



**INF**

INFCIRC/178/Add.1  
30 octobre 2000

Distr. GÉNÉRALE

FRANÇAIS

Original : RUSSE

Agence internationale de l'énergie atomique

**CIRCULAIRE D'INFORMATION**

**PROTOCOLE ADDITIONNEL À L'ACCORD ENTRE LA RÉPUBLIQUE  
POPULAIRE DE BULGARIE ET L'AGENCE INTERNATIONALE  
DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE RELATIF À L'APPLICATION  
DE GARANTIES DANS LE CADRE DU TRAITÉ SUR  
LA NON-PROLIFÉRATION DES ARMES NUCLÉAIRES**

1. Le texte<sup>1</sup> du Protocole additionnel à l'Accord<sup>2</sup> entre la République populaire de Bulgarie et l'Agence internationale de l'énergie atomique relatif à l'application de garanties dans le cadre du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP) est reproduit dans le présent document pour l'information de tous les Membres. Le Protocole additionnel a été approuvé par le Conseil des gouverneurs le 14 septembre 1998. Il a été signé à Vienne le 24 septembre 1998.

2. Conformément à son article 17, le Protocole additionnel est entré en vigueur à la date à laquelle l'Agence a reçu de la Bulgarie notification écrite que les conditions légales et/ou constitutionnelles nécessaires à l'entrée en vigueur ont été remplies, c'est-à-dire le 10 octobre 2000.

<sup>1</sup> Les notes infrapaginales ont été ajoutées aux fins de la présente circulaire.

<sup>2</sup> Reproduit dans le document INFCIRC/178.

Par mesure d'économie, le présent document a été tiré à un nombre restreint d'exemplaires.

**PROTOCOLE ADDITIONNEL À L'ACCORD ENTRE LA RÉPUBLIQUE POPULAIRE  
DE BULGARIE ET L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE  
RELATIF À L'APPLICATION DE GARANTIES DANS LE CADRE DU TRAITÉ  
SUR LA NON-PROLIFÉRATION DES ARMES NUCLÉAIRES**

CONSIDÉRANT que la République de Bulgarie (ci-après dénommée "la Bulgarie") est partie à l'Accord entre la République populaire de Bulgarie et l'Agence internationale de l'énergie atomique (ci-après dénommée "l'Agence") relatif à l'application de garanties dans le cadre du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (ci-après dénommé "l'Accord de garanties"), qui est entré en vigueur le 29 février 1972,

CONSCIENTES du désir de la communauté internationale de continuer à promouvoir la non-prolifération nucléaire en renforçant l'efficacité et en améliorant l'efficience du système de garanties de l'Agence,

RAPPELANT que l'Agence doit tenir compte, dans l'application des garanties, de la nécessité : d'éviter d'entraver le développement économique et technologique de la Bulgarie ou la coopération internationale dans le domaine des activités nucléaires pacifiques; de respecter les dispositions en vigueur en matière de santé, de sûreté, de protection physique et d'autres questions de sécurité ainsi que les droits des personnes physiques; et de prendre toutes précautions utiles pour protéger les secrets commerciaux, technologiques et industriels ainsi que les autres renseignements confidentiels dont elle aurait connaissance,

CONSIDÉRANT que la fréquence et l'intensité des activités décrites dans le présent Protocole seront maintenues au minimum compatible avec l'objectif consistant à renforcer l'efficacité et à améliorer l'efficience des garanties de l'Agence,

La Bulgarie et l'Agence sont convenues de ce qui suit :

la Bulgarie dans son ensemble si ce total excède dix tonnes d'uranium ou vingt tonnes de thorium. La communication de ces renseignements n'exige pas une comptabilisation détaillée des matières nucléaires.

- b) Quantités, composition chimique et destination de chaque exportation hors de la Bulgarie de telles matières à des fins expressément non nucléaires en quantités excédant :
  - 1) Dix tonnes d'uranium, ou pour des exportations successives d'uranium hors de la Bulgarie destinées au même État, dont chacune est inférieure à dix tonnes mais dont le total dépasse dix tonnes pour l'année;
  - 2) Vingt tonnes de thorium, ou pour des exportations successives de thorium hors de la Bulgarie destinées au même État, dont chacune est inférieure à vingt tonnes mais dont le total dépasse vingt tonnes pour l'année;
- c) Quantités, composition chimique, emplacement actuel et utilisation ou utilisation prévue de chaque importation en Bulgarie de telles matières à des fins expressément non nucléaires en quantités excédant :
  - 1) Dix tonnes d'uranium, ou pour des importations successives d'uranium en Bulgarie, dont chacune est inférieure à dix tonnes mais dont le total dépasse dix tonnes pour l'année;
  - 2) Vingt tonnes de thorium, ou pour des importations successives de thorium en Bulgarie, dont chacune est inférieure à vingt tonnes mais dont le total dépasse vingt tonnes pour l'année;

étant entendu qu'il n'est pas exigé que des renseignements soient fournis sur de telles matières destinées à une utilisation non nucléaire une fois qu'elles se présentent sous la forme voulue pour leur utilisation finale non nucléaire.

- vii) a) Des renseignements sur les quantités, les utilisations et les emplacements des matières nucléaires exemptées des garanties en application de l'article 36 de l'Accord de garanties;
  - b) Des renseignements sur les quantités (qui pourront être sous la forme d'estimations) et sur les utilisations dans chaque emplacement des matières nucléaires qui sont exemptées des garanties en application de l'alinéa 35 b) de l'Accord de garanties, mais qui ne se présentent pas encore sous la forme voulue pour leur utilisation finale non nucléaire, en quantités excédant celles qui sont indiquées à l'article 36 de l'Accord de garanties. La communication de ces renseignements n'exige pas une comptabilisation détaillée des matières nucléaires.
- viii) Des renseignements sur l'emplacement ou le traitement ultérieur de déchets de moyenne ou de haute activité contenant du plutonium, de l'uranium fortement enrichi ou de l'uranium 233 pour lesquels les garanties ont été levées en application de l'article 11 de l'Accord de garanties. Aux fins du présent paragraphe, le "traitement ultérieur" n'englobe pas le réemballage des déchets ou leur conditionnement

- b. La Bulgarie communique à l'Agence, pour le 15 mai de chaque année, des mises à jour des renseignements visés au paragraphe a. ci-dessus pour la période correspondant à l'année civile précédente. Si les renseignements communiqués précédemment restent inchangés, la Bulgarie l'indique.
- c. La Bulgarie communique à l'Agence, pour le 15 mai de chaque année, les renseignements visés aux sous-alinéas a.vi)b) et c) de l'article 2 pour la période correspondant à l'année civile précédente.
- d. La Bulgarie communique à l'Agence tous les trimestres les renseignements visés au sous-alinéa a.ix)a) de l'article 2. Ces renseignements sont communiqués dans les soixante jours qui suivent la fin de chaque trimestre.
- e. La Bulgarie communique à l'Agence les renseignements visés à l'alinéa a.viii) de l'article 2 180 jours avant qu'il ne soit procédé au traitement ultérieur et, pour le 15 mai de chaque année, des renseignements sur les changements d'emplacement pour la période correspondant à l'année civile précédente.
- f. La Bulgarie et l'Agence conviennent du moment et de la fréquence de la communication des renseignements visés à l'alinéa a.ii) de l'article 2.
- g. La Bulgarie communique à l'Agence les renseignements visés au sous-alinéa a.ix)b) de l'article 2 dans les soixante jours qui suivent la demande de l'Agence.

## **ACCÈS COMPLÉMENTAIRE**

### Article 4

Les dispositions ci-après sont applicables à l'occasion de la mise en oeuvre de l'accès complémentaire en vertu de l'article 5 du présent Protocole :

- a. L'Agence ne cherche pas de façon mécanique ou systématique à vérifier les renseignements visés à l'article 2; toutefois, l'Agence a accès :
  - i) À tout emplacement visé à l'alinéa a.i) ou ii) de l'article 5, de façon sélective, pour s'assurer de l'absence de matières et d'activités nucléaires non déclarées;
  - ii) À tout emplacement visé au paragraphe b. ou c. de l'article 5 pour résoudre une question relative à l'exactitude et à l'exhaustivité des renseignements communiqués en application de l'article 2 ou pour résoudre une contradiction relative à ces renseignements;
  - iii) À tout emplacement visé à l'alinéa a.iii) de l'article 5 dans la mesure nécessaire à l'Agence pour confirmer, aux fins des garanties, la déclaration de déclassement d'une installation ou d'un emplacement hors installation où des matières nucléaires étaient habituellement utilisées qui a été faite par la Bulgarie.

## Article 6

Lorsqu'elle applique l'article 5, l'Agence peut mener les activités suivantes :

- a. Dans le cas de l'accès accordé conformément à l'alinéa a.i) ou à l'alinéa a.iii) de l'article 5, observation visuelle, prélèvement d'échantillons de l'environnement, utilisation d'appareils de détection et de mesure des rayonnements, mise en place de scellés et d'autres dispositifs d'identification et d'indication de fraude spécifiés dans les arrangements subsidiaires, et autres mesures objectives qui se sont révélées possibles du point de vue technique et dont l'emploi a été accepté par le Conseil des gouverneurs (ci-après dénommé "le Conseil") et à la suite de consultations entre l'Agence et la Bulgarie.
- b. Dans le cas de l'accès accordé conformément à l'alinéa a.ii) de l'article 5, observation visuelle, dénombrement des articles de matières nucléaires, mesures non destructives et échantillonnage, utilisation d'appareils de détection et de mesure des rayonnements, examen des relevés concernant les quantités, l'origine et l'utilisation des matières, prélèvement d'échantillons de l'environnement, et autres mesures objectives qui se sont révélées possibles du point de vue technique et dont l'emploi a été accepté par le Conseil et à la suite de consultations entre l'Agence et la Bulgarie.
- c. Dans le cas de l'accès accordé conformément au paragraphe b. de l'article 5, observation visuelle, prélèvement d'échantillons de l'environnement, utilisation d'appareils de détection et de mesure des rayonnements, examen des relevés concernant la production et les expéditions qui sont importants du point de vue des garanties, et autres mesures objectives qui se sont révélées possibles du point de vue technique et dont l'emploi a été accepté par le Conseil et à la suite de consultations entre l'Agence et la Bulgarie.
- d. Dans le cas de l'accès accordé conformément au paragraphe c. de l'article 5, prélèvement d'échantillons de l'environnement et, lorsque les résultats ne permettent pas de résoudre la question ou la contradiction à l'emplacement spécifié par l'Agence en vertu du paragraphe c. de l'article 5, recours dans cet emplacement à l'observation visuelle, à des appareils de détection et de mesure des rayonnements et, conformément à ce qui a été convenu par la Bulgarie et l'Agence, à d'autres mesures objectives.

## Article 7

- a. À la demande de la Bulgarie, l'Agence et la Bulgarie prennent des dispositions afin de réglementer l'accès en vertu du présent Protocole pour empêcher la diffusion d'informations sensibles du point de vue de la prolifération, pour respecter les prescriptions de sûreté ou de protection physique ou pour protéger des informations exclusives ou sensibles du point de vue commercial. Ces dispositions n'empêchent pas l'Agence de mener les activités nécessaires pour donner l'assurance crédible qu'il n'y a pas de matières et d'activités nucléaires non déclarées dans l'emplacement en question, y compris pour résoudre toute question concernant l'exactitude et l'exhaustivité des renseignements visés à l'article 2 ou toute contradiction relative à ces renseignements.
- b. La Bulgarie peut indiquer à l'Agence, lorsqu'elle communique les renseignements visés à l'article 2, les endroits où l'accès peut être réglementé sur un site ou dans un emplacement.

- ii) Le Directeur général, en réponse à une demande adressée par la Bulgarie ou de sa propre initiative, fait immédiatement savoir à la Bulgarie que la désignation d'un fonctionnaire comme inspecteur pour la Bulgarie est annulée.
- b. La notification visée au paragraphe a. ci-dessus est considérée comme ayant été reçue par la Bulgarie sept jours après la date de sa transmission en recommandé par l'Agence à la Bulgarie.

## **VISAS**

### **Article 12**

La Bulgarie délivre, dans un délai d'un mois à compter de la date de réception d'une demande à cet effet, des visas appropriés valables pour des entrées/sorties multiples et/ou des visas de transit, si nécessaire, à l'inspecteur désigné indiqué dans cette demande afin de lui permettre d'entrer et de séjourner sur le territoire de la Bulgarie pour s'acquitter de ses fonctions. Les visas éventuellement requis sont valables pour un an au moins et sont renouvelés selon que de besoin afin de couvrir la durée de la désignation de l'inspecteur pour la Bulgarie.

## **ARRANGEMENTS SUBSIDIAIRES**

### **Article 13**

- a. Lorsque la Bulgarie ou l'Agence indique qu'il est nécessaire de spécifier dans les Arrangements subsidiaires comment les mesures prévues dans le présent Protocole doivent être appliquées, la Bulgarie et l'Agence se mettent d'accord sur ces Arrangements subsidiaires dans les quatre-vingt-dix jours suivant l'entrée en vigueur du présent Protocole ou, lorsque la nécessité de tels Arrangements subsidiaires est indiquée après l'entrée en vigueur du présent Protocole, dans les quatre-vingt-dix jours suivant la date à laquelle elle est indiquée.
- b. En attendant l'entrée en vigueur des Arrangements subsidiaires nécessaires, l'Agence est en droit d'appliquer les mesures prévues dans le présent Protocole.

## **SYSTÈMES DE COMMUNICATION**

### **Article 14**

- a. La Bulgarie autorise l'établissement de communications libres par l'Agence à des fins officielles entre les inspecteurs de l'Agence en Bulgarie et le Siège et/ou les bureaux régionaux de l'Agence, y compris la transmission, automatique ou non, d'informations fournies par les dispositifs de confinement et/ou de surveillance ou de mesure de l'Agence, et protège ces communications. L'Agence, en consultation avec la Bulgarie, a le droit de recourir à des systèmes de communications directes mis en place au niveau international, y compris des systèmes satellitaires et d'autres formes de télécommunication, non utilisés en Bulgarie. À la demande de la Bulgarie ou de l'Agence, les modalités d'application du présent paragraphe en ce qui concerne la transmission, automatique ou non, d'informations

## ENTRÉE EN VIGUEUR

### Article 17

- a. Le présent Protocole entre en vigueur à la date à laquelle l'Agence reçoit de la Bulgarie notification écrite que les conditions légales et/ou constitutionnelles nécessaires à l'entrée en vigueur sont remplies.
- b. La Bulgarie peut, à tout moment avant l'entrée en vigueur du présent Protocole, déclarer qu'elle appliquera provisoirement le Protocole.
- c. Le Directeur général informe sans délai tous les États Membres de l'Agence de l'application provisoire et de l'entrée en vigueur du présent Protocole.

## DÉFINITIONS

### Article 18

Aux fins du présent Protocole :

- a. Par activités de recherche-développement liées au cycle du combustible nucléaire, on entend les activités qui se rapportent expressément à tout aspect de la mise au point de procédés ou de systèmes concernant l'une quelconque des opérations ou installations ci-après :
  - Transformation de matières nucléaires,
  - Enrichissement de matières nucléaires,
  - Fabrication de combustible nucléaire,
  - Réacteurs,
  - Installations critiques,
  - Retraitement de combustible nucléaire,
  - Traitement (à l'exclusion du réemballage ou du conditionnement ne comportant pas la séparation d'éléments, aux fins d'entreposage ou de stockage définitif) de déchets de moyenne ou de haute activité contenant du plutonium, de l'uranium fortement enrichi ou de l'uranium 233,à l'exclusion des activités liées à la recherche scientifique théorique ou fondamentale ou aux travaux de recherche-développement concernant les applications industrielles des radio-isotopes, les applications médicales, hydrologiques et agricoles, les effets sur la santé et l'environnement, et l'amélioration de la maintenance.
- b. Par site, on entend la zone délimitée par la Bulgarie dans les renseignements descriptifs concernant une installation, y compris une installation mise à l'arrêt, et les renseignements concernant un emplacement hors installation où des matières nucléaires sont

- j. Par emplacement hors installation, on entend tout établissement ou emplacement ne constituant pas une installation, où des matières nucléaires sont habituellement utilisées en quantités égales ou inférieures à un kilogramme effectif.

FAIT à Vienne, le 24 septembre 1998, en double exemplaire, en langue russe.

Pour la RÉPUBLIQUE DE BULGARIE :

Pour l'AGENCE INTERNATIONALE  
DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE :

(signé)

(signé)

Gueorgui Kastchiev  
Président du Comité sur l'utilisation de l'énergie  
atomique à des fins pacifiques

Mohamed ElBaradei  
Directeur général



## ANNEXE I

### LISTE DES ACTIVITÉS VISÉES À L'ALINÉA a.iv) DE L'ARTICLE 2 DU PROTOCOLE

- i) Fabrication de bols pour centrifugeuses ou assemblage de centrifugeuses gazeuses.

Par bols pour centrifugeuses, on entend les cylindres à paroi mince décrits sous 5.1.1.b) dans l'annexe II.

Par centrifugeuses gazeuses, on entend les centrifugeuses décrites dans la Note d'introduction sous 5.1 dans l'annexe II.

- ii) Fabrication de barrières de diffusion.

Par barrières de diffusion, on entend les filtres minces et poreux décrits sous 5.3.1.a) dans l'annexe II.

- iii) Fabrication ou assemblage de systèmes à laser.

Par systèmes à laser, on entend des systèmes comprenant les articles décrits sous 5.7 dans l'annexe II.

- iv) Fabrication ou assemblage de séparateurs électromagnétiques.

Par séparateurs électromagnétiques, on entend les articles visés sous 5.9.1 dans l'annexe II qui contiennent les sources d'ions décrites sous 5.9.1.a).

- v) Fabrication ou assemblage de colonnes ou d'équipements d'extraction.

Par colonnes ou équipements d'extraction, on entend les articles décrits sous 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.5, 5.6.6, 5.6.7 et 5.6.8 dans l'annexe II.

- vi) Fabrication de tuyères ou de tubes vortex pour la séparation aérodynamique.

Par tuyères ou tubes vortex pour la séparation aérodynamique, on entend les tuyères et tubes vortex de séparation décrits respectivement sous 5.5.1 et 5.5.2 dans l'annexe II.

- vii) Fabrication ou assemblage de systèmes générateurs de plasma d'uranium.

Par systèmes générateurs de plasma d'uranium, on entend les systèmes décrits sous 5.8.3 dans l'annexe II.

- viii) Fabrication de tubes de zirconium.

Par tubes de zirconium, on entend les tubes décrits sous 1.6 dans l'annexe II.

## ANNEXE II

### LISTE DES ÉQUIPEMENTS ET DES MATIÈRES NON NUCLÉAIRES SPÉCIFIÉS POUR LA DÉCLARATION DES EXPORTATIONS ET DES IMPORTATIONS CONFORMÉMENT À L'ALINÉA a.ix) DE L'ARTICLE 2

#### **1. RÉACTEURS ET ÉQUIPEMENTS POUR RÉACTEURS**

##### **1.1. Réacteurs nucléaires complets**

Réacteurs nucléaires pouvant fonctionner de manière à maintenir une réaction de fission en chaîne auto-entretendue contrôlée, exception faite des réacteurs de puissance nulle dont la production maximale prévue de plutonium ne dépasse pas 100 grammes par an.

##### Note explicative

Un "réacteur nucléaire" comporte essentiellement les articles se trouvant à l'intérieur de la cuve de réacteur ou fixés directement sur cette cuve, le matériel pour le réglage de la puissance dans le coeur, et les composants qui renferment normalement le fluide de refroidissement primaire du coeur du réacteur, entrent en contact direct avec ce fluide ou permettent son réglage.

Il n'est pas envisagé d'exclure les réacteurs qu'il serait raisonnablement possible de modifier de façon à produire une quantité de plutonium sensiblement supérieure à 100 grammes par an. Les réacteurs conçus pour un fonctionnement prolongé à des niveaux de puissance significatifs, quelle que soit leur capacité de production de plutonium, ne sont pas considérés comme étant des "réacteurs de puissance nulle".

##### **1.2. Cuves de pression pour réacteurs**

Cuves métalliques, sous forme d'unités complètes ou d'importants éléments préfabriqués, qui sont spécialement conçues ou préparées pour contenir le coeur d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, et qui sont capables de résister à la pression de travail du fluide de refroidissement primaire.

##### Note explicative

La plaque de couverture d'une cuve de pression de réacteur tombe sous 1.2 en tant qu'élément préfabriqué important d'une telle cuve.

Les internes d'un réacteur (tels que colonnes et plaques de support du coeur et autres internes de la cuve, tubes guides pour barres de commande, écrans thermiques, déflecteurs, plaques à grille du coeur, plaques de diffuseur, etc.) sont normalement livrés par le fournisseur du réacteur. Parfois, certains internes de supportage sont inclus dans la fabrication de la cuve de pression. Ces articles sont d'une importance suffisamment cruciale pour la sûreté et la

masse d'inertie. Cette définition englobe les pompes conformes à la norme NC-1 ou à des normes équivalentes.

## **2. MATIÈRES NON NUCLÉAIRES POUR RÉACTEURS**

### **2.1. Deutérium et eau lourde**

Deutérium, eau lourde (oxyde de deutérium) et tout composé de deutérium dans lequel le rapport atomique deutérium/hydrogène dépasse 1/5 000, destinés à être utilisés dans un réacteur nucléaire, au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, et fournis en quantités dépassant 200 kg d'atomes de deutérium pendant une période de 12 mois, quel que soit le pays destinataire.

### **2.2. Graphite de pureté nucléaire**

Graphite d'une pureté supérieure à cinq parties par million d'équivalent en bore et d'une densité de plus de 1,50 g/cm<sup>3</sup>, qui est destiné à être utilisé dans un réacteur nucléaire tel que défini au paragraphe 1.1 ci-dessus et qui est fourni en quantités dépassant 3×10<sup>4</sup> kg (30 tonnes métriques) pendant une période de 12 mois, quel que soit le pays destinataire.

#### Note :

Aux fins de la déclaration, le gouvernement déterminera si les exportations de graphite répondant aux spécifications ci-dessus sont destinées ou non à être utilisées dans un réacteur nucléaire.

## **3. USINES DE RETRAITEMENT D'ÉLÉMENTS COMBUSTIBLES IRRADIÉS ET MATÉRIEL SPÉCIALEMENT CONÇU OU PRÉPARÉ À CETTE FIN**

#### Note d'introduction

Le retraitement du combustible nucléaire irradié sépare le plutonium et l'uranium des produits de fission et d'autres éléments transuraniens de haute activité. Différents procédés techniques peuvent réaliser cette séparation. Mais, avec les années, le procédé Purex est devenu le plus couramment utilisé et accepté. Il comporte la dissolution du combustible nucléaire irradié dans l'acide nitrique, suivie d'une séparation de l'uranium, du plutonium et des produits de fission, que l'on extrait par solvant en utilisant le phosphate tributylque mélangé à un diluant organique.

D'une usine Purex à l'autre, les opérations du processus sont similaires : dégainage des éléments combustibles irradiés, dissolution du combustible, extraction par solvant et stockage des solutions obtenues. Il peut y avoir aussi des équipements pour la dénitrification thermique du nitrate d'uranium, la conversion du nitrate de plutonium en oxyde ou en métal, et le traitement des solutions de produits de fission qu'il s'agit de convertir en une forme se prêtant au stockage de longue durée ou au stockage définitif. Toutefois, la configuration et le type particuliers des équipements qui accomplissent ces opérations peuvent différer selon les installations Purex pour diverses raisons, notamment selon le type et la quantité de

d'entretien ou avec facilité de remplacement, simplicité de commande et de contrôle, et adaptabilité aux variations des conditions du procédé.

Extracteurs, tels que colonnes pulsées ou garnies, mélangeurs-décanteurs et extracteurs centrifuges, spécialement conçus ou préparés pour être utilisés dans une usine de retraitement de combustible irradié. Les extracteurs doivent pouvoir résister à l'action corrosive de l'acide nitrique. Les extracteurs sont normalement fabriqués, selon des exigences très strictes (notamment techniques spéciales de soudage, d'inspection et d'assurance et contrôle de la qualité), en acier inoxydable à bas carbone, titane, zirconium ou autres matériaux à haute résistance.

### **3.4. Récipients de collecte ou de stockage des solutions**

#### Note d'introduction

Une fois franchie l'étape de l'extraction par solvant, on obtient trois flux principaux. Dans la suite du traitement, des récipients de collecte ou de stockage sont utilisés comme suit :

- a) La solution de nitrate d'uranium est concentrée par évaporation et le nitrate est converti en oxyde. Cet oxyde est réutilisé dans le cycle du combustible nucléaire;
- b) La solution de produits de fission de très haute activité est normalement concentrée par évaporation et stockée sous forme de concentrat liquide. Ce concentrat peut ensuite être évaporé et converti en une forme se prêtant au stockage temporaire ou définitif;
- c) La solution de nitrate de plutonium est concentrée et stockée avant de passer aux stades ultérieurs du traitement. En particulier, les récipients de collecte ou de stockage des solutions de plutonium sont conçus pour éviter tout risque de criticité résultant des variations de concentration et de forme du flux en question.

Récipients de collecte ou de stockage spécialement conçus ou préparés pour être utilisés dans une usine de retraitement de combustible irradié. Les récipients de collecte ou de stockage doivent pouvoir résister à l'action corrosive de l'acide nitrique. Les récipients de collecte ou de stockage sont normalement fabriqués à l'aide de matériaux tels qu'acier inoxydable à bas carbone, titane ou zirconium ou autres matériaux à haute résistance. Les récipients de collecte ou de stockage peuvent être conçus pour la conduite et l'entretien télécommandés et peuvent avoir, pour prévenir le risque de criticité, les caractéristiques suivantes :

- 1) Parois ou structures internes avec un équivalent en bore d'au moins deux pour cent, ou
- 2) Un diamètre maximum de 175 mm (7 pouces) pour les récipients cylindriques, ou
- 3) Une largeur maximum de 75 mm (3 pouces) pour les récipients plats ou annulaires.

### **3.5. Système de conversion du nitrate de plutonium en oxyde**

#### Note d'introduction

Dans la plupart des usines de retraitement, le traitement final consiste en la conversion de la solution de nitrate de plutonium en dioxyde de plutonium. Les principales activités que comporte cette conversion sont : stockage et ajustage de la solution, précipitation et

vide et tournant à grande vitesse périphérique de l'ordre de 300 m/s ou plus autour d'un axe vertical. Pour atteindre une grande vitesse, les matériaux constitutifs des composants tournants doivent avoir un rapport résistance-densité élevé et l'assemblage rotor, et donc ses composants, doivent être usinés avec des tolérances très serrées pour minimiser les écarts par rapport à l'axe. A la différence d'autres centrifugeuses, la centrifugeuse utilisée pour l'enrichissement de l'uranium se caractérise par la présence dans le bol d'une ou de plusieurs chicanes tournantes en forme de disque, d'un ensemble de tubes fixe servant à introduire et à prélever l' $UF_6$  gazeux et d'au moins trois canaux séparés, dont deux sont connectés à des écopés s'étendant de l'axe à la périphérie du bol. On trouve aussi dans l'enceinte à vide plusieurs articles critiques qui ne tournent pas et qui, bien qu'ils soient conçus spécialement, ne sont pas difficiles à fabriquer et ne sont pas non plus composés de matériaux spéciaux. Toutefois, une installation d'ultracentrifugation nécessite un grand nombre de ces composants, de sorte que la quantité peut être une indication importante de l'utilisation finale.

### 5.1.1. Composants tournants

#### a) Assemblages rotors complets

Cylindres à paroi mince, ou ensembles de cylindres à paroi mince réunis, fabriqués dans un ou plusieurs des matériaux à rapport résistance-densité élevé décrits dans la note explicative; lorsqu'ils sont réunis, les cylindres sont joints les uns aux autres par les soufflets ou anneaux flexibles décrits sous 5.1.1 c) ci-après. Le bol est équipé d'une ou de plusieurs chicanes internes et de bouchons d'extrémité, comme indiqué sous 5.1.1 d) et e) ci-après, s'il est prêt à l'emploi. Toutefois, l'assemblage complet peut être livré partiellement monté seulement;

#### b) Bols

Cylindres à paroi mince d'une épaisseur de 12 mm (0,5 pouce) ou moins, spécialement conçus ou préparés, ayant un diamètre compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces) et fabriqués dans un ou plusieurs des matériaux à rapport résistance-densité élevé décrits dans la note explicative;

#### c) Anneaux ou soufflets

Composants spécialement conçus ou préparés pour fournir un support local au bol ou pour joindre ensemble plusieurs cylindres constituant le bol. Le soufflet est un cylindre court ayant une paroi de 3 mm (0,12 pouce) ou moins d'épaisseur, un diamètre compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces) et une spire, et fabriqué dans l'un des matériaux ayant un rapport résistance-densité élevé décrit dans la note explicative;

#### d) Chicanes

Composants en forme de disque d'un diamètre compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces) spécialement conçus ou préparés pour être montés à l'intérieur du bol de la centrifugeuse afin d'isoler la chambre de prélèvement de la chambre de séparation principale et, dans certains cas, de faciliter la circulation de l' $UF_6$  gazeux à l'intérieur de la chambre de séparation principale du bol, et fabriqués dans l'un des matériaux ayant un rapport résistance-densité élevé décrit dans la note explicative;

bouchon inférieur décrit sous 5.1.1 e) à l'autre extrémité. Toutefois, l'arbre peut être équipé d'un palier hydrodynamique. La coupelle a la forme d'une pastille avec indentation hémisphérique sur une surface. Ces composants sont souvent fournis indépendamment de l'amortisseur;

c) Pompes moléculaires

Cylindres spécialement conçus ou préparés qui comportent sur leur face interne des rayures hélicoïdales obtenues par usinage ou extrusion et dont les orifices sont alésés. Leurs dimensions habituelles sont les suivantes : diamètre interne compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces), épaisseur de paroi égale ou supérieure à 10 mm et longueur égale ou supérieure au diamètre. Habituellement, les rayures ont une section rectangulaire et une profondeur égale ou supérieure à 2 mm (0,08 pouce);

d) Stators de moteur

Stators annulaires spécialement conçus ou préparés pour des moteurs grande vitesse à hystérésis (ou à réluctance) alimentés en courant alternatif multiphasé pour fonctionnement synchrone dans le vide avec une gamme de fréquence de 600 à 2 000 Hz, et une gamme de puissance de 50 à 1 000 VA. Les stators sont constitués par des enroulements multiphasés sur des noyaux de fer doux feuilletés constitués de couches minces dont l'épaisseur est habituellement inférieure ou égale à 2 mm (0,08 pouce).

e) Enceintes de centrifugeuse

Composants spécialement conçus ou préparés pour contenir l'assemblage rotor d'une centrifugeuse. L'enceinte est constituée d'un cylindre rigide possédant une paroi d'au plus de 30 mm (1,2 pouce) d'épaisseur, ayant subi un usinage de précision aux extrémités en vue de recevoir les paliers et qui est muni d'une ou plusieurs brides pour le montage. Les extrémités usinées sont parallèles entre elles et perpendiculaires à l'axe longitudinal du cylindre avec une déviation au plus égale à 0,05 degré. L'enceinte peut également être formée d'une structure de type alvéolaire permettant de loger plusieurs bols. Les enceintes sont constituées ou revêtues de matériaux résistant à la corrosion par l' $\text{UF}_6$ .

f) Écopes

Tubes ayant un diamètre interne d'au plus 12 mm (0,5 pouce), spécialement conçus ou préparés pour extraire l' $\text{UF}_6$  gazeux contenu dans le bol selon le principe du tube de Pitot (c'est-à-dire que leur ouverture débouche dans le flux gazeux périphérique à l'intérieur du bol, configuration obtenue par exemple en courbant l'extrémité d'un tube disposé selon le rayon) et pouvant être raccordés au système central de prélèvement du gaz. Les tubes sont constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l' $\text{UF}_6$ .

### **5.2.3. Spectromètres de masse pour UF<sub>6</sub>/sources d'ions**

Spectromètres de masse magnétiques ou quadripolaires spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct sur les flux d'UF<sub>6</sub> gazeux des échantillons du gaz d'entrée, du produit ou des résidus, et ayant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Pouvoir de résolution unitaire pour l'unité de masse atomique supérieur à 320
2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nichrome ou de monel ou nickelées
3. Sources d'ionisation par bombardement électronique
4. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.

### **5.2.4. Convertisseurs de fréquence**

Convertisseurs de fréquence spécialement conçus ou préparés pour l'alimentation des stators de moteurs décrits sous 5.1.2 d), ou parties, composants et sous-assemblages de convertisseurs de fréquence, ayant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Sortie multiphasée de 600 à 2 000 Hz
2. Stabilité élevée (avec un contrôle de la fréquence supérieur à 0,1 %)
3. Faible distorsion harmonique (inférieure à 2 %)
4. Rendement supérieur à 80 %.

#### Note explicative

Les articles énumérés ci-dessus, soit sont en contact direct avec l'UF<sub>6</sub> gazeux, soit contrôlent directement les centrifugeuses et le passage du gaz d'une centrifugeuse à l'autre et d'une cascade à l'autre.

Les matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> comprennent l'acier inoxydable, l'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel et les alliages contenant 60 % ou plus de nickel.

### **5.3. Assemblages et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans l'enrichissement par diffusion gazeuse**

#### Note d'introduction

Dans la méthode de séparation des isotopes de l'uranium par diffusion gazeuse, le principal assemblage du procédé est constitué par une barrière poreuse spéciale de diffusion gazeuse, un échangeur de chaleur pour refroidir le gaz (qui est échauffé par la compression), des vannes d'étanchéité et des vannes de réglage ainsi que des tuyauteries. Etant donné que le procédé de la diffusion gazeuse fait appel à l'hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>), toutes les surfaces des équipements, tuyauteries et instruments (qui sont en contact avec le gaz) doivent être constituées de matériaux qui restent stables en présence d'UF<sub>6</sub>. Une installation de diffusion gazeuse nécessite un grand nombre d'assemblages de ce type, de sorte que la quantité peut être une indication importante de l'utilisation finale.

qui est inférieur à 10 Pa (0,0015 psi) par heure pour une différence de pression de 100 kPa (15 psi).

#### **5.4. Systèmes, matériel et composants auxiliaires spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans l'enrichissement par diffusion gazeuse**

##### Note d'introduction

Les systèmes, le matériel et les composants auxiliaires des usines d'enrichissement par diffusion gazeuse sont les systèmes nécessaires pour introduire l' $\text{UF}_6$  dans l'assemblage de diffusion gazeuse, pour relier les assemblages les uns aux autres en cascades (ou étages) afin d'obtenir des taux d'enrichissement de plus en plus élevés, et pour prélever l' $\text{UF}_6$  dans les cascades de diffusion en tant que "produit" et "résidus". En raison des fortes propriétés d'inertie des cascades de diffusion, toute interruption de leur fonctionnement, et en particulier leur mise à l'arrêt, a de sérieuses conséquences. Le maintien d'un vide rigoureux et constant dans tous les systèmes du procédé, la protection automatique contre les accidents et le réglage automatique précis du flux de gaz revêtent donc une grande importance dans une usine de diffusion gazeuse. Tout cela oblige à équiper l'usine d'un grand nombre de systèmes spéciaux de commande, de régulation et de mesure.

Habituellement, l' $\text{UF}_6$  est sublimé à partir de cylindres placés dans des autoclaves et envoyé à l'état gazeux au point d'entrée grâce à un collecteur tubulaire de cascade. Les flux de "produit" et de "résidus" issus des points de sortie sont acheminés par un collecteur tubulaire de cascade vers les pièges à froid ou les stations de compression où l' $\text{UF}_6$  gazeux est liquéfié avant d'être transféré dans des conteneurs de transport ou de stockage appropriés. Etant donné qu'une usine d'enrichissement par diffusion gazeuse contient un grand nombre d'assemblages de diffusion gazeuse disposés en cascades, il y a plusieurs kilomètres de tuyauteries comportant des milliers de soudures, ce qui suppose une répétitivité considérable du montage. Le matériel, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

##### **5.4.1. Systèmes d'alimentation/systèmes de prélèvement du produit et des résidus**

Systèmes spécialement conçus ou préparés, capables de fonctionner à des pressions égales ou inférieures à 300 kPa (45 psi) et comprenant :

Des autoclaves (ou systèmes) d'alimentation utilisés pour introduire l' $\text{UF}_6$  dans les cascades de diffusion gazeuse;

Des pièges à froid utilisés pour prélever l' $\text{UF}_6$  des cascades de diffusion;

Des stations de liquéfaction où l' $\text{UF}_6$  gazeux provenant de la cascade est comprimé et refroidi pour obtenir de l' $\text{UF}_6$  liquide;

Des stations "Produit" ou "Résidus" pour le transfert de l' $\text{UF}_6$  dans des conteneurs.



## **5.5. Systèmes, matériel et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par procédé aérodynamique**

### Note d'introduction

Dans les procédés d'enrichissement aérodynamiques, un mélange d' $UF_6$  gazeux et d'un gaz léger (hydrogène ou hélium) est comprimé, puis envoyé au travers d'éléments séparateurs dans lesquels la séparation isotopique se fait grâce à la production de forces centrifuges importantes le long d'une paroi courbe. Deux procédés de ce type ont été mis au point avec de bons résultats : le procédé à tuyères et le procédé vortex. Dans les deux cas, les principaux composants d'un étage de séparation comprennent des enceintes cylindriques qui renferment les éléments de séparation spéciaux (tuyères ou tubes vortex), des compresseurs et des échangeurs de chaleur destinés à évacuer la chaleur de compression. Une usine d'enrichissement par procédé aérodynamique nécessite un grand nombre de ces étages, de sorte que la quantité peut être une indication importante de l'utilisation finale. Etant donné que les procédés aérodynamiques font appel à l' $UF_6$ , toutes les surfaces des équipements, tuyauteries et instruments (qui sont en contact avec le gaz) doivent être constituées de matériaux qui restent stables au contact de l' $UF_6$ .

### Note explicative

Les articles énumérés dans la présente section soit sont en contact direct avec l' $UF_6$  gazeux, soit contrôlent directement le flux de gaz dans la cascade. Toutes les surfaces qui sont en contact avec le gaz de procédé sont constituées entièrement ou revêtues de matériaux résistant à l' $UF_6$ . Aux fins de la section relative aux articles pour enrichissement par procédé aérodynamique, les matériaux résistant à la corrosion par l' $UF_6$  comprennent le cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel et les alliages contenant 60 % ou plus de nickel, et les polymères d'hydrocarbures totalement fluorés résistant à l' $UF_6$ .

#### **5.5.1. Tuyères de séparation**

Tuyères de séparation et assemblages de tuyères de séparation spécialement conçus ou préparés. Les tuyères de séparation sont constituées de canaux incurvés à section à fente, de rayon de courbure inférieur à 1 mm (habituellement compris entre 0,1 et 0,05 mm), résistant à la corrosion par l' $UF_6$ , à l'intérieur desquels un écorceur sépare en deux fractions le gaz circulant dans la tuyère.

#### **5.5.2. Tubes vortex**

Tubes vortex et assemblages de tubes vortex, spécialement conçus ou préparés. Les tubes vortex, de forme cylindrique ou conique, sont constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l' $UF_6$ , ont un diamètre compris entre 0,5 cm et 4 cm et un rapport longueur/diamètre inférieur ou égal à 20:1, et sont munis d'un ou plusieurs canaux d'admission tangentiels. Les tubes peuvent être équipés de dispositifs de type tuyère à l'une de leurs extrémités ou à leurs deux extrémités.

### **5.5.7. Systèmes d'alimentation/systèmes de prélèvement du produit et des résidus**

Systèmes ou équipements spécialement conçus ou préparés pour les usines d'enrichissement, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l' $UF_6$  et comprenant :

- a) Des autoclaves, fours et systèmes d'alimentation utilisés pour introduire l' $UF_6$  dans le processus d'enrichissement;
- b) Des pièges à froid utilisés pour prélever l' $UF_6$  du processus d'enrichissement en vue de son transfert ultérieur après réchauffement;
- c) Des stations de solidification ou de liquéfaction utilisées pour prélever l' $UF_6$  du processus d'enrichissement, par compression et passage à l'état liquide ou solide;
- d) Des stations "Produit" ou "Résidus" pour le transfert de l' $UF_6$  dans des conteneurs.

### **5.5.8. Collecteurs/tuyauteries**

Tuyauteries et collecteurs constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l' $UF_6$ , spécialement conçus ou préparés pour la manipulation de l' $UF_6$  à l'intérieur des cascades aérodynamiques. La tuyauterie est normalement du type collecteur "double", chaque étage ou groupe d'étages étant connecté à chacun des collecteurs.

### **5.5.9. Systèmes et pompes à vide**

- a) Systèmes à vide spécialement conçus ou préparés, ayant une capacité d'aspiration supérieure ou égale à  $5 \text{ m}^3/\text{min}$ , comprenant des distributeurs à vide, des collecteurs à vide et des pompes à vide et conçus pour fonctionner en atmosphère d' $UF_6$ .
- b) Pompes à vide spécialement conçues ou préparées pour fonctionner en atmosphère d' $UF_6$ , et constituées ou revêtues de matériaux résistant à la corrosion par l' $UF_6$ . Ces pompes peuvent être dotées de joints en fluorocarbures et pourvues de fluides de service spéciaux.

### **5.5.10. Vannes spéciales d'arrêt et de réglage**

Soufflets d'arrêt et de réglage, manuels ou automatiques, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l' $UF_6$  et ayant un diamètre compris entre 40 et 1 500 mm, spécialement conçus ou préparés pour installation dans des systèmes principaux ou auxiliaires d'usines d'enrichissement par procédé aérodynamique.

### **5.5.11. Spectromètres de masse pour $UF_6$ /sources d'ions**

Spectromètres de masse magnétiques ou quadripolaires spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct sur les flux d' $UF_6$  gazeux des échantillons du gaz d'entrée, du produit ou des résidus, et ayant toutes les caractéristiques suivantes :

des colonnes et des tuyauteries en plastique, revêtues intérieurement de plastique (y compris des fluorocarbures polymères) et/ou revêtues intérieurement de verre.

Dans le procédé d'échange d'ions solide-liquide, l'enrichissement est réalisé par adsorption/désorption de l'uranium sur une résine échangeuse d'ions ou un adsorbant spécial à action très rapide. La solution d'uranium dans l'acide chlorhydrique et d'autres agents chimiques est acheminée à travers des colonnes d'enrichissement cylindriques contenant un garnissage constitué de l'adsorbant. Pour que le processus se déroule de manière continue, il faut qu'un système de reflux libère l'uranium de l'adsorbant pour le remettre en circulation dans la phase liquide, de façon à ce que le produit et les résidus puissent être collectés. Cette opération est effectuée au moyen d'agents chimiques d'oxydo-réduction appropriés, qui sont totalement régénérés dans des circuits externes indépendants et peuvent être partiellement régénérés dans les colonnes de séparation proprement dites. En raison de la présence de solutions dans de l'acide chlorhydrique concentré chaud, les équipements doivent être constitués ou revêtus de matériaux spéciaux résistant à la corrosion.

#### **5.6.1. Colonnes d'échange liquide-liquide (échange chimique)**

Colonnes d'échange liquide-liquide à contre-courant avec apport d'énergie mécanique (à savoir colonnes pulsées à plateaux perforés, colonnes à plateaux animés d'un mouvement alternatif et colonnes munies de turbo-agitateurs internes), spécialement conçues ou préparées pour l'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange chimique. Afin de les rendre résistantes à la corrosion par les solutions dans de l'acide chlorhydrique concentré, les colonnes et leurs internes sont constitués ou revêtus de matériaux plastiques appropriés (fluorocarbures polymères, par exemple) ou de verre. Les colonnes sont conçues de telle manière que le temps de séjour correspondant à un étage soit court (30 secondes au plus).

#### **5.6.2. Contacteurs centrifuges liquide-liquide (échange chimique)**

Contacteurs centrifuges liquide-liquide spécialement conçus ou préparés pour l'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange chimique. Dans ces contacteurs, la dispersion des flux organique et aqueux est obtenue par rotation, puis la séparation des phases par application d'une force centrifuge. Afin de les rendre résistants à la corrosion par les solutions dans de l'acide chlorhydrique concentré, les contacteurs sont constitués ou revêtus de matériaux plastiques appropriés (fluorocarbures polymères, par exemple) ou revêtus de verre. Les contacteurs centrifuges sont conçus de telle manière que le temps de séjour correspondant à un étage soit court (30 secondes au plus).

#### **5.6.3. Systèmes et équipements de réduction de l'uranium (échange chimique)**

- a) Cellules de réduction électrochimique spécialement conçues ou préparées pour ramener l'uranium d'un état de valence à un état inférieur en vue de son enrichissement par le procédé d'échange chimique. Les matériaux de la cellule en contact avec les solutions du procédé doivent être résistants à la corrosion par les solutions dans de l'acide chlorhydrique concentré.

### Note explicative

Ces systèmes peuvent comprendre des appareils des types suivants :

- a) Appareils destinés à mettre en contact le chlore et l'oxygène avec l'effluent aqueux provenant de la section de séparation des isotopes et à prélever  $U^{4+}$  qui en résulte pour l'introduire dans l'effluent organique appauvri provenant de l'extrémité de la cascade où est prélevé le produit;
- b) Appareils qui séparent l'eau de l'acide chlorhydrique de façon à ce que l'eau et l'acide chlorhydrique concentré puissent être réintroduits dans le processus aux emplacements appropriés.

#### **5.6.6. Résines échangeuses d'ions/adsorbants à réaction rapide (échange d'ions)**

Résines échangeuses d'ions ou adsorbants à réaction rapide spécialement conçus ou préparés pour l'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange d'ions, en particulier résines poreuses macroréticulées et/ou structures pelliculaires dans lesquelles les groupes actifs d'échange chimique sont limités à un revêtement superficiel sur un support poreux inactif, et autres structures composites sous une forme appropriée, et notamment sous forme de particules ou de fibres. Ces articles ont un diamètre inférieur ou égal à 0,2 mm; du point de vue chimique, ils doivent être résistants aux solutions dans de l'acide chlorhydrique concentré et, du point de vue physique, être suffisamment solides pour ne pas se dégrader dans les colonnes d'échange. Ils sont spécialement conçus pour obtenir de très grandes vitesses d'échange des isotopes de l'uranium (temps de demi-réaction inférieur à 10 secondes) et sont efficaces à des températures comprises entre 100 °C et 200 °C.

#### **5.6.7. Colonnes d'échange d'ions (échange d'ions)**

Colonnes cylindriques de plus de 1 000 mm de diamètre contenant un garnissage de résine échangeuse d'ions/d'absorbant, spécialement conçues ou préparées pour l'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange d'ions. Ces colonnes sont constituées ou revêtues de matériaux (tels que le titane ou les plastiques à base de fluorocarbures) résistants à la corrosion par des solutions dans de l'acide chlorhydrique concentré, et peuvent fonctionner à des températures comprises entre 100 °C et 200 °C et à des pressions supérieures à 0,7 MPa (102 psia).

#### **5.6.8. Systèmes de reflux (échange d'ions)**

- a) Systèmes de réduction chimique ou électrochimique spécialement conçus ou préparés pour régénérer l'agent (les agents) de réduction chimique utilisé(s) dans les cascades d'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange d'ions.
- b) Systèmes d'oxydation chimique ou électrochimique spécialement conçus ou préparés pour régénérer l'agent (les agents) d'oxydation chimique utilisé(s) dans les cascades d'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange d'ions.

### **5.7.1. Systèmes de vaporisation de l'uranium (SILVA)**

Systèmes de vaporisation de l'uranium spécialement conçus ou préparés, renfermant des canons à électrons de grande puissance à faisceau en nappe ou à balayage, fournissant une puissance au niveau de la cible supérieure à 2,5 kW/cm.

### **5.7.2. Systèmes de manipulation de l'uranium métal liquide (SILVA)**

Systèmes de manipulation de métaux liquides spécialement conçus ou préparés pour l'uranium ou les alliages d'uranium fondus, comprenant des creusets et des équipements de refroidissement pour les creusets.

#### Note explicative

Les creusets et autres parties de ces systèmes qui sont en contact avec l'uranium ou les alliages d'uranium fondus sont constitués ou revêtus de matériaux ayant une résistance appropriée à la corrosion et à la chaleur. Les matériaux appropriés comprennent le tantale, le graphite revêtu d'oxyde d'yttrium, le graphite revêtu d'autres oxydes de terres rares ou des mélanges de ces substances.

### **5.7.3. Assemblages collecteurs du produit et des résidus d'uranium métal (SILVA)**

Assemblages collecteurs du produit et des résidus spécialement conçus ou préparés pour l'uranium métal à l'état liquide ou solide.

#### Note explicative

Les composants de ces assemblages sont constitués ou revêtus de matériaux résistant à la chaleur et à la corrosion par l'uranium métal vaporisé ou liquide (tels que le graphite recouvert d'oxyde d'yttrium ou le tantale) et peuvent comprendre des tuyaux, des vannes, des raccords, des "gouttières", des traversants, des échangeurs de chaleur et des plaques collectrices utilisées dans les méthodes de séparation magnétique, électrostatique ou autres.

### **5.7.4. Enceintes de module séparateur (SILVA)**

Conteneurs de forme cylindrique ou rectangulaire spécialement conçus ou préparés pour loger la source de vapeur d'uranium métal, le canon à électrons et les collecteurs du produit et de résidus.

#### Note explicative

Ces enceintes sont pourvues d'un grand nombre d'orifices pour les barreaux électriques et les traversants destinés à l'alimentation en eau, les fenêtres des faisceaux laser, les raccordements de pompes à vide et les appareils de diagnostic et de surveillance. Elles sont dotées de moyens d'ouverture et de fermeture qui permettent la remise en état des internes.

#### **5.7.10. Spectromètres de masse pour UF<sub>6</sub>/sources d'ions (SILMO)**

Spectromètres de masse magnétiques ou quadripolaires spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct sur les flux d'UF<sub>6</sub> gazeux des échantillons du gaz d'entrée, du produit ou des résidus, et ayant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Pouvoir de résolution unitaire pour l'unité de masse atomique supérieur à 320
2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nichrome ou de monel ou nickelées
3. Sources d'ionisation par bombardement électronique
4. Collecteur adapté à l'analyse isotopique.

#### **5.7.11. Systèmes d'alimentation/systèmes de prélèvement du produit et des résidus (SILMO)**

Systèmes ou équipements spécialement conçus ou préparés pour les usines d'enrichissement, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> et comprenant :

- a) Des autoclaves, fours et systèmes d'alimentation utilisés pour introduire l'UF<sub>6</sub> dans le processus d'enrichissement;
- b) Des pièges à froid utilisés pour retirer l'UF<sub>6</sub> du processus d'enrichissement en vue de son transfert ultérieur après réchauffement;
- c) Des stations de solidification ou de liquéfaction utilisées pour retirer l'UF<sub>6</sub> du processus d'enrichissement par compression et passage à l'état liquide ou solide;
- d) Des stations "Produit" ou "Résidus" pour le transfert de l'UF<sub>6</sub> dans des conteneurs.

#### **5.7.12. Systèmes de séparation de l'UF<sub>6</sub> et du gaz porteur (SILMO)**

Systèmes spécialement conçus ou préparés pour séparer l'UF<sub>6</sub> du gaz porteur. Ce dernier peut être l'azote, l'argon ou un autre gaz.

##### Note explicative

Ces systèmes peuvent comprendre les équipements suivants :

- a) Échangeurs de chaleur cryogéniques et cryoséparateurs capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à -120 °C;
- b) Appareils de réfrigération cryogéniques capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à -120 °C;
- c) Pièges à froid pour l'UF<sub>6</sub> capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à -20 °C.

#### **5.8.4. Systèmes de manipulation de l'uranium métal liquide**

Systèmes de manipulation de métaux liquides spécialement conçus ou préparés pour l'uranium ou les alliages d'uranium fondus, comprenant des creusets et des équipements de refroidissement pour les creusets.

##### Note explicative

Les creusets et autres parties de ces systèmes qui sont en contact avec l'uranium ou les alliages d'uranium fondus sont constitués ou revêtus de matériaux ayant une résistance appropriée à la corrosion et à la chaleur. Les matériaux appropriés comprennent le tantale, le graphite revêtu d'oxyde d'yttrium, le graphite revêtu d'autres oxydes de terres rares ou des mélanges de ces substances.

#### **5.8.5. Assemblages collecteurs du produit et des résidus d'uranium métal**

Assemblages collecteurs du produit et des résidus spécialement conçus ou préparés pour l'uranium métal à l'état solide. Ces assemblages collecteurs sont constitués ou revêtus de matériaux résistant à la chaleur et à la corrosion par la vapeur d'uranium métal, tels que le graphite revêtu d'oxyde d'yttrium ou le tantale.

#### **5.8.6. Enceintes de module séparateur**

Conteneurs cylindriques spécialement conçus ou préparés pour les usines d'enrichissement par séparation des isotopes dans un plasma et destinés à loger la source de plasma d'uranium, la bobine excitatrice à haute fréquence et les collecteurs du produit et des résidus.

##### Note explicative

Ces enceintes sont pourvues d'un grand nombre d'orifices pour les barreaux électriques, les raccordements de pompes à diffusion et les appareils de diagnostic et de surveillance. Elles sont dotées de moyens d'ouverture et de fermeture qui permettent la remise en état des internes et sont constituées d'un matériau non magnétique approprié tel que l'acier inoxydable.

#### **5.9. Systèmes, matériel et composants spécialement conçus et préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par le procédé électromagnétique**

##### Note d'introduction

Dans le procédé électromagnétique, les ions d'uranium métal produits par ionisation d'un sel (en général  $UCl_4$ ) sont accélérés et envoyés à travers un champ magnétique sous l'effet duquel les ions des différents isotopes empruntent des parcours différents. Les principaux composants d'un séparateur d'isotopes électromagnétique sont les suivants : champ magnétique provoquant la déviation du faisceau d'ions et la séparation des isotopes, source d'ions et son système accélérateur et collecteurs pour recueillir les ions après séparation. Les systèmes auxiliaires utilisés dans le procédé comprennent l'alimentation de l'aimant, l'alimentation haute tension de la source d'ions, l'installation de vide et d'importants systèmes

### 5.9.3. Alimentations des aimants

Alimentations des aimants en courant continu de haute intensité spécialement conçues ou préparées et ayant toutes les caractéristiques suivantes : capables de produire en permanence, pendant une période de 8 heures, un courant d'intensité supérieure ou égale à 500 A à une tension supérieure ou égale à 100 V, avec des variations d'intensité et de tension inférieures à 0,01 %.

## 6. USINES DE PRODUCTION D'EAU LOURDE, DE DEUTÉRIUM ET DE COMPOSÉS DE DEUTÉRIUM; ÉQUIPEMENTS SPÉCIALEMENT CONÇUS OU PRÉPARÉS À CETTE FIN

### Note d'introduction

Divers procédés permettent de produire de l'eau lourde. Toutefois, les deux procédés dont il a été prouvé qu'ils sont commercialement viables sont le procédé d'échange eau-sulfure d'hydrogène (procédé GS) et le procédé d'échange ammoniac-hydrogène.

Le procédé GS repose sur l'échange d'hydrogène et de deutérium entre l'eau et le sulfure d'hydrogène dans une série de tours dont la section haute est froide et la section basse chaude.

Dans les tours, l'eau s'écoule de haut en bas et le sulfure d'hydrogène gazeux circule de bas en haut. Une série de plaques perforées sert à favoriser le mélange entre le gaz et l'eau. Le deutérium est transféré à l'eau aux basses températures et au sulfure d'hydrogène aux hautes températures. Le gaz ou l'eau, enrichi en deutérium, est retiré des tours du premier étage à la jonction entre les sections chaudes et froides, et le processus est répété dans les tours des étages suivants. Le produit obtenu au dernier étage, à savoir de l'eau enrichie jusqu'à 30 % en deutérium, est envoyé dans une unité de distillation pour produire de l'eau lourde de qualité réacteur, c'est-à-dire de l'oxyde de deutérium à 99,75 %.

Le procédé d'échange ammoniac-hydrogène permet d'extraire le deutérium d'un gaz de synthèse par contact avec de l'ammoniac liquide en présence d'un catalyseur. Le gaz de synthèse est introduit dans les tours d'échange, puis dans un convertisseur d'ammoniac. Dans les tours, le gaz circule de bas en haut et l'ammoniac liquide s'écoule de haut en bas. Le deutérium est enlevé à l'hydrogène dans le gaz de synthèse et concentré dans l'ammoniac. L'ammoniac passe ensuite dans un craqueur d'ammoniac au bas de la tour, et le gaz est acheminé vers un convertisseur d'ammoniac en haut de la tour. L'enrichissement se poursuit dans les étages ultérieurs, et de l'eau lourde de qualité réacteur est produite par distillation finale. Le gaz de synthèse d'alimentation peut provenir d'une usine d'ammoniac qui, elle-même, peut être construite en association avec une usine de production d'eau lourde par échange ammoniac-hydrogène. Dans le procédé d'échange ammoniac-hydrogène, on peut aussi utiliser de l'eau ordinaire comme source de deutérium.

Un grand nombre d'articles de l'équipement essentiel des usines de production d'eau lourde par le procédé GS ou le procédé d'échange ammoniac-hydrogène sont communs à plusieurs secteurs des industries chimique et pétrolière. Ceci est particulièrement vrai pour les petites usines utilisant le procédé GS. Toutefois, seuls quelques articles sont disponibles "dans le commerce". Le procédé GS et le procédé d'échange ammoniac-hydrogène exigent la manipulation de grandes quantités de fluides inflammables, corrosifs et toxiques sous haute pression. En conséquence, pour fixer les normes de conception et d'exploitation des usines et des équipements utilisant ces procédés, il faut accorder une attention particulière au choix et



#### **6.4. Internes de tour et pompes d'étage**

Internes de tour et pompes d'étage spécialement conçus ou préparés pour des tours servant à la production d'eau lourde par le procédé d'échange ammoniac-hydrogène. Les internes de tour comprennent des contacteurs d'étage spécialement conçus qui favorisent un contact intime entre le gaz et le liquide. Les pompes d'étage comprennent des pompes submersibles spécialement conçues pour la circulation d'ammoniac liquide dans un étage de contact à l'intérieur des tours.

#### **6.5. Craqueurs d'ammoniac**

Craqueurs d'ammoniac ayant une pression de fonctionnement supérieure ou égale à 3 MPa (450 psi) spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange ammoniac-hydrogène.

#### **6.6. Analyseurs d'absorption infrarouge**

Analyseurs d'absorption infrarouge permettant une analyse en ligne du rapport hydrogène/deutérium lorsque les concentrations en deutérium sont égales ou supérieures à 90 %.

#### **6.7. Brûleurs catalytiques**

Brûleurs catalytiques pour la conversion en eau lourde du deutérium enrichi spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange ammoniac-hydrogène.

### **7. USINES DE CONVERSION DE L'URANIUM ET MATÉRIEL SPÉCIALEMENT CONÇU OU PRÉPARÉE À CETTE FIN**

#### Note d'introduction

Les usines et systèmes de conversion de l'uranium permettent de réaliser une ou plusieurs transformations de l'une des formes chimiques de l'uranium en une autre forme, notamment : conversion des concentrés de minerai d'uranium en  $UO_3$ , conversion d' $UO_3$  en  $UO_2$ , conversion des oxydes d'uranium en  $UF_4$  ou  $UF_6$ , conversion de l' $UF_4$  en  $UF_6$ , conversion de l' $UF_6$  en  $UF_4$ , conversion de l' $UF_4$  en uranium métal et conversion des fluorures d'uranium en  $UO_2$ . Un grand nombre des articles de l'équipement essentiel des usines de conversion de l'uranium sont communs à plusieurs secteurs de l'industrie chimique. Par exemple, ces procédés peuvent faire appel à des équipements des types suivants : fours, fourneaux rotatifs, réacteurs à lit fluidisé, tours à flamme, centrifugeuses en phase liquide, colonnes de distillation et colonnes d'extraction liquide-liquide. Toutefois, seuls quelques articles sont disponibles "dans le commerce"; la plupart seront préparés d'après les besoins du client et les spécifications définies par lui. Parfois, lors de la conception et de la construction, il faut prendre spécialement en considération les propriétés corrosives de certains des produits chimiques en jeu ( $HF$ ,  $F_2$ ,  $ClF_3$  et fluorures d'uranium). Enfin, il convient de noter que, dans tous les procédés de conversion de l'uranium, des articles d'équipement qui, pris

## **7.6. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF<sub>4</sub> en U métal**

### Note explicative

La conversion d'UF<sub>4</sub> en uranium métal est réalisée par réduction au moyen de magnésium (grandes quantités) ou de calcium (petites quantités). La réaction a lieu à des températures supérieures au point de fusion de l'uranium (1 130 °C).

## **7.7. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF<sub>6</sub> en UO<sub>2</sub>**

### Note explicative

La conversion d'UF<sub>6</sub> en UO<sub>2</sub> peut être réalisée par trois procédés différents. Dans le premier procédé, l'UF<sub>6</sub> est réduit et hydrolysé en UO<sub>2</sub> au moyen d'hydrogène et de vapeur. Dans le deuxième procédé, l'UF<sub>6</sub> est hydrolysé par dissolution dans l'eau; l'addition d'ammoniaque à cette solution entraîne la précipitation de diuranate d'ammonium, lequel est réduit en UO<sub>2</sub> par de l'hydrogène à une température de 820 °C. Dans le troisième procédé, l'UF<sub>6</sub>, le CO<sub>2</sub> et le NH<sub>3</sub> gazeux sont mis en solution dans l'eau, ce qui entraîne la précipitation de carbonate double d'uranyle et d'ammonium; le carbonate est combiné avec de la vapeur et de l'hydrogène à 500-600 °C pour produire de l'UO<sub>2</sub>.

La conversion d'UF<sub>6</sub> en UO<sub>2</sub> constitue souvent la première phase des opérations dans les usines de fabrication de combustible.

## **7.8. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF<sub>6</sub> en UF<sub>4</sub>**

### Note explicative

La conversion d'UF<sub>6</sub> en UF<sub>4</sub> est réalisée par réduction au moyen d'hydrogène.