

**Conseil de sécurité**

Distr. générale  
13 octobre 2006  
Français  
Original : anglais

---

**Lettre datée du 13 octobre 2006, adressée au Président  
du Conseil de sécurité par le Représentant permanent  
de la France auprès de l'Organisation des Nations Unies**

Veillez trouver ci-joint une liste d'articles, matériels, équipements, biens et technologies liés aux programmes nucléaires (voir annexe). Je vous serais reconnaissant de prendre les dispositions nécessaires pour que cette liste soit publiée comme document du Conseil de sécurité.

(*Signé*) Jean-Marc **de La Sablière**



**Annexe à la lettre datée du 13 octobre 2006, adressée au Président du Conseil de sécurité par le Représentant permanent de la France auprès des l'Organisation des Nations Unies**

[Original : anglais]

**Liste d'articles, matériels, équipements, biens et technologies liés aux programmes nucléaires**

**Communications reçues de certains États Membres concernant les Directives applicables à l'exportation de matières, d'équipements et de technologie nucléaire\***

1. Le Directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique a reçu des notes verbales datées du 1<sup>er</sup> décembre 2005 des représentants permanents auprès de l'Agence de l'Afrique du Sud, de l'Allemagne, de l'Argentine, de l'Australie, de l'Autriche, du Bélarus, de la Belgique, du Brésil, de la Bulgarie, du Canada, de la Chine, de la Croatie, de l'Espagne, des États-Unis d'Amérique, de la Finlande, de la France, de la Grèce, de la Hongrie, de l'Irlande, de l'Italie, du Japon, de la Lettonie, de la Lituanie, du Luxembourg, de Malte, de la Nouvelle-Zélande, des Pays-Bas, de la Pologne, du Portugal, de la République de Corée, de la Slovénie, de la République tchèque, du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, de la Suède, de la Suisse, de la Turquie et de l'Ukraine au sujet de l'exportation de matières, d'équipements et de technologie nucléaires.
2. Ces notes verbales ont pour objet de communiquer des informations supplémentaires sur les Directives gouvernementales applicables aux transferts nucléaires.
3. Conformément au souhait exprimé à la fin de chacune d'entre elles, le texte de ces notes verbales est joint en annexe. La pièce jointe aux notes verbales est également reproduite intégralement.

---

\* Document publié par l'Agence internationale de l'énergie atomique sous la cote INFCIRC/254/Rev.8/Part I.

## Note verbale

La Mission permanente de [nom du pays] présente ses compliments au Directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et a l'honneur de se référer à sa (ses) [communication(s) précédente(s)] concernant la décision du Gouvernement \_\_\_\_\_ d'agir conformément aux Directives applicables aux transferts nucléaires, qui ont été publiées sous la cote INFCIRC/254/Rev.7/Part 1, y compris les annexes à ce document.

Le Gouvernement \_\_\_\_\_ a décidé d'amender comme suit plusieurs sections de la première partie des Directives afin de définir plus clairement le niveau de mise en œuvre que les gouvernements participant au GFN considèrent comme essentiel pour l'application des Directives :

- En ce qui concerne les garanties relatives au transfert des articles ou de la technologie y afférente figurant sur la liste de base à un État non doté d'armes nucléaires, un nouveau texte a été ajouté au paragraphe 4 a) pour préciser les circonstances dans lesquelles un fournisseur devrait autoriser ces transferts;
- S'agissant des contrôles des retransferts des articles et de la technologie y afférente figurant sur la liste de base, on a ajouté un alinéa d) au paragraphe 9 pour souligner le fait que les fournisseurs devraient envisager des restrictions si un destinataire n'a pas mis en place, à l'échelle nationale, des dispositifs appropriés et efficaces de contrôle de l'exportation et du transbordement;
- Un nouveau paragraphe 15 a été inséré dans la première partie des Directives pour prendre en compte les obligations découlant des dispositions de la résolution 1540 du Conseil de sécurité de l'ONU. L'actuel paragraphe 15 est devenu le paragraphe 16, et tous les paragraphes suivants ont été renumérotés en conséquence;
- Enfin, le paragraphe 16 renuméroté contient un nouveau libellé qui donne des précisions sur la réponse apportée par le GFN en cas de violation des accords de garanties.

Par souci de clarté, le texte intégral des Directives et des annexes modifiées est joint à la présente note, accompagné d'un « Tableau de comparaison des modifications des Directives applicables aux transferts nucléaires (INFCIRC/254/Rev.7/Part 1) ».

Le Gouvernement \_\_\_\_\_ a décidé d'agir conformément aux Directives ainsi révisées.

En prenant cette décision, le Gouvernement \_\_\_\_\_ est pleinement conscient de la nécessité de favoriser le développement économique tout en évitant de contribuer de quelque façon que ce soit à la prolifération d'armes nucléaires ou d'autres dispositifs nucléaires explosifs ou à leur détournement à des fins de terrorisme nucléaire, et de la nécessité de séparer la question des assurances de non-prolifération et de non-détournement de celle de la concurrence commerciale.

[Le Gouvernement \_\_\_\_\_, pour ce qui concerne les échanges à l'intérieur de l'Union européenne, appliquera ces dispositions à la lumière de ses engagements en tant qu'État membre de cette Union<sup>1</sup>.]

Le Gouvernement \_\_\_\_\_ serait reconnaissant au Directeur général de l'AIEA de bien vouloir porter la présente note et son annexe à l'attention de tous les États Membres.

La Mission permanente de [nom du pays] saisit cette occasion pour renouveler au Directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique les assurances de sa très haute considération.

---

<sup>1</sup> Ce paragraphe ne figure que dans les notes verbales adressées par des membres de l'Union européenne.

## **Directives relatives aux transferts d'articles nucléaires**

1. Les principes fondamentaux énoncés ci-après portant sur les garanties et les contrôles des exportations devraient s'appliquer aux transferts d'articles nucléaires à des fins pacifiques à destination de tout État non doté d'armes nucléaires et, en ce qui concerne les contrôles des retransferts, aux transferts vers tous les pays. À cet égard, les fournisseurs ont établi une liste de base en matière d'exportations.

### **Interdiction relative aux explosifs nucléaires**

2. Les fournisseurs ne devraient autoriser le transfert d'articles ou de technologie y afférente énumérés dans la liste de base que contre une assurance gouvernementale formelle des destinataires par laquelle ces derniers excluent expressément des utilisations qui aboutiraient à l'obtention d'un dispositif explosif nucléaire quelconque.

### **Protection physique**

3. a) Toutes les matières et installations nucléaires énumérées dans la liste de base convenue devraient faire l'objet d'une protection physique efficace afin d'empêcher tout usage ou maniement non autorisé. Les degrés de protection physique qui devraient être assurés en fonction du type de matières, d'équipements et d'installations, ont été convenus entre les fournisseurs, compte tenu des recommandations internationales.

b) La mise en œuvre de mesures de protection physique dans le pays destinataire est de la responsabilité du Gouvernement dudit pays. Toutefois, afin d'appliquer les conditions convenues entre les fournisseurs, les degrés de protection physique sur la base desquels lesdites mesures doivent être adoptées devraient faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et le destinataire.

c) Dans chaque cas, des accords spéciaux devraient être conclus en vue de définir clairement les responsabilités en ce qui concerne le transport des articles figurant sur la liste de base.

### **Garanties**

4. a) Les fournisseurs ne devraient transférer des articles ou de la technologie y afférente figurant sur la liste de base à un État non doté d'armes nucléaires qu'à la condition que l'État destinataire ait mis en vigueur un accord avec l'AIEA prévoyant l'application de garanties à toute matière brute et tout produit fissile spécial utilisés dans ses activités pacifiques présentes et futures. Ils ne devraient autoriser ces transferts que contre l'assurance formelle des autorités gouvernementales du destinataire que :

- Si l'accord susmentionné est dénoncé, le destinataire mettra en vigueur un accord avec l'AIEA fondé sur le modèle des accords de garanties de l'AIEA existants qui prévoient l'application de garanties à tous les articles ou à la technologie y afférente figurant sur la liste de base transférés par le fournisseur ou traités, produits ou utilisés en relation avec ces transferts;
- Si l'AIEA décide que l'application de ses garanties n'est plus possible, le fournisseur et le destinataire élaborent des mesures de vérification appropriées. Si le destinataire n'accepte pas ces mesures, il devrait autoriser, à la demande

du fournisseur, la restitution des articles figurant dans la liste de base transférés et dérivés.

b) Les transferts visés au paragraphe 4 a) vers un État non doté d'armes nucléaires n'ayant pas un tel accord de garanties ne devraient être autorisés que dans des cas exceptionnels lorsqu'ils sont jugés essentiels pour le fonctionnement sûr d'installations existantes à condition que des garanties soient appliquées à ces installations. Les fournisseurs devraient s'informer et, le cas échéant, se consulter lorsqu'ils ont l'intention d'autoriser ou de refuser de tels transferts.

c) La politique visée aux paragraphes 4 a) et 4 b) ne s'applique pas aux accords ou aux contrats établis avant le 3 avril 1992 ou à cette date. Dans le cas des pays qui ont adhéré ou adhéreront au document INFCIRC/254/Rev.1/Part 1 après le 3 avril 1992, la politique ne s'applique qu'aux accords établis (ou devant l'être) après leur date d'adhésion.

d) Dans le cadre des accords auxquels la politique visée au paragraphe 4 a) ne s'applique pas [voir les paragraphes 4 b) et c)], les fournisseurs ne devraient transférer des articles ou de la technologie y afférente figurant sur la liste de base que lorsque ces derniers sont couverts par les garanties de l'AIEA, avec des dispositions en matière de durée et de champ d'application conformes aux directives du document GOV/1621. Toutefois, les fournisseurs s'engagent à rechercher l'application la plus rapide possible de la politique visée au paragraphe 4 a) dans le cadre de tels accords.

e) Les fournisseurs se réservent le droit d'appliquer des conditions supplémentaires de fourniture en vertu de leur politique nationale.

5. Les fournisseurs réexamineront conjointement leurs exigences communes en matière de garanties lorsque cela apparaîtra approprié.

#### **Contrôles spéciaux des exportations sensibles**

6. Les fournisseurs devraient limiter le transfert d'installations et de technologies sensibles et de matières utilisables pour des armes nucléaires ou autres dispositifs nucléaires explosifs. Si des installations, des équipements ou de la technologie en matière d'enrichissement ou de retraitement doivent être transférés, les fournisseurs devraient encourager les destinataires à accepter, plutôt que des usines nationales, une participation des fournisseurs et/ou toute autre participation multinationale appropriée aux installations transférées. Les fournisseurs devraient également encourager les activités internationales (notamment celles de l'AIEA) afférentes aux centres de cycle du combustible régionaux multinationaux.

#### **Contrôles spéciaux des exportations d'installations, d'équipements et de technologie en matière d'enrichissement**

7. En ce qui concerne le transfert d'une installation d'enrichissement, ou de la technologie y afférente, le pays destinataire devrait convenir que ni l'installation transférée ni aucune installation créée sur la base de ladite technologie ne seront conçues ou mises en fonctionnement en vue d'une production d'uranium enrichi à plus de 20 % sans le consentement du pays fournisseur, dont l'AIEA devrait être informée.

**Contrôles des matières utilisables pour des armes nucléaires ou autres dispositifs nucléaires explosifs fournies ou dérivées**

8. Les fournisseurs devraient, aux fins de promouvoir les objectifs des présentes directives et de donner la possibilité de réduire davantage les risques de prolifération, et toutes les fois que cette mesure est opportune et possible, inclure dans les accords en matière de fourniture de matières nucléaires ou d'installations produisant des matières utilisables pour des armes nucléaires ou autres dispositifs nucléaires explosifs des dispositions préconisant un accord mutuel entre le fournisseur et le destinataire sur des mesures relatives au retraitement, au stockage, à la modification, à l'utilisation, au transfert ou au retransfert de toutes lesdites matières utilisables pour des armes nucléaires ou autres dispositifs nucléaires explosifs.

**Contrôles des retransferts**

9. a) Les fournisseurs ne devraient transférer des articles ou de la technologie y afférente figurant sur la liste de base que contre l'assurance donnée par le destinataire qu'en cas de :

1) Retransfert desdits articles ou de ladite technologie

ou de

2) Transfert d'articles figurant sur la liste de base provenant des installations transférées à l'origine par le fournisseur, ou obtenus grâce aux équipements ou à la technologie transférés à l'origine par le fournisseur,

le destinataire du retransfert ou du transfert a fourni les mêmes assurances que celles qui sont exigées par le fournisseur pour le transfert initial.

b) En outre, le consentement du fournisseur devrait être exigé pour :

1) Tout retransfert d'articles ou de technologie y afférente figurant sur la liste de base et tout transfert visé au paragraphe 9 a) 2) à partir de tout État qui ne fait pas des garanties généralisées, conformément au paragraphe 4 a) des présentes Directives, une condition de fourniture;

2) Tout retransfert d'installations d'enrichissement, de retraitement ou de production d'eau lourde, d'équipements ou de technologie y afférente, et tout transfert d'installations ou d'équipements du même type provenant d'articles transférés à l'origine par le fournisseur;

3) Tout retransfert d'eau lourde ou de matières utilisables pour des armes nucléaires ou autres dispositifs nucléaires explosifs.

c) Pour garantir l'exercice du droit à donner son consentement, tel qu'il est défini à l'alinéa 9 b), des assurances de gouvernement à gouvernement seront requises pour tout transfert initial pertinent.

d) Les fournisseurs devraient envisager de limiter le transfert d'articles ou de la technologie y afférente figurant sur la liste de base s'il y a un risque de retransferts contraire aux assurances données en application des paragraphes 9 a) et 9 c) du fait que le destinataire n'a pas mis en place et institué, à l'échelle nationale, des dispositifs appropriés et efficaces de contrôle de l'exportation et du transbordement, comme mentionnés dans la résolution 1540 du Conseil de sécurité de l'ONU.

### **Principe de non-prolifération**

10. Nonobstant d'autres dispositions des présentes directives, les fournisseurs ne devraient autoriser les transferts d'articles ou de technologie y afférente énumérés dans la liste de base que s'ils sont convaincus que ces transferts ne contribueront pas à la prolifération des armes nucléaires ou d'autres dispositifs nucléaires explosifs, et ne seront pas détournés à des fins de terrorisme nucléaire.

### **Application**

11. Les fournisseurs devraient établir des mesures juridiques en vue d'une application efficace des Directives, y compris les règles d'octroi des licences d'exportation, les mesures coercitives, et les sanctions en cas de violation.

### **Mesures de soutien**

#### **Sécurité physique**

12. Les fournisseurs devraient favoriser la coopération internationale dans le domaine de la sécurité physique par le biais d'échanges d'informations sur la sécurité physique, la protection des matières nucléaires en transit et la récupération de matières et d'équipements nucléaires volés. Les fournisseurs devraient promouvoir l'adhésion la plus large possible aux instruments internationaux correspondants, notamment la Convention sur la protection physique des matières nucléaires, ainsi que l'application du document INFCIRC/225, tel que modifié périodiquement. Les fournisseurs reconnaissent l'importance de ces activités et d'autres activités pertinentes de l'AIEA pour prévenir la prolifération des armes nucléaires et faire face à la menace de terrorisme nucléaire.

#### **Renforcement de l'efficacité des garanties de l'AIEA**

13. Les fournisseurs devraient s'efforcer tout particulièrement de soutenir la mise en œuvre effective des garanties de l'AIEA. Les fournisseurs devraient également soutenir les efforts de l'Agence visant à aider les États Membres à améliorer leurs systèmes nationaux de comptabilité et de contrôle des matières nucléaires et à accroître l'efficacité technique des garanties.

Ils devraient, de même, s'efforcer par tous les moyens d'aider l'AIEA à rendre les garanties plus adéquates compte tenu du progrès technique et du nombre rapidement croissant des installations nucléaires et d'apporter leur soutien aux initiatives appropriées ayant pour objet l'amélioration de l'efficacité des garanties de l'AIEA.

#### **Conception des usines figurant sur la liste de base**

14. Les fournisseurs devraient encourager les projeteurs et les fabricants d'installations figurant sur la liste de base à construire ces dernières de manière à faciliter l'application des garanties et à renforcer la protection physique, en tenant également compte du risque d'attaques terroristes. Les fournisseurs devraient favoriser la protection des informations relatives à la conception des installations figurant sur la liste de base et attirer l'attention des destinataires sur la nécessité de cette protection. Les fournisseurs reconnaissent également qu'il est important

d'inclure des caractéristiques de sûreté et de non-prolifération dans la conception et la construction des installations figurant sur la liste de base.

### **Contrôles des exportations**

15. Les fournisseurs devraient, s'il y a lieu, attirer l'attention des destinataires sur la nécessité de soumettre les articles ou la technologie y afférente figurant sur la liste de base qui ont été transférés et les articles figurant sur la liste de base provenant d'installations transférées à l'origine par le fournisseur ou obtenus grâce aux équipements ou à la technologie transférés à l'origine par le fournisseur aux mécanismes de contrôle de l'exportation mentionnés dans la résolution 1540 du Conseil de sécurité de l'ONU. Les fournisseurs sont encouragés à offrir une assistance aux destinataires afin qu'ils puissent s'acquitter des obligations qui leur incombent respectivement en vertu de la résolution 1540 du Conseil de sécurité de l'ONU lorsque cela est approprié et réalisable.

### **Consultations**

16. a) Les fournisseurs devraient maintenir des contacts et se consulter entre eux par des voies régulières sur les questions liées à la mise en œuvre des présentes directives.

b) Les fournisseurs devraient avoir des consultations comme chacun le juge utile, avec les autres Gouvernements intéressés, sur les cas particuliers sensibles afin d'éviter qu'un transfert quelconque contribue à accroître les risques de conflits ou d'instabilité.

c) Sans préjuger des alinéas d) à f) ci-dessous :

- Si un ou plusieurs fournisseurs estiment qu'il y a eu violation des accords entre fournisseur et destinataire résultant des présentes directives, en particulier dans le cas d'explosion d'un engin nucléaire ou de dénonciation illégale ou de violation des garanties de l'AIEA de la part d'un destinataire, les fournisseurs devraient se consulter rapidement par la voie diplomatique afin de déterminer et d'évaluer la réalité et l'étendue de la violation présumée. Les fournisseurs sont aussi encouragés à se consulter lorsqu'une matière nucléaire ou une activité des cycles du combustible nucléaire non déclarées à l'AIEA ou une activité explosive nucléaire sont révélées;
- Dans l'attente de l'issue rapide de ces consultations, les fournisseurs n'agiront pas de manière susceptible de porter atteinte à toute mesure qui pourrait être adoptée par d'autres fournisseurs relativement aux contrats en vigueur entre ceux-ci et ledit destinataire. Chacun d'entre eux devrait aussi envisager de suspendre les transferts des articles figurant sur la liste de base tant que les consultations engagées au titre du paragraphe 16 c) sont en cours, en attendant que les fournisseurs conviennent d'une réaction appropriée;
- Lors des conclusions de ces consultations, les fournisseurs devraient, en gardant à l'esprit l'article XII du Statut de l'AIEA, convenir d'une réaction appropriée et d'une action éventuelle qui pourraient comprendre l'arrêt des transferts nucléaires audit destinataire.

d) Si l'AIEA fait savoir qu'un destinataire enfreint l'obligation qui lui incombe de se conformer à son accord de garanties, les fournisseurs devraient

envisager de suspendre le transfert des articles figurant sur la liste de base vers cet État tant que l'AIEA enquête sur son cas. Aux fins du présent paragraphe, le terme « enfreint » renvoie uniquement à des infractions graves constituant un risque sur le plan de la prolifération.

e) Les fournisseurs appuient la suspension des transferts des articles figurant sur la liste de base vers les États qui violent leurs obligations en matière de non-prolifération nucléaire et de garanties, reconnaissant que la responsabilité et le pouvoir de prendre ces décisions appartiennent aux autorités gouvernementales nationales ou au Conseil de sécurité de l'ONU. Ceci s'applique plus particulièrement lorsque le Conseil des gouverneurs de l'AIEA prend l'une quelconque des initiatives suivantes, à savoir :

- Conclut, en vertu du paragraphe C de l'article XII du Statut, que le destinataire a commis une violation ou demande à un destinataire de prendre des mesures précises pour se conformer à ses obligations en matière de garanties;
- Décide que l'Agence n'est pas en mesure de vérifier qu'il n'y a pas eu de détournement de matières nucléaires devant être soumises aux garanties, y compris lorsque des mesures prises par un destinataire empêchent l'AIEA d'exécuter sa mission au titre des garanties dans cet État.

Une réunion plénière extraordinaire se tiendra dans le mois qui suit l'initiative du Conseil des gouverneurs, durant laquelle les fournisseurs étudieront la situation, compareront les stratégies nationales et conviendront d'une réaction appropriée.

f) Les dispositions de l'alinéa e) ci-dessus ne s'appliquent pas aux transferts effectués en vertu du paragraphe 4 b) des Directives.

17. Toutes modifications apportées aux présentes directives, notamment celles qui pourraient résulter du réexamen visé au paragraphe 5, devront être adoptées à l'unanimité.

## **Annexe A**

### **Liste de base visée dans les directives**

#### **Notes générales**

1. L'objet de ces contrôles ne devrait pas être rendu sans effet par le transfert de composants. Chaque gouvernement prendra, dans la mesure du possible, toutes les dispositions propres à atteindre cet objectif, tout en continuant à rechercher une définition pertinente pour les composants, qui puisse être utilisée par tous les fournisseurs.

2. S'agissant du paragraphe 9 b) 2, l'expression « du même type » signifie que la conception, la construction ou les processus de fonctionnement sont fondés sur des processus physiques ou chimiques semblables ou analogues à ceux définis dans la liste de base.

#### **Contrôles de la technologie**

Le transfert de « technologie » directement afférente à un article quelconque de la liste sera soumis à un examen et à un contrôle aussi stricts que celui de l'article lui-même, dans la mesure où la législation nationale le permet.

Les contrôles sur les transferts de « technologie » ne s'appliquent pas aux informations qui « sont du domaine public » ou à la « recherche scientifique fondamentale ».

Outre les contrôles sur les transferts de « technologie » liés à la non-prolifération nucléaire, les fournisseurs devraient protéger la technologie relative à la conception, à la construction et à l'exploitation des installations figurant sur la liste de base compte tenu du risque d'attaques terroristes, et devraient attirer l'attention des destinataires sur la nécessité de cette protection.

#### **Définitions**

Par « technologie », il convient d'entendre l'information spécifique nécessaire pour le « développement », la « production » ou l'« utilisation » de tout article figurant dans la présente liste. Cette information peut prendre la forme de « données techniques » ou d'« assistance technique ».

Par « recherche scientifique fondamentale », il convient d'entendre les travaux expérimentaux ou théoriques entrepris principalement en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les principes fondamentaux des phénomènes et des faits observables et ne visant pas essentiellement un but ou un objectif pratique spécifique.

Le « développement » se rapporte à toutes les phases précédant la « production », telles que :

- Étude;
- Recherche relative à la conception;

- Analyse fonctionnelle;
- Concepts de l'avant-projet;
- Assemblage et essais de prototypes;
- Projets pilotes de production;
- Définition des données techniques;
- Processus de conversion des données techniques en produit;
- Conception de la configuration;
- Conception de l'intégration;
- Plans d'exécution.

Par « être du domaine public », il convient d'entendre ici le fait que la technologie a été rendue disponible sans restrictions quant à une diffusion plus vaste (les restrictions résultant d'un copyright n'empêchent pas la technologie d'être du domaine public).

Par « production », il convient d'entendre toutes les phases de la production, telles que :

- La construction;
- La technique de la production;
- La fabrication;
- L'intégration;
- L'assemblage (le montage);
- L'inspection;
- Les essais;
- L'assurance de qualité.

L'« assistance technique » peut prendre des formes telles que : l'instruction, les qualifications, la formation, les connaissances pratiques, les services de consultation.

*Note :* L'« assistance technique » peut comprendre un transfert de « données techniques ».

Les « données techniques » peuvent adopter des formes telles que calques, schémas, plans, diagrammes, maquettes, formules, données et spécifications techniques, manuels et modes d'emploi sous une forme écrite ou enregistrée sur d'autres supports ou dispositifs tels que des disques, des bandes magnétiques, des mémoires passives.

Par « utilisation », il convient d'entendre la mise en œuvre, l'installation (y compris l'installation sur le site même), l'entretien (le contrôle), les réparations, la révision et la remise en état.

## **Matières et équipements**

### **1. Matières brutes et produits fissiles spéciaux**

Tels que les définit l'article XX du Statut de l'Agence internationale de l'énergie atomique :

#### **1.1 « Matière brute »**

Par « matière brute », il faut entendre l'uranium contenant le mélange d'isotopes qui se trouve dans la nature; l'uranium dont la teneur en uranium 235 est inférieure à la normale; le thorium; toutes les matières mentionnées ci-dessus sous forme de métal, d'alliage, de composés chimiques ou de concentrés; toute autre matière contenant une ou plusieurs des matières mentionnées ci-dessus à des concentrations que le Conseil des gouverneurs fixera de temps à autre; et telles autres matières que le Conseil des gouverneurs désignera de temps à autre.

#### **1.2 « Produit fissile spécial »**

i) Par « produit fissile spécial », il faut entendre le plutonium 239; l'uranium 233; l'uranium enrichi en uranium 235 ou 233; tout produit contenant un ou plusieurs des isotopes ci-dessus; et tels autres produits fissiles que le Conseil des gouverneurs désignera de temps à autre. Toutefois, le terme « produit fissile spécial » ne s'applique pas aux matières brutes.

ii) Par « uranium enrichi en uranium 235 ou 233 », il faut entendre l'uranium contenant soit de l'uranium 235, soit de l'uranium 233, soit ces deux isotopes en quantité telle que le rapport entre la somme de ces deux isotopes et l'isotope 238 soit supérieur au rapport entre l'isotope 235 et l'isotope 238 dans l'uranium naturel.

Cependant, aux fins des Directives, les articles indiqués à l'alinéa a) ci-dessous et les exportations de matières brutes ou de produits fissiles spéciaux à destination d'un pays donné, au cours d'une période de 12 mois, en quantités inférieures aux limites spécifiées à l'alinéa b) ci-dessous, sont exclus :

a) Plutonium ayant une teneur isotopique en plutonium 238 supérieure à 80 % :

Produits fissiles spéciaux utilisés en quantités de l'ordre du gramme ou en quantités inférieures comme élément sensible d'un instrument; et

Matières brutes au sujet desquelles le Gouvernement s'est assuré qu'elles seront exclusivement utilisées dans des activités non nucléaires, telles que la production d'alliages ou de céramiques;

b) Produits fissiles spéciaux	50 grammes effectifs;
Uranium naturel	500 kilogrammes;
Uranium appauvri	1 000 kilogrammes; et
Thorium	1 000 kilogrammes.

### **2. Équipements et matières non nucléaires**

Les équipements et les matières non nucléaires énumérés dans la liste adoptée par le Gouvernement sont les suivants (les quantités inférieures aux valeurs indiquées dans l'annexe B étant considérées comme pratiquement négligeables) :

- 2.1 Réacteurs nucléaires et équipements et composants spécialement conçus ou préparés pour ces réacteurs (voir annexe B, sect. 1);**
- 2.2 Matières non nucléaires pour réacteurs (voir annexe B, sect. 2);**
- 2.3 Usines de retraitement d'éléments combustibles irradiés, et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin (voir annexe B, sect. 3);**
- 2.4 Usines de fabrication d'éléments combustibles pour réacteurs nucléaires et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin (voir annexe B, sect. 4);**
- 2.5 Usines de séparation des isotopes de l'uranium et équipements, autres que les appareils d'analyse, spécialement conçus ou préparés à cette fin (voir annexe B, sect. 5);**
- 2.6 Usines de production ou de concentration d'eau lourde, de deutérium et de composés de deutérium, et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin (voir annexe B, sect. 6);**
- 2.7 Usines de conversion de l'uranium et du plutonium pour la fabrication d'éléments combustibles et de séparation des isotopes de l'uranium, telles que définies dans les sections 4 et 5, respectivement, et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin (voir annexe B, sect. 7).**

## **Annexe B**

### **Précisions concernant des articles énumérés dans la liste de base (conformément à la section 2 de la partie « Matières et équipements » de l'annexe A)**

#### **1. Réacteurs nucléaires et équipements et composants spécialement conçus ou préparés pour ces réacteurs**

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

Réacteurs nucléaires pouvant fonctionner de manière à maintenir une réaction de fission en chaîne auto-entretenu 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, les équipements pour le réglage de la puissance dans le cœur, et les composants qui renferment normalement le fluide de refroidissement primaire du cœur 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 ».

##### *Exportations*

L'exportation du jeu complet d'articles importants ainsi délimité n'aura lieu que conformément aux procédures énoncées dans les Directives. Les divers articles de cet ensemble fonctionnellement délimité, qui ne seront exportés que conformément aux procédures énoncées dans les Directives, sont énumérés sous 1.2 à 1.10. Le Gouvernement se réserve le droit d'appliquer les procédures énoncées dans les Directives à d'autres articles dudit ensemble fonctionnellement délimité.

##### **1.2 Cuves pour réacteurs nucléaires**

Cuves métalliques, ou éléments préfabriqués importants de telles cuves, qui sont spécialement conçues ou préparées pour contenir le cœur d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, ainsi que les internes de réacteur au sens donné à cette expression sous 1.8 ci-dessous.

##### *Note explicative*

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

### **1.3 Machines pour le chargement et le déchargement du combustible nucléaire**

Équipements de manutention spécialement conçus ou préparés pour introduire ou extraire le combustible d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus.

#### *Note explicative*

Ces équipements peuvent être utilisés en marche ou sont dotés de dispositifs techniques perfectionnés de positionnement ou d'alignement pour permettre des opérations complexes de chargement à l'arrêt, telles que celles au cours desquelles il est normalement impossible d'observer le combustible directement ou d'y accéder.

### **1.4 Barres de commande pour réacteurs et équipements connexes**

Barres spécialement conçues ou préparées pour maîtriser le processus de fission dans un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, et structures de support ou de suspension, mécanismes d'entraînement ou tubes de guidage des barres de commande.

### **1.5 Tubes de force pour réacteurs**

Tubes spécialement conçus ou préparés pour contenir les éléments combustibles et le fluide de refroidissement primaire d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, à des pressions de travail supérieures à 50 atmosphères.

### **1.6 Tubes de zirconium**

Zirconium métallique et alliages à base de zirconium, sous forme de tubes ou d'assemblages de tubes, fournis en quantités supérieures à 500 kg pendant une période de 12 mois quel que soit le pays destinataire, spécialement conçus ou préparés pour être utilisés dans un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, et dans lesquels le rapport hafnium/zirconium est inférieur à 1/500 parties en poids.

### **1.7 Pompes du circuit primaire**

Pompes spécialement conçues ou préparées pour faire circuler le fluide de refroidissement primaire pour réacteurs nucléaires au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus.

#### *Note explicative*

Les pompes spécialement conçues ou préparées peuvent comprendre des systèmes complexes à dispositifs d'étanchéité simples ou multiples destinés à éviter les fuites du fluide de refroidissement primaire, des pompes à rotor étanche et des pompes dotées de systèmes à masse d'inertie. Cette définition englobe les pompes conformes à la sous-section NB (composants de la classe 1) division I, section III du Code de la Société américaine des ingénieurs mécaniciens (ASME) ou à des normes équivalentes.

## **1.8 Internes de réacteur nucléaire**

« Internes de réacteur nucléaire » spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, y compris les colonnes de support du cœur, les canaux de combustible, les écrans thermiques, les déflecteurs, les plaques à grille du cœur et les plaques de répartition.

### *Note explicative*

Les « internes de réacteur nucléaire » sont des structures importantes à l'intérieur d'une cuve de réacteur et remplissent une ou plusieurs fonctions, par exemple le support du cœur, le maintien de l'alignement du combustible, l'orientation du fluide de refroidissement primaire, la protection radiologique de la cuve de réacteur et le guidage de l'instrumentation se trouvant dans le cœur.

## **1.9 Échangeurs de chaleur**

Échangeurs de chaleur (générateurs de vapeur) spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans le circuit de refroidissement primaire d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus.

### *Note explicative*

Les générateurs de vapeur sont spécialement conçus ou préparés pour transférer la chaleur produite dans le réacteur (côté primaire) à l'eau d'alimentation (côté secondaire) en vue de la production de vapeur. Dans le cas d'un réacteur surgénérateur refroidi par métal liquide, dans lequel se trouve aussi un circuit intermédiaire de refroidissement du métal liquide, les échangeurs de chaleur qui servent à transférer la chaleur du côté primaire au circuit de refroidissement intermédiaire sont considérés comme susceptibles d'être contrôlés, en plus du générateur de vapeur. Pour ces articles, les contrôles ne s'appliquent pas aux échangeurs de chaleur du circuit de refroidissement d'urgence ou du circuit d'évacuation de la chaleur résiduelle.

## **1.10 Instruments de détection et de mesure des neutrons**

Instruments de détection et de mesure des neutrons spécialement conçus ou préparés pour évaluer les flux de neutrons dans le cœur d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus.

### *Note explicative*

Cette expression désigne les instruments se trouvant dans le cœur et hors du cœur qui servent à mesurer les flux dans une large gamme, allant habituellement de 10<sup>4</sup> neutrons par cm<sup>2</sup> par seconde à 10<sup>10</sup> neutrons par cm<sup>2</sup> par seconde, ou plus. Par « hors du cœur », on entend les instruments qui se trouvent en dehors du cœur du réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, mais à l'intérieur de la protection biologique.

## **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 au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus et qui est fourni en quantités dépassant 30 tonnes métriques pendant une période de 12 mois, quel que soit le pays destinataire.

#### *Note explicative*

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

L'équivalent en bore (EB) peut être déterminé expérimentalement ou calculé en tant que somme de EBz pour les impuretés (à l'exclusion d'EBcarbone, étant donné que le carbone n'est pas considéré comme une impureté) y compris le bore, où :

$EBz(\text{ppm}) = FC \times \text{concentration de l'élément Z (en ppm)}$ ;

FC est le facteur de conversion :  $(\sigma_z \times AB)$  divisé par  $(\sigma_B \times Az)$ ;

où  $\sigma_B$  et  $\sigma_z$  sont les sections efficaces de capture des neutrons thermiques (en barns) pour le bore naturel et l'élément Z, respectivement, et AB et Az sont les masses atomiques du bore naturel et de l'élément Z, respectivement.

## **3. Usines de retraitement d'éléments combustibles irradiés et équipements spécialement conçus ou préparés 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 tributylrique 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 combustible nucléaire irradié à retraiter et l'usage prévu des matières récupérées, et selon les principes de sûreté et d'entretien qui ont été retenus dans la conception de l'installation.

L'expression « usine de retraitement d'éléments combustibles irradiés » englobe les équipements et composants qui entrent normalement en contact direct avec le combustible irradié ou servent à contrôler directement ce combustible et les principaux flux de matières nucléaires et de produits de fission pendant le traitement.

Ces procédés, y compris les systèmes complets pour la conversion du plutonium et la production de plutonium métal, peuvent être identifiés par les mesures prises pour éviter la criticité (par exemple par la géométrie), les radioexpositions (par exemple par blindage) et les risques de toxicité (par exemple par confinement).

#### *Exportations*

L'exportation du jeu complet d'articles importants ainsi délimité n'aura lieu que conformément aux procédures énoncées dans les Directives.

Le Gouvernement se réserve le droit d'appliquer les procédures énoncées dans les Directives à d'autres articles de l'ensemble fonctionnellement délimité suivant la liste ci-après.

Articles considérés comme tombant dans la catégorie visée par le membre de phrase « et équipements spécialement conçus ou préparés » pour le retraitement d'éléments combustibles irradiés :

### **3.1 Machines à dégainer les éléments combustibles irradiés**

#### *Note d'introduction*

Ces machines dégagent le combustible afin d'exposer la matière nucléaire irradiée à la dissolution. Des cisailles à métaux spécialement conçues sont le plus couramment employées, mais des équipements de pointe, tel que lasers, peuvent être utilisés.

Machines télécommandées spécialement conçues ou préparées pour être utilisées dans une usine de retraitement au sens donné à ce terme ci-dessus, et destinées à désassembler, découper ou cisailer des assemblages, faisceaux ou barres de combustible nucléaire irradiés.

### **3.2 Dissolveurs**

#### *Note d'introduction*

Les dissolveurs reçoivent normalement les tronçons de combustible irradié. Dans ces récipients dont la sûreté-criticité est assurée, la matière nucléaire irradiée est dissoute dans l'acide nitrique; restent les coques, qui sont retirées du flux de traitement.

Récipients « géométriquement sûrs » (de petit diamètre, annulaires ou plats) spécialement conçus ou préparés en vue d'être utilisés dans une usine de retraitement, au sens donné à ce terme ci-dessus, pour dissoudre du combustible nucléaire irradié, capables de résister à des liquides fortement corrosifs chauds et dont le chargement et l'entretien peuvent être télécommandés.

### **3.3 Extracteurs et équipements d'extraction par solvant**

#### *Note d'introduction*

Les extracteurs reçoivent à la fois la solution de combustible irradié provenant des dissolvants et la solution organique qui sépare l'uranium, le plutonium et les produits de fission. Les équipements d'extraction par solvant sont normalement conçus pour satisfaire à des paramètres de fonctionnement rigoureux tels que longue durée de vie utile sans exigences 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.

#### **4. Usines de fabrication d'éléments combustibles pour réacteurs nucléaires, et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin**

##### *Note d'introduction*

Les éléments combustibles sont fabriqués à partir d'une ou de plusieurs des matières brutes ou d'un ou de plusieurs des produits fissiles spéciaux mentionnés à la partie « Matières et équipements » de la présente annexe. Pour les combustibles à oxydes, c'est-à-dire les plus communs, des équipements de compactage des pastilles, de frittage, de broyage et de granulométrie seront présents. Les combustibles à mélange d'oxydes sont manipulés dans des boîtes à gants (ou des enceintes équivalentes) jusqu'à ce qu'ils soient scellés dans le gainage. Dans tous les cas, le combustible est enfermé hermétiquement à l'intérieur d'un gainage approprié, lequel est conçu comme la première enveloppe entourant le combustible en vue de performances et d'une sûreté appropriées pendant le fonctionnement du réacteur. Par ailleurs, dans tous les cas, un contrôle précis des processus, des procédures et des équipements, fait suivant des normes extrêmement rigoureuses, est nécessaire pour obtenir un comportement prévisible et sûr du combustible.

##### *Note explicative*

Les équipements désignés par le membre de phrase « et équipements spécialement conçus ou préparés » pour la fabrication d'éléments combustibles comprennent ceux qui :

- a. Normalement se trouvent en contact direct avec le flux des matières nucléaires produites, ou bien traitent ou contrôlent directement ce flux;
- b. Scellent les matières nucléaires à l'intérieur du gainage;
- c. Vérifient l'intégrité du gainage ou l'étanchéité;
- d. Vérifient le traitement de finition du combustible scellé.

Ces équipements ou ensembles d'équipements peuvent comprendre, par exemple :

- 1) Des stations entièrement automatiques d'inspection des pastilles spécialement conçues ou préparées pour vérifier les dimensions finales et les défauts de surface des pastilles combustibles;
- 2) Des machines de soudage automatiques spécialement conçues ou préparées pour le soudage des bouchons sur les aiguilles (ou les barres) combustibles;

3) Des stations automatiques d'essai et d'inspection spécialement conçues ou préparées pour la vérification de l'intégrité des aiguilles (ou des barres) combustibles.

Sous 3, on trouve habituellement des équipements : a) d'examen par rayons X des soudures des bouchons d'aiguille (ou de barre); b) de détection des fuites d'hélium à partir des aiguilles (ou des barres) sous pression; et c) d'exploration gamma des aiguilles (ou des barres) pour vérifier que les pastilles combustibles sont correctement positionnées à l'intérieur.

## **5. Usines de séparation des isotopes de l'uranium et équipements, autres que les appareils d'analyse, spécialement conçus ou préparés à cette fin**

Articles considérés comme tombant dans la catégorie visée par le membre de phrase « et équipements, autres que les appareils d'analyse, spécialement conçus ou préparés » pour la séparation des isotopes de l'uranium :

### **5.1 Centrifugeuses et assemblages et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les centrifugeuses**

#### *Note d'introduction*

Ordinairement, la centrifugeuse se compose d'un ou de plusieurs cylindres à paroi mince, d'un diamètre compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces), placés dans une enceinte à 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. À 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<sub>6</sub> 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.

e) Bouchons d'extrémité supérieurs et inférieurs

Composants en forme de disque d'un diamètre compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces) spécialement conçus ou préparés pour s'adapter aux extrémités du bol et maintenir ainsi l'UF<sub>6</sub> à l'intérieur de celui-ci et, dans certains cas, pour porter, retenir ou contenir en tant que partie intégrante un élément du palier supérieur (bouchon supérieur) ou pour porter les éléments tournants du moteur et du palier inférieur (bouchon inférieur), et fabriqués dans l'un des matériaux ayant un rapport résistance-densité élevé décrit dans la note explicative.

*Note explicative*

Les matériaux utilisés pour les composants tournants des centrifugeuses sont :

a) Les aciers martensitiques vieillissables ayant une charge limite de rupture égale ou supérieure à  $2,05 \cdot 10^9$  N/m<sup>2</sup> (300 000 psi) ou plus;

b) Les alliages d'aluminium ayant une charge limite de rupture égale ou supérieure à  $0,46 \cdot 10^9$  N/m<sup>2</sup> (67 000 psi) ou plus;

c) Des matériaux filamenteux pouvant être utilisés dans des structures composites et ayant un module spécifique égal ou supérieur à  $3,18 \cdot 10^6$  m, et une charge limite de rupture spécifique égale ou supérieure à  $7,62 \cdot 10^4$  m (le « module spécifique » est le module de Young exprimé en N/m<sup>2</sup> divisé par le poids volumique exprimé en N/m<sup>3</sup>; la « charge limite de rupture spécifique » est la charge limite de rupture exprimée en N/m<sup>2</sup> divisée par le poids volumique exprimé en N/m<sup>3</sup>).

### 5.1.2 Composants fixes

#### a) Paliers de suspension magnétique

Assemblages de support spécialement conçus ou préparés comprenant un aimant annulaire suspendu dans un carter contenant un milieu amortisseur. Le carter est fabriqué dans un matériau résistant à l'UF<sub>6</sub> (voir la note explicative de la section 5.2). L'aimant est couplé à une pièce polaire ou à un deuxième aimant fixé sur le bouchon d'extrémité supérieur décrit sous 5.1.1 e). L'aimant annulaire peut avoir un rapport entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur inférieur ou égal à 1,6:1. L'aimant peut avoir une perméabilité initiale égale ou supérieure à 0,15 H/m (120 000 en unités CGS), ou une rémanence égale ou supérieure à 98,5 % ou une densité d'énergie électromagnétique supérieure à 80 kJ/m<sup>3</sup> (107 gauss-oersteds). Outre les propriétés habituelles du matériau, une condition essentielle est que la déviation des axes magnétiques par rapport aux axes géométriques soit limitée par des tolérances très serrées (inférieures à 0,1 mm ou 0,004 pouce) ou que l'homogénéité du matériau de l'aimant soit spécialement imposée.

#### b) Paliers de butée/amortisseurs

Paliers spécialement conçus ou préparés comprenant un assemblage pivot/coupelle monté sur un amortisseur. Le pivot se compose habituellement d'un arbre en acier trempé comportant un hémisphère à une extrémité et un dispositif de fixation au 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'UF<sub>6</sub>.

f) Écopes

Tubes ayant un diamètre interne d'au plus 12 mm (0,5 pouce), spécialement conçus ou préparés pour extraire l'UF<sub>6</sub> 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'UF<sub>6</sub>.

## **5.2 Systèmes, équipements et composants auxiliaires spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par ultracentrifugation**

### *Note d'introduction*

Les systèmes, équipements et composants auxiliaires d'une usine d'enrichissement par ultracentrifugation sont les systèmes nécessaires pour introduire l'UF<sub>6</sub> dans les centrifugeuses, pour relier les centrifugeuses les unes aux autres en cascades pour obtenir des taux d'enrichissement de plus en plus élevés et pour prélever l'UF<sub>6</sub> dans les centrifugeuses en tant que « produit » et « résidu », ainsi que les équipements d'entraînement des centrifugeuses et de commande de l'usine.

Habituellement, l'UF<sub>6</sub> est sublimé au moyen d'autoclaves chauffés et réparti à l'état gazeux dans les diverses centrifugeuses grâce à un collecteur tubulaire de cascade. Les flux de « produit » et de « résidu » sortant des centrifugeuses sont aussi acheminés par un collecteur tubulaire de cascade vers des pièges à froid [fonctionnant à environ 203 K (-70 °C)] où l'UF<sub>6</sub> est condensé avant d'être transféré dans des conteneurs de transport ou de stockage. Étant donné qu'une usine d'enrichissement contient plusieurs milliers de centrifugeuses montées en cascade, il y a plusieurs kilomètres de tuyauteries comportant des milliers de soudures, ce qui suppose une répétitivité considérable du montage. Les équipements, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

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

Systèmes spécialement conçus ou préparés comprenant :

Des autoclaves (ou stations) d'alimentation, utilisés pour introduire l'UF<sub>6</sub> dans les cascades de centrifugeuses à une pression allant jusqu'à 100 kPa (15 psi) et à un débit égal ou supérieur à 1 kg/h;

Des pièges à froid utilisés pour prélever l'UF<sub>6</sub> des cascades à une pression allant jusqu'à 3 kPa (0,5 psi). Les pièges à froid peuvent être refroidis jusqu'à 203 K (-70 °C) et chauffés jusqu'à 343 K (70 °C);

Des stations « Produit » et « Résidus » pour le transfert de l'UF<sub>6</sub> dans des conteneurs.

Ces équipements et ces tuyauteries sont constitués entièrement ou revêtus intérieurement de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub> (voir la NOTE EXPLICATIVE de la présente section) et sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

### 5.2.2 Collecteurs/tuyauteries

Tuyauteries et collecteurs spécialement conçus ou préparés pour la manipulation de l'UF<sub>6</sub> à l'intérieur des cascades de centrifugeuses. La tuyauterie est habituellement du type collecteur « triple », chaque centrifugeuse étant connectée à chacun des collecteurs. La répétitivité du montage du système est donc grande. Le système est constitué entièrement de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub> (voir la NOTE EXPLICATIVE de la présente section) et est fabriqué suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

### 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-ensembles 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 d'introduction*

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. Étant 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.

#### **5.3.1 Barrières de diffusion gazeuse**

a) Filtres minces et poreux spécialement conçus ou préparés, qui ont des pores d'un diamètre de 100 à 1 000 Å (angströms), une épaisseur égale ou inférieure à 5 mm (0,2 pouce) et, dans le cas des formes tubulaires, un diamètre égal ou inférieur à 25 mm (1 pouce) et sont constitués de matériaux métalliques, polymères ou céramiques résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub>.

b) Composés ou poudres préparés spécialement pour la fabrication de ces filtres. Ces composés et poudres comprennent le nickel et des alliages contenant 60 % ou plus de nickel, l'oxyde d'aluminium et les polymères d'hydrocarbures totalement fluorés ayant une pureté égale ou supérieure à 99,9 %, une taille des grains inférieure à 10 microns et une grande uniformité de cette taille, qui sont spécialement préparés pour la fabrication de barrières de diffusion gazeuse.

#### **5.3.2 Diffuseurs**

Enceintes spécialement conçues ou préparées, hermétiquement scellées, de forme cylindrique et ayant plus de 300 mm (12 pouces) de diamètre et plus de 900 mm (35 pouces) de long, ou de forme rectangulaire avec des dimensions comparables, qui sont dotées d'un raccord d'entrée et de deux raccords de sortie ayant tous plus de 50 mm (2 pouces) de diamètre, prévues pour contenir la barrière de diffusion gazeuse, constituées ou revêtues intérieurement de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub> et conçues pour être installées horizontalement ou verticalement.

#### **5.3.3 Compresseurs et soufflantes à gaz**

Compresseurs axiaux, centrifuges ou volumétriques et soufflantes à gaz spécialement conçus ou préparés, ayant une capacité d'aspiration de 1 m<sup>3</sup>/min ou plus d'UF<sub>6</sub> et une pression de sortie pouvant aller jusqu'à plusieurs centaines de kPa (100 psi), conçus pour fonctionner longtemps en atmosphère d'UF<sub>6</sub>, avec ou sans moteur électrique de puissance appropriée, et assemblages séparés de compresseurs et soufflantes à gaz de ce type. Ces compresseurs et soufflantes à gaz ont un rapport

de compression compris entre 2/1 et 6/1 et sont constitués ou revêtus intérieurement de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub>.

#### **5.3.4 Garnitures d'étanchéité d'arbres**

Garnitures à vide spécialement conçues ou préparées, avec connexions d'alimentation et d'échappement, pour assurer de manière fiable l'étanchéité de l'arbre reliant le rotor du compresseur ou de la soufflante à gaz au moteur d'entraînement en empêchant l'air de pénétrer dans la chambre intérieure du compresseur ou de la soufflante à gaz qui est remplie d'UF<sub>6</sub>. Ces garnitures sont normalement conçues pour un taux de pénétration de gaz tampon inférieur à 1 000 cm<sup>3</sup>/min (60 pouces cubes/min).

#### **5.3.5 Échangeurs de chaleur pour le refroidissement de l'UF<sub>6</sub>**

Échangeurs de chaleur spécialement conçus ou préparés, constitués ou revêtus intérieurement de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub> (à l'exception de l'acier inoxydable) ou de cuivre ou d'une combinaison de ces métaux et prévus pour un taux de variation de la pression due à une fuite qui est inférieur à 10 Pa (0,0015 psi) par heure pour une différence de pression de 100 kPa (15 psi).

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

#### *Note d'introduction*

Les systèmes, les équipements et les composants auxiliaires des usines d'enrichissement par diffusion gazeuse sont les systèmes nécessaires pour introduire l'UF<sub>6</sub> 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'UF<sub>6</sub> 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'UF<sub>6</sub> 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'UF<sub>6</sub> gazeux est liquéfié avant d'être transféré dans des conteneurs de transport ou de stockage appropriés. Étant 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. Les équipements, 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' $UF_6$  dans les cascades de diffusion gazeuse;
- Des pièges à froid utilisés pour prélever l' $UF_6$  des cascades de diffusion;
- Des stations de liquéfaction où l' $UF_6$  gazeux provenant de la cascade est comprimé et refroidi pour obtenir de l' $UF_6$  liquide;
- Des stations « Produit » ou « Résidus » pour le transfert de l' $UF_6$  dans des conteneurs.

#### **5.4.2 Collecteurs/tuyauteries**

Tuyauteries et collecteurs spécialement conçus ou préparés pour la manipulation de l' $UF_6$  à l'intérieur des cascades de diffusion gazeuse. La tuyauterie est normalement du type collecteur « double », chaque cellule étant connectée à chacun des collecteurs.

#### **5.4.3 Systèmes à vide**

a) Grands distributeurs à vide, collecteurs à vide et pompes à vide ayant une capacité d'aspiration égale ou supérieure à 5 m<sup>3</sup>/min (175 pieds cubes/min), spécialement conçus ou préparés.

b) Pompes à vide spécialement conçues pour fonctionner en atmosphère d' $UF_6$ , constituées ou revêtues intérieurement d'aluminium, de nickel ou d'alliages comportant plus de 60 % de nickel. Ces pompes peuvent être rotatives ou volumétriques, être à déplacement et dotées de joints en fluorocarbures et être pourvues de fluides de service spéciaux.

#### **5.4.4 Vannes spéciales d'arrêt et de réglage**

Soufflets d'arrêt et de réglage, manuels ou automatiques, spécialement conçus ou préparés, constitués de matériaux résistant à l' $UF_6$  et ayant un diamètre compris entre 40 et 1 500 mm (1,5 à 59 pouces) pour installation dans des systèmes principaux et auxiliaires des usines d'enrichissement par diffusion gazeuse.

#### **5.4.5 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 :

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.

*Note explicative*

Les articles énumérés ci-dessus, soit sont en contact direct avec l'UF<sub>6</sub> 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<sub>6</sub>. Aux fins des sections relatives aux articles pour diffusion gazeuse, les matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> comprennent l'acier inoxydable, l'aluminium, les alliages d'aluminium, l'oxyde d'aluminium, le nickel et les alliages contenant 60 % ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures totalement fluorés résistant à l'UF<sub>6</sub>.

## **5.5 Systèmes, équipements 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<sub>6</sub> 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. Étant donné que les procédés aérodynamiques font appel à l'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 au contact de l'UF<sub>6</sub>.

*Note explicative*

Les articles énumérés dans la présente section soit sont en contact direct avec l'UF<sub>6</sub> 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<sub>6</sub>. Aux fins de la section relative aux articles pour enrichissement par procédé aérodynamique, les matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> 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<sub>6</sub>.

### **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<sub>6</sub>, 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<sub>6</sub>, 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.

#### *Note explicative*

Le gaz pénètre tangentiellement dans le tube vortex à l'une de ses extrémités, ou par l'intermédiaire de cyclones, ou encore tangentiellement par de nombreux orifices situés le long de la périphérie du tube.

### **5.5.3 Compresseurs et soufflantes à gaz**

Compresseurs axiaux, centrifuges ou volumétriques ou soufflantes à gaz spécialement conçus ou préparés, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> et ayant une capacité d'aspiration du mélange d'UF<sub>6</sub> et de gaz porteur (hydrogène ou hélium) de 2 m<sup>3</sup>/min ou plus.

#### *Note explicative*

Ces compresseurs et ces soufflantes à gaz ont généralement un rapport de compression compris entre 1,2/1 et 6/1.

### **5.5.4 Garnitures d'étanchéité d'arbres**

Garnitures spécialement conçues ou préparées, avec connexions d'alimentation et d'échappement, pour assurer de manière fiable l'étanchéité de l'arbre reliant le rotor du compresseur ou de la soufflante à gaz au moteur d'entraînement en empêchant le gaz de procéder de s'échapper, ou l'air ou le gaz d'étanchéité de pénétrer dans la chambre intérieure du compresseur ou de la soufflante à gaz qui est remplie du mélange d'UF<sub>6</sub> et de gaz porteur.

### **5.5.5 Échangeurs de chaleur pour le refroidissement du mélange de gaz**

Échangeurs de chaleur spécialement conçus ou préparés, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub>.

### **5.5.6 Enceintes renfermant les éléments de séparation**

Enceintes spécialement conçues ou préparées, constituées ou revêtues de matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub>, destinées à recevoir les tubes vortex ou les tuyères de séparation.

#### *Note explicative*

Ces enceintes peuvent être des conteneurs de forme cylindrique ayant plus de 300 mm de diamètre et plus de 900 mm de long, ou de forme rectangulaire avec des dimensions comparables, et elles peuvent être conçues pour être installées horizontalement ou verticalement.

### **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<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 prélever 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 prélever 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.

### **5.5.8 Collecteurs/tuyauteries**

Tuyauteries et collecteurs constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub>, spécialement conçus ou préparés pour la manipulation de l'UF<sub>6</sub> 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 m<sup>3</sup>/min, comprenant des distributeurs à vide, des collecteurs à vide et des pompes à vide et conçus pour fonctionner en atmosphère d'UF<sub>6</sub>.
- b) Pompes à vide spécialement conçues ou préparées pour fonctionner en atmosphère d'UF<sub>6</sub>, et constituées ou revêtues de matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub>. 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<sub>6</sub> 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<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. Collecteur adapté à l'analyse isotopique.

#### **5.5.12 Systèmes de séparation de l'UF<sub>6</sub> et du gaz porteur**

Systèmes spécialement conçus ou préparés pour séparer l'UF<sub>6</sub> du gaz porteur (hydrogène ou hélium).

##### *Note explicative*

Ces systèmes sont conçus pour réduire la teneur en UF<sub>6</sub> du gaz porteur à 1 ppm ou moins et 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) Tuyères de séparation ou tubes vortex pour séparer l'UF<sub>6</sub> du gaz porteur;
- d) Pièges à froid pour l'UF<sub>6</sub> capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à -20 °C.

#### **5.6 Systèmes, équipements et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par échange chimique ou par échange d'ions**

##### *Note d'introduction*

Les différences de masse minimales que présentent les isotopes de l'uranium entraînent de légères différences dans l'équilibre des réactions chimiques, phénomène qui peut être utilisé pour séparer les isotopes. Deux procédés ont été mis au point avec de bons résultats : l'échange chimique liquide-liquide et l'échange d'ions solide-liquide.

Dans le procédé d'échange chimique liquide-liquide, deux phases liquides non miscibles (aqueuse et organique) sont mises en contact par circulation à contre-courant de façon à obtenir un effet de cascade correspondant à plusieurs milliers d'étages de séparation. La phase aqueuse est composée de chlorure d'uranium en solution dans de l'acide chlorhydrique; la phase organique est constituée d'un agent d'extraction contenant du chlorure d'uranium dans un solvant organique. Les contacteurs employés dans la cascade de séparation peuvent être des colonnes d'échange liquide-liquide (telles que des colonnes pulsées à plateaux perforés) ou des contacteurs centrifuges liquide-liquide. Des phénomènes chimiques (oxydation et réduction) sont nécessaires à chacune des deux extrémités de la cascade de séparation afin d'y permettre le reflux. L'un des principaux soucis du concepteur est d'éviter la contamination des flux du procédé par certains ions métalliques. On utilise par conséquent 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*

Le compartiment cathodique de la cellule doit être conçu de manière à empêcher que l'uranium ne repasse à la valence supérieure par réoxydation. Afin de maintenir l'uranium dans le compartiment cathodique, la cellule peut être pourvue d'une membrane inattaquable constituée d'un matériau spécial échangeur de cations. La cathode est constituée d'un matériau conducteur solide approprié tel que le graphite.

b) Systèmes situés à l'extrémité de la cascade où est récupéré le produit, spécialement conçus ou préparés pour prélever  $U_4^+$  sur le flux organique, ajuster la concentration en acide et alimenter les cellules de réduction électrochimique.

*Note explicative*

Ces systèmes comprennent les équipements d'extraction par solvant permettant de prélever  $U_4^+$  sur le flux organique pour l'introduire dans la solution aqueuse, les équipements d'évaporation et/ou autres équipements permettant d'ajuster et de contrôler le pH de la solution, ainsi que les pompes ou autres dispositifs de transfert destinés à alimenter les cellules de réduction électrochimique. L'un des principaux soucis du concepteur est d'éviter la contamination du flux aqueux par certains ions métalliques. Par conséquent, les parties du système qui sont en contact avec le flux du procédé sont composées d'éléments constitués ou revêtus de matériaux appropriés (tels que le verre, les fluorocarbures polymères, le sulfate de polyphényle, le polyéther sulfone et le graphite imprégné de résine).

#### **5.6.4 Systèmes de préparation de l'alimentation (échange chimique)**

Systèmes spécialement conçus ou préparés pour produire des solutions de chlorure d'uranium de grande pureté destinées à alimenter les usines de séparation des isotopes de l'uranium par échange chimique.

*Note explicative*

Ces systèmes comprennent les équipements de purification par dissolution, extraction par solvant et/ou échange d'ions, ainsi que les cellules électrolytiques pour réduire l'uranium  $U_6^+$  ou  $U_4^+$  en  $U_3^+$ . Ils produisent des solutions de chlorure d'uranium ne contenant que quelques parties par million d'impuretés métalliques telles que chrome, fer, vanadium, molybdène et autres cations de valence égale ou supérieure à 2. Les matériaux dont sont constituées ou revêtues les parties du système où est traité de l'uranium  $U_3^+$  de grande pureté comprennent le verre, les fluorocarbures polymères, le sulfate de polyphényle ou le polyéther sulfone et le graphite imprégné de résine.

#### **5.6.5 Systèmes d'oxydation de l'uranium (échange chimique)**

Systèmes spécialement conçus ou préparés pour oxyder  $U_3^+$  en  $U_4^+$  en vue du reflux vers la cascade de séparation des isotopes dans le procédé d'enrichissement par échange chimique.

*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 résistant 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) résistant 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 psi).

### **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.

#### *Note explicative*

Dans le procédé d'enrichissement par échange d'ions, on peut par exemple utiliser comme cation réducteur le titane trivalent ( $Ti^{3+}$ ) : le système de réduction régénérerait alors  $Ti^{3+}$  par réduction de  $Ti^{4+}$ .

De même, on peut par exemple utiliser comme oxydant le fer trivalent ( $Fe^{3+}$ ) : le système d'oxydation régénérerait alors  $Fe^{3+}$  par oxydation de  $Fe^{2+}$ .

### **5.7 Systèmes, équipements et composants spécialement conçus et préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par laser**

#### *Note d'introduction*

Les systèmes actuellement employés dans les procédés d'enrichissement par laser peuvent être classés en deux catégories, selon le milieu auquel est appliqué le procédé : vapeur atomique d'uranium ou vapeur d'un composé de l'uranium. Ces procédés sont notamment connus sous les dénominations courantes suivantes : première catégorie – séparation des isotopes par laser sur vapeur atomique (SILVA

ou AVLIS); seconde catégorie – séparation des isotopes par irradiation au laser de molécules (SILMO ou MLIS) et réaction chimique par activation laser isotopiquement sélective (CRISLA). Les systèmes, les équipements et les composants utilisés dans les usines d'enrichissement par laser comprennent : a) des dispositifs d'alimentation en vapeur d'uranium métal (en vue d'une photo-ionisation sélective) ou des dispositifs d'alimentation en vapeur d'un composé de l'uranium (en vue d'une photodissociation ou d'une activation chimique); b) des dispositifs pour recueillir l'uranium métal enrichi (produit) et appauvri (résidus) dans les procédés de la première catégorie et des dispositifs pour recueillir les composés dissociés ou activés (produit) et les matières non modifiées (résidus) dans les procédés de la seconde catégorie; c) des systèmes laser de procédé pour exciter sélectivement la forme uranium 235; d) des équipements pour la préparation de l'alimentation et pour la conversion du produit. En raison de la complexité de la spectroscopie des atomes d'uranium et des composés de l'uranium, il peut falloir englober les articles utilisés dans tous ceux des procédés laser qui sont disponibles.

*Note explicative*

Un grand nombre des articles énumérés dans la présente section sont en contact direct soit avec l'uranium métal vaporisé ou liquide, soit avec un gaz de procédé consistant en  $UF_6$  ou en un mélange d' $UF_6$  et d'autres gaz. Toutes les surfaces qui sont en contact avec l'uranium ou l' $UF_6$  sont constituées entièrement ou revêtues de matériaux résistant à la corrosion. Aux fins de la section relative aux articles pour enrichissement par laser, les matériaux résistant à la corrosion par l'uranium métal ou les alliages d'uranium vaporisés ou liquides sont le graphite revêtu d'oxyde d'yttrium et le tantale; les matériaux résistant à la corrosion par l' $UF_6$  sont le cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel, les alliages contenant 60 % ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures totalement fluorés résistant à l' $UF_6$ .

**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 (voir le document INFCIRC/254/Part 2, tel qu'amendé) 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.

### **5.7.5 Tuyères de détente supersonique (SILMO)**

Tuyères de détente supersonique, résistant à la corrosion par l' $UF_6$ , spécialement conçues ou préparées pour refroidir les mélanges d' $UF_6$  et de gaz porteur jusqu'à 150 K ou moins.

### **5.7.6 Collecteurs de pentafluorure d'uranium (SILMO)**

Collecteurs de pentafluorure d'uranium ( $UF_5$ ) solide spécialement conçus ou préparés, constitués de collecteurs ou de combinaisons de collecteurs à filtre, à impact ou à cyclone et résistant à la corrosion en milieu  $UF_5/UF_6$ .

### **5.7.7 Compresseurs d' $UF_6$ /gaz porteur (SILMO)**

Compresseurs spécialement conçus ou préparés pour les mélanges d' $UF_6$  et de gaz porteur, prévus pour un fonctionnement de longue durée en atmosphère d' $UF_6$ . Les composants de ces compresseurs qui sont en contact avec le gaz de procédé sont constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l' $UF_6$ .

### **5.7.8 Garnitures d'étanchéité d'arbres (SILMO)**

Garnitures spécialement conçues ou préparées, avec connexions d'alimentation et d'échappement, pour assurer de manière fiable l'étanchéité de l'arbre reliant le rotor du compresseur au moteur d'entraînement en empêchant le gaz de procédé de s'échapper, ou l'air ou le gaz d'étanchéité de pénétrer dans la chambre intérieure du compresseur qui est rempli du mélange  $UF_6$ /gaz porteur.

### **5.7.9 Systèmes de fluoration (SILMO)**

Systèmes spécialement conçus ou préparés pour fluorer l'UF<sub>5</sub> (solide) en UF<sub>6</sub> (gazeux).

#### *Note explicative*

Ces systèmes sont conçus pour fluorer la poudre d'UF<sub>5</sub>, puis recueillir l'UF<sub>6</sub>, dans les conteneurs destinés au produit, ou le réintroduire dans les unités SILMO en vue d'un enrichissement plus poussé. Dans l'une des méthodes possibles, la fluoration peut être réalisée à l'intérieur du système de séparation des isotopes, la réaction et la récupération se faisant directement au niveau des collecteurs du produit. Dans une autre méthode, la poudre d'UF<sub>5</sub> peut être retirée des collecteurs du produit et transférée dans une enceinte appropriée (par exemple réacteur à lit fluidisé, réacteur hélicoïdal ou tour à flamme) pour y subir la fluoration. Dans les deux méthodes, on emploie certains équipements pour le stockage et le transfert du fluor (ou d'autres agents de fluoration appropriés) et pour la collecte et le transfert de l'UF<sub>6</sub>.

### **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.

### **5.7.13 Systèmes laser (SILVA, SILMO et CRISLA)**

Lasers ou systèmes laser spécialement conçus ou préparés pour la séparation des isotopes de l'uranium.

*Note explicative*

Les lasers et les composants de laser importants dans les procédés d'enrichissement par laser comprennent ceux qui sont énumérés dans le document INFCIRC/254/Part 2 (tel qu'amendé). Le système laser utilisé dans le procédé SILVA comprend généralement deux lasers : un laser à vapeur de cuivre et un laser à colorant. Le système laser employé dans le procédé SILMO comprend généralement un laser à CO<sub>2</sub> ou un laser à excimère et une cellule optique à multipassages munie de miroirs tournants aux deux extrémités. Dans les deux procédés, les lasers ou les systèmes laser doivent être munis d'un stabilisateur de fréquence pour pouvoir fonctionner pendant de longues périodes.

### **5.8 Systèmes, équipements et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par séparation des isotopes dans un plasma**

*Note d'introduction*

Dans le procédé de séparation dans un plasma, un plasma d'ions d'uranium traverse un champ électrique accordé à la fréquence de résonance des ions <sup>235</sup>U, de sorte que ces derniers absorbent de l'énergie de manière préférentielle et que le diamètre de leurs orbites hélicoïdales s'accroît. Les ions qui suivent un parcours de grand diamètre sont piégés et on obtient un produit enrichi en <sup>235</sup>U. Le plasma, qui est créé en ionisant de la vapeur d'uranium, est contenu dans une enceinte à vide soumise à un champ magnétique de haute intensité produit par un aimant supraconducteur. Les principaux systèmes du procédé comprennent le système générateur du plasma d'uranium, le module séparateur et son aimant supraconducteur (voir le document INFCIRC/254/Part 2, tel qu'amendé) et les systèmes de prélèvement de l'uranium métal destinés à collecter le produit et les résidus.

#### **5.8.1 Sources d'énergie hyperfréquence et antennes**

Sources d'énergie hyperfréquence et antennes spécialement conçues ou préparées pour produire ou accélérer des ions et ayant les caractéristiques suivantes : fréquence supérieure à 30 GHz et puissance de sortie moyenne supérieure à 50 kW pour la production d'ions.

### **5.8.2 Bobines excitatrices d'ions**

Bobines excitatrices d'ions à haute fréquence spécialement conçues ou préparées pour des fréquences supérieures à 100 kHz et capables de supporter une puissance moyenne supérieure à 40 kW.

### **5.8.3 Systèmes générateurs de plasma d'uranium**

Systèmes de production de plasma d'uranium spécialement conçus ou préparés, pouvant renfermer 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.

### **5.8.4 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 (voir le document INFCIRC/254/Part 2, tel qu'amendé) 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, équipements 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 de manipulation chimique pour la récupération du produit et l'épuration ou le recyclage des composants.

### **5.9.1 Séparateurs électromagnétiques**

Séparateurs électromagnétiques spécialement conçus ou préparés pour la séparation des isotopes de l'uranium, et équipements et composants pour cette séparation, à savoir en particulier :

a) Sources d'ions

Sources d'ions uranium uniques ou multiples, spécialement conçues ou préparées, comprenant la source de vapeur, l'ionisateur et l'accélérateur de faisceau, constituées de matériaux appropriés comme le graphite, l'acier inoxydable ou le cuivre, et capables de fournir un courant d'ionisation total égal ou supérieur à 50 mA;

b) Collecteurs d'ions

Plaques collectrices comportant des fentes et des poches (deux ou plus), spécialement conçues ou préparées pour collecter les faisceaux d'ions uranium enrichis et appauvris, et constituées de matériaux appropriés comme le graphite ou l'acier inoxydable;

c) Enceintes à vide

Enceintes à vide spécialement conçues ou préparées pour les séparateurs électromagnétiques, constituées de matériaux non magnétiques appropriés comme l'acier inoxydable et conçues pour fonctionner à des pressions inférieures ou égales à 0,1 Pa.

*Note explicative*

Les enceintes sont spécialement conçues pour renfermer les sources d'ions, les plaques collectrices et les chemises d'eau et sont dotées des moyens de raccorder les pompes à diffusion et de dispositifs d'ouverture et de fermeture qui permettent de déposer et de reposer ces composants.

d) Pièces polaires

Pièces polaires spécialement conçues ou préparées, de diamètre supérieur à 2 m, utilisées pour maintenir un champ magnétique constant à l'intérieur du séparateur électromagnétique et pour transférer le champ magnétique entre séparateurs contigus.

**5.9.2 Alimentations haute tension**

Alimentations haute tension spécialement conçues ou préparées pour les sources d'ions et ayant toutes les caractéristiques suivantes : capables de fournir en permanence, pendant une période de 8 heures, une tension de sortie égale ou supérieure à 20 000 V avec une intensité de sortie égale ou supérieure à 1 A et une variation de tension inférieure à 0,01 %.

**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 ou de concentration d'eau lourde, de deutérium et de composés de deutérium, et 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 aux spécifications des matériaux pour garantir une longue durée de service avec des facteurs de sûreté et de fiabilité élevés. Le choix de l'échelle est fonction principalement de considérations économiques et des besoins. Ainsi, la plupart des équipements seront préparés d'après les prescriptions du client.

Enfin, il convient de noter que, tant pour le procédé GS que pour le procédé d'échange ammoniac-hydrogène, des articles d'équipement qui, pris individuellement, ne sont pas spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde peuvent être assemblés en des systèmes qui sont spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde. On peut en donner comme exemples le système de production du catalyseur utilisé dans le procédé d'échange ammoniac-hydrogène et les systèmes de distillation de l'eau utilisés dans les deux procédés pour la concentration finale de l'eau lourde afin d'obtenir une eau de qualité réacteur.

Articles spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde, soit par le procédé d'échange eau-sulfure d'hydrogène, soit par le procédé d'échange ammoniac-hydrogène :

### **6.1 Tours d'échange eau-sulfure d'hydrogène**

Tours d'échange fabriquées en acier au carbone fin (par exemple ASTM A516), ayant un diamètre compris entre 6 m (20 pieds) et 9 m (30 pieds), capables de fonctionner à des pressions supérieures ou égales à 2 MPa (300 psi) et ayant une surépaisseur de corrosion de 6 mm ou plus, spécialement conçues ou préparées pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange eau-sulfure d'hydrogène.

### **6.2 Soufflantes et compresseurs**

Soufflantes ou compresseurs centrifuges à étage unique sous basse pression (c'est-à-dire 0,2 MPa ou 30 psi) pour la circulation de sulfure d'hydrogène (c'est-à-dire un gaz contenant plus de 70 % de H<sub>2</sub>S) spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange eau-sulfure d'hydrogène. Ces

soufflantes ou compresseurs ont une capacité de débit supérieure ou égale à 56 m<sup>3</sup>/s (120 000 SCFM) lorsqu'ils fonctionnent à des pressions d'aspiration supérieures ou égales à 1,8 MPa (260 psi), et sont équipés de joints conçus pour être utilisés en milieu humide en présence de H<sub>2</sub>S.

### **6.3 Tours d'échange ammoniac-hydrogène**

Tours d'échange ammoniac-hydrogène d'une hauteur supérieure ou égale à 35 m (114,3 pieds) ayant un diamètre compris entre 1,5 m (4,9 pieds) et 2,5 m (8,2 pieds) et pouvant fonctionner à des pressions supérieures à 15 MPa (2 225 psi), spécialement conçues ou préparées pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange ammoniac-hydrogène. Ces tours ont aussi au moins une ouverture axiale à rebord du même diamètre que la partie cylindrique, par laquelle les internes de la tour peuvent être insérés ou retirés.

### **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.

### **6.8 Systèmes complets de concentration d'eau lourde ou colonnes pour de tels systèmes**

Systèmes complets de concentration d'eau lourde ou colonnes pour de tels systèmes, spécialement conçus ou préparés pour obtenir de l'eau lourde de qualité réacteur par la teneur en deutérium.

#### *Note explicative*

Ces systèmes, qui utilisent habituellement la distillation de l'eau pour séparer l'eau lourde de l'eau ordinaire, sont spécialement conçus ou préparés pour produire

de l'eau lourde de qualité réacteur (c'est-à-dire habituellement de l'oxyde de deutérium à 99,75 %) à partir d'une eau lourde à teneur moindre.

**7. Usines de conversion de l'uranium et du plutonium pour la fabrication d'éléments combustibles et de séparation des isotopes de l'uranium, telles que définies dans les sections 4 et 5, respectivement, et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin**

*Exportations*

L'exportation du jeu complet d'articles importants ainsi délimité n'aura lieu que conformément aux procédures énoncées dans les Directives. L'ensemble des usines, des systèmes et des équipements spécialement conçus ou préparés ainsi délimité peut servir pour le traitement, la production ou l'utilisation de produits fissiles spéciaux.

**7.1 Usines de conversion de l'uranium et équipements spécialement conçus ou préparés 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  $UF_4$ ,  $UF_6$  ou  $UCl_4$ , 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), ainsi que les problèmes de criticité nucléaire. Enfin, il convient de noter que, dans tous les procédés de conversion de l'uranium, des articles d'équipement qui, pris individuellement, ne sont pas spécialement conçus ou préparés pour la conversion de l'uranium peuvent être assemblés en des systèmes qui sont spécialement conçus ou préparés à cette fin.

**7.1.1 Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion des concentrés de minerai d'uranium en  $UO_3$**

*Note explicative*

La conversion des concentrés de minerai d'uranium en  $UO_3$  peut être réalisée par dissolution du minerai dans l'acide nitrique et extraction de nitrate d'uranyle purifié au moyen d'un solvant tel que le phosphate tributylque. Le nitrate d'uranyle est ensuite converti en  $UO_3$  soit par concentration et dénitrification, soit par neutralisation au moyen de gaz ammoniac afin d'obtenir du diuranate d'ammonium qui est ensuite filtré, séché et calciné.

### **7.1.2 Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>3</sub> en UF<sub>6</sub>**

#### *Note explicative*

La conversion d'UO<sub>3</sub> en UF<sub>6</sub> peut être réalisée directement par fluoration. Ce procédé nécessite une source de fluor gazeux ou de trifluorure de chlore.

### **7.1.3 Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>3</sub> en UO<sub>2</sub>**

#### *Note explicative*

La conversion d'UO<sub>3</sub> en UO<sub>2</sub> peut être réalisée par réduction de l'UO<sub>3</sub> au moyen d'ammoniac craqué ou d'hydrogène.

### **7.1.4 Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>2</sub> en UF<sub>4</sub>**

#### *Note explicative*

La conversion d'UO<sub>2</sub> en UF<sub>4</sub> peut être réalisée en faisant réagir l'UO<sub>2</sub> avec de l'acide fluorhydrique gazeux (HF) à une température de 300 à 500 °C.

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

#### *Note explicative*

La conversion d'UF<sub>4</sub> en UF<sub>6</sub> est réalisée par réaction exothermique avec du fluor dans un réacteur à tour. Pour condenser l'UF<sub>6</sub> à partir des effluents gazeux chauds, on fait passer les effluents dans un piège à froid refroidi à - 10 °C. Ce procédé nécessite une source de fluor gazeux.

### **7.1.6 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).

### **7.1.7 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.

### **7.1.8 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.

### **7.1.9 Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>2</sub> en UCl<sub>4</sub>**

#### *Note explicative*

La conversion d'UO<sub>2</sub> en UCl<sub>4</sub> peut être réalisée par un des deux procédés suivants. Dans le premier, on fait réagir l'UO<sub>2</sub> avec du tétrachlorure de carbone (CCl<sub>4</sub>) à une température de 400 °C environ. Dans le second, on fait réagir l'UO<sub>2</sub> à une température de 700 °C environ en présence de noir de carbone (CAS 1333-86-4), de monoxyde de carbone et de chlore pour produire de l'UCl<sub>4</sub>.

## **7.2 Usines de conversion du plutonium et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin**

#### *Note d'introduction*

Les usines et systèmes de conversion du plutonium réalisent une ou plusieurs transformations de l'une des formes chimiques du plutonium en une autre forme, notamment : conversion du nitrate de plutonium en PuO<sub>2</sub>, conversion de PuO<sub>2</sub> en PuF<sub>4</sub> et conversion de PuF<sub>4</sub> en plutonium métal. Les usines de conversion du plutonium sont associées habituellement à des usines de retraitement, mais peuvent aussi l'être à des installations de fabrication de combustible au plutonium. Un grand nombre des articles de l'équipement essentiel des usines de conversion du plutonium 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. Des cellules chaudes, des boîtes à gants et des manipulateurs télécommandés peuvent aussi être nécessaires. 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. Il est essentiel d'accorder un soin particulier à leur conception pour prendre en compte les risques d'irradiation, de toxicité et de criticité qui sont associés au plutonium. 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 (par exemple HF). Enfin, il convient de noter que, dans tous les procédés de conversion du plutonium, des articles d'équipement qui, pris individuellement, ne sont pas spécialement conçus ou préparés pour la conversion du plutonium peuvent être assemblés en des systèmes qui sont spécialement conçus ou préparés à cette fin.

### **7.2.1 Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion du nitrate de plutonium en oxyde**

#### *Note explicative*

Les principales activités que comporte cette conversion sont les suivantes : stockage et ajustage de la solution, précipitation et séparation solide/liquide, calcination, manutention du produit, ventilation, gestion des déchets et contrôle du procédé. Les systèmes sont en particulier adaptés de manière à éviter tout risque de

criticité et d'irradiation et à réduire le plus possible les risques de toxicité. Dans la plupart des usines de retraitement, ce procédé comporte la conversion du nitrate de plutonium en dioxyde de plutonium. D'autres procédés peuvent comporter la précipitation de l'oxalate de plutonium ou du peroxyde de plutonium.

### **7.2.2 Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la production de plutonium métal**

#### *Note explicative*

Ce traitement comporte habituellement la fluoration du dioxyde de plutonium, normalement par l'acide fluorhydrique très corrosif, pour obtenir du fluorure de plutonium qui est ensuite réduit au moyen de calcium métal de grande pureté pour produire du plutonium métal et un laitier de fluorure de calcium. Les principales activités que comporte ce procédé sont les suivantes : fluoration (avec par exemple des équipements faits ou revêtus de métal précieux), réduction (par exemple dans des creusets en céramique), récupération du laitier, manutention du produit, ventilation, gestion des déchets et contrôle du procédé. Les systèmes sont en particulier adaptés de manière à éviter tout risque de criticité et d'irradiation et à réduire le plus possible les risques de toxicité. D'autres procédés comportent la fluoration de l'oxalate de plutonium ou du peroxyde de plutonium, suivie d'une réduction en métal.

## Annexe C

### Critères des niveaux de protection physique

1. L'objectif de la protection physique des matières nucléaires est d'empêcher l'utilisation et la manipulation non autorisées desdites matières. Le paragraphe 3 a) des Directives exige un accord entre les fournisseurs concernant les niveaux de protection qui doivent être assurés selon le type de matières, l'équipement et les installations renfermant celles-ci, compte tenu des recommandations internationales.
2. Le paragraphe 3 b) des Directives stipule que la responsabilité de l'application des mesures de protection physique dans le pays destinataire incombe au gouvernement dudit pays. Toutefois, les niveaux de protection physique sur lesquels ces mesures doivent être fondées doivent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et le destinataire. Dans ces conditions, ces prescriptions s'appliqueraient à tous les États.
3. Le document INFCIRC/225 de l'Agence internationale de l'énergie atomique intitulé « La protection physique des matières nucléaires » et les documents analogues qui sont préparés en tant que de besoin par des groupes d'experts internationaux et sont mis à jour le cas échéant pour tenir compte des changements intervenus dans l'état des techniques et des connaissances en ce qui concerne la protection physique des matières nucléaires constituent une base utile pour guider les États destinataires dans l'élaboration d'un système de mesures et de règles de protection physique.
4. La classification des matières nucléaires présentée dans le tableau ci-joint ou tel qu'il peut être mis à jour en tant que de besoin par accord mutuel entre les fournisseurs, servira de base convenue pour la détermination des niveaux particuliers de protection physique selon le type de matières, l'équipement et les installations renfermant lesdites matières, conformément aux paragraphes 3 a) et 3 b) des Directives.
5. Les niveaux de protection physique convenus que les autorités nationales compétentes doivent assurer lors de l'utilisation, de l'entreposage et du transport des matières énumérées dans le tableau ci-joint devront comprendre au minimum les caractéristiques de protection suivantes :

#### Catégorie III

**Utilisation et entreposage** à l'intérieur d'une zone dont l'accès est contrôlé.

**Transport** avec des précautions spéciales comprenant des arrangements préalables entre l'expéditeur, le destinataire et le transporteur, et un accord préalable entre les organismes soumis à la juridiction et à la réglementation des États fournisseur et destinataire, respectivement, dans le cas d'un transport international, précisant l'heure, le lieu et les règles de transfert de la responsabilité du transport.

#### Catégorie II

**Utilisation et entreposage** à l'intérieur d'une zone protégée dont l'accès est contrôlé, c'est-à-dire une zone placée sous la surveillance constante de gardes ou de

dispositifs électroniques entourée d'une barrière physique avec un nombre limité de points d'entrée surveillés de manière adéquate, ou toute zone ayant un niveau de protection physique équivalent.

**Transport** avec des précautions spéciales comprenant des arrangements préalables entre l'expéditeur, le destinataire et le transporteur, et un accord préalable entre les organismes soumis à la juridiction et à la réglementation des États fournisseur et destinataire, respectivement, dans le cas d'un transport international, précisant l'heure, le lieu et les règles de transfert de la responsabilité du transport.

## **Catégorie I**

Les matières entrant dans cette catégorie seront protégées contre toute utilisation non autorisée par des systèmes extrêmement fiables comme suit :

**Utilisation et entreposage** dans une zone hautement protégée, c'est-à-dire une zone protégée telle qu'elle est définie par la catégorie II ci-dessus, et dont, en outre, l'accès est limité aux personnes dont il a été établi qu'elles présentaient toutes garanties en matière de sécurité, et qui est placée sous la surveillance de gardes qui sont en liaison étroite avec des forces d'intervention appropriées. Les mesures spécifiques prises dans ce cadre devraient avoir pour objectif la détection et la prévention de toute attaque, de toute pénétration non autorisée ou de tout enlèvement de matières non autorisé.

**Transport** avec des précautions spéciales telles qu'elles sont définies ci-dessus pour le transport des matières des catégories II et III et, en outre, sous la surveillance constante d'escortes et dans des conditions assurant une liaison étroite avec des forces d'intervention adéquates.

6. Les fournisseurs devront demander aux destinataires les coordonnées des organismes ou autorités ayant la charge d'assurer que les niveaux de protection sont dûment respectés et ayant la charge de la coordination interne des opérations d'intervention/récupération dans le cas d'une utilisation ou manipulation non autorisée de matières protégées. Les fournisseurs et les destinataires devront également désigner les points de contact au sein de leurs organismes nationaux pour la coopération sur les questions du transport hors des frontières et sur d'autres questions d'intérêt commun.

**Tableau : catégorisation des matières nucléaires**

Matière	État	Catégorie		
		I	II	III
1. Plutonium* <sup>a</sup>	Non irradié* <sup>b</sup>	2 kg ou plus	Moins de 2kg mais plus de 500g	500 g ou moins* <sup>c</sup>
2. Uranium 235	Non irradié* <sup>b</sup>			
	– Uranium enrichi à 20 % ou plus en <sup>235</sup> U	5 kg ou plus	Moins de 5 kg, mais plus de 1 kg	1 kg ou moins* <sup>c</sup>
	– Uranium enrichi à 10 % ou plus, mais à moins de 20 %, en <sup>235</sup> U		10 kg ou plus	Moins de 10 kg* <sup>c</sup>
3. Uranium 233	– Uranium enrichi à moins de 10 % en <sup>235</sup> U* <sup>d</sup>	–	–	10 kg ou plus
	Non irradié* <sup>b</sup>	2 kg ou plus	Moins de 2 kg, mais plus de 500 g	500 g ou moins* <sup>c</sup>
4. Combustible irradié			Uranium appauvri ou naturel, thorium ou combustible faiblement enrichi (teneur en matières fissiles inférieure à 10 %)* <sup>e,f</sup>	

<sup>a</sup> Tel qu'il est défini dans la liste de base.

<sup>b</sup> Matières non irradiées dans un réacteur ou matières irradiées dans un réacteur mais ayant une intensité de rayonnement égale ou inférieure à 100 rad/h à un mètre de distance sans écran.

<sup>c</sup> Une quantité inférieure à une quantité radiologiquement significative devrait être exemptée.

<sup>d</sup> L'uranium naturel, l'uranium appauvri et le thorium, et les quantités d'uranium enrichi à moins de 10 % qui n'entrent pas dans la catégorie III, devraient être protégés conformément à des pratiques de gestion prudentes.

<sup>e</sup> Ce niveau de protection est recommandé, mais les États peuvent décider d'attribuer une catégorie différente pour la protection physique sous réserve de l'évaluation de circonstances spécifiques à chaque État.

<sup>f</sup> Les autres combustibles qui en vertu de leur teneur originelle en matières fissiles sont classés dans la catégorie I ou dans la catégorie II avant irradiation peuvent entrer dans la catégorie directement inférieure si l'intensité de rayonnement du combustible dépasse 100 rad/h à un mètre de distance sans écran.

## Tableau de comparaison des modifications des directives applicables aux transferts nucléaires (INFCIRC/254/Rev.6/Part 1)

A. Ancien

B. Nouveau

### Garanties

4. a) Les fournisseurs ne devraient transférer des articles ou de la technologie y afférente figurant sur la liste de base à un État non doté d'armes nucléaires qu'à la condition que l'État destinataire ait mis en vigueur un accord avec l'AIEA prévoyant l'application de garanties à toute matière brute et tout produit fissile spécial utilisés dans ses activités pacifiques présentes et futures.

### Garanties

4. a) Les fournisseurs ne devraient transférer des articles ou de la technologie y afférente figurant sur la liste de base à un État non doté d'armes nucléaires qu'à la condition que l'État destinataire ait mis en vigueur un accord avec l'AIEA prévoyant l'application de garanties à toute matière brute et tout produit fissile spécial utilisés dans ses activités pacifiques présentes et futures. **Ils ne devraient autoriser ces transferts que contre l'assurance formelle des autorités gouvernementales du destinataire que :**

- **Si l'accord susmentionné est dénoncé, le destinataire mettra en vigueur un accord avec l'AIEA fondé sur le modèle des accords de garanties de l'AIEA existants qui prévoient l'application de garanties à tous les articles ou à la technologie y afférente figurant sur la liste de base transférés par le fournisseur ou traités, produits ou utilisés en relation avec ces transferts;**
- **Si l'AIEA décide que l'application de ses garanties n'est plus possible, le fournisseur et le destinataire élaborent des mesures de vérification appropriées. Si le destinataire n'accepte pas ces mesures, il devrait autoriser, à la demande du fournisseur, la restitution des articles figurant dans la liste de base transférés et dérivés.**

### Contrôles des retransferts

9. d) Les fournisseurs devraient envisager de limiter le transfert d'articles ou de la technologie y afférente figurant sur la liste de base s'il y a un risque de retransferts contraire aux assurances données en application des paragraphes 9 a) et 9 c) du fait que le destinataire n'a pas mis en place et institué, à l'échelle nationale, des dispositifs appropriés et efficaces de contrôle de l'exportation et du transbordement, comme mentionnés dans la résolution 1540 du Conseil de sécurité de l'ONU.

### Contrôles des exportations

15. Les fournisseurs devraient, s'il y a lieu, attirer l'attention des destinataires sur la nécessité de soumettre les articles ou la technologie y afférente figurant sur la liste de base qui ont été transférés et les articles figurant sur la liste de base provenant d'installations transférées à l'origine par le fournisseur ou obtenus grâce aux équipements ou à la technologie transférés à l'origine par le fournisseur aux mécanismes de contrôle de l'exportation mentionnés dans la résolution 1540 du Conseil de sécurité de l'ONU. Les fournisseurs sont encouragés à offrir une assistance aux destinataires afin qu'ils puissent s'acquitter des obligations qui leur incombent respectivement en vertu de la résolution 1540 du Conseil de sécurité de l'ONU lorsque cela est approprié et réalisable.

### Consultations

15. a) Les fournisseurs devraient maintenir des contacts et se consulter entre eux par des voies régulières sur les questions liées à la mise en œuvre des présentes Directives.  
b) Les fournisseurs devraient avoir des consultations...

### Consultations

16. a) Les fournisseurs devraient maintenir des contacts et se consulter entre eux par des voies régulières sur les questions liées à la mise en œuvre des présentes Directives.  
b) Les fournisseurs devraient avoir des consultations...

c) Si un ou plusieurs fournisseurs estiment qu'il y a eu violation des accords entre fournisseur et destinataire résultant des présentes Directives, en particulier dans le cas d'explosion d'un engin nucléaire ou de dénonciation illégale ou de violation des garanties de l'AIEA de la part d'un destinataire, les fournisseurs devraient se consulter rapidement par la voie diplomatique afin de déterminer et d'évaluer la réalité et l'étendue de la violation présumée.

Dans l'attente de l'issue rapide de ces consultations, les fournisseurs n'agiront pas de manière susceptible de porter atteinte à toute mesure qui pourrait être adoptée par d'autres fournisseurs relativement aux contrats en vigueur entre ceux-ci et ledit destinataire.

Lors des conclusions de ces consultations, les fournisseurs devraient, en gardant à l'esprit l'article XII du Statut de l'AIEA, convenir d'une réaction appropriée et d'une action éventuelle qui pourraient comprendre l'arrêt des transferts nucléaires audit destinataire.

**c) Sans préjuger des alinéas d) à f) ci-dessous :**

- Si un ou plusieurs fournisseurs estiment qu'il y a eu violation des accords entre fournisseur et destinataire résultant des présentes Directives, en particulier en cas d'explosion d'un engin nucléaire ou de dénonciation illégale ou de violation des garanties de l'AIEA de la part d'un destinataire, les fournisseurs devraient se consulter rapidement par la voie diplomatique afin de déterminer et d'évaluer la réalité et l'étendue de la violation présumée. **Les fournisseurs sont aussi encouragés à se consulter lorsqu'une matière nucléaire ou une activité des cycles du combustible nucléaire non déclarées à l'AIEA ou une activité explosive nucléaire sont révélées.**
- Dans l'attente de l'issue rapide de ces consultations, les fournisseurs n'agiront pas de manière susceptible de porter atteinte à toute mesure qui pourrait être adoptée par d'autres fournisseurs relativement aux contrats en vigueur entre ceux-ci et ledit destinataire. **Chacun d'entre eux devrait aussi envisager de suspendre les transferts des articles figurant sur la liste de base tant que les consultations engagées au titre du paragraphe 16 c) sont en cours, en attendant que les fournisseurs conviennent d'une réaction appropriée.**
- Lors des conclusions de ces consultations, les fournisseurs devraient, en gardant à l'esprit l'article XII du Statut de l'AIEA, convenir d'une réaction appropriée et d'une action éventuelle qui pourraient comprendre l'arrêt des transferts nucléaires audit destinataire.

**d) Si l'AIEA fait savoir qu'un destinataire enfreint l'obligation qui lui incombe de se conformer à son accord de garanties, les fournisseurs devraient envisager de suspendre le transfert des articles figurant sur la liste de base vers cet État tant que l'AIEA enquête sur son cas. Aux fins du présent paragraphe, le terme « enfreint » renvoie uniquement à des infractions graves constituant un risque sur le plan de la prolifération.**

**e) Les fournisseurs appuient la suspension des transferts des articles figurant sur la liste de base vers les États qui violent leurs obligations en matière de non-prolifération nucléaire et de garanties, reconnaissant que la responsabilité et le pouvoir de prendre ces décisions appartiennent aux autorités gouvernementales nationales ou au Conseil de sécurité de l'ONU. Ceci s'applique plus particulièrement lorsque le Conseil des gouverneurs de l'AIEA prend l'une quelconque des initiatives suivantes, à savoir :**

- **Conclut, en vertu du paragraphe C de l'article XII du Statut, que le destinataire a commis une violation ou demande à un destinataire de prendre des mesures précises pour se conformer à ses obligations en matière de garanties;**
- **Décide que l'Agence n'est pas en mesure de vérifier qu'il n'y a pas eu de détournement de matières nucléaires devant être soumises aux garanties, y compris lorsque des mesures prises par un destinataire empêchent l'AIEA d'exécuter sa mission au titre des garanties dans cet État.**

**Une réunion plénière extraordinaire se tiendra dans le mois qui suit l'initiative du Conseil des gouverneurs, durant laquelle les fournisseurs étudieront la situation, compareront les stratégies nationales et conviendront d'une réaction appropriée.**

**f) Les dispositions de l'alinéa e) ci-dessus ne s'appliquent pas aux transferts effectués en vertu du paragraphe 4 b) des Directives.**

16. Toutes modifications apportées aux présentes Directives, notamment celles qui pourraient résulter du réexamen visé au paragraphe 5, devront être adoptées à l'unanimité.

17. Toutes modifications apportées aux présentes Directives, notamment celles qui pourraient résulter du réexamen visé au paragraphe 5, devront être adoptées à l'unanimité.

**Communications reçues de certains États Membres concernant les directives applicables aux transferts d'équipements, de matières et de logiciels à double usage dans le domaine nucléaire, ainsi que de technologies connexes\***

1. Le Directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique a reçu des notes verbales datées du 1<sup>er</sup> décembre 2006 des représentants permanents auprès de l'Agence des États suivants : Afrique du Sud, Allemagne, Argentine, Australie, Autriche, Bélarus, Belgique, Brésil, Bulgarie, Canada, Croatie, Espagne, Estonie, États-Unis d'Amérique, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Italie, Japon, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Corée, République tchèque, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie et Ukraine, au sujet des transferts d'équipements, de matières et de logiciels à double usage dans le domaine nucléaire, ainsi que de technologies connexes.

2. Ces notes verbales ont pour objet de communiquer des informations supplémentaires sur ces directives gouvernementales relatives aux transferts d'équipements, de matières et de logiciels à double usage dans le domaine nucléaire, ainsi que de technologies connexes.

3. Conformément au souhait exprimé à la fin de chacune d'entre elles, le texte de ces notes verbales est joint en annexe. La pièce jointe aux notes verbales est également reproduite intégralement.

---

\* Le document INFCIRC/254/Part 1, tel qu'amendé, contient les Directives applicables à l'exportation de matières, d'équipements et de technologies nucléaires.

## Note verbale

La Mission permanente de [nom du pays] présente ses compliments au Directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et a l'honneur de se référer à sa (ses) [communication(s) précédente(s)] concernant la décision du Gouvernement \_\_\_\_\_ d'agir conformément aux Directives applicables aux transferts d'équipements et de matières à double usage dans le domaine nucléaire, ainsi que de technologies connexes, qui ont été publiées sous la cote INFCIRC/254/Rev.6/Part 2, y compris l'annexe à ce document. Le Gouvernement \_\_\_\_\_ a décidé d'amender les Directives pour refléter le besoin de contrôles efficaces des exportations comme facteur pertinent afférent aux transferts visés dans la partie 2. En conséquence, un alinéa i) a été ajouté au paragraphe 4. Le Gouvernement \_\_\_\_\_ a aussi décidé d'amender dans l'annexe les rubriques sur les machines-outils (1.B.2.b et 1.B.2.c) pour refléter les changements intervenus dans la technologie actuelle et pour s'appliquer à la nouvelle technologie. En conséquence, un alinéa 3 a été ajouté à la fois à 1.B.2.b et 1.B.2.c pour refléter de nouvelles caractéristiques techniques. La note technique 2 de la rubrique 1.B.2 de l'annexe a été amendée et des notes techniques 4, 5 et 6 ont été ajoutées pour clarifier la portée des contrôles. Le Gouvernement \_\_\_\_\_ a également clarifié la portée des contrôles pour les lumières laser. La rubrique 1.B.3.c. a été amendée pour indiquer que la portée du contrôle ne s'applique pas aux autocollimateurs à laser. Cet amendement est conforme aux changements récemment apportés à l'accord de Wassenaar.

Par souci de clarté, le texte intégral des Directives et de leur annexe modifiées est reproduit ci-joint, accompagné d'un « Tableau de comparaison des modifications des Directives applicables aux transferts d'équipements et de matières à double usage dans le domaine nucléaire, ainsi que de technologies connexes (INFCIRC/254/Rev. 6/Part 2) ». Le Gouvernement \_\_\_\_\_ a décidé d'agir conformément aux Directives ainsi révisées. En prenant cette décision, le Gouvernement \_\_\_\_\_ est pleinement conscient de la nécessité de favoriser le développement économique tout en évitant de contribuer de quelque façon que ce soit à la prolifération d'armes nucléaires ou d'autres dispositifs nucléaires explosifs ou à leur détournement à des fins de terrorisme nucléaire, et de la nécessité de séparer la question des assurances de non-prolifération et de non-détournement de celle de la concurrence commerciale.

[Le Gouvernement \_\_\_\_\_, pour ce qui concerne les échanges à l'intérieur de l'Union européenne, appliquera ces dispositions à la lumière de ses engagements en tant qu'État membre de l'Union<sup>1</sup>.]

Le Gouvernement \_\_\_\_\_ serait reconnaissant au Directeur général de l'AIEA de bien vouloir porter la présente note et son annexe à l'attention de tous les États Membres. La Mission permanente de [nom du pays] saisit cette occasion pour renouveler au Directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique les assurances de sa très haute considération.

---

<sup>1</sup> Ce paragraphe ne figure que dans les notes verbales adressées par les membres de l'Union européenne.

## **Directives applicables aux transferts d'équipements, de matières et de logiciels à double usage dans le domaine nucléaire, ainsi que de technologies connexes**

### **But**

1. Dans le but de prévenir la prolifération des armes nucléaires et les actes de terrorisme nucléaire, les fournisseurs ont étudié des procédures en ce qui concerne le transfert d'un certain nombre d'équipements, de matières, de logiciels et de technologies connexes susceptibles de contribuer grandement à une « activité explosive nucléaire », à une « activité du cycle du combustible nucléaire non soumise aux garanties » ou à des actes de terrorisme nucléaire. À cet égard, les fournisseurs sont convenus des principes, des définitions communes et de la liste pour le contrôle des exportations d'équipements, de matières, de logiciels et de technologies connexes qui figurent ci-après. Les directives ne sont pas conçues pour entraver la coopération internationale tant que cette coopération ne contribue pas à une activité explosive nucléaire ou à une activité du cycle du combustible nucléaire non soumise aux garanties. Les fournisseurs entendent appliquer ces directives conformément à leur législation nationale et à leurs engagements internationaux pertinents.

### **Principe fondamental**

2. Les fournisseurs ne doivent pas autoriser les transferts d'équipements, de matières, de logiciels ou de technologies connexes énumérés dans l'annexe :

- Lorsqu'ils sont destinés à être utilisés dans un État non doté d'armes nucléaires pour une activité explosive nucléaire ou une activité du cycle du combustible nucléaire non soumise aux garanties, ou
- D'une manière générale, lorsqu'il existe un risque inacceptable de détournement vers une telle activité, ou lorsque les transferts sont contraires à l'objectif de la prévention de la prolifération des armes nucléaires, ou encore
- Lorsqu'il existe un risque inacceptable de détournement à des fins de terrorisme nucléaire.

### **Explication de certaines expressions**

3. a) Une « activité explosive nucléaire » est une activité de recherche ou de développement, de conception, de fabrication, de construction, d'essai ou d'entretien concernant tout dispositif explosif nucléaire ou les composants ou sous-systèmes d'un tel dispositif.

b) Une « activité du cycle du combustible nucléaire non soumise aux garanties » est une activité de recherche ou de développement, de conception, de fabrication, de construction, d'exploitation ou d'entretien concernant un réacteur, une installation critique, une usine de transformation, une usine de fabrication, une usine de retraitement, une usine pour la séparation des isotopes de matières brutes ou de produits fissiles spéciaux ou une installation de stockage indépendante, quels qu'ils soient, en l'absence de toute obligation d'accepter les garanties de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) dans l'installation ou l'établissement considéré, existant ou futur, lorsqu'il contient une matière brute ou un produit fissile spécial quelconque; ou une usine de production d'eau lourde quelle qu'elle soit en

l'absence de toute obligation d'accepter les garanties de l'AIEA sur une matière nucléaire quelconque obtenue grâce à, ou utilisée en association avec, de l'eau lourde produite dans cette usine; ou dans le cas où il n'est pas satisfait à une obligation quelconque de cette nature.

#### **Établissement de procédures d'octroi de licences d'exportation**

4. Les fournisseurs devraient établir des mesures juridiques en vue d'une application efficace des Directives, y compris les règles d'octroi de licences d'exportation, les mesures coercitives, et les sanctions en cas de violation. En cherchant à savoir s'ils doivent autoriser des transferts, les fournisseurs devraient faire preuve de prudence de manière à appliquer le Principe fondamental, et tenir compte des facteurs pertinents, et notamment s'assurer :

a) Si l'État destinataire est partie au Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP) ou au Traité visant l'interdiction des armes nucléaires en Amérique latine (Traité de Tlatelolco) ou à un accord international similaire de non-prolifération nucléaire ayant force obligatoire et s'il a un accord de garanties AIEA en vigueur applicable à toutes ses activités nucléaires pacifiques;

b) Si un État destinataire quelconque qui n'est pas partie au TNP, au Traité de Tlatelolco ou à un accord international similaire de non-prolifération nucléaire ayant force obligatoire possède des installations ou des établissements énumérés à l'alinéa 3 b) ci-dessus qui sont en service, en projet ou en construction et qui ne sont pas ou ne seront pas soumis aux garanties de l'AIEA;

c) Si les équipements, les matières, les logiciels ou les technologies connexes à transférer sont adaptés à l'utilisation finale déclarée et si l'utilisation finale déclarée est adaptée à l'utilisateur final;

d) Si les équipements, les matières, les logiciels ou les technologies connexes à transférer doivent être utilisés pour une activité de recherche ou de développement, de conception, de fabrication, de construction, d'exploitation ou de maintenance concernant une installation de retraitement ou d'enrichissement quelconque;

e) Si les actions, les déclarations et les politiques du gouvernement de l'État destinataire favorisent la non-prolifération nucléaire et si l'État destinataire se conforme à ses obligations internationales en matière de non-prolifération;

f) Si les destinataires se sont livrés à des activités d'approvisionnement clandestines ou illégales;

g) Si un transfert à l'utilisateur final n'a pas été autorisé ou si l'utilisateur final a détourné à des fins incompatibles avec les Directives un transfert quelconque autorisé antérieurement;

h) S'il y a des raisons de croire qu'il existe un risque de détournement à des fins de terrorisme nucléaire;

i) S'il y a un risque de retransfert des équipements, matières, logiciels ou technologies connexes recensés dans l'annexe ou de transferts de répliques allant à l'encontre du Principe fondamental, du fait que l'État destinataire n'a pas mis en place et institué dans le pays des dispositifs appropriés et efficaces de contrôle de

l'exportation et du transbordement, comme mentionné dans la résolution 1540 du Conseil de sécurité de l'ONU.

5. Les fournisseurs devraient s'assurer que leur législation nationale prévoit l'octroi d'une autorisation pour le transfert des articles qui ne figurent pas à l'annexe si ceux-ci sont ou pourraient être destinés, entièrement ou en partie, à être utilisés dans le cadre d'une « activité explosive nucléaire ».

Les fournisseurs appliqueront cette directive conformément à leurs pratiques nationales en matière d'autorisation.

Les participants sont invités à échanger des informations sur les refus opposés par mesure de « précaution ».

#### **Conditions applicables aux transferts**

6. Lorsqu'il s'agit de déterminer que le transfert ne posera pas un risque inacceptable de détournement, conformément au Principe fondamental et afin d'atteindre les objectifs des Directives, le fournisseur devrait, avant d'autoriser le transfert et en se conformant à la législation et aux pratiques nationales, obtenir :

a) Une déclaration de l'utilisateur final spécifiant les utilisations et les lieux d'utilisation finale des articles qu'il est proposé de transférer;

b) L'assurance explicite que l'article qu'il est proposé de transférer ou toute réplique de celui-ci ne sera pas utilisé pour une activité explosive nucléaire ou pour une activité du cycle du combustible nucléaire non soumise aux garanties.

#### **Droits de consentement pour les retransferts**

7. Avant d'autoriser le transfert d'équipements, de matières, de logiciels ou de technologies connexes énumérés dans l'annexe à un pays n'adhérant pas aux Directives, les fournisseurs devraient obtenir l'assurance qu'il leur sera demandé de donner leur consentement, en conformité avec leur législation et leurs pratiques nationales, avant tout retransfert à un pays tiers des équipements, des matières, des logiciels ou des technologies connexes ou de toute réplique de ceux-ci.

#### **Dispositions finales**

8. Le fournisseur se réserve le droit d'appliquer les Directives à d'autres articles importants en plus de ceux qui sont énumérés dans l'annexe et d'appliquer les autres conditions de transfert qu'il peut juger nécessaires en plus de celles qui sont prévues au paragraphe 5 des Directives.

9. En vue de favoriser l'application effective des Directives, les fournisseurs devraient, lorsque cela est nécessaire et approprié, échanger des informations pertinentes et tenir des consultations avec d'autres États adhérents aux Directives.

10. Dans l'intérêt de la paix et de la sécurité internationales, il serait souhaitable que tous les États adhèrent aux Directives.

## Annexe

### Liste d'équipements, de matières et de logiciels à double usage dans le domaine nucléaire, ainsi que de technologies connexes

*Note* : On utilise le Système international d'unités (SI) dans la présente annexe. Dans tous les cas, la grandeur physique définie en unités SI doit être considérée comme la valeur officielle recommandée pour les contrôles. Certains paramètres de machines-outils sont toutefois indiqués dans leurs unités habituelles, qui ne sont pas des unités SI.

Les symboles et abréviations (avec leurs préfixes indiquant un multiple ou un sous-multiple) qui sont employés couramment dans la présente annexe sont les suivants :

A	– ampère(s)
Bq	– becquerel(s)
°C	– degré(s) Celsius
Ci	– curie(s)
cm	– centimètre(s)
dB	– décibel(s)
dBm	– décibel rapporté à 1 milliwatt
g	– gramme(s); également accélération de la pesanteur (9,81 m/s <sup>2</sup> )
GBq	– gigabecquerel(s)
GHz	– gigahertz
GPa	– gigapascal(s)
Gy	– gray
h	– heure(s)
Hz	– hertz
J	– joule(s)
K	– kelvin
keV	– millier(s) d'électronvolts
kg	– kilogramme(s)
kHz	– kilohertz
kN	– kilonewton(s)
kPa	– kilopascal(s)
kV	– kilovolt(s)
kW	– kilowatt(s)
m	– mètre(s)
mA	– milliampère(s)
MeV	– million(s) d'électronvolts
MHz	– mégahertz
ml	– millilitre(s)
mm	– millimètre(s)
Mpa	– mégapascal(s)
mPa	– millipascal(s)
MW	– mégawatt(s)
µF	– microfarad(s)
µm	– micromètre(s)
µs	– microseconde(s)

N	-	newton(s)
nm	-	nanomètre(s)
ns	-	nanoseconde(s)
nH	-	nanohenry(s)
ps	-	picoseconde(s)
s	-	seconde(s)
T	-	tesla(s)
tr/mn	-	tours par minute
V	-	volt(s)
W	-	watt(s)

### **Remarque générale**

Les paragraphes ci-après se rapportent à la liste d'équipements, de matières et de logiciels à double usage dans le domaine nucléaire ainsi que de technologies connexes.

1. La description d'un article quelconque figurant dans la liste s'applique à cet article à l'état neuf ou d'occasion.
2. Lorsque la description d'un article de la liste ne comprend ni qualifications, ni spécifications, il faut considérer qu'elle s'applique à toutes les variétés de cet article. Les sous-titres des catégories sont uniquement destinés à faciliter la recherche et ne modifient en rien l'interprétation des définitions des articles.
3. Il ne peut être porté atteinte à l'objectif des contrôles par le biais du transfert d'un article (y compris d'une installation) non contrôlé et comprenant un ou plusieurs composants soumis au contrôle lorsque le ou les composants soumis au contrôle constituent le principal élément de l'article en question et peuvent être enlevés ou utilisés sans difficultés à d'autres fins.

*Note* : Lorsqu'ils doivent juger si le ou les composants soumis au contrôle constituent l'élément principal, les gouvernements doivent apprécier les facteurs de quantité, de valeur et de savoir-faire technologique impliqués ainsi que d'autres circonstances spéciales qui pourraient avoir comme effet que le ou les composants soumis au contrôle deviennent le principal élément de l'article fourni.

4. Il ne peut être porté atteinte à l'objectif des contrôles par le biais du transfert de parties de composants.

Chaque gouvernement prendra à cet effet toutes les mesures à sa disposition et continuera à rechercher une définition pratique pour les parties de composants, définition qui pourrait être utilisée par tous les fournisseurs.

### **Les contrôles de technologie**

Le transfert d'une « technologie » est contrôlé conformément aux Directives et comme indiqué dans chaque section de l'annexe. Une « technologie » directement associée à un article quelconque de la liste fera l'objet d'un examen et d'un contrôle aussi approfondis que l'article lui-même, dans les limites définies par la législation nationale.

Il est entendu que l'autorisation d'exportation accordée pour tout article de la liste comprend également l'autorisation d'exporter vers le même utilisateur final la « technologie » minimale requise pour l'installation, la mise en oeuvre, l'entretien et la réparation de l'article.

*Note* : Les contrôles relatifs au transfert de « technologie » ne s'appliquent pas à l'information qui est déjà « du domaine public » ou à « la recherche scientifique fondamentale ».

### **Remarque générale concernant les logiciels**

Le transfert de « logiciels » est contrôlé conformément aux Directives et comme indiqué dans l'annexe.

*Note* : Les contrôles relatifs aux transferts de « logiciels » ne s'appliquent pas aux « logiciels » :

1. Généralement disponibles pour le public en étant :
  - a. En vente libre au détail à partir d'un stock;
  - b. Conçus pour être installés par l'utilisateur sans suivi important de la part du fournisseur;
2. « Du domaine public ».

### **Définitions**

#### **« Assistance technique »**

L'« assistance technique » peut prendre des formes telles que : instruction, qualifications, formation, connaissances pratiques, services de consultation.

*Note* : L'« assistance technique » peut comprendre un transfert de « données techniques ».

#### **« Brin »**

Voir « Matières fibreuses ou filamenteuses ».

#### **« Commande de contournage »**

Deux mouvements ou plus exécutés suivant des instructions qui désignent à la fois la position assignée suivante et la vitesse d'avance vers cette position. Ces vitesses d'avance varient suivant une relation qui les lie les unes aux autres de façon à produire le contour désiré (réf. : ISO 2806-1980 tel qu'amendé).

#### **« Commande numérique »**

Commande automatique d'un processus réalisée par un dispositif qui interprète des données numériques introduites en général au fur et à mesure du déroulement du processus (réf. : ISO-2382).

**« Développement »**

Se rapporte à toutes les phases précédant la « production », telles que :

- Étude;
- Recherche relative à la conception;
- Analyse fonctionnelle;
- Concepts de l'avant-projet;
- Assemblage et essais de prototypes;
- Projets pilotes de production;
- Définition des données techniques;
- Processus de conversion des données techniques en produit;
- Conception de la configuration;
- Conception de l'intégration;
- Plans d'exécution.

**« Déviation de la position angulaire » -**

Écart maximum entre la position angulaire et la position angulaire réelle mesurée avec une très grande précision après que la monture de travail de la table a quitté sa position initiale (réf. : VDI/VDE 2617. Projet : « Rotary table on coordinate measuring machines »).

**« Données techniques »**

Les « données techniques » peuvent être sous des formes telles que calques, schémas, plans, diagrammes, maquettes, formules, données et spécifications techniques, manuels et modes d'emploi sous une forme écrite ou enregistrée sur d'autres supports ou dispositifs tels que des disques, des bandes magnétiques, des mémoires passives.

**« Du domaine public »**

Il convient d'entendre ici le fait que la « technologie » ou le « logiciel » a été rendu disponible sans restrictions quant à une diffusion plus vaste. (Les restrictions résultant d'un copyright n'empêchent pas la « technologie » ou le « logiciel » d'être « du domaine public ».)

**« Fil »**

Voir « Matières fibreuses ou filamenteuses ».

**« Filament »**

Voir « Matières fibreuses ou filamenteuses ».

**« Filasse »**

Voir « Matières fibreuses ou filamenteuses ».

« **Incertitude de mesure** »

Paramètre caractéristique qui détermine dans quelle plage autour de la valeur de sortie se situe la valeur correcte de la variable mesurable avec un niveau de confiance égal à 95 %. Elle comprend les déviations systématiques non corrigées, l'effet réactif non corrigé et les écarts aléatoires (réf. : VDI/VDE 2617).

« **Linéarité** »

(Généralement mesurée sous forme de non-linéarité) déviation maximale de la caractéristique réelle (moyenne des valeurs maximales et minimales relevées), qu'elle soit positive ou négative, par rapport à une ligne droite placée de façon à uniformiser et minimaliser les écarts maximaux.

« **Logiciel** »

Un ou plusieurs « programmes » ou « microprogrammes » enregistrés sur un support.

« **Matières fibreuses ou filamenteuses** »

Expression désignant les monofilaments continus, les fils continus, les mèches, les filasses ou les rubans.

*N.B. :*

1. « Brin » – faisceau de filaments (plus de 200 en général) disposés à peu près parallèlement.
2. « Fil » – faisceau de brins retors.
3. « Filament » ou « monofilament » – plus petite fibre primaire, généralement d'un diamètre de plusieurs  $\mu\text{m}$ .
4. « Filasse » – faisceau de filaments généralement à peu près parallèles.
5. « Mèche » – faisceau de brins (au nombre de 12 à 120 en général) disposés à peu près parallèlement.
6. « Ruban » – produit constitué de filaments, de brins, de mèches, de filasses, de fils, etc., entrelacés ou unidirectionnels, généralement préimprégnés de résine.

« **Mèche** »

Voir « Matières fibreuses ou filamenteuses ».

« **Microprogramme** »

Suite d'instructions élémentaires, maintenue dans une mémoire spéciale, et dont l'exécution est déclenchée par l'introduction de son instruction de référence dans un registre d'instruction.

« **Monofilament** »

Voir « Matières fibreuses ou filamenteuses ».

### « Précision »

Terme généralement utilisé sous la forme « manque de précision » défini comme étant l'écart maximal, positif ou négatif, d'une valeur indiquée par rapport à une norme acceptée ou vraie valeur. « Précision de positionnement » – pour les machines-outils à « commande numérique », elle doit être déterminée et présentée conformément au point 1.B.2, en association avec les exigences ci-dessous :

a) Conditions d'essai (ISO 230/2 (1988), paragraphe 3) :

1) Pendant 12 heures avant et durant les mesures, la machine-outil et l'équipement de mesure de précision seront conservés à la même température ambiante. Pendant la période qui précède les mesures, les chariots de la machine seront continuellement soumis aux phases de travail de la même manière qu'ils seront soumis aux phases de travail pendant les mesures de précision;

2) La machine sera équipée de tout dispositif de compensation mécanique, électronique ou logiciel qui doit être exporté avec la machine;

3) La précision des instruments de mesure utilisés pour les mesures sera au moins quatre fois plus précise que la précision attendue de la machine-outil;

4) L'alimentation en énergie pour l'actionnement des chariots sera comme suit :

i) La variation de la tension du réseau ne sera pas supérieure à  $\pm 10\%$  de la tension de régime nominale;

ii) La variation de la fréquence ne sera pas supérieure à  $\pm 2$  Hz de la fréquence normale;

iii) Les pertes en ligne et les interruptions de courant ne sont pas autorisées;

b) Programme d'essai (paragraphe 4) :

1) La vitesse d'avance (vitesse des chariots) pendant les mesures sera la vitesse d'avance rapide;

*N.B.* : Dans le cas de machines-outils qui produisent des surfaces de qualité optique, la vitesse d'avance sera égale ou inférieure à 50 mm par minute.

2) Les mesures seront effectuées conformément au système de mesure incrémentielle d'une limite de déplacement de l'axe jusqu'à l'autre limite sans retourner à la position de départ pour chaque mouvement jusqu'au point visé;

3) Les axes qui ne sont pas en train d'être mesurés seront maintenus à mi-trajet pendant le contrôle d'un axe.

c) Présentation des résultats des essais (paragraphe 2) :

Les résultats des mesures doivent comprendre :

1) La « précision de positionnement » (A) *et*

2) L'erreur moyenne de réversibilité (B).

« **Production** »

Couvre toutes les phases de la production, telles que :

- Construction;
- Technique de la production;
- Fabrication;
- Intégration;
- Assemblage (montage);
- Inspection;
- Essais;
- Assurance de qualité.

« **Programme** »

Suite d'instructions permettant d'accomplir un processus ou convertible en une forme pouvant être exécutée par un ordinateur.

« **Recherche scientifique fondamentale** »

Travaux expérimentaux ou théoriques entrepris principalement en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les principes fondamentaux des phénomènes et des faits observables et ne visant pas essentiellement un but ou un objectif pratique spécifique.

« **Résolution** »

Incrément le plus petit d'un dispositif de mesure; pour les instruments numériques le pas de progression (bit) le plus petit (réf. : ANSI B-89.1.12).

« **Ruban** »

Voir « Matières fibreuses ou filamenteuses ».

« **Technologie** »

Ce terme couvre l'information spécifique nécessaire pour le « développement », la « production » ou l'« utilisation » de tout article de la liste. Cette information peut prendre la forme de « données techniques » ou d'« assistance technique ».

« **Utilisation** »

Ce terme couvre la mise en oeuvre, l'installation (y compris l'installation sur le site même), l'entretien (le contrôle), les réparations, la révision et la remise en état.

## Table des matières

1. Équipements industriels
  - 1.A Équipements, assemblages et composants
    - 1.A.1 Fenêtres de protection contre les rayonnements haute densité
    - 1.A.2 Caméras TV résistant aux effets des rayonnements, ou objectifs pour ces caméras
    - 1.A.3 Robots, effecteurs terminaux ou unités de commande
    - 1.A.4 Télémanipulateurs
  - 1.B Équipements d'essai et de production
    - 1.B.1 Machines à fluotourner, machines à repousser capables d'effectuer des opérations de fluotournage et mandrins
    - 1.B.2 Machines-outils
    - 1.B.3 Machines, dispositifs ou systèmes de contrôle des dimensions
    - 1.B.4 Fours à induction à atmosphère contrôlée, et alimentations électriques pour ces fours
    - 1.B.5 Presses isostatiques et équipements connexes
    - 1.B.6 Systèmes d'essai aux vibrations, équipements et composants
    - 1.B.7 Fours de fusion et de coulée à vide ou à atmosphère contrôlée et équipements connexes
  - 1.C Matières
  - 1.D Logiciel
  - 1.E Technologie
2. Matières
  - 2.A Équipements, assemblages et composants
    - 2.A.1 Creusets fabriqués en matières résistant aux métaux actinides liquides
    - 2.A.2 Catalyseurs platinés
    - 2.A.3 Structures composites sous la forme de tubes
  - 2.B Équipements d'essai et de production
    - 2.B.1 Installations ou usines et équipements pour le tritium
    - 2.B.2 Installations ou usines et équipements pour la séparation isotopique du lithium
  - 2.C Matières
    - 2.C.1 Aluminium
    - 2.C.2 Béryllium
    - 2.C.3 Bismuth
    - 2.C.4 Bore
    - 2.C.5 Calcium
    - 2.C.6 Trifluorure de chlore
    - 2.C.7 Matières fibreuses ou filamenteuses, et matières préimprégnées
    - 2.C.8 Hafnium
    - 2.C.9 Lithium
    - 2.C.10 Magnésium
    - 2.C.11 Acier maraging
    - 2.C.12 Radium 226
    - 2.C.13 Titane
    - 2.C.14 Tungstène
    - 2.C.15 Zirconium
    - 2.C.16 Poudre de nickel et nickel métal poreux

- 2.C.17 Tritium
- 2.C.18 Hélium 3
- 2.C.19 Radionucléides émetteurs alpha
- 2.D Logiciel
- 2.E Technologie
- 3. Équipements de séparation isotopique pour l'uranium et composants  
(Autres que les articles de la Liste de base)
  - 3.A Équipements, assemblages et composants
    - 3.A.1 Changeurs de fréquence ou générateurs
    - 3.A.2 Lasers, amplificateurs lasers et oscillateurs
    - 3.A.3 Vannes
    - 3.A.4 Electro-aimants solénoïdaux supraconducteurs
    - 3.A.5 Alimentations en courant fort continu
    - 3.A.6 Alimentations en courant continu haute tension
    - 3.A.7 Transducteurs de pression
    - 3.A.8 Pompes à vide
  - 3.B Équipements d'essai et de production
    - 3.B.1 Cellules électrolytiques pour la production de fluor
    - 3.B.2 Équipements de fabrication et d'assemblage de rotors, équipements à dresser pour rotors, mandrins et matrices pour la production de soufflets
    - 3.B.3 Machines centrifuges à vérifier l'équilibrage multiplans
    - 3.B.4 Machines à enrouler les filaments et équipements connexes
    - 3.B.5 Séparateurs isotopiques électromagnétiques
    - 3.B.6 Spectromètres de masse
  - 3.C Matières
  - 3.D Logiciels
  - 3.E Technologie
- 4. Équipements liés aux installations de production d'eau lourde  
(Autres que les articles de la Liste de base)
  - 4.A Équipements, assemblages et composants
    - 4.A.1 Charges spéciales
    - 4.A.2 Pompes
    - 4.A.3 Turbodétendeurs ou ensembles turbodétendeur-compresseur
  - 4.B Équipements d'essai et de production
    - 4.B.1 Colonnes d'échange à plateaux eau-acide sulfhydrique et contacteurs internes
    - 4.B.2 Colonnes de distillation cryogénique à hydrogène
    - 4.B.3 Convertisseurs d'ammoniac ou unités à synthétiser l'ammoniac
  - 4.C Matières
  - 4.D Logiciel
  - 4.E Technologie
- 5. Équipements d'essai et de mesure pour le développement de dispositifs explosifs nucléaires
  - 5.A Équipements, assemblages et composants
    - 5.A.1 Tubes photomultiplicateurs
  - 5.B Équipements d'essai et de production
    - 5.B.1 Générateurs de radiographie éclair ou accélérateurs pulsés d'électrons

- 5.B.2 Canons à étages multiples à gaz léger ou autres systèmes à canons à grande vitesse
- 5.B.3 Caméras à miroir à rotation mécanique
- 5.B.4 Caméras électroniques à fente, caméras électroniques à images, tubes et dispositifs
- 5.B.5 Instruments spécialisés pour expériences hydrodynamiques
- 5.B.6 Générateurs d'impulsions rapides
- 5.C Matières
- 5.D Logiciel
- 5.E Technologie
- 6. Composants pour dispositifs explosifs nucléaires
  - 6.A Équipements, assemblages et composants
    - 6.A.1 Détonateurs et systèmes d'amorçage à points multiples
    - 6.A.2 Dispositifs de mise à feu et générateurs d'impulsions équivalents à haute intensité
    - 6.A.3 Dispositifs de commutation
    - 6.A.4 Condensateurs à décharge pulsée
    - 6.A.5 Systèmes générateurs de neutrons
  - 6.B Équipements d'essai et de production
  - 6.C Matières
    - 6.C.1 Substances ou mélanges hautement explosifs
  - 6.D Logiciel
  - 6.E Technologie

## 1. Équipements industriels

### 1.A Équipements, assemblages et composants

- 1.A.1 Fenêtres de protection contre les rayonnements à haute densité (verre au plomb ou autre matière) possédant toutes les caractéristiques suivantes, ainsi que les cadres spécialement conçus à cet effet :
- Un « côté froid » de plus de 0,09 m<sup>2</sup>;
  - Une densité supérieure à 3 g/cm<sup>3</sup>; et
  - Une épaisseur égale ou supérieure à 100 mm.

*Note technique* : Dans la rubrique 1.A.1, l'expression « côté froid » désigne la zone d'observation de la fenêtre, où, de par la conception, l'intensité du rayonnement est la plus faible.

- 1.A.2 Caméras TV résistant aux effets des rayonnements, ou objectifs pour ces caméras, spécialement conçues ou réglées pour résister aux effets des rayonnements, capables de supporter une dose totale de plus de 5 x 10<sup>4</sup> Gy (silicium) sans dégradation fonctionnelle.

*Note technique* : Les mots « Gy (silicium) » désignent l'énergie en joules par kilogramme absorbée par un échantillon non protégé de silicium exposé à un rayonnement ionisant.

- 1.A.3 « Robots », « effecteurs terminaux » et « unités de commande » comme suit :

a. « Robots » ou « effecteurs terminaux » possédant l'une des deux caractéristiques suivantes :

- Spécialement conçus pour répondre aux normes nationales de sécurité applicables à la manipulation d'explosifs (par exemple répondant aux spécifications de la codification relative à l'électricité pour les explosifs); ou
- Spécialement conçus ou réglés pour résister aux rayonnements de manière à supporter une dose totale de plus de 5 x 10<sup>4</sup> Gy (silicium) sans dégradation fonctionnelle.

*Note technique* : Les mots « Gy (silicium) » désignent l'énergie en joules par kilogramme absorbée par un échantillon non protégé de silicium exposé à un rayonnement ionisant.

b. Unités de commande spécialement conçues pour chacun des « robots » ou « effecteurs terminaux » spécifiés sous 1.A.3.a.

*Note* : La définition donnée dans la rubrique 1.A.3 ci-dessus ne se rapporte pas au contrôle des robots spécialement conçus pour des applications industrielles non nucléaires telles que les cabines de pulvérisation de peinture dans l'industrie automobile.

*Notes techniques* :

- « Robots »

Dans la rubrique 1.A.3, le terme « robot » désigne un mécanisme de manipulation qui peut être du type à trajectoire continue ou du type point à

point, qui peut utiliser des « capteurs » et qui possède toutes les caractéristiques suivantes :

- a) Est multifonctionnel;
- b) Est capable de positionner ou d'orienter des matières, des pièces, des outils ou des dispositifs spéciaux grâce à des mouvements variables en trois dimensions;
- c) Comprend trois servo-mécanismes ou plus à boucle ouverte ou fermée, qui peuvent comprendre des moteurs pas à pas; et
- d) Possède une « programmabilité accessible à l'utilisateur » au moyen d'une méthode instruction/reproduction, ou au moyen d'un ordinateur qui peut être contrôlé par logique programmable, c'est-à-dire sans intervention mécanique.

*N.B. 1 :* Dans la définition ci-dessus, le terme « capteurs » désigne des détecteurs d'un phénomène physique dont les données de sortie sont capables (après conversion en un signal qui peut être interprété par un contrôleur) de produire des « programmes » ou de modifier des instructions programmées ou des données numériques d'un « programme ». Cette définition comprend les « capteurs » à vision machine, à imageur à infrarouge, à imageur acoustique, les « capteurs » de contact, les « capteurs » de mesure de la position d'inertie, de classification optique ou acoustique, ou de mesure de la force ou du couple.

*N.B. 2 :* Dans la définition ci-dessus, le terme « programmabilité accessible à l'utilisateur » désigne la possibilité pour l'utilisateur d'introduire, de modifier ou de remplacer des « programmes » à l'aide de moyens autres

- a) Qu'un changement matériel au niveau des câbles ou des interconnexions; ou
- b) Que l'introduction de commandes de fonctions, y compris l'entrée de paramètres.

*N.B. 3 :* La définition ci-dessus ne comprend pas les dispositifs suivants :

- a) Les mécanismes de manipulation qui ne peuvent être commandés qu'à la main ou par dispositif de commande à distance;
- b) Les mécanismes de manipulation à séquence fixe qui sont des dispositifs à déplacement automatique fonctionnant conformément à des mouvements fixes programmés mécaniquement. Le « programme » est limité mécaniquement par des arrêts fixes tels que boulons d'arrêt ou cames de butée. La séquence des mouvements et la sélection des trajectoires ou des angles ne sont pas variables ou modifiables au moyen de dispositifs mécaniques, électroniques ou électriques;
- c) Les mécanismes de manipulation à séquence variable programmée mécaniquement qui sont des dispositifs à mouvements automatiques fonctionnant conformément à des mouvements fixes programmés mécaniquement. Le « programme » est limité mécaniquement par des arrêts fixes mais réglables, tels que boulons d'arrêt ou cames de butée. La séquence des mouvements et la sélection des trajectoires ou des angles sont variables à l'intérieur du schéma du « programme » fixe. Les variations ou modifications

du schéma du « programme » (par exemple changements de boulons d'arrêt ou échanges de cames de butée) dans un ou plusieurs axes de déplacement sont accomplies uniquement au moyen d'opérations mécaniques;

d) Les mécanismes de manipulation à séquence variable sans servo-commande, qui sont des dispositifs à mouvements automatiques fonctionnant conformément à des mouvements fixes programmés mécaniquement. Le « programme » est variable mais la séquence se déroule uniquement à partir d'un signal binaire émis par des dispositifs binaires électriques fixés mécaniquement ou des arrêts réglables;

e) Les grues d'empilage définies comme étant des systèmes de manutention à coordonnées cartésiennes, fabriquées comme partie intégrante d'un système vertical de récipients de stockage et conçues pour avoir accès au contenu de ces récipients en vue du stockage ou de la récupération.

## 2. « Effecteurs terminaux »

Dans la rubrique 1.A.3, le terme « effecteurs terminaux » englobe les préhenseurs, les « unités d'outillage actives » et tout autre outillage rattaché à la plaque située à l'extrémité du bras de manipulation d'un « robot ».

*N.B.* : Dans la définition ci-dessus, l'expression « unités d'outillage actives » désigne des dispositifs d'application d'énergie, motrice ou autre, ou de détection à la pièce à travailler.

1.A.4 Télémanipulateurs utilisables pour accomplir des actions lors d'opérations de séparation radiochimiques et dans des cellules de haute activité, possédant l'une des deux caractéristiques suivantes :

a. Une capacité de traverser une paroi de cellule de 0,6 m ou plus (passage par le mur); ou

b. Une capacité de passer par-dessus le sommet d'une paroi de cellule ayant une épaisseur égale ou supérieure à 0,6 m (passage par-dessus le mur).

*Note technique* : Les télémanipulateurs transmettent les actions des opérateurs humains à un bras manipulateur et à un dispositif terminal à distance. Ils peuvent être du type maître-esclave ou être commandés par un manche à balai ou un clavier.

## 1.B Équipements d'essai et de production

1.B.1 Machines à fluotourner et machines à repousser capables d'effectuer des opérations de fluotournage, ainsi que mandrins, comme suit :

a. Machines :

1. Qui possèdent trois galets ou plus (actifs ou de guidage); et

2. Qui, conformément aux spécifications techniques du fabricant, peuvent être équipées d'unités de « commande numérique » ou d'une unité de commande par ordinateur;

b. Mandrins pour former des rotors cylindriques d'un diamètre intérieur compris entre 75 et 400 mm.

*Note* : La rubrique 1.B.1 comprend les machines n'ayant qu'un seul galet conçu pour déformer le métal plus deux galets auxiliaires qui servent de support mais qui ne participent pas directement à l'opération de déformation.

1.B.2 Machines-outils, comme suit, pour enlever ou couper des métaux, des céramiques ou des matières composites qui, conformément aux spécifications techniques du fabricant, peuvent être équipées de dispositifs électroniques pour une « commande de contournage » simultanée selon deux axes ou plus :

*N.B.* : Pour les unités de « commande numérique » contrôlées par le « logiciel » associé, voir la rubrique 1.D.3.

a. Tours dont la « précision de positionnement », lorsque toutes les compensations sont disponibles, est meilleure que (inférieure à) 6 im mesurée conformément à la norme ISO 230/2 (1988) le long de tout axe linéaire (positionnement global) pour les machines capables d'usiner des diamètres supérieurs à 35 mm.

*Note* : La rubrique 1.B.2.a ne s'applique pas aux tours à barres (Swissturn) qui n'usinent les barres qu'en enfilade si le diamètre maximum des barres est égal ou inférieur à 42 mm et s'il n'est pas possible de monter des mandrins. Les machines peuvent être à même de percer et/ou de fraiser des pièces d'un diamètre inférieur à 42 mm.

b. Machines-outils à fraiser possédant l'une quelconque des caractéristiques suivantes :

1. « Précision de positionnement », lorsque toutes les compensations sont disponibles, meilleure que (inférieure à) 6 im mesurée conformément à la norme ISO 230/2 (1988) le long de tout axe linéaire (positionnement global);
2. Deux axes rotatifs de contournage ou plus; ou
3. Cinq axes ou plus pouvant être coordonnés simultanément pour la « commande de contournage »

*Note* : La rubrique 1.B.2.b ne s'applique pas aux machines à fraiser possédant les caractéristiques suivantes :

1. Course sur l'axe X supérieure à 2 m; et
2. « Précision de positionnement » globale sur l'axe X moins bonne que (supérieure à) 30 im mesurée conformément à la norme ISO 230/2 (1988).

c. Machines-outils à rectifier possédant l'une quelconque des caractéristiques suivantes :

1. « Précision de positionnement », lorsque toutes les compensations sont disponibles, meilleure que (inférieure à) 4 im mesurée conformément à la norme ISO 230/2 (1988) le long de tout axe linéaire (positionnement global);
2. Deux axes rotatifs de contournage ou plus; ou
3. Cinq axes ou plus pouvant être coordonnés simultanément pour la « commande de contournage ».

*Note* : La rubrique 1.B.2.c ne s'applique pas aux machines à rectifier ci-après :

1. Machines à rectifier les surfaces de révolution extérieures, intérieures et extérieures-intérieures possédant l'ensemble des caractéristiques suivantes :

a. Capacité limitée à l'usinage de pièces dont le diamètre extérieur ou la longueur ne dépasse pas 150 mm; et

b. Axes limités à x, z et c.

2. Machines à rectifier n'ayant pas d'axe z ni d'axe w avec une précision de positionnement globale inférieure à (meilleure que) 4 microns. La précision de positionnement est conforme à la norme ISO 230/2 (1988)

d. Machines d'usinage par étincelage (EDM) du type sans fil ayant deux axes rotatifs de contournage, ou plus, pouvant être coordonnés simultanément pour une « commande de contournage ».

*Note* :

1. Les degrés de « précision de positionnement » annoncés, obtenus par les procédures ci-après à partir de mesures faites conformément à la norme ISO 230/2 (1988) ou à des normes nationales équivalentes, peuvent être utilisés pour chaque modèle de machine-outil à la place d'essais sur des machines s'ils sont communiqués aux autorités nationales et acceptés par elles.

Les degrés de « précision de positionnement » annoncés sont obtenus comme suit :

a) Sélectionner cinq machines d'un modèle à évaluer;

b) Mesurer les précisions sur l'axe linéaire conformément à la norme ISO 230/2 (1988);

c) Déterminer les valeurs de précision (A) pour chaque axe de chaque machine. La méthode de calcul de la valeur de précision est décrite dans la norme ISO 230/2 (1988);

d) Déterminer la valeur moyenne de précision pour chaque axe. Cette valeur moyenne devient le degré de « précision de positionnement » annoncé de chaque axe pour le modèle ( $\hat{A}_x$ ,  $\hat{A}_y$ , ...);

e) Comme la rubrique 1.B.2 vise chaque axe linéaire, il y aura autant de degrés de « précision de positionnement » annoncés qu'il y a d'axes linéaires;

f) Si l'un quelconque des axes d'une machine-outil qui n'est pas visée par la rubrique 1.B.2.a, 1.B.2.b ou 1.B.2.c a une « précision de positionnement » annoncée de 6  $\mu\text{m}$  ou mieux pour les machines à rectifier et de 8  $\mu\text{m}$  ou mieux pour les machines à fraiser et les tours, dans les deux cas conformément à la norme ISO 230/2 (1988), le constructeur devrait être prié de confirmer le degré de précision une fois tous les 18 mois.

2. La rubrique 1.B.2 ne s'applique pas aux machines-outils spéciales limitées à la fabrication de l'une des pièces suivantes :

a) Engrenages;

b) Vilebrequins ou arbres à cames;

c) Outils ou outils de coupe;

d) Vers d'extradeuse.

*Notes techniques :*

1. La nomenclature des axes doit être conforme à la Norme internationale ISO 841, « Commande numérique des machines – Nomenclature des axes et des mouvements ».

2. Les axes de contournage secondaires parallèles (par ex. un axe w sur des aléseuses horizontales ou un axe de rotation secondaire dont l'axe de référence est parallèle à celui de l'axe de rotation principale) ne sont pas comptés dans le nombre total des axes de contournage.

3. Les axes rotatifs ne doivent pas nécessairement effectuer une rotation de 360 degrés. Un axe rotatif peut être actionné par un dispositif linéaire comme, par exemple, une vis ou un dispositif à crémaillère.

4. Aux fins de 1.B.2., le nombre d'axes pouvant être coordonnés simultanément pour la « commande de contournage » est le nombre d'axes le long ou autour desquels, pendant le traitement, des mouvements simultanés et interdépendants sont effectués entre la pièce à usiner et un outil. Il ne comprend pas les autres axes le long ou autour desquels d'autres mouvements relatifs sont effectués à l'intérieur de la machine, notamment :

a) Les systèmes de dressage dans les machines à rectifier;

b) Les axes rotatifs parallèles conçus pour le montage de plusieurs pièces à usiner;

c) Les axes rotatifs colinéaires conçus pour manipuler la même pièce à usiner en la maintenant dans un mandrin à différentes extrémités.

5. Une machine-outil présentant au moins deux des trois propriétés suivantes : tournage, fraisage ou meulage (par ex. une machine à tourner permettant le fraisage), doit faire l'objet d'une évaluation en fonction de chaque rubrique pertinente 1.B.2.a., 1.B.2.b. ou 1.B.2.c.

6. Les rubriques 1.B.2.b.3 et 1.B.2.c.3 incluent des machines basées sur une conception cinématique linéaire parallèle (par ex. des hexapodes) ayant cinq axes ou plus, dont aucun n'est rotatif.

1.B.3 Machines, dispositifs ou systèmes de contrôle des dimensions, comme suit :

a. Machines de contrôle des dimensions commandées par ordinateur ou à commande numérique et possédant les deux caractéristiques suivantes :

1. Deux axes ou plus; et

2. Une « incertitude de mesure » unidimensionnelle de la longueur égale ou meilleure que (inférieure à)  $(1,25 + L/1000) \mu\text{m}$  contrôlée à l'aide d'une sonde d'une « précision » meilleure que (inférieure à)  $0,2 \mu\text{m}$  (L étant la longueur mesurée en millimètres) (réf.: VDI/VDE 2617, parties 1 et 2);

b. Dispositifs de mesure du déplacement linéaire, comme suit :

1. Systèmes de mesure de type sans contact ayant une « résolution » égale ou meilleure que (inférieure à)  $0,2 \mu\text{m}$  à l'intérieur d'une gamme de mesures pouvant atteindre 0,2 mm;

2. Systèmes à transformateur différentiel à variable linéaire (TDVL) possédant les deux caractéristiques suivantes :

a. Une « linéarité » égale ou meilleure que (inférieure à) 0,1 % à l'intérieur d'une gamme de mesures pouvant atteindre 5 mm; et

b. Une dérive égale ou meilleure que (inférieure à) 0,1 % par jour à une température ambiante de référence de la chambre d'essai égale à  $\pm 1$  K;

3. Systèmes de mesure possédant les deux caractéristiques suivantes :

a. Présence d'un « laser »; et

b. Maintien pendant au moins 12 heures avec une gamme de température variant de  $\pm 1$  K autour d'une température de référence et une pression de référence :

1. D'une « résolution » sur leur déviation totale égale à 0,1  $\mu\text{m}$  ou mieux; et

2. Avec une « incertitude de mesure » égale ou meilleure que (inférieure à)  $(0,2 + L/2000)$   $\mu\text{m}$  (L étant la longueur mesurée en millimètres);

*Note* : La rubrique 1.B.3.b.3 ne s'applique pas aux systèmes de mesure à interférométrie, sans rétroaction à boucle ouverte ou fermée, comprenant un laser pour mesurer les erreurs de mouvements des chariots des machines-outils, des machines de contrôle dimensionnel ou équipements similaires.

*Note technique* : Dans la rubrique 1.B.3.b, on entend par « déplacement linéaire » la variation de distance entre le capteur de mesure et l'objet mesuré.

c. Instruments de mesure angulaire ayant une « déviation de position angulaire » égale ou meilleure que (inférieure à) 0,00025°;

*Note* : La rubrique 1.B.3.c ne s'applique pas aux instruments optiques tels que les autocollimateurs utilisant la collimation de la lumière pour détecter le déplacement angulaire d'un miroir.

d. Systèmes permettant un contrôle simultané linéaire-angulaire de semi-coques et possédant les deux caractéristiques suivantes :

1. Une « incertitude de mesure » sur tout axe linéaire égale ou meilleure que (inférieure à) 3,5  $\mu\text{m}$  par 5 mm; et

2. Une « déviation de position angulaire » égale ou inférieure à 0,02°.

*Notes* :

1. La rubrique 1.B.3 englobe les machines-outils qui peuvent servir de machines de mesure si elles répondent aux critères définis pour la fonction de la machine de mesure.

2. Les machines décrites dans la rubrique 1.B.3 doivent faire l'objet d'un contrôle si elles dépassent le seuil de contrôle en n'importe quel point de leur plage de fonctionnement.

*Notes techniques :*

1. La sonde utilisée pour déterminer l'incertitude de mesure d'un système de contrôle dimensionnel sera telle que décrite dans VDI/VDE 2617, parties 2, 3 et 4.
2. Tous les paramètres des valeurs de mesure dans le présent article correspondent à des valeurs plus/moins, c'est-à-dire pas à la totalité de la bande.

1.B.4 Fours à induction à atmosphère contrôlée (à vide ou gaz inerte), et alimentations électriques spécialement conçues pour ces fours, comme suit :

a. Fours possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Capables de fonctionner à des températures supérieures à 1 123 K (850 °C);
2. Possédant des bobines d'induction de 600 mm de diamètre ou moins; et
3. Conçus pour des puissances absorbées égales ou supérieures à 5 kW;

*Note :* La rubrique 1.B.4.a ne s'applique pas aux fours conçus pour le traitement des tranches à semi-conducteurs.

- b. Alimentations électriques, qui ont une puissance aux bornes spécifiée de 5 kW ou plus, spécialement conçues pour les fours spécifiés dans la rubrique 1.B.4.a.

1.B.5 « Presses isostatiques » et équipement connexe, comme suit :

a. « Presses isostatiques » possédant les deux caractéristiques suivantes :

1. Capables d'atteindre une pression de régime maximale égale ou supérieure à 69 MPa; et
2. Possédant une chambre dont le diamètre intérieur de la cavité est supérieur à 152 mm.

- b. Matrices, moules et commandes spécialement conçus pour les presses spécifiées dans la rubrique 1.B.5.a.

*Notes techniques :*

1. Dans la rubrique 1.B.5, l'expression « presses isostatiques » désigne les équipements capables de pressuriser une cavité fermée en recourant à divers moyens (gaz, liquide, particules solides, etc.) afin de créer une pression homogène dans toutes les directions à l'intérieur de la cavité sur une pièce ou un matériau.

2. Dans la rubrique 1.B.5, la dimension intérieure de la chambre est celle de la chambre dans laquelle tant la température de régime que la pression de régime ont été atteintes et ne comprend pas l'appareillage. Cette dimension sera la plus petite des dimensions soit du diamètre intérieur de la chambre de compression, soit du diamètre intérieur de la chambre isolée du four selon celle des deux chambres qui se trouve à l'intérieur de l'autre.

1.B.6 Systèmes d'essai aux vibrations, équipements et composants, comme suit :

a. Systèmes d'essai aux vibrations électrodynamiques possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Faisant appel à des techniques de rétroaction ou de servo-commande à boucle fermée et comprenant une unité de commande numérique;
2. Capables de faire vibrer à 10 g de valeur efficace (moyenne quadratique) ou plus entre 20 et 2 000 Hz; et
3. Transmettant des forces égales ou supérieures à 50 kN mesurées « table nue ».

b. Unités de commande numériques, associés au « logiciel » spécialement conçu pour les essais aux vibrations, avec une bande passante en temps réel supérieure à 5 kHz et conçus pour être utilisés avec les systèmes faisant l'objet de la rubrique 1.B.6.a.

c. Générateurs de vibrations (secoueurs), avec ou sans amplificateurs associés, capables de transmettre une force égale ou supérieure à 50 kN, mesurée « table nue », qui peuvent être utilisés pour les systèmes spécifiés dans la rubrique 1.B.6.a.

d. Structures de support des pièces d'essai et dispositifs électroniques conçus pour associer des secoueurs multiples afin de constituer un système de secouage complet capable d'impartir une force combinée efficace égale ou supérieure à 50 kN, mesurée « table nue », qui peuvent être utilisés pour les systèmes spécifiés dans la rubrique 1.B.6.a.

*Note technique* : Dans la rubrique 1.B.6, l'expression « table nue » désigne une table, ou une surface, plate sans équipements ni accessoires.

1.B.7 Fours de fusion et de coulée à vide et à atmosphère contrôlée pour métallurgie, et équipement connexe, comme suit :

a. Fours de coulée et de refusion à arc possédant les deux caractéristiques suivantes :

1. Capacité des électrodes consommables comprise entre 1 000 et 20 000 cm<sup>3</sup>; et
2. Capables de fonctionner à des températures de fusion supérieures à 1 973 K (1 700 °C).

b. Fours de fusion à faisceaux d'électrons et fours à atomisation et à fusion à plasma possédant les deux caractéristiques suivantes :

1. Une puissance égale ou supérieure à 50 kW; et
2. Capables de fonctionner à des températures de fusion supérieures à 1 473 K (1 200 °C);

c. Systèmes informatiques de contrôle et de surveillance spécialement configurés pour n'importe lequel des fours définis aux points 1.B.7.a. et 1.B.7.b.

## 1.C Matières

Néant.

## 1.D Logiciel

1.D.1 « Logiciel » spécialement conçu pour l'« utilisation » d'équipements spécifiés dans les rubriques 1.A.3, 1.B.1, 1.B.3, 1.B.5, 1.B.6.a, 1.B.6.b, 1.B.6.d ou 1.B.7.

*Note* : Le « logiciel » spécialement conçu pour les systèmes spécifiés dans la rubrique 1.B.3.d comprend le « logiciel » permettant une mesure simultanée de l'épaisseur et du contour des parois.

1.D.2 « Logiciel » spécialement conçu ou modifié pour le « développement », la « production » ou l'« utilisation » d'équipements spécifiés dans la rubrique 1.B.2.

1.D.3 « Logiciel » pour toute combinaison de dispositifs électroniques ou pour tout système permettant à ces dispositifs de fonctionner comme une unité de « commande numérique » capable de commander cinq axes à interpolation ou plus qui peuvent être coordonnés simultanément pour une « commande de contournage ».

*Notes* :

1. Le « logiciel » est contrôlé, qu'il soit exporté séparément ou qu'il réside dans une unité de « commande numérique » ou tout dispositif ou système électronique.

2. La rubrique 1.D.3 ne s'applique pas au « logiciel » spécialement conçu ou modifié par les fabricants de l'unité de commande ou de la machine-outil pour faire fonctionner une machine-outil qui n'est pas spécifiée dans la rubrique 1.B.2.

## 1.E Technologie

1.E.1 « Technologie » conformément aux Contrôles de technologie pour le « développement », la « production » ou l'« utilisation » d'équipements, de matières ou de « logiciels » spécifiés dans les rubriques 1.A à 1.D.

## 2. Matières

### 2.A Équipements, assemblages et composants

2.A.1 Creusets fabriqués en matières résistant aux métaux actinides liquides, comme suit :

a. Creusets possédant les deux caractéristiques suivantes :

1. Un volume compris entre 150 cm<sup>3</sup> (150 ml) et 8 000 cm<sup>3</sup> (8 litres); et

2. Constitués ou revêtus de l'une quelconque des matières suivantes ayant un degré de pureté égal ou supérieur à 98 % :

a. Fluorure de calcium (CaF<sub>2</sub>);

b. Zirconate (métazirconate) de calcium (CaZrO<sub>3</sub>);

c. Sulfure de cérium (Ce<sub>2</sub>S<sub>3</sub>);

d. Oxyde d'erbium (erbine) (Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>);

e. Oxyde de hafnium (HfO<sub>2</sub>);

- f. Oxyde de magnésium (MgO);
- g. Alliage nitruré niobium-titane-tungstène (approximativement 50 % de Nb, 30 % de Ti et 20 % de W);
- h. Oxyde d'yttrium (yttria) ( $Y_2O_3$ ); ou
- i. Oxyde de zirconium (zircone) ( $ZrO_2$ );
- b. Creusets possédant les deux caractéristiques suivantes :
  - 1. Un volume compris entre  $50\text{ cm}^3$  (50 ml) et  $2\ 000\text{ cm}^3$  (2 litres); et
  - 2. Constitués ou revêtus de tantale ayant un degré de pureté égal ou supérieur à 99,9 %;
- c. Creusets possédant toutes les caractéristiques suivantes :
  - 1. Un volume compris entre  $50\text{ cm}^3$  (50 ml) et  $2\ 000\text{ cm}^3$  (2 litres);
  - 2. Constitués ou revêtus de tantale ayant un degré de pureté égal ou supérieur à 98 %; et
  - 3. Recouverts de carbure, de nitrure ou de borure de tantale, ou toute combinaison de ces substances.

2.A.2 Catalyseurs au platine spécialement conçus ou préparés pour favoriser la réaction d'échange d'isotopes d'hydrogène entre l'hydrogène et l'eau en vue de la régénération du tritium de l'eau lourde ou pour la production d'eau lourde.

2.A.3 Structures composites sous la forme de tubes possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Un diamètre intérieur de 75 mm à 400 mm; et
- b. Fabriquées dans l'une quelconque des « matières fibreuses et filamenteuses » spécifiées dans la rubrique 2.C.7.a ou dans des matières préimprégnées au carbone spécifiées dans la rubrique 2.C.7.c.

## **2.B Équipements d'essai et de production**

2.B.1 Installations, usines et équipements pour le tritium, comme suit :

- a. Installations ou usines de production, régénération, extraction, concentration ou manipulation de tritium;
- b. Équipements pour ces installations ou ces usines, comme suit :
  - 1. Unités de réfrigération de l'hydrogène ou de l'hélium capables de refroidir jusqu'à 23 K (-250 °C) ou moins, avec une capacité d'enlèvement de la chaleur supérieure à 150 W;
  - 2. Systèmes de stockage et de purification des isotopes d'hydrogène utilisant des hydrures métalliques comme support de stockage ou de purification.

2.B.2 Installations, usines et équipements pour la séparation des isotopes du lithium, comme suit :

- a. Installations ou usines de séparation des isotopes du lithium;

- b. Équipements pour la séparation des isotopes du lithium, comme suit :
  - 1. Colonnes garnies pour les échanges liquide-liquide, spécialement conçues pour les amalgames de lithium;
  - 2. Pompes pour les amalgames de mercure et/ou de lithium;
  - 3. Cellules électrolytiques pour les amalgames de lithium;
  - 4. Évaporateurs pour solution concentrée de lithine.

## 2.C Matières

2.C.1 Alliages d'aluminium possédant l'une des deux caractéristiques suivantes :

- a. « Capables d'une » résistance maximale à la traction de 460 MPa ou plus à des températures de 293 K (20 °C); et
- b. Sous la forme de tubes ou de pièces cylindriques pleines (y compris les pièces forgées) ayant un diamètre extérieur supérieur à 75 mm.

*Note technique* : Dans la rubrique 2.C.1, l'expression « capable d'une [...] » couvre les alliages d'aluminium avant ou après traitement thermique.

2.C.2 Béryllium métal, alliages comprenant plus de 50 % de béryllium en poids, composés du béryllium et produits manufacturés dans ces matières, et déchets et chutes contenant du béryllium.

*Note* : La rubrique 2.C.2 ne s'applique pas aux articles suivants :

- a. Fenêtres métalliques pour les machines à rayons X ou les dispositifs de diagraphie des sondages;
- b. Pièces en oxyde fabriquées ou semi-fabriquées spécialement conçues pour des éléments de composants électroniques ou comme substrats pour des circuits électroniques;
- c. Béryl (silicate de béryllium et d'aluminium) sous forme d'émeraudes ou d'aigues-marines.

2.C.3 Bismuth possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Une pureté de 99,99 % ou plus; et
- b. Une teneur en argent de moins de 10 ppm.

2.C.4 Bore enrichi en isotope 10 (10B), comme suit : bore élémentaire, composés, mélanges contenant du bore et produits manufacturés dans ces matières, et déchets et chutes contenant du bore. *Note* : Dans la rubrique 2.C.4, les mélanges contenant du bore englobent les matières chargées au bore.

*Note technique* : La teneur naturelle du bore en isotope 10 est approximativement de 18,5 % en poids (20 % en atomes).

2.C.5 Calcium possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Contenant moins de 1 000 ppm en poids d'impuretés métalliques autres que le magnésium; et

b. Contenant moins de 10 ppm de bore.

2.C.6 Trifluorure de chlore (ClF<sub>3</sub>).

2.C.7 « Matières fibreuses ou filamenteuses », et matières préimprégnées, comme suit :

a. « Matières fibreuses ou filamenteuses » carbonées ou aramides possédant une des deux caractéristiques suivantes :

1. Un « module spécifique » égal ou supérieur à  $12,7 \times 10^6$  m; ou
2. Une « résistance spécifique à la traction » égale ou supérieure à  $23,5 \times 10^4$  m;

*Note* : La rubrique 2.C.7.a ne s'applique pas aux « matières fibreuses ou filamenteuses » aramides contenant 0,25 % ou plus en poids d'un modificateur de surface des fibres à base d'ester.

b. « Matières fibreuses ou filamenteuses » en verre possédant les deux caractéristiques suivantes :

1. Un « module spécifique » égal ou supérieur à  $3,18 \times 10^6$  m; et
2. Une « résistance spécifique à la traction » égale ou supérieure à  $7,62 \times 10^4$  m;

c. « Fils » continus, « mèches », « filasses » ou « rubans » imprégnés de résine therm durcie d'une largeur égale ou inférieure à 15 mm (préimprégnés), faits de « matières fibreuses ou filamenteuses » carbonées ou en verre spécifiés dans les rubriques 2.C.7.a ou 2.C.7.b.

*Note technique* : La résine forme la matrice du composite.

*Notes techniques* :

1. Dans la rubrique 2.C.7, le « module spécifique » est le module de Young exprimé en N/m<sup>2</sup> divisé par le poids spécifique exprimé en N/m<sup>3</sup> mesuré à une température de  $296 \pm 2$  K ( $23 \pm 2$  °C) et à une humidité relative de  $50 \pm 5$  %.

2. Dans la rubrique 2.C.7, la « résistance spécifique à la traction » est la résistance maximale à la traction exprimée en N/m<sup>2</sup> divisée par le poids spécifique exprimé en N/m<sup>3</sup> mesurée à une température de  $296 \pm 2$  K ( $23 \pm 2$  °C) et à une humidité relative de  $50 \pm 5$  %.

2.C.8 Hafnium correspondant aux descriptions suivantes : métal, alliages et composés de hafnium comprenant plus de 60 % de hafnium en poids, produits fabriqués dans ces matières, et déchets et chutes contenant du hafnium.

2.C.9 Lithium enrichi en isotope 6 (<sup>6</sup>Li), et produits et dispositifs contenant du lithium enrichi, comme suit : lithium élémentaire, alliages, composés, mélanges contenant du lithium, produits fabriqués dans ces matières, et déchets et chutes contenant du lithium.

*Note* : La rubrique 2.C.9 ne s'applique pas aux dosimètres thermoluminescents.

*Note technique* : La teneur naturelle du lithium en isotope 6 est approximativement de 6,5 % en poids (7,5 % en atomes).

- 2.C.10 Magnésium possédant les deux caractéristiques suivantes :
- a. Contenant en poids moins de 200 ppm d'impuretés métalliques autres que le calcium; et
  - b. Contenant moins de 10 ppm de bore.
- 2.C.11 Acier maraging « capable d'une » résistance maximale à la traction égale ou supérieure à 2 050 MPa à une température de 293 K (20 °C).
- Note* : La rubrique 2.C.11 ne s'applique pas aux formes dans lesquelles aucune dimension linéaire n'excède 75 mm.
- Note technique* : Dans la rubrique 2.C.11, l'expression « capable d'une [...] » couvre l'acier maraging avant et après traitement thermique.
- 2.C.12 Radium 226 (<sup>226</sup>Ra), alliages de radium 226, composés du radium 226, mélanges contenant du radium 226, produits fabriqués dans ces matières, et produits ou dispositifs contenant l'une quelconque de ces matières.
- Note* : La rubrique 2.C.12 ne s'applique pas aux articles suivants :
- a. Applicateurs médicaux;
  - b. Un produit ou un dispositif ne contenant pas plus de 0,37 GBq de radium 226.
- 2.C.13 Alliages de titane possédant les deux caractéristiques suivantes :
- a. Capables d'une résistance maximale à la traction égale ou supérieure à 900 MPa à une température de 293 K (20 °C); et
  - b. Sous la forme de tubes ou de pièces cylindriques pleines (y compris les pièces forgées) ayant un diamètre extérieur supérieur à 75 mm.
- Note technique* : Dans la rubrique 2.C.13, l'expression « capable d'une [...] » couvre les alliages de titane avant et après traitement thermique.
- 2.C.14 Tungstène, carbure de tungstène et alliages contenant plus de 90 % de tungstène, possédant les deux caractéristiques suivantes :
- a. Dans des formes à symétrie cylindrique creuse (y compris les segments cylindriques) d'un diamètre intérieur compris entre 100 et 300 mm.
  - b. Une masse supérieure à 20 kg.
- Note* : La rubrique 2.C.14 ne s'applique pas aux pièces spécialement conçues pour servir de poids ou de collimateurs à rayons gamma.
- 2.C.15 Zirconium ayant une teneur en hafnium inférieure à une partie de hafnium pour 500 parties de zirconium en poids, comme suit : métal, alliages contenant plus de 50 % de zirconium en poids, composés, produits dans ces matières, déchets et chutes contenant du zirconium.
- Note* : La rubrique 2.C.15 ne s'applique pas au zirconium sous la forme de feuilles dont l'épaisseur ne dépasse pas 0,10 mm.

2.C.16 Poudre de nickel et nickel métal poreux, comme suit :

*N.B.* : Pour les poudres de nickel qui sont spécialement préparées pour la fabrication de barrières de diffusion gazeuse, voir le document INFCIRC/254/Part 1 (tel qu'amendé).

- a. Poudre de nickel possédant les deux caractéristiques suivantes :
  1. Un titre en nickel égal ou supérieur à 99,0 %; et
  2. Une granulométrie moyenne inférieure à 10 µm mesurée conformément à la norme ASTM B 330;
- b. Nickel métal poreux obtenu à partir de matières spécifiées dans la rubrique 2.C.16.a.

*Note* : La rubrique 2.C.16 ne s'applique pas aux articles suivants :

- a. Poudres de nickel filamenteux;
- b. Feuilles simples de nickel métal poreux dont la surface n'excède pas 1 000 cm<sup>2</sup>.

*Note technique* : La rubrique 2.C.16.b vise le métal poreux obtenu par compactage et frittage des matières visées à la rubrique 2.C.16.a, qui donnent une matière métallique contenant des pores fins reliés entre eux dans toute la structure.

2.C.17 Tritium, composés de tritium, mélanges contenant du tritium dans lesquels le rapport du tritium à l'hydrogène en atomes est supérieur à 1 partie par millier, et produits ou dispositifs qui contiennent l'une quelconque de ces substances.

*Note* : La rubrique 2.C.17 ne s'applique pas à un produit ou dispositif contenant moins de 1,48 x 10<sup>3</sup> GBq de tritium.

2.C.18 Hélium 3 (<sup>3</sup>H), mélanges contenant de l'hélium 3, et produits ou dispositifs contenant l'une quelconque de ces substances.

*Note* : La rubrique 2.C.18 ne s'applique pas à un produit ou dispositif contenant moins de 1 g d'hélium 3.

2.C.19 Radionucléides émetteurs alpha ayant une période alpha de dix jours ou plus mais de moins de 200 ans, sous la forme suivante :

- a. Élémentaire;
- b. Composés ayant une activité alpha totale de 37 GBq/kg ou plus;
- c. Mélanges ayant une activité alpha totale de 37 GBq/kg ou plus;
- d. Produits ou dispositifs contenant l'une quelconque de ces substances.

*Note* : La rubrique 2.C.19 ne s'applique pas à un produit ou dispositif contenant moins de 3,7 GBq d'activité alpha.

**2.D Logiciel**

Néant.

## **2.E Technologie**

**2.E.1** « Technologie » conformément aux Contrôles de technologie pour le « développement », la « production » ou l'« utilisation » d'équipements, de matières ou de « logiciels » spécifiés dans les rubriques 2.A à 2.D.

## **3. Équipements de séparation isotopique pour l'uranium et composants (autres que les articles de la Liste de base)**

### **3.A Équipements, assemblages et composants**

3.A.1 Changeurs de fréquence ou générateurs possédant toutes les caractéristiques suivantes :

*N.B.* : Pour les changeurs de fréquence et les générateurs spécialement conçus ou préparés pour le procédé de centrifugation gazeuse, voir le document INFCIRC/254/Part 1 (tel qu'amendé).

- a. Sortie multiphase capable de fournir une puissance égale ou supérieure à 40 W;
- b. Capacité de fonctionner dans le régime des fréquences compris entre 600 et 2 000 Hz;
- c. Distorsion harmonique totale meilleure que (inférieure à) 10 %; et
- d. Contrôle des fréquences meilleur que (inférieur à) 0,1 %.

*Note technique* : Les changeurs de fréquence mentionnés à la rubrique 3.A.1 sont également connus sous le nom de convertisseurs ou d'inverseurs.

3.A.2 Lasers, amplificateurs lasers et oscillateurs, comme suit :

- a. Lasers à vapeur de cuivre possédant les deux caractéristiques suivantes :
  1. Fonctionnant sur des longueurs d'ondes comprises entre 500 et 600 nm; et
  2. Une puissance de sortie moyenne égale ou supérieure à 40 W;
- b. Lasers à argon ionisé possédant les deux caractéristiques suivantes :
  1. Fonctionnant sur des longueurs d'onde comprises entre 400 et 515 nm; et
  2. Une puissance de sortie moyenne supérieure à 40 W;
- c. Lasers dopés au néodyme (autres que les lasers à verre dopé) ayant une longueur d'onde de sortie comprise entre 1 000 et 1 100 nm, possédant une des deux caractéristiques suivantes :
  1. Excitation par impulsions et modulation du facteur Q, avec une durée d'impulsion égale ou supérieure à 1 ns, et possédant une des deux caractéristiques suivantes :
    - a. Un fonctionnement monomode transverse avec une puissance moyenne de sortie supérieure à 40 W; ou
    - b. Un fonctionnement multimode transverse avec une puissance moyenne de sortie supérieure à 50 W; ou

2. Comportant un doubleur de fréquence produisant une longueur d'onde de sortie comprise entre 500 et 550 nm avec une puissance moyenne de sortie supérieure à 40 W;

d. Oscillateurs à colorants organiques accordables fonctionnant en mode pulsé unique possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Fonctionnant sur des longueurs d'onde comprises entre 300 et 800 nm;
2. Une puissance moyenne de sortie supérieure à 1 W;
3. Une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 1 kHz; et
4. Une durée d'impulsion inférieure à 100 ns;

e. Amplificateurs lasers et oscillateurs à colorants organiques accordables possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Fonctionnant sur des longueurs d'onde comprises entre 300 et 800 nm;
2. Une puissance moyenne de sortie supérieure à 30 W;
3. Une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 1 kHz; et
4. Une durée d'impulsion inférieure à 100 ns;

*Note* : La rubrique 3.A.2.e ne s'applique pas aux oscillateurs fonctionnant en mode unique.

f. Lasers à alexandrite possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Fonctionnant sur des longueurs d'onde comprises entre 720 et 800 nm;
2. Une largeur de bande égale ou inférieure à 0,005 nm;
3. Une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 125 Hz; et
4. Une puissance moyenne de sortie supérieure à 30 W;

g. Lasers à dioxyde de carbone à régime pulsé possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Fonctionnant à des longueurs d'onde comprises entre 9 000 et 11 000 nm;
2. Une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 250 Hz;
3. Une puissance moyenne de sortie supérieure à 500 W; et
4. Une durée d'impulsion inférieure à 200 ns;

*Note* : La rubrique 3.A.2.g ne s'applique pas aux lasers industriels à CO<sub>2</sub> de puissance plus élevée (typiquement de 1 à 5 kW) utilisés dans des applications telles que la découpe et le soudage puisque lesdits lasers fonctionnent soit en régime continu soit en régime pulsé avec une largeur d'impulsion supérieure à 200 ns.

h. Lasers à excitation par impulsions (XeF, XeCl, KrF) possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Fonctionnant à des longueurs d'onde comprises entre 240 et 360 nm;
2. Une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 250 Hz; et
3. Une puissance moyenne de sortie supérieure à 500 W;

i. Appareils de déplacement Raman à parahydrogène conçus pour fonctionner à une longueur d'onde de sortie de 16  $\mu\text{m}$  avec une fréquence de récurrence supérieure à 250 Hz.

3.A.3 Vannes possédant toutes les caractéristiques suivantes :

- a. Une dimension nominale égale ou supérieure à 5 mm;
- b. Ayant un soufflet; et
- c. Entièrement constituées ou revêtues d'aluminium, d'alliages d'aluminium, de nickel ou d'un alliage contenant 60 % ou plus de nickel.

*Note technique* : Dans le cas des vannes ayant des diamètres d'entrée et de sortie différents, le paramètre « dimension nominale » mentionné dans la rubrique 3.A.3.a renvoie au diamètre le plus petit.

3.A.4 Électro-aimants solénoïdaux supraconducteurs possédant toutes les caractéristiques suivantes :

- a. Capables de créer des champs magnétiques de plus de 2 T;
- b. Avec un rapport longueur divisée par diamètre intérieur supérieur à 2;
- c. Avec un diamètre intérieur supérieur à 300 mm; et
- d. Avec un champ magnétique uniforme meilleur que 1 % sur les 50 % centraux du volume intérieur.

*Note* : La rubrique 3.A.4 ne s'applique pas aux aimants spécialement conçus et exportés *comme parties de systèmes médicaux d'imagerie à résonance magnétique nucléaire (RMN)*.

*N.B.* : Il est entendu que les termes *comme parties de* ne signifient pas nécessairement faisant matériellement partie du même envoi. Des envois séparés provenant de sources différentes sont autorisés à condition que les documents d'exportation s'y rapportant précisent clairement le rapport *comme partie de*.

3.A.5 Alimentations en courant fort continu possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Capables de produire en permanence, pendant une période de 8 heures, 100 V ou plus, avec une intensité de courant égale ou supérieure à 500 A; et
- b. Une stabilité du courant ou de la tension meilleure que 0,1 % pendant une période de 8 heures.

3.A.6 Alimentations en courant continu haute tension possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Capables de produire en permanence, pendant une période de 8 heures, 20 kV ou plus, avec une intensité de courant égale ou supérieure à 1 A; et
- b. Une stabilité du courant ou de la tension meilleure que 0,1 % pendant une période de 8 heures.

3.A.7 Transducteurs de pression capables de mesurer la pression absolue en tout point de l'intervalle 0-13 kPa, possédant les deux caractéristiques suivantes :

a. Capteurs de pression constitués ou protégés par de l'aluminium, des alliages d'aluminium, du nickel ou des alliages de nickel contenant plus de 60 % de nickel en poids; et

b. Possédant une des deux caractéristiques suivantes :

1. Une déviation totale inférieure à 13 kPa et une « précision » supérieure à  $\pm 1$  % de la déviation totale; ou

2. Une déviation totale égale ou supérieure à 13 kPa et une « précision » supérieure à  $\pm 130$  Pa.

*Notes techniques :*

1. Dans la rubrique 3.A.7, les transducteurs de pression sont des dispositifs qui convertissent les mesures de pression en un signal électrique.

2. Dans la rubrique 3.A.7, la « précision » englobe la non-linéarité, l'hystérésis et la répétabilité à la température ambiante.

3.A.8 Pompes à vide possédant toutes les caractéristiques suivantes :

a. Un col d'entrée de 380 mm ou plus;

b. Une vitesse de pompage égale ou supérieure à  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ; et

c. Capables de produire un vide final meilleur que 13,3 mPa.

*Notes techniques :*

1. La vitesse de pompage est déterminée au point de mesure avec de l'azote ou de l'air.

2. Le vide final est déterminé à l'entrée de la pompe, l'entrée de la pompe étant fermée.

### **3.B Équipements d'essai et de production**

3.B.1 Cellules électrolytiques pour la production de fluor ayant une capacité de production supérieure à 250 g de fluor par heure.

3.B.2 Équipements de fabrication ou d'assemblage de rotors, équipements à dresser pour rotors, mandrins et matrices pour la formation de soufflets, comme suit :

a. Équipement d'assemblage de rotors pour l'assemblage de sections, chicanes et bouchons de tubes de rotors de centrifugeuses à gaz;

*Note :* La rubrique 3.B.2.a comprend les mandrins de précision, les dispositifs de fixation et les machines d'ajustement fretté.

b. Équipement à dresser pour rotors en vue de l'alignement des sections de tubes de rotors de centrifugeuses à gaz par rapport à un axe commun.

*Note technique :* Dans la rubrique 3.B.2.b, pareil équipement comprendra normalement des capteurs de mesure de précision reliés à un ordinateur qui commande ensuite, par exemple, l'action de dispositifs de serrage pneumatiques servant à aligner les sections de tubes de rotor.

c. Mandrins et matrices pour la production de soufflets à circonvolution unique.

*Note technique* : Les soufflets mentionnés dans la rubrique 3.B.2.c possèdent toutes les caractéristiques suivantes :

1. Diamètre intérieur de 75 à 400 mm;
2. Longueur égale ou supérieure à 12,7 mm;
3. Circonvolution unique ayant une profondeur supérieure à 2 mm; et
4. Fabriqués en alliages d'aluminium à résistance élevée, en acier maraging ou en « matières fibreuses ou filamenteuses » ayant une résistance élevée.

3.B.3 Machines centrifuges à vérifier l'équilibrage multiplans, fixes ou déplaçables, horizontales ou verticales, comme suit :

a. Machines centrifuges à vérifier l'équilibrage, conçues pour équilibrer des rotors flexibles d'une longueur égale ou supérieure à 600 mm et possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Diamètre utile ou diamètre de tourillon égal ou supérieur à 75 mm;
2. Masse capable de varier entre 0,9 et 23 kg; et
3. Vitesse de révolution d'équilibrage pouvant atteindre plus de 5 000 tr/mn;

b. Machines centrifuges à vérifier l'équilibrage conçues pour équilibrer les composants cylindriques creux de rotors et possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Diamètre de tourillon égal ou supérieur à 75 mm;
2. Masse capable de varier entre 0,9 et 23 kg;
3. Capacité d'équilibrer jusqu'à un déséquilibre résiduel égal ou inférieur à 0,010 kg x mm/kg par plan; et
4. Être du type actionné par courroie.

3.B.4 Machines à enrouler les filaments et équipement connexe, comme suit :

a. Machines à enrouler les filaments possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Ayant des mouvements de positionnement, d'enveloppement et d'enroulement des fibres coordonnés et programmés en deux axes ou plus;
2. Spécialement conçues pour fabriquer des structures ou des feuilles composites avec des « matières fibreuses ou filamenteuses »; et
3. Capables d'enrouler des rotors cylindriques d'un diamètre de 75 à 400 mm et d'une longueur égale ou supérieure à 600 mm;

b. Commandes de coordination et de programmation pour les machines à enrouler les filaments spécifiées dans la rubrique 3.B.4.a;

c. Mandrins de précision pour les machines à enrouler les filaments spécifiées dans la rubrique 3.B.4.a.

3.B.5 Séparateurs isotopiques électromagnétiques conçus pour ou munis de sources d'ions uniques ou multiples capables de fournir un flux ionique total égal ou supérieur à 50 mA.

*Notes :*

1. La rubrique 3.B.5 s'applique aux séparateurs capables d'enrichir les isotopes stables ainsi que ceux utilisés pour l'uranium.

*N.B. :* Un séparateur capable de séparer les isotopes de plomb avec une différence d'une unité de masse est intrinsèquement capable d'enrichir les isotopes d'uranium avec une différence de masse de trois unités.

2. La rubrique 3.B.5 comprend les séparateurs dont les sources et collecteurs d'ions se trouvent tous deux dans le champ magnétique ainsi que les configurations dans lesquelles ils sont extérieurs au champ.

*Note technique :* Une source unique d'ions de 50 mA ne peut pas produire plus de 3 g d'uranium hautement enrichi séparé par an à partir d'uranium naturel.

3.B.6 Spectromètres de masse capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 230 uma avec une résolution meilleure que 2 parties par 230, ainsi que des sources d'ions à cette fin, comme suit :

*N.B. :* Pour les spectromètres de masse spécialement conçus ou préparés pour analyser en continu des échantillons d'hexafluorure d'uranium, voir le document INFCIRC/254/Part 1 (tel qu'amendé).

- a. Spectromètres de masse à plasma à couplage inductif (SM/PCI);
- b. Spectromètres de masse à décharge luminescente (SMDL);
- c. Spectromètres de masse à ionisation thermique (SMIT);
- d. Spectromètres de masse à bombardement d'électrons ayant une chambre de source constituée, revêtue ou recouverte de plaques de matériaux résistant à l' $UF_6$ ;
- e. Spectromètres de masse à faisceau moléculaire possédant une des deux caractéristiques suivantes :
  1. Une chambre de source constituée, revêtue ou recouverte de plaques en acier inoxydable ou en molybdène et ayant un piège à froid capable de refroidir jusqu'à 193 K (-80 °C) ou moins; ou
  2. Une chambre de source constituée, revêtue ou recouverte de plaques en matériaux résistant à l' $UF_6$ ;
- f. Spectromètres de masse équipés d'une source ionique à microfluoration conçus pour être utilisés avec des actinides ou des fluorures actinides.

### 3.C Matières

Néant.

### **3.D Logiciel**

- 3.D.1 « Logiciel » spécialement conçu pour l'« utilisation » d'équipements spécifiés dans les rubriques 3.B.3 ou 3.B.4.

### **3.E Technologie**

- 3.E.1 « Technologie » conformément aux Contrôles de technologie pour le « développement », la « production » ou l'« utilisation » d'équipements, de matières ou de « logiciels » spécifiés dans les rubriques 3.A à 3.D.

## **4. Équipements liés aux installations de production d'eau lourde (autres que les articles de la Liste de base)**

### **4.A Équipements, assemblages et composants**

- 4.A.1 Charges spéciales à utiliser lors de la séparation de l'eau lourde de l'eau ordinaire possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Constituées d'un tamis en bronze phosphoreux traité chimiquement de manière à améliorer sa mouillabilité; et
- b. Conçues pour être utilisées dans des colonnes de distillation à vide.

- 4.A.2 Pompes pouvant faire circuler des solutions d'un catalyseur amide de potassium dilué ou concentré dans de l'ammoniac liquide ( $\text{KNH}_2/\text{NH}_3$ ), possédant toutes les caractéristiques suivantes :

- a. Étanchéité totale à l'air (c'est-à-dire hermétiquement scellées);
- b. Capacité supérieure à  $8,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ; et
- c. L'une des deux caractéristiques suivantes :
  1. Pour les solutions amides de potassium concentrées (1 % ou plus), pression de régime de 1,5 à 60 MPa; ou
  2. Pour les solutions amides de potassium diluées (moins de 1 %), pression de régime de 20 à 60 MPa.

- 4.A.3 Turbodétendeurs ou ensembles turbodétendeur-compresseur possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Conçus pour fonctionner avec une température de sortie de 35 K (-238 °C) ou moins; et
- b. Conçus pour un débit d'hydrogène égal ou supérieur à 1 000 kg/h.

### **4.B Équipements d'essai et de production**

- 4.B.1 Colonnes d'échange à plateaux eau-acide sulfhydrique et contacteurs internes, comme suit :

*N.B.* : Pour les colonnes spécialement conçues ou préparées pour la production d'eau lourde, voir le document INFCIRC/254/Part. 1 (tel qu'amendé).

a. Colonnes d'échange à plateaux eau-acide sulfhydrique possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Pouvant fonctionner à des pressions égales ou supérieures à 2 MPa;
2. Fabriquées en acier au carbone dont l'austénite a un numéro granulométrique ASTM (ou norme équivalente) égal ou supérieur à 5; et
3. Un diamètre égal ou supérieur à 1,8 m;

b. Contacteurs internes pour les colonnes d'échange à plateaux eau-acide sulfhydrique spécifiées dans la rubrique 4.B.1.a.

*Note technique* : Les contacteurs internes des colonnes sont des plateaux segmentés ayant un diamètre assemblé effectif égal ou supérieur à 1,8 m; ils sont conçus pour faciliter le contact à contre-courant et sont fabriqués en aciers inoxydables dont la teneur en carbone est égale ou inférieure à 0,03 %. Il peut s'agir de plateaux perforés, de plateaux à soupapes, de plateaux à cloches ou de plateaux à grille.

4.B.2 Colonnes de distillation cryogénique à hydrogène possédant toutes les caractéristiques suivantes :

a. Conçues pour fonctionner à des températures intérieures égales ou inférieures à 35 K (-238 °C);

b. Conçues pour fonctionner à des pressions intérieures de 0,5 à 5 MPa;

c. Fabriquées soit :

1. En acier inoxydable appartenant à la série 300 à faible teneur en soufre et dont l'austénite a un numéro granulométrique ASTM (ou norme équivalente) égal ou supérieur à 5; ou

2. En matériaux équivalents cryogéniques et compatibles avec H<sub>2</sub>; et

d. Avec un diamètre intérieur égal ou supérieur à 1 m et une longueur effective égale ou supérieure à 5 m.

4.B.3 Convertisseurs ou unités à synthétiser l'ammoniac dans lesquels le gaz de synthèse (azote et hydrogène) est enlevé d'une colonne d'échange ammoniac/hydrogène à haute pression et l'ammoniac synthétique est renvoyé à la colonne en question.

#### **4.C Matières**

Néant.

#### **4.D Logiciel**

Néant.

#### **4.E Technologie**

4.E.1 « Technologie » conformément aux Contrôles de technologie pour le « développement », la « production » ou l'« utilisation » d'équipements, de matières ou de « logiciels » spécifiés dans les rubriques 4.A à 4.D.

## 5. Équipements d'essai et de mesure pour le développement de dispositifs explosifs nucléaires

### 5.A Équipements, assemblages et composants

5.A.1 Tubes photomultiplicateurs possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Une surface photocathodique supérieure à 20 cm<sup>2</sup>; et
- b. Un temps de montée de l'impulsion anodique inférieur à 1 ns.

### 5.B Équipements d'essai et de production

5.B.1 Générateurs de radiographie éclair ou accélérateurs pulsés d'électrons possédant l'une des deux caractéristiques suivantes :

- a. 1. Une énergie électronique de pointe de l'accélérateur égale ou supérieure à 500 keV mais inférieure à 25 MeV; et
2. Un facteur de mérite (K) égal ou supérieur à 0,25; ou
- b. 1. Une énergie électronique de pointe de l'accélérateur égale ou supérieure à 25 MeV; et
2. Une puissance de pointe supérieure à 50 MW.

*Note* : La rubrique 5.B.1 ne s'applique pas aux accélérateurs qui constituent des composants de dispositifs destinés à d'autres fins que le rayonnement de faisceaux électroniques ou de rayons X (microscopie électronique par exemple) et ceux destinés à des fins médicales.

*Notes techniques* :

1. Le facteur de mérite K est défini comme suit :  $K = 1,7 \times 10^3 V^{2,65} Q$ . V est l'énergie électronique de pointe en millions d'électronvolts. Lorsque la durée d'impulsion du faisceau d'accélération est inférieure ou égale à 1  $\mu$ s, Q est la charge totale accélérée en coulombs. Lorsque la durée d'impulsion du faisceau d'accélération est supérieure à 1  $\mu$ s, Q est la charge maximale accélérée en 1  $\mu$ s. Q est égale à l'intégrale de i par rapport à t, divisée par 1  $\mu$ s ou la durée de l'impulsion du faisceau selon la valeur la moins élevée ( $Q = \int i dt$ ), i étant le courant du faisceau en ampères et t le temps en secondes.
2. Puissance de pointe = (potentiel de pointe en volts) x (courant de pointe du faisceau en ampères).
3. Dans les machines basées sur des cavités d'accélération à micro-ondes, la durée de l'impulsion du faisceau est égale soit à 1  $\mu$ s soit à la durée du groupe de faisceaux résultant d'une impulsion de modulation des micro-ondes, selon la valeur la plus petite.
4. Dans les machines basées sur des cavités d'accélération à micro-ondes, le courant de pointe des faisceaux est le courant moyen pendant la durée du groupe de faisceaux.

5.B.2 Canons à étages multiples à gaz léger ou autres systèmes à canons à grande vitesse (systèmes à bobine, systèmes électromagnétiques ou électrothermiques, ou autres systèmes avancés) capables d'accélérer des projectiles jusqu'à 2 km/s ou plus.

5.B.3 Caméras à miroir à rotation mécanique, comme suit, et composants spécialement conçus pour ces caméras :

a. Caméras à images ayant une cadence d'enregistrement supérieure à 225 000 images par seconde;

b. Caméras à fente ayant une vitesse d'inscription supérieure à 0,5 mm/is.

*Note* : Dans la rubrique 5.B.3, les composants de ces caméras comprennent leurs dispositifs électroniques de synchronisation et leurs assemblages de rotors constitués par les turbines, les miroirs et les supports.

5.B.4 Caméras électroniques à fente, caméras électroniques à images, tubes et dispositifs, comme suit :

a. Caméras électroniques à fente capables d'un pouvoir de résolution temporelle égal ou inférieur à 50 ns;

b. Tubes à fente pour les caméras spécifiées dans la rubrique 5.B.4.a;

c. Caméras électroniques à images (ou à obturateur électronique) capables d'une durée d'exposition égale ou inférieure à 50 ns;

d. Tubes à images et imageurs à semi-conducteurs destinés à être utilisés avec les caméras spécifiées dans la rubrique 5.B.4.c, comme suit :

1. Tubes intensificateurs d'images avec mise au point sur « proximité », dont la cathode photovoltaïque est déposée sur une couche conductrice transparente afin de diminuer la résistance de couche de la cathode photovoltaïque;

2. Tubes intensificateurs vidicons au silicium et à grilles où un système rapide permet de séparer les photoélectrons de la cathode photovoltaïque avant qu'ils ne soient projetés contre la plaque de l'intensificateur vidicon au silicium;

3. Obturateur électro-optique à cellule Kerr ou à cellule de Pockels;

4. Autres tubes à images et imageurs à semi-conducteurs ayant un temps de déclenchement pour images rapides inférieur à 50 ns spécialement conçus pour les caméras spécifiées dans la rubrique 5.B.4.c.

5.B.5 Instruments spécialisés pour expériences hydrodynamiques, comme suit :

a. Interféromètres de vitesse pour mesurer les vitesses supérieures à 1 km/s pendant des intervalles inférieurs à 10  $\mu$ s;

b. Jauges au manganin pour des pressions supérieures à 10 GPa;

c. Transducteurs de pression à quartz pour des pressions supérieures à 10 GPa.

*Note* : La rubrique 5.B.5.a comprend les interféromètres de vitesse tels que VISAR (interféromètres de vitesse pour tout réflecteur) et DLI (interféromètres Doppler-laser).

5.B.6 Générateurs d'impulsions rapides possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Une tension de sortie supérieure à 6 V dans une charge ohmique de moins de 55 ohms; et
- b. Un « temps de transition des impulsions » inférieur à 500 ps.

*Note technique* : Dans la rubrique 5.B.6.b, le « temps de transition des impulsions » est défini comme étant l'intervalle entre des amplitudes de tension de 10 % et de 90 %.

**5.C Matières**

Néant.

**5.D Logiciel**

Néant.

**5.E Technologie**

- 5.E.1 « Technologie » conformément aux Contrôles de technologie pour le « développement », la « production » ou l'« utilisation » d'équipements, de matières ou de « logiciels » spécifiés dans les rubriques 5.A à 5.D.

**6. Composants pour dispositifs explosifs nucléaires**

**6.A Équipements, assemblages et composants**

- 6.A.1 Détonateurs et systèmes d'amorçage à points multiples, comme suit :

- a. Détonateurs d'explosifs à commande électrique, comme suit :
  1. Amorce à pont (AP);
  2. Fil à exploser (FE);
  3. Percuteur;
  4. Initiateurs à feuille explosive (IFE);

b. Systèmes utilisant un détonateur unique ou plusieurs détonateurs conçus pour amorcer pratiquement simultanément une surface explosive de plus de 5 000 mm<sup>2</sup> à partir d'un signal unique de mise à feu avec un temps de propagation de l'amorçage sur la surface en question inférieur à 2,5 µs.

*Note* : La rubrique 6.A.1 ne s'applique pas aux détonateurs qui n'utilisent que des explosifs primaires, comme l'azoture de plomb.

*Note technique* : Dans la rubrique 6.A.1, les détonateurs en question utilisent tous un petit conducteur électrique (amorce à pont, fil à exploser ou feuille) qui se vaporise avec un effet explosif lorsqu'une impulsion électrique rapide à haute intensité passe par ledit conducteur. Dans les détonateurs de type non percuteur, le conducteur à explosion amorce une détonation chimique dans un matériau de contact fortement explosif comme le PETN (tétranitrate de pentaérythritol). Dans les détonateurs à percuteur, la vaporisation à action explosive du conducteur électrique amène un percuteur à passer au-dessus d'un écartement et l'impact du percuteur sur un explosif amorce une détonation chimique. Dans certains cas, le percuteur est actionné par une force magnétique. L'expression détonateur à feuille

explosive peut se référer à un détonateur AP ou à un détonateur à percuteur. De même, le terme « initiateur » est parfois employé au lieu du terme « détonateur ».

6.A.2 Dispositifs de mise à feu et générateurs d'impulsions équivalents à haute intensité, comme suit :

a. Dispositifs de mise à feu de détonateurs d'explosions conçus pour actionner les détonateurs à commande multiple spécifiés dans la rubrique 6.A.1 ci-dessus;

b. Générateurs d'impulsions électriques modulaires (contacteurs à impulsions) possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Conçus pour une utilisation portative, mobile ou exigeant une robustesse élevée;

2. Enfermés dans un boîtier étanche aux poussières;

3. Capables de fournir leur énergie en moins de 15  $\mu$ s;

4. Ayant une intensité supérieure à 100 A;

5. Ayant un « temps de montée » inférieur à 10  $\mu$ s dans des charges inférieures à 40 ohms;

6. N'ayant aucune dimension supérieure à 25,4 cm;

7. Pesant moins de 25 kg; et

8. Conçus pour être utilisés à l'intérieur d'une vaste gamme de températures allant de 223 à 373 K (-50 °C à 100 °C) ou conçus pour une utilisation aérospatiale.

*Note* : La rubrique 6.A.2.b comprend les dispositifs de commande à lampe à xénon.

*Note technique* : Dans la rubrique 6.A.2.b.5, le « temps de montée » est défini comme étant l'intervalle entre des amplitudes de courant de 10 % à 90 % lors de l'actionnement d'une charge ohmique.

6.A.3 Dispositifs de commutation, comme suit :

a. Tubes à cathode froide, qu'ils soient ou non remplis de gaz, fonctionnant de manière similaire à un éclateur à étincelle, possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Comprenant trois électrodes ou plus;

2. Tension anodique nominale de pointe égale ou supérieure à 2,5 kV;

3. Courant de plaque nominal de pointe égal ou supérieur à 100 A; et

4. Temporisation de l'anode égale ou inférieure à 10  $\mu$ s;

*Note* : La rubrique 6.A.3.a comprend les tubes au krytron à gaz et les tubes au sprytron à vide.

b. Éclateurs à étincelle déclenchés possédant les deux caractéristiques suivantes :

1. Temporisation de l'anode égale ou inférieure à 15  $\mu$ s; et

2. Prévus pour un courant de pointe égal ou supérieur à 500 A;

c. Modules ou assemblages à commutation rapide possédant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Tension anodique nominale de pointe supérieure à 2 kV;
2. Courant de plaque nominal de pointe égal ou supérieur à 500 A; et
3. Temps de commutation égal ou inférieur à 1  $\mu$ s.

6.A.4 Condensateurs à décharge pulsée possédant l'une des caractéristiques suivantes :

- a.
  1. Tension nominale supérieure à 1,4 kV;
  2. Accumulation d'énergie supérieure à 10 J;
  3. Capacité supérieure à 0,5  $\mu$ F; et
  4. Inductance série inférieure à 50 nH; ou
- b.
  1. Tension nominale supérieure à 750 V;
  2. Capacité supérieure à 0,25  $\mu$ F; et
  3. Inductance série inférieure à 10 nH.

6.A.5 Systèmes générateurs de neutrons, y compris les tubes, possédant les deux caractéristiques suivantes :

- a. Conçus pour fonctionner sans installation de vide extérieure; et
- b. Utilisant l'accélération électrostatique pour déclencher une réaction nucléaire tritium-deutérium.

## **6.B Équipements d'essai et de production**

Néant.

## **6.C Matières**

6.C.1 Substances ou mélanges hautement explosifs contenant plus de 2 % des produits suivants :

- a. Cyclotétraméthylènetéranitramine (HMX) (CAS 2691-41-0);
- b. Cyclotriméthylènetrinitramine (RDX) (CAS 121-82-4);
- c. Triaminotrinitrobenzène (TATB) (CAS 3058-38-6);
- d. Hexanitrostilbène (HNS) (CAS 20062-22-0); ou
- e. Tout explosif ayant une densité cristalline supérieure à 1,8 g/cm<sup>3</sup> et une vitesse de détonation supérieure à 8 000 m/s.

## **6.D Logiciel**

Néant.

**6.E Technologie**

- 6.E.1 « Technologie » conformément aux Contrôles de technologie pour le « développement », la « production » ou l'« utilisation » d'équipements, de matières ou de « logiciels » spécifiés dans les rubriques 6.A à 6.D.

**Tableau de comparaison des modifications des directives applicables aux transferts nucléaire (INFCIRC/254/Rev.7/Part 2)**

<i>Ancien</i>	<i>Nouveau</i>
<p><i>Instauration de procédures d’octroi de licences d’exportation</i></p>	<p><i>Instauration de procédures d’octroi de licences d’exportation</i></p> <p><b>4. i) S’il y a un risque de retransfert des équipements, matières, logiciels ou technologies connexes recensés dans l’annexe ou de transferts de répliques allant à l’encontre du Principe fondamental, du fait que l’État destinataire n’a pas mis en place et institué dans le pays des dispositifs appropriés et efficaces de contrôle de l’exportation et du transbordement, comme mentionné dans la résolution 1540 du Conseil de sécurité de l’ONU.</b></p>
<p>1.B.2 Machines outils, comme suit, pour enlever ou couper des métaux, des céramiques ou des matières composites qui, conformément aux spécifications techniques du fabricant, peuvent être équipées de dispositifs électroniques pour une « commande de contournage » simultanée selon deux axes ou plus :</p> <p><i>N.B.</i> : Pour les unités de « commande numérique » ...</p> <p>a. Tours...</p> <p><i>Note</i> : La rubrique 1.B.2.a ne s’applique pas aux tours à barres...</p> <p>b. Machines outils à fraiser...</p> <p>1. « Précision de positionnement », lorsque toutes...</p> <p>2. Deux axes rotatifs de contournage ou plus.</p> <p><i>Note</i> : La rubrique 1.B.2.b ne s’applique pas aux machines à fraiser possédant les caractéristiques suivantes :</p> <p>1. Course sur l’axe X supérieure à 2 m; et</p> <p>2. « Précision de positionnement » globale sur...</p>	<p>1.B.2 Machines outils, comme suit, <b>et toute combinaison de celles-ci</b>, pour enlever ou couper des métaux, des céramiques ou des matières composites qui, conformément aux spécifications techniques du fabricant, peuvent être équipées de dispositifs électroniques pour une « commande de contournage » simultanée selon deux axes ou plus :</p> <p><i>N.B.</i> : Pour les unités de « commande numérique »...</p> <p>a. Tours...</p> <p><i>Note</i> : La rubrique 1.B.2.a ne s’applique pas aux tours à barres...</p> <p>b. Machines outils à fraiser...</p> <p>1. « Précision de positionnement », lorsque toutes...</p> <p>2. Deux axes rotatifs de contournage ou plus;</p> <p>3. <b>Cinq axes ou plus pouvant être coordonnés simultanément pour la « commande de contournage ».</b></p> <p><i>Note</i> : La rubrique 1.B.2.b ne s’applique pas aux machines à fraiser possédant les caractéristiques suivantes :</p> <p>1. Course sur l’axe X supérieure à 2 m; et</p> <p>2. « Précision de positionnement » globale sur...</p>

c. Machines outils à rectifier possédant l'une quelconque des caractéristiques suivantes :

1. « Précision de positionnement », lorsque...
2. Deux axes rotatifs de contournage ou plus.

*Note* : La rubrique 1.B.2.c ne s'applique pas aux machines à rectifier ci après :

1. Machines à rectifier les surfaces de révolution extérieures, intérieures et extérieures-intérieures possédant l'ensemble des caractéristiques suivantes :
  - a. Limitées à la rectification cylindrique;
  - b. Pièce à travailler d'un diamètre extérieur de 150 mm au maximum;
  - c. Pas plus de deux axes pouvant être coordonnés simultanément pour une « commande de contournage »; et
  - d. Pas d'axe c de contournage.

2. Machines à rectifier en coordonnées ayant des axes limités à x, y, c et a, l'axe c étant utilisé pour maintenir la meule perpendiculaire à la surface de travail, alors que l'axe a est configuré pour rectifier les cames périphériques;
3. Affûteuse avec « logiciel » spécialement conçu pour la production d'outils ou de lames;
4. Machines à rectifier les vilebrequins ou les arbres à came.

c. Machines outils à rectifier possédant l'une quelconque des caractéristiques suivantes :

1. « Précision de positionnement », lorsque...
2. Deux axes rotatifs de contournage ou plus; ou
3. **Cinq axes ou plus pouvant être coordonnés simultanément pour la « commande de contournage ».**

*Note* : La rubrique 1.B.2.c ne s'applique pas aux machines à rectifier ci après :

1. Machines à rectifier les surfaces de révolution extérieures, intérieures et extérieures-intérieures possédant l'ensemble des caractéristiques suivantes :
  - ~~a. Limitées à la rectification cylindrique;~~
  - ba. Pièce à travailler d'un diamètre extérieur de 150 mm au maximum; Capacité limitée à l'usinage de pièces dont le diamètre extérieur ou la longueur ne dépasse pas 150 mm; et**
  - eb. Pas plus de deux axes pouvant être coordonnés simultanément pour une « commande de contournage »; et Axes limités à x, z et c.**
  - ~~d. Pas d'axe c de contournage.~~

2. **Machines à rectifier en coordonnées ayant des axes limités à x, y, c et a, l'axe c étant utilisé pour maintenir la meule perpendiculaire à la surface de travail, alors que l'axe a est configuré pour rectifier les cames périphériques; Machines à rectifier n'ayant pas d'axe z- ni d'axe w-avec une précision de positionnement globale inférieure à (meilleure que) 4 microns. La précision de positionnement est conforme à ISO 230/2 (1988).**
- ~~3. Affûteuse avec « logiciel » spécialement conçu pour la production d'outils ou de lames;~~
- ~~4. Machines à rectifier les vilebrequins ou les arbres à came.~~

## d. Machines d'usinage par étincelage (EDM) du type sans fil...

*Note* : Les degrés de « précision de positionnement » annoncés, obtenus par les procédures ci après à partir de mesures faites conformément à la norme ISO 230/2 (1988) ou à des normes nationales équivalentes, peuvent être utilisés pour chaque modèle de machine-outil à la place d'essais sur des machines s'ils sont communiqués aux autorités nationales et acceptés par elles.

Les degrés de « précision de positionnement » annoncés sont obtenus comme suit :

1. Sélectionner cinq machines d'un modèle à évaluer;
2. Mesurer les précisions sur l'axe linéaire conformément à la norme ISO 230/2 (1988);
3. Déterminer les valeurs de précision (A) ...;
4. Déterminer la valeur moyenne de précision pour chaque axe. Cette valeur moyenne devient le degré de « précision de positionnement » annoncé de chaque axe pour le modèle ( $\hat{A}_x$ ,  $\hat{A}_y, \dots$ );
5. Comme la rubrique 1.B.2 vise chaque axe linéaire, il y aura autant de degrés de « précision de positionnement » annoncés qu'il y a d'axes linéaires;
6. Si l'un quelconque des axes d'une machine-outil qui n'est pas contrôlée par la rubrique 1.B.2.a, 1.B.2.b ou 1.B.2.c a une « précision de positionnement » annoncée de 6  $\mu\text{m}$  ou mieux pour les machines à rectifier et de 8  $\mu\text{m}$  ou mieux pour les machines à fraiser et les tours, dans les deux cas conformément à la norme ISO 230/2 (1988), le constructeur devrait être prié de confirmer le degré de précision une fois tous les 18 mois.

## d. Machines d'usinage par étincelage (EDM) du type sans fil...

*Notes* :

**1.** Les degrés de « précision de positionnement » annoncés, obtenus par les procédures ci-après à partir de mesures faites conformément à la norme ISO 230/2 (1988) ou à des normes nationales équivalentes, peuvent être utilisés pour chaque modèle de machine-outil à la place d'essais sur des machines s'ils sont communiqués aux autorités nationales et acceptés par elles.

Les degrés de « précision de positionnement » annoncés sont obtenus comme suit :

- ~~1~~-a. Sélectionner cinq machines d'un modèle à évaluer;
- ~~2~~-b. Mesurer les précisions sur l'axe linéaire ...;
- ~~3~~-c. Déterminer les valeurs de précision (A) ...;
- ~~4~~-d. Déterminer la valeur moyenne de précision ...;
- ~~5~~-e. Comme la rubrique 1.B.2 vise chaque axe linéaire, il y aura autant de degrés de « précision de positionnement » annoncés qu'il y a d'axes linéaires;
- ~~6~~-f. Si l'un quelconque des axes d'une machine-outil qui n'est pas visée par la rubrique 1.B.2.a, 1.B.2.b ou 1.B.2.c a une « précision de positionnement » annoncée de 6  $\mu\text{m}$  ou mieux (moins) pour les machines à rectifier et de 8  $\mu\text{m}$  ou mieux (moins) pour les machines à fraiser et les tours, dans les deux cas conformément à la norme ISO 230/2 (1988), le constructeur devrait être prié de confirmer le degré de précision une fois tous les 18 mois.

**2. La rubrique 1.B.2. ne s'applique pas aux machines-outils spéciales limitées à la fabrication de l'une des pièces suivantes :**

- a. Engrenages
- b. Vilebrequins ou arbres à came
- c. Outils ou outils de coupe
- d. Vers d'extrudeuse

*Notes techniques :*

1. La nomenclature des axes doit être conforme à la Norme internationale ISO 841...
2. Ne sont pas compris dans le nombre total d'axes rotatifs de contournage les axes rotatifs parallèles secondaires de contournage dont la ligne centrale est parallèle à l'axe rotatif primaire.
3. Les axes rotatifs ne doivent pas...

*Notes techniques :*

1. La nomenclature des axes doit être conforme à la Norme internationale ISO 841...
2. Ne sont pas comptés dans le nombre total d'axes rotatifs de contournage les axes rotatifs parallèles secondaires de contournage dont la ligne centrale est parallèle à l'axe rotatif primaire (**par ex. un axe w sur des aléseuses horizontales ou un axe de rotation secondaire dont la l'axe de référence est parallèle à celui de l'axe de rotation principal**).
3. Les axes rotatifs ne doivent pas...
4. **Aux fins de 1.B.2., le nombre d'axes pouvant être coordonnés simultanément pour la « commande de contournage » est le nombre d'axes le long ou autour desquels, pendant le traitement, des mouvements simultanés et interdépendants sont effectués entre la pièce à usiner et un outil. Il ne comprend pas les autres axes le long ou autour desquels d'autres mouvements relatifs sont effectués à l'intérieur de la machine, notamment :**
  - a. Les systèmes de dressage dans les machines à rectifier;
  - b. Les axes rotatifs parallèles conçus pour le montage de plusieurs pièces à usiner;
  - c. Les axes rotatifs colinéaires conçus pour manipuler la même pièce à usiner en la maintenant dans un mandrin à différentes extrémités.
5. Une machine-outil présentant au moins 2 des 3 propriétés suivantes : tournage, fraisage ou meulage (par ex. une machine à tourner permettant le fraisage), doit faire l'objet d'une évaluation en fonction de chaque rubrique pertinente 1.B.2.a., 1.B.2.b. ou 1.B.2.c.
6. Les rubriques 1.B.2.b.3 et 1.B.2.c.3 incluent des machines basées sur une conception cinématique linéaire parallèle (par ex. des hexapodes) ayant cinq axes ou plus, dont aucun n'est rotatif.

---

1.B.3 Machines, dispositifs ou systèmes de contrôle des dimensions, comme suit :

b. Dispositifs de mesure du déplacement linéaire...

3. Systèmes de mesure possédant les deux caractéristiques suivantes :

c. Instruments de mesure angulaire ayant une « déviation de position angulaire » égale à ou meilleure que (inférieure à)  $0,00025^\circ$ ;

*Note* : La rubrique 1.B.3.c ne s'applique pas aux instruments optiques tels que les autocollimateurs utilisant la collimation de la lumière pour détecter le déplacement angulaire d'un miroir.

---

1.B.3 Machines, dispositifs ou systèmes de contrôle des dimensions, comme suit :

b. Dispositifs de mesure du déplacement linéaire...

3. Systèmes de mesure possédant les deux caractéristiques suivantes :

c. Instruments de mesure angulaire ayant une « déviation de position angulaire » égale à ou meilleure que (inférieure à)  $0,00025^\circ$ ;

*Note* : La rubrique 1.B.3.c ne s'applique pas aux instruments optiques tels que les autocollimateurs utilisant la collimation de la lumière (**par ex. la lumière laser**) pour détecter le déplacement angulaire d'un miroir.

---