreraient pas dans une telle zone. Le document INFCIRC/66/Rev.2 ne prévoit pas de modalités particulières d'application des garanties pour les installations d'enrichissement. Cependant, une zone de bilan matières de ce genre pourrait être définie dans les arrangements subsidiaires négociés sur la base d'un accord du type INFCIRC/66/Rev.2, à condition que les termes de l'accord bilatéral de coopération correspondant le permettent.

Il faut donc tenir compte de cette restriction d'accès si l'on adopte la méthode classique des garanties fondée sur une comptabilité rigoureuse des matières ainsi que sur des mesures complémentaires de confinement et de surveillance. En principe, toutes les entrées et les sorties de matières sont alors mesurées de façon qu'il soit possible d'établir périodiquement un bilan matières d'une grande précision. Heureusement, la charge en œuvre de la plupart des installations d'enrichissement ne varie pas en général de façon appréciable. En outre, de toutes les installations nucléaires, c'est l'usine d'enrichissement qui permet d'établir la comptabilité des matières la plus rigoureuse. Les données disponibles, publiées ou non, couvrent de nombreuses années d'exploitation et font ressortir une exactitude remarquable du bilan matières, et il n'y a pas de raison pour que ce niveau de précision ne soit encore surpassé dans les installations actuellement à l'étude ou sur le point d'être mises en service. Pour les besoins des garanties, les inspecteurs devront donc vérifier minutieusement, du point de vue quantitatif et qualitatif (enrichissement), toutes les matières introduites dans les cascades et toutes les matières qui en sont retirées. En outre, il serait bien entendu nécessaire de vérifier tous les transferts anormaux de matières qui pourraient se produire par exemple lors du transfert de matériel. Le confinement et la surveillance joueront un rôle important: ils allégeront la charge de travail des inspecteurs tout en garantissant une connaissance continue de la situation. Dans ces conditions, l'examen du bilan matières indiquera non seulement s'il manque des matières mais également si le mode d'exploitation est conforme aux déclarations, puisqu'une augmentation du taux d'enrichissement se traduira inévitablement par une modification des rapports quantitatifs entre matières premières, déchets et production.

En ce qui concerne l'activité maximale d'inspection régulière, il serait possible, d'après le paragraphe 80 du document INFCIRC/153, d'effectuer des inspections continues (en fait, 450 journées d'inspecteurs par an) dans les installations d'enrichissement dont le débit annuel est supérieur à 500 kg effectifs. Pour un enrichissement nominal de 4% en U-235, cela correspond à une production de quelque 300 tonnes d'uranium enrichi, soit environ 1300 tonnes de matières traitées par an. Les grandes installations peuvent ainsi se prêter aux inspections continues, mais pas les installations pilotes, au sens strict du terme. Si le document INFCIRC/66/Rev.2 ne contient pas de dispositions particulières pour les installations d'enrichissement, il prévoit l'accès à tout moment dans d'autres installations nucléaires déterminées au-delà d'une certaine quantité de stocks ou d'un certain débit. L'Agence estime qu'il faut procéder à une inspection continue dans toute installation commerciale d'enrichissement.

## Méthodes de garanties pour les installations à centrifugation

Les mesures de garanties fondamentales devraient être semblables à celles qui sont appliquées aux autres installations contenant des matières en vrac. L'inspecteur pourrait examiner les renseignements descriptifs, établir l'inventaire initial, vérifier la comptabilité, les mouvements de matières, le stock physique et utiliser, au besoin, des mesures de confinement et de surveillance.

- L'examen des renseignements descriptifs permettrait de déterminer si les méthodes de garanties prévues peuvent être appliquées. En particulier, les divers tuyaux qui pénètrent dans la zone renfermant les cascades seraient identifiés et vérifiés et l'on vérifierait également s'il n'y a pas de poste secondaire d'alimentation ou de prélèvement.
- En établissant l'inventaire initial, l'inspecteur vérifierait que tous les conteneurs d' $UF_6$  et tous les autres articles du stock ont été enregistrés et qu'aucun d'entre eux ne l'a été plusieurs fois. Il prélèverait au hasard des échantillons d'articles afin de vérifier les quantités déclarées. Dans le cas où le magasin d'alimentation détiendrait un stock significatif d'uranium recyclé, l'inspecteur y prélèverait au hasard des échantillons. Par la suite, le stock (c'est-à-dire les conteneurs de matière première, de produit fini et de déchets) serait périodiquement vérifié, et des scellés éventuellement posés.
- Pour les besoins du confinement et de la surveillance, l'inspecteur doit avoir régulièrement accès à toutes les parties de l'installation hors des zones de bilan matières spéciales ainsi qu'au périmètre de ces zones. Toutes les entrées dans les zones de bilan matières spéciales devraient être munies de scellés ou d'appareils de contrôle (tels que des appareils de prise de vues ou des caméras de télévision). Tous les mouvements de matières à travers les zones de bilan matières recouvrant la partie active de l'usine (c'est-à-dire les conteneurs de matière première, de produit fini et des déchets) devraient être pareillement vérifiés et scellés. Les conteneurs de produit fini et de matière première seraient vérifiés quantitativement à 100%, puis scellés sur les collecteurs d'alimentation. Les conteneurs de déchets seraient pesés et scellés sur les collecteurs de sortie. Le prélèvement d'échantillons s'effectuerait parallèlement à celui de l'exploitant.
- Le système de mesures de l'exploitant doit être évalué et l'inspecteur doit pouvoir vérifier indépendamment les données de la comptabilité matières de l'exploitant. L'inspecteur doit avoir régulièrement accès à toutes les données importantes du point de vue des garanties ainsi qu'à toutes les opérations d'entrée et de sortie afin d'être en mesure d'avoir une connaissance suivie des opérations.
- L'inspecteur doit accorder toute son attention aux circuits de matières de moindre importance (en plus des trois flux principaux) tels que ceux des déchets, des fuites, et de l'enlèvement de matériel, car ces circuits peuvent être utilisés pour dissimuler des détournements.
- Les proportions isotopiques et les bilans matières relatifs aux isotopes de moindre importance pourraient servir à étayer la comptabilité des matières, le degré de sensibilité de ces techniques reste toutefois à déterminer.
- Lorsqu'on définit les zones de bilan matières et les points de mesures principaux, on devrait constituer chaque cascade (soit par exemple 600 unités de travail de séparation par an) en une zone de bilan matières séparée. Il serait ainsi plus difficile de dissimuler la réorganisation de l'un des modules d'une cascade pour produire de l'uranium fortement enrichi. Les autres zones de bilan matières seraient les zones de traitement entrée/sortie, les zones de réception, de mesures et de stockage de l' $UF_6$ , les zones de stockage des déchets et d'entretien, la zone de stockage des rejets d' $UF_6$  et la zone de stockage et d'expédition de l' $UF_6$  produit. Si l'installation possède sa propre installation de transformation d' $UF_6$ , celle-ci constituerait une zone de bilan matières distincte.

## CYCLE DU COMBUSTIBLE DES SURGENERATEURS A NEUTRONS RAPIDES

Ce chapitre est consacré à divers types d'installations liées entre elles et non pas à un type particulier d'installation. En fait, il s'agit des secteurs du cycle du combustible des surgénérateurs à neutrons rapides qui sont actuellement soumis aux garanties de l'Agence. Dans ce domaine, l'expérience de l'Agence en matière d'application des garanties est très récente et peu étendue. De tous les cycles du combustible de surgénérateurs actuellement à l'étude, celui du surgénérateur à neutrons rapides refroidi par métal liquide a atteint le niveau de développement le plus élevé, les installations existantes allant des réacteurs pilotes et de démonstration aux petites installations annexes. Il n'existe pas à ce jour de surgénérateur à neutrons rapides entièrement commercialisé en exploitation. Jusqu'à présent, l'Agence n'a eu l'occasion d'appliquer ses garanties qu'à des installations du cycle des surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide. Il s'agit de quelques petites installations de fabrication de combustible à mélange d'oxydes, d'un petit nombre de réacteurs surgénérateurs et d'une petite installation de retraitement du combustible épuisé. Pour la plupart, ces installations n'ont été soumises aux garanties de l'Agence que récemment. Dans un avenir relativement proche, on prévoit que d'autres installations du cycle du combustible des filières à neutrons rapides, dont plusieurs surgénérateurs rapides refroidis par métal liquide, entreront dans le champ d'application des garanties de l'Agence.

Lorsque des installations de taille commerciale, appartenant au cycle du combustible des surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide ou à celui d'autres surgénérateurs, seront mises en service, l'Agence aura à résoudre le même genre de problèmes que ceux que poseront les grandes installations de retraitement, et les mesures décrites ci-dessous seront alors insuffisantes. D'une part, il sera de plus en plus nécessaire d'intégrer dans la conception des installations des caractéristiques qui facilitent l'application des garanties, et, d'autre part, il faudra probablement accorder une plus grande importance au confinement et à la surveillance qu'à la comptabilité des matières, et peut-être même définir de nouveaux concepts.

Le reste de ce chapitre est consacré aux types d'installations du cycle du combustible des surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide qui sont actuellement soumis aux garanties, et plus particulièrement au surgénérateur lui-même.

### **Caractéristiques générales du cycle du combustible des surgénérateurs à neutrons rapides ayant une importance du point de vue des garanties**

Du point de vue des garanties la principale différence entre le cycle du combustible des réacteurs à eau légère et le cycle du combustible des surgénérateurs à neutrons rapides est que dans ce dernier les matières d'emploi direct sont présentes dès la phase de fabrication sous une forme directement utilisable et en quantités représentant un multiple de la quantité significative. Il y a plus de plutonium dans le cycle des surgénérateurs que dans celui des filières à eau légère, et il est plus concentré. En outre, le plutonium produit dans les couches fertiles des surgénérateurs convient généralement mieux pour les explosifs nucléaires que le plutonium normalement produit dans les réacteurs à eau légère. De plus, l'uranium contenu dans le cœur peut avoir un degré d'enrichissement d'environ 20%.

On a déjà étudié, sous "Installations traitant du plutonium, de l'uranium fortement enrichi ou de l'uranium 233" (page 23), les modalités d'application des garanties aux installations de fabrication du combustible du type de celles qui font partie du cycle du combustible des

surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide. Il n'y a donc pas lieu d'y revenir ici. En ce qui concerne le retraitement, le rapport plutonium/uranium des matières traitées dans les installations de retraitement associées aux surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide est plus élevé que dans les installations qui traitent le combustible des réacteurs à eau légère. Cependant, du point de vue des garanties il n'y a pas de différence importante entre ces installations, et les modalités décrites dans la partie du présent article intitulée "Installations de retraitement" (page 24) peuvent être en général appliquées à l'un comme à l'autre type.

En ce qui concerne le réacteur lui-même, il y a du point de vue des garanties d'importantes différences entre un réacteur à eau légère commercial de taille moyenne et un surgénérateur à neutrons rapides refroidi par métal liquide. De façon générale, l'application des garanties est beaucoup plus complexe dans le cas d'une centrale dotée d'un surgénérateur à métal liquide que dans celui d'une centrale utilisant un réacteur à eau légère. Les surgénérateurs à métal liquide peuvent avoir un stock de matières nucléaires spéciales, évalué en kilogrammes effectifs, plusieurs fois supérieur au stock habituel des réacteurs à eau légère. Qui plus est, chacune des grandes zones de ce type d'installation détient un multiple de la quantité significative de ces matières dans les assemblages combustibles: aussi bien le combustible neuf que le combustible irradié et les assemblages de la couche fertile contiennent des quantités importantes de plutonium. Dans le cas des centrales actuellement soumises aux garanties de l'Agence et de celles qui sont en construction, la quantité de plutonium contenue dans les assemblages combustibles du cœur est de l'ordre de 200 à 500 kg. Ces assemblages sont du type à aiguilles multiples et se composent d'un mélange d'oxydes, plus précisément d'environ 10 à 20% de plutonium et 80 à 90% d'uranium. Dans le cas de la première charge de certains surgénérateurs, le taux d'enrichissement de l'uranium contenu dans le cœur peut atteindre 20%. Une partie du plutonium peut être dans les assemblages des couches fertiles radiales et axiales, initialement constituées d'uranium appauvri. Actuellement, les surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide produisent chaque année une quantité de combustible qui peut être en moyenne supérieure de 15% à la quantité de combustible qu'ils consomment.

Une autre caractéristique des centrales dotées d'un surgénérateur à neutrons rapides refroidi par métal liquide est que l'accès aux assemblages irradiés et à certains assemblages de combustible neuf qui contiennent des matières nucléaires spéciales est en général beaucoup plus difficile que dans le cas des centrales dotées d'un réacteur à eau légère, et il arrive même que des assemblages combustibles soient pratiquement inaccessibles. Pendant presque toute la durée de leur présence dans la centrale, ces assemblages séjournent dans un environnement de sodium ou de gaz inerte dans lequel ils sont manipulés, à l'intérieur d'un dispositif hermétique et étanche permettant les manutentions. Les assemblages sont chargés dans le cœur par une machine sans qu'il soit possible de vérifier à aucun moment la quantité de matière contenue dans le cœur. Le stockage du combustible épuisé ne se fait pas toujours dans les mêmes conditions, mais la vérification des assemblages au cours de cette phase est tout aussi difficile. Dans l'une des centrales de ce type soumises aux garanties, le combustible épuisé est stocké dans une cuve de sodium liquide pendant plusieurs mois et il ne peut être directement vérifié au cours de cette période. Il est ensuite transféré dans une cellule chaude où l'on peut enfin procéder à la vérification. Dans une autre centrale, le combustible épuisé est d'abord lavé, puis mis dans des conteneurs qui sont stockés dans des piscines. A l'intérieur de ces conteneurs, les assemblages ne peuvent être directement identifiés.

Le rechargement des surgénérateurs à métal liquide est analogue à celui des réacteurs à eau légère; en général, la moitié du contenu du cœur ainsi qu'un tiers de la couche fertile sont remplacés chaque année.

## **Possibilités de détournement**

### *Installations de fabrication de combustible pour surgénérateurs refroidis par métal liquide*

Les possibilités de détournement y seront en général semblables à celles qui sont décrites sous "Installations de transformation et de fabrication du combustible" (pages 19–24), mais elles varieront dans le détail selon les matières qui entrent dans la composition du combustible fabriqué. La matière première utilisée peut être d'une part de l'uranium sous forme de dioxyde d'uranium appauvri ou naturel et éventuellement de dioxyde d'uranium enrichi (à environ 20% en U-235), et d'autre part du dioxyde de plutonium pur provenant soit d'installations de retraitement du combustible des surgénérateurs à métal liquide, soit d'une usine de retraitement du combustible des réacteurs à eau légère, soit encore d'un stock. Le dioxyde d'uranium et le dioxyde de plutonium sont mélangés dans l'installation de fabrication et comprimés en pastilles de combustible.

### *Surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide*

Selon les caractéristiques de la centrale, le point le plus vulnérable du point de vue du détournement est la zone de stockage du combustible neuf ou l'atelier de montage des aiguilles combustibles sur les assemblages, si une telle installation existe dans la centrale. En effet, cette installation se prêterait mieux à un éventuel détournement, car l'accès aux aiguilles combustibles serait plus aisé. Le contrevenant pourrait utiliser un ou plusieurs moyens de dissimulation tels que le remplacement des aiguilles enlevées par des aiguilles factices, la falsification de la comptabilité, le dérèglement des dispositifs de confinement et de surveillance, etc.

Les détournements à partir du réacteur lui-même et de la zone de stockage du combustible épuisé sont dans la plupart des cas beaucoup plus difficiles. S'il est pratiquement impossible aux inspecteurs de vérifier directement la quantité de matière contenue dans les assemblages du cœur et de la couche fertile qui s'y trouvent, en raison essentiellement de leur haut degré d'irradiation, il sera tout aussi difficile d'y accéder pour un éventuel contrevenant. Il faut toutefois tenir compte de cette possibilité.

Une dernière possibilité de détournement consiste à irradier clandestinement de l'uranium appauvri ou de l'uranium naturel dans la couche fertile.

### *Installations de retraitement du combustible des surgénérateurs à métal liquide*

En général, ces installations offrent les mêmes possibilités de détournement que les usines de retraitement du combustible des réacteurs à eau légère (voir le paragraphe "Possibilités de détournement", page 26) mais en plus il faut tenir compte du fait que le débit de plutonium par tonne de combustible traité y est environ 10 fois supérieur.

## **Objectif des garanties**

Dans le cas des installations du cycle du combustible des surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide, l'objectif des garanties de l'Agence est de déceler, avec un degré de certitude de 95%, le détournement progressif de matières nucléaires d'un type particulier ou de tous les types, effectué à la cadence minimale d'une quantité significative par année, ou, dans un délai d'une à trois semaines, le détournement soudain de plus d'une quantité significative de produits fissiles spéciaux rapidement transformables.

## **Méthodes de garanties**

### *Installations de fabrication de combustible pour surgénérateurs à métal liquide*

Dans ces installations, l'Agence effectue des inspections continues en utilisant les méthodes de garanties exposées aux pages 23–34.

### *Surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide*

En ce qui concerne ces surgénérateurs, l'activité d'inspection de l'Agence représente en général une cinquantaine de journées d'inspecteur par an.

De nombreuses mesures de garanties sont identiques à celles qui sont appliquées aux réacteurs à eau légère. Les principales différences tiennent à la présence d'une plus grande quantité de matières stratégiques, ce qui impose un délai de découverte relativement court. On vérifie les relevés comptables pour s'assurer qu'ils sont correctement établis et que les renseignements qu'ils contiennent sont cohérents et conformes aux renseignements contenus dans les rapports soumis à l'Agence. On vérifie les relevés d'opérations de la même façon que les relevés comptables et on les utilise pour établir la répartition des assemblages combustibles à l'intérieur de l'installation.

Les surgénérateurs à neutrons rapides refroidis par métal liquide, tout comme les autres types de réacteurs, constituent normalement une zone de bilan matières. Celle-ci peut comporter pour les besoins des inventaires physiques plusieurs points de mesure principaux, au niveau du magasin de stockage du combustible neuf, du cœur et de la zone de stockage du combustible épuisé. La création d'une zone de bilan matières supplémentaire peut être décidée dans le cas où la centrale possède sa propre installation d'assemblage des aiguilles de combustible neuf ou de démontage des assemblages de combustible épuisé. Les points de mesure principaux servant à déterminer les mouvements des matières nucléaires se situent aux endroits suivants: réception des matières nucléaires et levée d'exemption, gains accidentels, combustion et production nucléaires dans le combustible déchargé du réacteur, expédition des matières nucléaires et exemption, pertes accidentelles. Les points stratégiques où sont appliquées les mesures de confinement et de surveillance incluent normalement le magasin de stockage et les voies de transfert vers le cœur des assemblages de combustible neuf et des assemblages destinés à la couche fertile, le bâtiment du réacteur, les voies de transfert du combustible épuisé, l'atelier de gainage et le magasin de stockage correspondant, et les voies d'accès aux autres emplacements où se trouvent des matières nucléaires dans l'installation. L'inventaire physique est normalement établi deux fois par an; il est vérifié par les inspecteurs de l'Agence. L'exploitant prépare à l'avance une liste détaillée pour chaque point de mesure principal. La vérification se fait par comptage et identification des éléments ainsi que par analyse non destructive.

En général, les assemblages de combustible neuf expédiés d'une installation de fabrication de combustible à mélange d'oxydes vers un surgénérateur à neutrons rapides refroidi par métal liquide ont été préalablement vérifiés au moyen de techniques d'analyse non destructive et des scellés ont été apposés sur les conteneurs de transport. A l'arrivée sur le site du réacteur, l'inspecteur contrôle les scellés et vérifie les assemblages par identification (au moyen des numéros de série) et par comptage lors de leur déchargement des conteneurs de transport et de leur mise en place dans les conteneurs de stockage du magasin de combustible neuf. (Tous ces conteneurs sont étanches et contiennent du gaz inerte). Chaque réceptacle ou conteneur de stockage des assemblages de combustible neuf et des assemblages de la couche fertile est scellé par l'inspecteur de l'Agence et la zone de stockage est soumise à une surveillance optique. Les appareils servant au transfert du combustible vers le cœur et au déchargement de celui-ci peuvent également être scellés.

Si les inspecteurs de l'Agence mettent en doute l'intégrité du confinement ou si un dispositif de surveillance fonctionne mal, la vérification par comptage d'articles et/ou analyse non destructive sera probablement nécessaire à tous les points stratégiques de l'installation. Hormis ces cas particuliers, l'Agence contrôle normalement l'intégrité des scellés et de toutes les autres mesures de surveillance et de confinement, à une fréquence conforme au délai de découverte déterminé pour l'installation.

Lorsque les assemblages de combustible neuf (cœur, couche fertile) ont été placés, sous sodium, dans les appareils de chargement pour être transférés au stockage temporaire ou pour être chargés dans le réacteur lui-même, les modalités de vérification deviennent très compliquées. En fait, il n'est pas possible de vérifier directement le contenu du cœur du réacteur. Les inspecteurs doivent donc être présents pendant le chargement initial du cœur et de la couche fertile pour pouvoir vérifier les quantités mises en place. Après le chargement, le cœur est scellé. Ensuite, la présence des inspecteurs est de nouveau nécessaire pendant les chargements et les déchargements ultérieurs du cœur et de la couche fertile. Sinon, on utilise un système de surveillance optique normal (appareils de prise de vues) et on pose des scellés sur le cœur du réacteur pendant la durée de fonctionnement. Outre ces mesures, on pourra utiliser à l'avenir d'autres mesures de surveillance telles que des moniteurs à détection de traces pour contrôler de façon indépendante le fonctionnement du réacteur (c'est-à-dire le niveau de puissance) et des compteurs de faisceaux pour contrôler les chargements et déchargements d'assemblages combustibles. Ces mesures permettraient de réduire la possibilité d'une irradiation clandestine non décelée.

Les mesures de garanties appliquées au combustible épuisé sont fondamentalement les mêmes, que les assemblages contenant le combustible épuisé soient lavés puis placés dans des conteneurs en vue du stockage ou qu'ils soient transférés directement à la piscine à sodium. La surveillance optique joue un rôle très important. L'inspecteur est présent lorsque les assemblages de combustible épuisé doivent être expédiés vers d'autres installations (par exemple, pour le retraitement). Il observe le transfert des conteneurs de combustible épuisé dans les châteaux de transport qui sont scellés après le chargement.

#### *Installations de retraitement du combustible des surgénérateurs à métal liquide*

Dans ces installations de retraitement, l'Agence effectue des inspections continues en utilisant les méthodes de base exposées au paragraphe "Méthodes de garanties", pages 27-34.