



60 ans

IAEA *L'atome pour la paix et le développement*

## Circulaire d'information

**INFCIRC/254/Rev.13/Part 1<sup>a</sup>**

19 décembre 2016

**Distribution générale**

Français

Original : anglais

---

# Communication reçue de la mission permanente de la République de Corée auprès de l'Agence internationale de l'énergie atomique concernant les Directives de certains États Membres applicables à l'exportation de matières, d'équipements et de technologie nucléaires

1. Le Secrétariat a reçu une note verbale de la mission permanente de la République de Corée, en date du 24 octobre 2016, dans laquelle celle-ci demande à l'Agence de communiquer à tous les États Membres une lettre du 21 octobre 2016 du président du Groupe des fournisseurs nucléaires, l'ambassadeur Young-wan Song, adressée au Directeur général au nom des gouvernements des États suivants : Afrique du Sud, Allemagne, Argentine, Australie, Autriche, Bélarus, Belgique, Brésil, Bulgarie, Canada, Chine, Croatie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Japon, Kazakhstan, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Mexique, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Corée, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Serbie, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie et Ukraine<sup>b</sup>. Cette lettre apporte des informations supplémentaires sur les Directives de ces gouvernements applicables aux transferts nucléaires.

2. Eu égard au souhait exprimé dans la note verbale susmentionnée, le texte de cette note ainsi que la lettre et les pièces jointes qui l'accompagnent sont reproduits ci-après pour l'information de tous les États Membres.

---

<sup>a</sup> Le document INFCIRC/254/Part 2, tel qu'amendé, contient les Directives applicables aux transferts d'équipements, de matières et de logiciels à double usage dans le domaine nucléaire, ainsi que de technologies connexes.

<sup>b</sup> La Commission européenne et le président du Comité Zangger participent en tant qu'observateurs.

MISSION PERMANENTE DE LA RÉPUBLIQUE DE CORÉE  
VIENNE

KPM-2016-301

La mission permanente de la République de Corée auprès des organisations internationales à Vienne présente ses compliments à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et a l'honneur de lui adresser une lettre, en date du 21 octobre 2016, de l'ambassadeur Young-wan Song, Représentant résident de la mission permanente de la République de Corée auprès des organisations internationales à Vienne, Président du Groupe des fournisseurs nucléaires (GFN), concernant les amendements qu'il a été convenu d'apporter au document INFCIRC/254/Part 1 (partie 1 des Directives du GFN), y compris ses annexes, pour transmission au Directeur général de l'AIEA, M. Yukiya Amano.

La mission permanente a en outre l'honneur de demander que la version amendée du document INFCIRC/254/Part 1, y compris ses annexes et un tableau de comparaison des modifications, accompagnée de la lettre de l'ambassadeur Young wan Song soit distribuée aux États Membres de l'AIEA.

La mission permanente de la République de Corée auprès des organisations internationales à Vienne saisit cette occasion pour renouveler à l'AIEA les assurances de sa très haute considération.

Vienne, le 24 octobre 2016

[Sceau]  
[Signé]

PRÉSIDENT DU GROUPE DES FOURNISSEURS NUCLÉAIRES  
MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES  
SÉOUL  
RÉPUBLIQUE DE CORÉE

Le 21 octobre 2016

Monsieur le Directeur général,

Au nom des gouvernements des États suivants : Afrique du Sud, Allemagne, Argentine, Australie, Autriche, Bélarus, Belgique, Brésil, Bulgarie, Canada, Chine, Croatie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, États-Unis, Fédération de Russie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Japon, Kazakhstan, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Mexique, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Corée, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Serbie, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie et Ukraine<sup>1</sup>, j'ai l'honneur de me référer à toutes les communications antérieures pertinentes de ces gouvernements concernant leur décision d'agir conformément aux Directives applicables aux transferts nucléaires publiées par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) en tant que document d'information sous la cote INFCIRC/254/Rev.12/Part 1, y compris ses annexes.

Les gouvernements ci-dessus ont décidé d'amender l'annexe A et l'annexe B de la partie 1 des Directives du GFN (liste de base) afin de définir plus clairement le niveau de mise en œuvre que tous les gouvernements participant au Groupe des fournisseurs nucléaires (GFN) considèrent comme essentiel pour l'application des Directives.

Annexe A :

- « Contrôles de logiciels ». L'ajout d'une phrase décrivant le contrôle des transferts de logiciels clarifie l'application des Directives à cet égard. De plus, l'ajout de l'expression « spécialement conçus ou préparés » permet de décrire plus précisément les logiciels en question, à savoir les logiciels spécialement conçus ou préparés pour le cycle du combustible nucléaire, et de les distinguer plus clairement d'autres logiciels à usage général. Du fait de cet ajout, il a été possible de supprimer l'exclusion du contrôle de certains logiciels.
- 1.2. « Produit fissile spécial ». Cette modification clarifie la procédure de comptage applicable à l'exportation de produits fissiles spéciaux vers un pays de destination donné, en l'occurrence la période de 12 mois considérée. Dans la nouvelle formulation, la période de « 12 mois » est remplacée par une période de « une année civile (1<sup>er</sup> jan. – 31 déc.) ».

Annexe B :

- Ajout d'une Liste des abréviations qui manquait auparavant dans l'Annexe B de la Partie 1 des Directives.

---

<sup>1</sup> La Commission européenne et le président du Comité Zangger participent en tant qu'observateurs.

- 1.10. « Détecteurs de neutrons ». Cette modification clarifie la gamme de flux de neutrons mesurée par les détecteurs contrôlés, qui ne définit plus que la limite inférieure de sensibilité des détecteurs.
- 2.1. « Deutérium et eau lourde » Cette modification clarifie la procédure de comptage applicable à l'exportation de produits fissiles spéciaux vers un pays de destination donné, en l'occurrence la période de 12 mois considérée. Dans la nouvelle formulation, « pendant une période de 12 mois » a été remplacé par « pendant une période d'une année civile (1<sup>er</sup> jan. – 31 déc.) ».
- Modifications d'ordre rédactionnel, par ex. utilisation des unités correspondant à la pratique courante, remplacement du pluriel par un singulier à valeur générale, utilisation plus stricte des guillemets pour les termes définis dans la liste.

Par souci de clarté, le texte intégral des Directives modifiées et de ses annexes est joint à la présente note, accompagné d'un « Tableau de comparaison des modifications des Directives applicables aux transferts nucléaires ».

Les gouvernements mentionnés plus haut ont décidé d'agir conformément aux Directives ainsi révisées et de les appliquer conformément à leur législation nationale respective.

En prenant cette décision, ces gouvernements sont pleinement conscients 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.

Pour ce qui concerne les échanges à l'intérieur de l'Union européenne, les gouvernements des États qui sont membres de l'Union européenne appliqueront cette décision à la lumière de leurs engagements en tant qu'États membres de l'Union.

Je vous serais reconnaissant de bien vouloir distribuer la présente lettre et la pièce jointe à tous les États Membres de l'AIEA en tant que circulaire d'information portant la cote INFCIRC/254/Rev.13/Part 1.

Au nom des gouvernements mentionnés plus haut, je saisis cette occasion pour vous renouveler les assurances de leur très haute considération.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur général, les assurances de ma très haute considération.

[Signé]  
Ambassadeur Young-wan Song  
Président du Groupe des fournisseurs nucléaires

## **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, conformément aux recommandations pertinentes de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), en particulier celles figurant dans la circulaire d'information INFCIRC/225.
- 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 de l'AIEA. 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 réexamineraient 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, d'équipements et de technologies sensibles ainsi que de matières utilisables pour des armes nucléaires ou d'autres dispositifs nucléaires explosifs, en particulier lorsqu'un État a sur son territoire des entités visées par des notifications de refus émises par plus d'un gouvernement participant au Groupe des fournisseurs nucléaires (GFN) en vertu de la partie 2 des Directives du GFN.
- a) Dans ce contexte, les fournisseurs ne devraient pas autoriser le transfert d'installations d'enrichissement et de retraitement, ni d'équipements ni de technologies y afférentes, si le destinataire ne répond pas au moins aux critères suivants :
    - i) il est partie au Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires et respecte entièrement les obligations qui en découlent ;
    - ii) aucun rapport du Secrétariat de l'AIEA dont le Conseil des gouverneurs de l'AIEA est saisi n'indique qu'il enfreint son obligation de respecter son accord de garanties, aucune décision du Conseil des gouverneurs ne lui demande plus de prendre des mesures supplémentaires pour se conformer à ses obligations en matière de garanties ou d'instaurer la confiance dans le caractère pacifique de son programme nucléaire, et le Secrétariat de l'AIEA ne l'a pas identifié comme un État où l'AIEA n'est à ce moment pas en mesure d'appliquer l'accord de garanties. Ce critère ne s'appliquera pas dans les cas où le Conseil des gouverneurs de l'AIEA ou le Conseil de sécurité de l'Organisation des Nations Unies convient ultérieurement que des assurances adéquates existent quant aux fins pacifiques du programme nucléaire du destinataire et au respect par cet État des obligations qui lui incombent en matière de garanties. Aux fins du présent paragraphe, le terme 'enfreint' renvoie uniquement à des infractions graves constituant un risque sur le plan de la prolifération.

- iii) il adhère aux Directives du GFN et a informé le Conseil de sécurité de l'Organisation des Nations Unies (ONU) qu'il effectuait des contrôles efficaces sur les exportations, comme établi dans la résolution 1540 ;
  - iv) il a conclu un accord intergouvernemental avec le fournisseur donnant notamment des assurances concernant l'utilisation non explosive, des garanties efficaces perpétuelles et le retransfert ;
  - v) il s'est engagé auprès du fournisseur à respecter les normes de protection physique établies d'un commun accord et fondées sur les directives internationales en vigueur ; et
  - vi) il s'est engagé à appliquer les normes de sûreté de l'AIEA et adhère aux conventions sur la sûreté acceptées sur le plan international.
- b) Pour déterminer s'ils doivent autoriser ces transferts, les fournisseurs, tout en prenant en compte les paragraphes 4. e), 6. a) et 10, devraient consulter les destinataires potentiels pour s'assurer que les installations, les équipements et la technologie en matière d'enrichissement et de retraitement sont destinés uniquement à des fins pacifiques, en prenant aussi en considération, selon l'appréciation nationale, tout facteur pertinent.
- c) Les fournisseurs s'efforceront tout particulièrement de soutenir la mise en œuvre effective des garanties de l'AIEA pour les installations, les équipements ou la technologie en matière d'enrichissement ou de retraitement, et devraient, conformément aux paragraphes 4 et 14 des Directives, s'assurer de leur caractère pacifique. À cet égard, ils devraient autoriser les transferts, aux termes du présent paragraphe, uniquement lorsque le destinataire a fait entrer en vigueur un accord de garanties généralisées et un protocole additionnel fondé sur le modèle de protocole additionnel ou si, en attendant de le faire, il applique un accord de garanties approprié en coopération avec l'AIEA, comme un arrangement régional sur la comptabilisation et le contrôle des matières nucléaires, approuvé par le Conseil des gouverneurs de l'AIEA.
- d) Conformément au paragraphe 17. b) des Directives, avant de procéder au transfert d'installations, d'équipements ou de technologie en matière d'enrichissement ou de retraitement, les fournisseurs devraient consulter les gouvernements participants concernant les termes et conditions relatives à la non-prolifération pouvant s'appliquer au transfert.
- e) 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.

**Dispositions spéciales pour l'exportation d'installations, d'équipements et de technologie en matière d'enrichissement**

7. Tous les États répondant aux critères énoncés au paragraphe 6 ci-dessus peuvent bénéficier de transferts d'installations, d'équipements et de technologie en matière d'enrichissement. Les fournisseurs reconnaissent que l'application des dispositions spéciales ci-après doit être conforme aux principes énoncés dans le Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP), et en particulier aux dispositions de l'article IV. Cette application ne compromet pas nécessairement les droits des États répondant aux critères énoncés au paragraphe 6.

- a) En ce qui concerne le transfert d'une installation d'enrichissement ou des équipements ou de la technologie y afférents, les fournisseurs devraient demander à l'État destinataire de prendre un engagement juridiquement contraignant selon lequel ni l'installation transférée ni aucune installation abritant ces équipements ou créée sur la base de ladite technologie ne seront modifiées ou exploitées pour produire de l'uranium enrichi à plus de 20 %. Les fournisseurs devraient s'attacher à concevoir et à construire ces installations ou équipements de manière à exclure, dans toute la mesure du possible, la possibilité de produire de l'uranium enrichi à plus de 20 %.
- b) En ce qui concerne le transfert d'une installation d'enrichissement ou d'équipements fondés sur une technologie particulière d'enrichissement qui, au 31 décembre 2008, a été reconnue comme ayant la capacité de produire de l'uranium enrichi à grande échelle, les fournisseurs devraient :
  - 1) s'abstenir, dans la mesure du possible, de transférer, pour la conception et la fabrication, la technologie habilitante associée à ces articles ; et
  - 2) faire en sorte que les destinataires acceptent, dans le cadre d'un accord approprié, des équipements d'enrichissement et des technologies habilitantes sensibles, ou une installation d'enrichissement opérationnelle dans des conditions qui n'autorisent ni ne permettent la duplication de ces installations.

Les informations requises à des fins réglementaires ou servant à la sûreté de la mise en place et de l'exploitation d'une installation devraient être mises en commun dans la mesure nécessaire sans divulguer la technologie habilitante.

- c) Des sociétés coopératives pour l'enrichissement, s'appuyant sur une technologie particulière d'enrichissement qui, au 31 décembre 2008, n'était pas reconnue comme ayant la capacité de produire de l'uranium enrichi à grande échelle, peuvent être créées par les participants sur une base individuelle ou conjointe ; et le transfert des installations et équipements qui s'y rapportent sera soumis au paragraphe 7. b) avant même la mise en place d'un prototype. Aux fins du paragraphe 7. c) des Directives, un prototype désigne une installation ou un système exploité afin d'obtenir des informations techniques permettant de confirmer le potentiel technique ou la viabilité du processus de séparation visant la séparation à grande échelle des isotopes de l'uranium.

Les fournisseurs peuvent proposer d'autres dispositions concernant le contrôle des transferts d'une nouvelle technologie d'enrichissement pour faciliter la coopération relative à cette technologie. Ces dispositions devraient être équivalentes à celles du paragraphe 7. b), et le GFN devrait être consulté à cet égard. Les gouvernements participants examineront les dispositions relatives à l'exportation des installations, des équipements et de la technologie en matière d'enrichissement tous les cinq ans à compter de 2013 afin de répondre à l'évolution de la technologie d'enrichissement et des pratiques commerciales.

- d) Les fournisseurs reconnaissent que lors de l'application des dispositions prévues au paragraphe 7 en rapport avec des sociétés coopératives existantes ou nouvelles pour l'enrichissement, la technologie habilitante peut être détenue par les partenaires de ces sociétés, échangée et transférée entre eux, si ces derniers en décident ainsi dans le cadre de leurs processus décisionnels en place. Les fournisseurs reconnaissent que l'enrichissement de l'uranium peut faire intervenir les chaînes d'approvisionnement pour la production et le transfert d'équipements destinés aux installations d'enrichissement et que ces transferts peuvent avoir lieu, conformément aux dispositions pertinentes des présentes Directives.
- e) Les fournisseurs devraient s'efforcer tout particulièrement d'assurer l'application efficace des garanties de l'AIEA dans les installations d'enrichissement concernées, conformément aux paragraphes 14 et 15 des Directives. Pour ce qui est du transfert d'une installation



d'enrichissement, le fournisseur et l'État destinataire devraient unir leurs efforts pour que la conception et la construction de l'installation transférée soient effectuées de manière à faciliter l'application des garanties de l'AIEA. Le fournisseur et l'État destinataire devraient consulter l'AIEA au sujet de ces caractéristiques de conception et de construction le plus tôt possible dans la phase de conception de l'installation d'enrichissement, dans tous les cas avant sa mise en chantier. Le fournisseur devrait également collaborer avec l'État destinataire pour l'aider à mettre au point des mesures efficaces de protection des matières et installations nucléaires, conformément aux paragraphes 13 et 15 des Directives.

- f) Les fournisseurs devraient s'assurer que les destinataires ont établi des mesures de sécurité équivalentes ou supérieures à celles dont eux-mêmes disposent pour que l'utilisation ou le transfert des installations et technologies ne soient pas en contradiction avec les lois nationales de l'État destinataire.

Définitions :

Aux fins de l'application du paragraphe 7 des Directives, l'expression « société coopérative pour l'enrichissement » désigne un effort conjoint de développement ou de production impliquant plusieurs pays ou plusieurs sociétés (où au moins deux sociétés se trouvent dans des pays différents). Il peut s'agir d'un consortium d'États ou de sociétés, ou d'une société multinationale.

#### **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
  - 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 contraires 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, ou 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**

### **Soutien pour l'accès aux matières nucléaires pour les utilisations pacifiques**

12. Les fournisseurs devraient, conformément à l'objectif des présentes Directives, faciliter l'accès aux matières nucléaires pour les utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire, et encourager, dans le cadre de l'article IV du TNP, les destinataires à tirer le plus grand parti possible du marché commercial international et des autres mécanismes internationaux disponibles en ce qui concerne les services liés au combustible nucléaire tout en ne perturbant pas le marché mondial du combustible.

### **Sécurité physique**

13. 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. Ils 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**

14. Les fournisseurs devraient s'efforcer tout particulièrement de soutenir la mise en œuvre effective des garanties de l'AIEA. Ils devraient également soutenir les efforts de l'AIEA 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**

15. 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**

16. 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**

17. 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 en cas d'explosion d'un dispositif 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'agissent 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 17. 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'AIEA 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.

18. 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. Le transfert de composants ne devrait pas nuire à l'objet des contrôles ci-dessous. 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.
3. Pour certains procédés de séparation isotopique, les fournisseurs reconnaissent l'analogie étroite qui existe entre les usines, les équipements et la technologie d'enrichissement de l'uranium et les usines, les équipements et la technologie de séparation des isotopes d'« autres éléments » à des fins de recherche, à des fins médicales ou à d'autres fins industrielles non nucléaires. À cet égard, les fournisseurs devraient examiner soigneusement leurs mesures juridiques, y compris les règles d'octroi de licences d'exportation et les pratiques en matière de classification et de sécurité des informations/de la technologie pour les activités de séparation des isotopes mettant en jeu d'« autres éléments » afin d'assurer, comme justifié, l'application des mesures de protection appropriées. Les fournisseurs reconnaissent que, dans certains cas, les mesures de protection requises pour les activités de séparation des isotopes mettant en jeu d'« autres éléments » seront essentiellement les mêmes que les mesures de protection requises pour l'enrichissement de l'uranium (cf. note d'introduction à la section 5 de la liste de base). Conformément au paragraphe 17. a) des Directives, les fournisseurs doivent se consulter entre eux, le cas échéant, afin de promouvoir des politiques et des procédures uniformes pour le transfert et la protection des usines, des équipements et de la technologie mettant en jeu la séparation des isotopes d'« autres éléments ». Les fournisseurs devraient aussi faire preuve de la prudence requise dans les cas où des équipements et des technologies issus des processus d'enrichissement de l'uranium sont utilisés à des fins non nucléaires, comme dans l'industrie chimique.

### **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.

### **CONTRÔLES DE LOGICIELS**

Le transfert de « logiciels » spécialement conçus ou préparés aux fins du « développement », de la « production » ou de l'« utilisation » d'un article quelconque de la liste sera soumis à un examen et à des contrôles aussi stricts que celui de l'article lui-même, dans la mesure où la législation nationale le permet.

Aux fins de l'application des Directives concernant les transferts de « logiciels », les fournisseurs devraient appliquer les mêmes principes que pour les transferts de « technologie ».

## DÉFINITIONS

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 qu'une « technologie » ou qu'un « 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).

Par « microprogrammes », il convient d'entendre une 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.

Par « autres éléments », il convient d'entendre tous les éléments autres que l'hydrogène, l'uranium et le plutonium.

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 la qualité

Par « programme », il convient d'entendre une suite d'instructions permettant d'accomplir un processus ou convertible en une forme pouvant être exécutée par un ordinateur.

Par « logiciel », il convient d'entendre un ou plusieurs « programmes » ou « microprogrammes » enregistrés sur un support.

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 « 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'une « assistance technique ».

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 ou 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 ( $^{239}\text{Pu}$ ) ; l'uranium 233 ( $^{233}\text{U}$ ) ; 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 d'une année civile (1<sup>er</sup> jan. – 31 déc.), en quantités inférieures aux limites spécifiées à l'alinéa b) ci-dessous, sont exclus :

- a) Plutonium ayant une teneur isotopique en plutonium 238 ( $^{238}\text{Pu}$ ) 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, section 1) ;**
- 2.2. Matières non nucléaires pour réacteurs (voir annexe B, section 2) ;**
- 2.3. Usines de retraitement d'éléments combustibles irradiés, et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin (voir annexe B, section 3) ;**
- 2.4. Usines de fabrication d'éléments combustibles pour réacteurs nucléaires et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin (voir annexe B, section 4) ;**
- 2.5. Usines de séparation des isotopes de l'uranium naturel, de l'uranium appauvri ou d'un produit fissile spécial et équipements, autres que les appareils d'analyse, spécialement conçus ou préparés à cette fin (voir annexe B, section 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, section 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, section 7).**



**ANNEXE B**

Note : On utilise le Système international d'unités (SI) dans la présente annexe, de même que dans les annexes A et C. Dans tous les cas, la grandeur physique définie en unités SI doit être considérée comme la valeur officielle recommandée pour les contrôles. -

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

A	-	ampère(s)	-	Courant électrique
CAS	-	Chemical Abstracts Service	-	
°C	-	degré(s) Celsius	-	Température
cm	-	centimètre(s)	-	Longueur
cm <sup>2</sup>	-	centimètre(s) carré(s)	-	Aire
cm <sup>3</sup>	-	centimètre(s) cube(s)	-	Volume
°	-	degré(s)	-	Angle
g	-	gramme(s)	-	Masse
g <sub>0</sub>	-	accélération de la pesanteur (9,80665 m/s <sup>2</sup> )	-	Accélération
GHz	-	gigahertz	-	Fréquence
GPa	-	gigapascal(s)	-	Pression
H	-	henry(s)	-	Inductance électrique
h	-	heure(s)	-	Temps
Hz	-	hertz	-	Fréquence
kg	-	kilogramme(s)	-	Masse
kHz	-	kilohertz	-	Fréquence
kJ	-	kilojoule(s)	-	Énergie, travail, chaleur
kPa	-	kilopascal(s)	-	Pression
kW	-	kilowatt(s)	-	Puissance
K	-	kelvin	-	Température thermodynamique
m	-	mètre(s)	-	Longueur
m <sup>2</sup>	-	mètre(s) carré(s)	-	Aire
m <sup>3</sup>	-	mètre(s) cube(s)	-	Volume
mA	-	milliampère(s)	-	Courant électrique
min	-	minute(s)	-	Temps
MPa	-	mégapascal(s)	-	Pression
mm	-	millimètre(s)	-	Longueur
µm	-	micromètre(s)	-	Longueur
N	-	newton(s)	-	Force
nm	-	nanomètre(s)	-	Longueur
Ω	-	ohm(s)	-	Résistance électrique
Pa	-	pascal(s)	-	Pression
s	-	seconde(s)	-	Temps
"	-	seconde(s) d'arc	-	Angle
V	-	volt(s)	-	Potentiel électrique
VA	-	voltampère(s)	-	Puissance électrique

**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**

NOTE D'INTRODUCTION

Les divers types de réacteurs nucléaires peuvent être caractérisés par le modérateur utilisé (graphite, eau lourde, eau ordinaire ou aucun), le spectre des neutrons qu'ils contiennent (thermiques, rapides), le type de fluide de refroidissement utilisé (eau, métal liquide, sel fondu, gaz) ou leur fonction ou type (réacteurs de puissance, réacteurs de recherche, réacteurs d'essai). Le but est que tous ces types de réacteurs nucléaires rentrent dans la catégorie de la présente entrée et de toutes ses sous-entrées selon que de besoin. La présente entrée ne s'applique pas aux réacteurs à fusion.

**1.1. Réacteurs nucléaires complets**

Réacteurs nucléaires pouvant fonctionner de manière à maintenir une réaction de fission en chaîne auto-entretenue contrôlée.

NOTE EXPLICATIVE

Un réacteur nucléaire comporte essentiellement les articles se trouvant à l'intérieur de la cuve de réacteur ou fixés directement sur cette cuve, le matériel pour le réglage de la puissance dans le 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.

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 1.11. 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-dessus.

NOTE EXPLICATIVE

Le point 1.2. couvre les cuves pour réacteurs quelle que soit leur pression nominale et inclut les cuves sous pression et les calandres. 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 à la fois les éléments combustibles et le fluide de refroidissement primaire d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1. ci-dessus.

#### NOTE EXPLICATIVE

Les tubes de force sont des parties des canaux de combustible conçues pour fonctionner à pression élevée, parfois au-delà de 5 MPa.

### **1.6. Gaines de combustible nucléaire**

Tubes en zirconium métallique ou en alliages à base de zirconium (ou assemblages de tubes) spécialement conçus ou préparés pour être utilisés pour le gainage du combustible d'un réacteur nucléaire, au sens donné à cette expression sous 1.1. ci-dessus, et en quantité supérieure à 10 kg.

N.B. : Pour les tubes de force en zirconium, voir 1.5. Pour les tubes de calandre, voir 1.8.

#### NOTE EXPLICATIVE

Dans les tubes en zirconium métallique ou en alliages à base de zirconium destinés à être utilisés dans un réacteur nucléaire, le rapport hafnium/zirconium est généralement inférieur à 1/500 parties en poids.

### **1.7. Pompes ou soufflantes du circuit de refroidissement primaire**

Pompes ou soufflantes 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 ou soufflantes spécialement conçues ou préparées comprennent les pompes pour réacteurs refroidis par eau, les soufflantes pour réacteurs refroidis par gaz, et les pompes

électromagnétiques et mécaniques pour réacteurs refroidis par métal liquide. Ces équipements 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. Ils incluent, par exemple, les colonnes de support du cœur, les canaux de combustible, les tubes de calandre, 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 placées à l'intérieur d'une cuve de réacteur qui 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**

- a) Générateurs de vapeur spécialement conçus ou préparés pour le circuit de refroidissement primaire ou intermédiaire d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1. ci-dessus.
- b) Autres échangeurs de chaleur 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 à l'eau d'alimentation en vue de la production de vapeur. Dans le cas d'un réacteur à neutrons rapides dans lequel se trouve aussi un circuit intermédiaire de refroidissement, le générateur de vapeur est dans le circuit intermédiaire.

Dans un réacteur refroidi par gaz, un échangeur de chaleur peut être utilisé pour transférer la chaleur vers un circuit secondaire à gaz entraînant une turbine à gaz.

Pour ces articles, les contrôles ne s'appliquent pas aux échangeurs de chaleur des systèmes de support du réacteur (tels que le circuit de refroidissement d'urgence ou le circuit d'évacuation de la chaleur résiduelle).

### **1.10. Détecteurs de neutrons**

**Détecteurs de 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 détecteurs se trouvant dans le cœur et hors du cœur qui servent à mesurer les flux dans une large gamme, habituellement à partir de  $10^4$  neutrons par  $\text{cm}^2$  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.

**1.11. Écrans thermiques externes**

Écrans thermiques externes spécialement conçus ou préparés en vue d'être utilisés dans un réacteur nucléaire, au sens donné à cette expression sous 1.1., pour réduire la perte de chaleur ainsi que pour protéger la cuve de confinement.

## NOTE EXPLICATIVE

Les écrans thermiques externes sont des structures importantes placées sur la cuve de réacteur qui réduisent la perte de chaleur du réacteur et la température à l'intérieur de la cuve de confinement.

**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 d'une année civile (1<sup>er</sup> jan. – 31 déc.), quel que soit le pays destinataire.

**2.2. Graphite de pureté nucléaire**

Graphite d'une pureté supérieure à cinq ppm (parties par million) d'équivalent en bore et d'une densité de plus de  $1,50 \text{ g/cm}^3$ , qui est destiné à être utilisé dans un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1. ci-dessus, en quantité supérieure à 1 kg.

## 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  $EB_z$  pour les impuretés (à l'exclusion d' $EB_{\text{carbone}}$ , étant donné que le carbone n'est pas considéré comme une impureté) y compris le bore, où :

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

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

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

$A_B$  et  $A_z$  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 tributylque mélangé à un diluant organique.

D'une usine Purex à l'autre, des opérations du processus similaires sont réalisées, notamment le dégainage des éléments combustibles irradiés, la dissolution du combustible, l'extraction par solvant et le 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'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 dégainier les éléments combustibles irradiés**

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.

## NOTE EXPLICATIVE

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, tels que lasers, peuvent être utilisés.

**3.2. Dissolveurs**

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.

## NOTE EXPLICATIVE

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.

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

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.

## NOTE EXPLICATIVE

Les extracteurs reçoivent à la fois la solution de combustible irradié provenant des dissolveurs 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.

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

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 2 % ;
2. un diamètre maximum de 175 mm pour les récipients cylindriques ; ou
3. une largeur maximum de 75 mm pour les récipients plats ou annulaires.

#### NOTE EXPLICATIVE

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.

### **3.5. Systèmes de mesure neutronique pour le contrôle de processus**

Systèmes de mesure neutronique spécialement conçus ou préparés pour l'intégration et l'utilisation de systèmes automatisés de contrôle de processus dans une usine de retraitement d'éléments combustible irradiés.

#### NOTE EXPLICATIVE

Ces systèmes supposent une capacité de mesure et de discrimination actives et passives des neutrons afin de déterminer la quantité de matières fissiles et leur composition. Le système complet se compose d'un générateur de neutrons, d'un détecteur de neutrons, d'amplificateurs et d'équipement électronique de traitement des signaux.

Cette entrée exclut les instruments de détection et de mesure neutroniques conçus pour la comptabilité et le contrôle des matières nucléaires ou toute autre application non liée à l'intégration et à l'utilisation de systèmes automatisés de contrôle de processus dans une usine de retraitement d'éléments combustibles irradiés.

### **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 ; ou
- e) sont utilisés pour l'assemblage des éléments combustibles pour réacteurs.

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 ;
4. des systèmes spécialement conçus ou préparés pour fabriquer des gaines de combustible nucléaire.

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 ;
- 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 naturel, de l'uranium appauvri ou d'un produit fissile spécial et équipements, autres que les appareils d'analyse, spécialement conçus ou préparés à cette fin**

### NOTE D'INTRODUCTION

Les usines, les équipements et la technologie de séparation des isotopes de l'uranium présentent, dans de nombreux cas, une analogie étroite avec les usines, les équipements et la technologie de séparation des isotopes et d'« autres éléments ». Dans certains cas, les contrôles visés à la section 5 s'appliquent aussi aux usines et aux équipements prévus pour la séparation des isotopes d'« autres éléments ». Ces contrôles des usines et des équipements de séparation des isotopes d'« autres éléments » sont complémentaires aux contrôles des usines et des équipements spécialement conçus ou préparés pour le traitement, l'utilisation ou la production des produits fissiles spéciaux visés dans la liste de base. Ces contrôles

complémentaires des utilisations mettant en jeu d'« autres éléments » (section 5) ne s'appliquent pas au procédé de séparation électromagnétique, lequel est traité dans la partie 2 des Directives.

Les procédés pour lesquels les contrôles visés à la section 5 s'appliquent au même degré, que l'utilisation envisagée soit la séparation des isotopes de l'uranium ou la séparation des isotopes d'« autres éléments », sont : l'ultracentrifugation, la diffusion gazeuse, le procédé de séparation dans un plasma et les procédés aérodynamiques.

Avec certains procédés, l'analogie indiquée ci-dessus pour la séparation des isotopes de l'uranium dépend de l'élément qui est séparé. Ces procédés sont : les procédés par laser (par exemple la séparation des isotopes par irradiation au laser de molécules et la séparation des isotopes par laser sur vapeur atomique), l'échange chimique et l'échange d'ions. Les fournisseurs doivent par conséquent évaluer ces procédés sur la base du cas par cas et appliquer dès lors les contrôles visés à la section 5 pour des utilisations mettant en jeu d'« autres éléments ».

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

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

#### **NOTE D'INTRODUCTION**

Ordinairement, la centrifugeuse se compose d'un cylindre à paroi mince, d'un diamètre compris entre 75 mm et 650 mm, placé 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 limiter autant que possible les écarts par rapport à l'axe. À la différence d'autres centrifugeuses, la centrifugeuse à gaz utilisée pour l'enrichissement de l'uranium se caractérise par la présence dans le bol d'une ou de plusieurs chicane tournantes en forme de disque, d'un ensemble de tubes fixe servant à introduire et à prélever l'hexafluorure d'uranium ( $UF_6$ ) 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 de la présente section. 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 rotor 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 ne peut être livré que partiellement monté.

b) Bols :

Cylindres à paroi mince d'une épaisseur de 12 mm ou moins, spécialement conçus ou préparés, ayant un diamètre compris entre 75 mm et 650 mm et fabriqués dans un ou plusieurs des matériaux à rapport résistance/densité élevé décrits dans la NOTE EXPLICATIVE de la présente section.

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 ou moins d'épaisseur, un diamètre compris entre 75 mm et 650 mm et une spire, et fabriqué dans l'un des matériaux ayant un rapport résistance/densité élevé décrit dans la NOTE EXPLICATIVE de la présente section.

d) Déflecteurs :

Composants en forme de disque d'un diamètre compris entre 75 mm et 650 mm spécialement conçus ou préparés pour être montés à l'intérieur du bol de la centrifugeuse afin d'isoler la chambre de prélèvement de la chambre de séparation principale et, dans certains cas, de faciliter la circulation de l' $UF_6$  gazeux à l'intérieur de la chambre de séparation principale du bol, et fabriqués dans l'un des matériaux ayant un rapport résistance/densité élevé décrit dans la NOTE EXPLICATIVE de la présente section.

e) Bouchons d'extrémité supérieurs et inférieurs :

Composants en forme de disque d'un diamètre compris entre 75 mm et 650 mm spécialement conçus ou préparés pour s'adapter aux extrémités du bol et maintenir ainsi l' $UF_6$  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 de la présente section.

NOTE EXPLICATIVE

Les matériaux utilisés pour les composants tournants des centrifugeuses comprennent les suivants :

- a) Les aciers martensitiques vieillissables ayant une charge limite de rupture égale ou supérieure à 1,95 GPa ;
- b) Les alliages d'aluminium ayant une charge limite de rupture égale ou supérieure à 0,46 GPa ;

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

### 5.1.2. Composants fixes

- a) Paliers de suspension magnétique :

1. 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' $\text{UF}_6$  (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, ou une rémanence égale ou supérieure à 98,5 % ou une densité d'énergie électromagnétique supérieure à  $80 \text{ kJ/m}^3$ . 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 que l'homogénéité du matériau de l'aimant soit spécialement imposée.
2. Paliers magnétiques actifs spécialement conçus ou préparés pour utilisation avec des centrifugeuses à gaz.

#### NOTE EXPLICATIVE

Ces paliers ont les caractéristiques suivantes :

- Ils sont conçus pour maintenir centré un rotor tournant à 600 Hz ou plus, et
- Ils sont associés à un système d'alimentation électrique fiable et/ou sans coupure pour pouvoir fonctionner pendant plus d'une heure.

- 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 et 650 mm, 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.

## 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 fréquence de 600 Hz ou plus et une puissance de 40 VA ou plus. Les stators peuvent être constitués par des enroulements multiphasés sur des noyaux de fer doux feuilletés comprenant des couches minces d'épaisseur habituellement inférieure ou égale à 2 mm.

## 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 de 30 mm d'épaisseur au plus, 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  $0,05^\circ$ . L'enceinte peut également être formée d'une structure de type alvéolaire permettant de loger plusieurs assemblages de rotors.

## f) Écopes :

Tubes spécialement conçus ou préparés pour extraire l' $UF_6$  gazeux contenu dans le bol selon le principe du tube de Pitot (c'est-à-dire que leur ouverture débouche dans le flux gazeux périphérique à l'intérieur du bol, configuration obtenue par exemple en courbant l'extrémité d'un tube disposé selon le rayon) et pouvant être raccordés au système central de prélèvement du gaz.

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

### NOTE D'INTRODUCTION

Les systèmes, matériel et composants auxiliaires d'une usine d'enrichissement par centrifugation gazeuse sont les systèmes nécessaires pour introduire l' $UF_6$  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' $UF_6$  dans les centrifugeuses en tant que « produit » et « résidus », ainsi que le matériel d'entraînement des centrifugeuses et de commande de l'usine.

Habituellement, l' $UF_6$  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 gazeux de « produit » et de « résidus » 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' $UF_6$  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. Le matériel, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

### NOTE EXPLICATIVE

Certains des articles énumérés ci-dessous, soit sont en contact direct avec l' $UF_6$  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' $UF_6$  comprennent le cuivre, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel ou les alliages contenant 60 % en poids ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures fluorés.

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

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

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

### 5.2.2. Collecteurs/tuyauteries

Tuyauteries et collecteurs spécialement conçus ou préparés pour la manipulation de l' $UF_6$  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' $UF_6$  ou protégé par ces matériaux (voir la NOTE EXPLICATIVE de la présente section) et est fabriqué suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

### 5.2.3 Vannes spéciales d'arrêt et de réglage

- a) Valves d'arrêt spécialement conçues ou préparées pour agir sur les flux d' $UF_6$  gazeux du gaz d'entrée, du produit ou des résidus de chaque centrifugeuse à gaz.
- b) Valves à obturateur à soufflet, manuelles ou automatiques, d'arrêt ou de réglage, constituées ou revêtues de matériaux résistant à la corrosion par l' $UF_6$  et ayant un diamètre intérieur compris entre 10 et 160 mm, spécialement conçues ou préparées pour utilisation dans des systèmes principaux ou auxiliaires d'usines d'enrichissement par centrifugation gazeuse.

#### NOTE EXPLICATIVE

Les vannes classiques spécialement conçues ou préparées comprennent les valves à obturateur à soufflet, les vannes à fermeture rapide, les valves à action rapide et d'autres types de vannes.

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

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

1. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;

2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % en poids ou plus de nickel, ou d'alliages nickel-chrome ;
3. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ; et
4. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.

#### **5.2.5. Convertisseurs de fréquence**

Convertisseurs de fréquence (également connus sous le nom de convertisseurs ou d'inverseurs) spécialement conçus ou préparés pour l'alimentation des stators de moteurs décrits sous 5.1.2. d), ou parties, composants et sous-assemblages de convertisseurs de fréquence, ayant les deux caractéristiques suivantes :

1. Fréquence de sortie multiphasée de 600 Hz ou plus ; et
2. Stabilité élevée (avec un contrôle de la fréquence supérieur à 0,2 %) ;

#### **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' $UF_6$ , toutes les surfaces des équipements, tuyauteries et instruments (qui sont en contact avec le gaz) doivent être constituées de matériaux qui restent stables en présence d' $UF_6$ . 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 et matériaux faisant barrière**

- a) Filtres minces et poreux spécialement conçus ou préparés, qui ont des pores d'un diamètre de 10 à 100 nm, une épaisseur égale ou inférieure à 5 mm et, dans le cas des formes tubulaires, un diamètre égal ou inférieur à 25 mm et sont constitués de matériaux métalliques, polymères ou céramiques résistant à la corrosion par l' $UF_6$  (voir NOTE EXPLICATIVE de la section 5.4.).
- b) Composés ou poudres préparés spécialement pour la fabrication de ces filtres. Ces composés et poudres comprennent le nickel et des alliages contenant 60 % en poids ou plus de nickel, l'oxyde d'aluminium et les polymères d'hydrocarbures totalement fluorés résistants à l' $UF_6$  ayant une pureté égale ou supérieure à 99,9 % en poids, une taille des grains inférieure à 10  $\mu m$  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, prévues pour contenir la barrière de diffusion gazeuse, constituées ou revêtues de matériaux résistant à l' $UF_6$  (voir la NOTE EXPLICATIVE de la section 5.4.).

### 5.3.3. Compresseurs et soufflantes à gaz

Compresseurs et soufflantes à gaz spécialement conçus ou préparés, ayant une capacité d'aspiration de 1 m<sup>3</sup> par minute ou plus d'UF<sub>6</sub>, avec une pression de sortie pouvant aller jusqu'à 500 kPa, et conçus pour fonctionner longtemps en atmosphère d'UF<sub>6</sub>, et assemblages séparés de compresseurs et soufflantes à gaz de ce type. Ces compresseurs et soufflantes à gaz ont un rapport de compression de 10/1 ou moins et sont constitués ou revêtus de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub> (voir la NOTE EXPLICATIVE de la section 5.4.).

### 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> par minute.

### 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 de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub> (voir la NOTE EXPLICATIVE de la section 5.4.), et prévus pour un taux de variation de la pression due à une fuite qui est inférieur à 10 Pa par heure pour une différence de pression de 100 kPa.

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

### NOTE D'INTRODUCTION

Les systèmes, le matériel et les composants auxiliaires des usines d'enrichissement par diffusion gazeuse sont les systèmes nécessaires pour introduire l'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 gazeux 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. Le matériel, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.



## NOTE EXPLICATIVE

Les articles énumérés ci-dessous, soit sont en contact direct avec l'UF<sub>6</sub> gazeux, soit contrôlent directement le flux de gaz dans la cascade. Les matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> comprennent le cuivre, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel ou les alliages contenant 60 % en poids ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures fluorés.

**5.4.1. 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 ou systèmes d'alimentation utilisés pour introduire l'UF<sub>6</sub> dans le processus d'enrichissement ;
- b) Des pièges à froid ou des pompes 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 de l'UF<sub>6</sub> à l'état liquide ou solide ;
- d) Des stations « Produit » ou « Résidus » pour le transfert de l'UF<sub>6</sub> dans des conteneurs.

**5.4.2. Collecteurs/tuyauteries**

Tuyauteries et collecteurs spécialement conçus ou préparés pour la manipulation de l'UF<sub>6</sub> à l'intérieur des cascades de diffusion gazeuse.

## NOTE EXPLICATIVE

La tuyauterie est normalement du type collecteur « double », chaque cellule étant connectée à chacun des collecteurs.

**5.4.3. Systèmes à vide**

- a) Distributeurs à vide, collecteurs à vide et pompes à vide, spécialement conçus ou préparés, de capacité d'aspiration égale ou supérieure à 5 m<sup>3</sup>/min.
- b) Pompes à vide spécialement conçues 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> (voir la NOTE EXPLICATIVE de la présente section). 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, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub>, spécialement conçus ou préparés pour installation dans des systèmes principaux et auxiliaires d'usines d'enrichissement par diffusion gazeuse.

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

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

1. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;
2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % en poids ou plus de nickel, ou d'alliages nickel-chrome ;
3. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ; et
4. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.

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

##### NOTE D'INTRODUCTION

Dans les procédés d'enrichissement aérodynamiques, un mélange d'UF<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 ou revêtues 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, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel ou les alliages contenant 60 % en poids ou plus de nickel, et les polymères d'hydrocarbures fluorés.

#### 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, 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> et munis d'un ou plusieurs canaux d'admission tangentiels. Ils 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 ou soufflantes à gaz spécialement conçus ou préparés constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par le mélange d'UF<sub>6</sub> et de gaz porteur (hydrogène ou hélium).

**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 procédé 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.

**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 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 de l'UF<sub>6</sub> 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 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 de 40 mm ou plus spécialement conçus ou préparés pour installation dans des systèmes principaux et 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 spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct sur les flux d'UF<sub>6</sub> gazeux des échantillons et ayant toutes les caractéristiques suivantes :

1. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;
2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % en poids ou plus de nickel, ou d'alliages nickel-chrome ;
3. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ; et
4. Présence d'un 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 153 K (-120°C) ;
- b) Appareils de réfrigération cryogéniques capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à 153 K (-120°C) ;

- c) Tuyères de séparation ou tubes vortex pour séparer l'UF<sub>6</sub> du gaz porteur ;
- d) Pièges à froid d'UF<sub>6</sub> capables d'éliminer celui-ci.

## 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 contrecourant 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 d'acide chlorhydrique concentré chaud, les équipements doivent être constitués ou revêtus de matériaux spéciaux résistants 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, 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 concentrées d'acide hydrochlorhydrique, ces colonnes et leurs internes sont normalement constitués ou revêtus de matériaux plastiques appropriés (polymères d'hydrocarbures fluorés, par exemple) ou de verre. Les contacteurs centrifuges sont normalement conçus de telle manière que le temps de séjour correspondant à un étage soit de 30 s ou moins.

### 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 concentrées d'acide chlorhydrique, ces contacteurs sont normalement constitués ou revêtus de matériaux plastiques appropriés (polymères d'hydrocarbures fluorés, par exemple) ou de verre. Les contacteurs centrifuges sont normalement conçus de telle manière que le temps de séjour correspondant à un étage soit de 30 s ou moins.

### 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 d'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 l' $U^{+4}$  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 l' $U^{+4}$  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 polymères d'hydrocarbures fluorés, 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 les équipements 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 l' $U^{+4}$  qui en résulte pour l'introduire dans l'effluent organique appauvri provenant de l'extrémité de la cascade où est prélevé le produit ;
- b) Appareils qui séparent l'eau de l'acide chlorhydrique de façon à ce que l'eau et l'acide chlorhydrique concentré puissent être réintroduits dans le processus aux emplacements appropriés.

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

Résines échangeuses d'ions ou adsorbants à réaction rapide spécialement conçus ou préparés pour l'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange d'ions, en particulier résines poreuses macroréticulées et/ou structures pelliculaires dans lesquelles les groupes actifs d'échange chimique sont limités à un revêtement superficiel sur un support poreux inactif, et autres structures composites sous une forme appropriée, et notamment sous forme de particules ou de fibres. Ces articles ont un diamètre inférieur ou égal à 0,2 mm ; du point de vue chimique, ils doivent être résistants aux solutions d'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 s) et sont efficaces à des températures comprises entre 373 K (100°C) et 473 K (200°C).

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

Colonnes cylindriques de plus de 1 000 mm de diamètre contenant un garnissage de résine échangeuse d'ions/d'absorbant, spécialement conçues ou préparées pour l'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange d'ions. Ces colonnes sont constituées ou revêtues de matériaux (tels que le titane ou les plastiques à base de fluorocarbures) résistants à la corrosion par des solutions d'acide chlorhydrique concentré, et peuvent fonctionner à des températures comprises entre 373 K (100°C) et 473 K (200°C) et à des pressions supérieures à 0,7 MPa.

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

- a) Systèmes de réduction chimique ou électrochimique spécialement conçus ou préparés pour régénérer l'agent de réduction chimique utilisé 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 régènerait 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 régènerait 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, parfois mélangée à un ou plusieurs autres gaz. Ces procédés sont notamment connus sous les dénominations courantes suivantes :

- première catégorie - séparation des isotopes par laser sur vapeur atomique ;
- deuxième catégorie - séparation moléculaire des isotopes par laser, y compris une réaction chimique par activation sélective des isotopes par laser.

Les systèmes, le matériel 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 photoionisation sélective) ou des dispositifs d'alimentation en vapeur d'un composé de l'uranium (en vue d'une photodissociation sélective ou d'une excitation/activation sélective) ;
- 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 enrichis et appauvris comme « produit » et « résidus » dans les procédés de la seconde catégorie ;
- c) des systèmes laser de procédé pour exciter sélectivement la forme uranium 235 ( $^{235}U$ ) ;
- 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, on peut devoir englober certaines des technologies laser et d'optique laser 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 direct 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, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel, les alliages contenant 60 % en poids ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures fluorés.

#### **5.7.1. Systèmes de vaporisation de l'uranium (méthodes basées sur la vapeur atomique)**

Systèmes de vaporisation de l'uranium métal spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans l'enrichissement par laser.

##### NOTE EXPLICATIVE

Ces systèmes, qui pourraient contenir des canons à électrons, sont conçus pour fournir au niveau de la cible une puissance (1 kW ou plus) suffisante pour produire de la vapeur d'uranium métal à un rythme requis pour la fonction d'enrichissement par laser.

#### **5.7.2. Systèmes de manipulation de l'uranium métal liquide ou de la vapeur d'uranium métal (méthodes basées sur la vapeur atomique)**

Systèmes de manipulation spécialement conçus ou préparés pour l'uranium fondu, les alliages d'uranium fondu ou la vapeur d'uranium métal destinés à être utilisés dans l'enrichissement par laser, ou composants spécialement conçus ou préparés à cette fin.

##### NOTE EXPLICATIVE

Les systèmes de manipulation de l'uranium métal liquide pourraient comprendre des creusets et des équipements de refroidissement pour ceux-ci. Les creusets et autres parties de ces systèmes qui sont en contact avec l'uranium fondu, les alliages d'uranium fondu ou la vapeur d'uranium métal sont constitués ou revêtus de matériaux ayant une résistance appropriée à la corrosion et à la chaleur. Les matériaux appropriés peuvent comprendre 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 « déchets » d'uranium métal (méthodes basées sur la vapeur atomique)**

Assemblages collecteurs du « produit » et des « résidus » spécialement conçus ou préparés pour recueillir 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 (méthodes basées sur la vapeur atomique)**

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 des « 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 composants internes.

**5.7.5. Tuyères de détente supersonique (méthodes moléculaires)**

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 (-123°C) ou moins.

**5.7.6. Collecteurs du « produit » ou des « déchets » (méthodes moléculaires)**

Composants ou dispositifs spécialement conçus ou préparés pour recueillir le produit ou les déchets de l'uranium après illumination par laser.

## NOTE EXPLICATIVE

Dans un exemple de séparation moléculaire des isotopes par laser, les collecteurs du produit servent à recueillir le pentafluorure d'uranium ( $UF_5$ ) enrichi, une matière solide. Ces collecteurs peuvent être à filtre, à impact ou à cyclone, ou en des combinaisons de ceux-ci et doivent être résistants à la corrosion en milieu  $UF_5/UF_6$ .

**5.7.7. Compresseurs d' $UF_6$ /gaz porteur (méthodes moléculaires)**

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 résistants à la corrosion par l' $UF_6$ .

**5.7.8. Garnitures d'étanchéité d'arbres (méthodes moléculaires)**

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 (méthodes moléculaires)**

Systèmes spécialement conçus ou préparés pour fluorer l' $UF_5$  (solide) en  $UF_6$  (gazeux).

## NOTE EXPLICATIVE

Ces systèmes sont conçus pour fluorer la poudre d' $UF_5$ , puis recueillir l' $UF_6$ , dans les conteneurs destinés au produit, ou le réintroduire comme produit d'alimentation 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' $UF_5$  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 un certain matériel 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 (méthodes moléculaires)**

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

1. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;
2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % en poids ou plus de nickel, ou d'alliages nickel-chrome ;
3. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ; et
4. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.

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

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 ou 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 de l'UF<sub>6</sub> 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 (méthodes moléculaires)**

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

##### **NOTE EXPLICATIVE**

Ces systèmes peuvent comprendre les équipements suivants :

- a) Échangeurs de chaleur cryogéniques ou cryoséparateurs capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à 153 K (-120°C) ;
- b) Appareils de réfrigération cryogéniques capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à 153 K (-120°C) ;
- c) Pièges à froid d'UF<sub>6</sub> capables d'éliminer celui-ci.

Ce gaz porteur peut être l'azote, l'argon ou un autre gaz.

**5.7.13. Systèmes laser**

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 contient habituellement des composants optiques et électroniques pour la gestion du faisceau (des faisceaux) laser et la transmission vers la chambre de séparation isotopique. Les systèmes laser des méthodes basées sur la vapeur atomique sont habituellement des lasers à colorants organiques accordables pompés par un autre type de laser (laser à vapeur de cuivre ou certains lasers d'état solide, par exemple). Les systèmes laser des méthodes moléculaires peuvent être des lasers à dioxyde de carbone ou à excimères et des cellules optiques à multipassages. Dans les deux méthodes, il faut stabiliser la fréquence spectrale pour que les lasers ou les systèmes laser puissent fonctionner pendant de longues périodes.

**5.8. Systèmes, équipements et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par séparation 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  $^{235}\text{U}$ , 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  $^{235}\text{U}$ . 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 spécialement conçus ou préparés pour produire du plasma d'uranium destiné à être utilisé dans les usines de séparation dans un plasma.

**5.8.4. [plus utilisés – depuis le 14 juin 2013]**

### **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 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 composants 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 du tétrachlorure d'uranium ( $UCl_4$ )] 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 isotopiques électromagnétiques**

Séparateurs électromagnétiques spécialement conçus ou préparés pour la séparation des isotopes de l'uranium, et matériel 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, et 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 les deux caractéristiques suivantes :

1. capables de fournir en permanence une tension de sortie égale ou supérieure à 20 000 V avec une intensité de sortie égale ou supérieure à 1 A ; et
2. une variation de tension inférieure à 0,01 % pendant une période de 8 h.

**5.9.3. Alimentations des aimants**

Alimentations des aimants en courant continu de haute intensité spécialement conçues ou préparées et ayant les deux caractéristiques suivantes :

1. capables de produire en permanence un courant d'intensité supérieure ou égale à 500 A à une tension supérieure ou égale à 100 V ; et
2. des variations d'intensité et de tension inférieures à 0,01 % pendant une période de 8 h.

**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 poids en deutérium, est envoyé dans une unité de distillation pour produire de l'eau lourde de qualité réacteur, c'est-à-dire constituée à 99,75 % en poids d'oxyde de deutérium (D<sub>2</sub>O).

Le procédé d'échange ammoniac-hydrogène permet d'extraire le deutérium d'un gaz de synthèse par contact avec de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) 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 le NH<sub>3</sub> liquide s'écoule de haut en bas. Le deutérium est enlevé de l'hydrogène dans le gaz de synthèse et concentré dans le NH<sub>3</sub>. Le NH<sub>3</sub> 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 ayant un diamètre de 1,5 m ou plus, pouvant fonctionner à des pressions supérieures ou égales à 2 MPa, 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) pour la circulation de sulfure d'hydrogène (c'est-à-dire un gaz

contenant plus de 70 % en poids de sulfure d'hydrogène, 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 lorsqu'ils fonctionnent à des pressions d'aspiration supérieures ou égales à 1,8 MPa, 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 ayant un diamètre compris entre 1,5 m et 2,5 m et pouvant fonctionner à des pressions supérieures à 15 MPa, 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 de NH<sub>3</sub> liquide dans un étage de contact à l'intérieur des tours.

### **6.5. Craqueurs de NH<sub>3</sub>**

Craqueurs de NH<sub>3</sub> ayant une pression de fonctionnement supérieure ou égale à 3 MPa 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 % en poids.

### **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 constituée à 99,75 % en poids de D<sub>2</sub>O) à partir d'une eau lourde à teneur moindre.



## **6.9. Convertisseurs de NH<sub>3</sub> ou unités à synthétiser le NH<sub>3</sub>**

Convertisseurs de NH<sub>3</sub> ou unités à synthétiser le NH<sub>3</sub> spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange ammoniac-hydrogène.

### NOTE EXPLICATIVE

Ces convertisseurs ou unités utilisent du gaz de synthèse (azote et hydrogène) provenant d'une (ou de plusieurs) colonne(s) d'échange NH<sub>3</sub>-hydrogène à haute pression, et le NH<sub>3</sub> synthétique est renvoyé à la (ou aux) colonne(s) d'échange.

## **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 trioxyde d'uranium (UO<sub>3</sub>), conversion d'UO<sub>3</sub> en dioxyde d'uranium (UO<sub>2</sub>), conversion des oxydes d'uranium en tétrafluorure d'uranium (UF<sub>4</sub>), UF<sub>6</sub> ou UCl<sub>4</sub>, conversion de l'UF<sub>4</sub> en UF<sub>6</sub>, conversion de l'UF<sub>6</sub> en UF<sub>4</sub>, conversion de l'UF<sub>4</sub> en uranium métal et conversion des fluorures d'uranium en UO<sub>2</sub>. 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 [acide fluorhydrique (HF), fluor (F<sub>2</sub>), trifluorure de chlore (ClF<sub>3</sub>) 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 [ $UO_2(NO_3)_2$ ] au moyen d'un solvant tel que le phosphate tributylrique (TBP). Le nitrate d'uranyle est ensuite converti en  $UO_3$  soit par concentration et dénitration, soit par neutralisation au moyen de gaz  $NH_3$  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' $UO_3$  en  $UF_6$**

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d' $UO_3$  en  $UF_6$  peut être réalisée directement par fluoration. Ce procédé nécessite une source de  $F_2$  ou de  $ClF_3$ .

**7.1.3. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d' $UO_3$  en  $UO_2$**

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d' $UO_3$  en  $UO_2$  peut être réalisée par réduction de l' $UO_3$  au moyen de  $NH_3$  craqué ou d'hydrogène.

**7.1.4. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d' $UO_2$  en  $UF_4$**

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d' $UO_2$  en  $UF_4$  peut être réalisée en faisant réagir l' $UO_2$  avec du HF gazeux à une température de 573 à 773 K (300 à 500 °C).

**7.1.5. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d' $UF_4$  en  $UF_6$**

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d' $UF_4$  en  $UF_6$  est réalisée par réaction exothermique avec du fluor dans un réacteur à tour. Pour condenser l' $UF_6$  à partir des effluents gazeux chauds, on fait passer les effluents dans un piège à froid refroidi à 263 K (- 10 °C). Ce procédé nécessite une source de  $F_2$  gazeux.

**7.1.6. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d' $UF_4$  en uranium métal**

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d' $UF_4$  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 [1 403 K (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 de NH<sub>3</sub> 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 1 093 K (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 773-873 K (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 673 K (400 °C) environ. Dans le second, on fait réagir l'UO<sub>2</sub> à une température de 973 K (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 (PuN) en dioxyde de plutonium (PuO<sub>2</sub>)*, *conversion de PuO<sub>2</sub> en tétrafluorure de plutonium (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 PuN en PuO<sub>2</sub>. 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 PuO<sub>2</sub>, normalement par du HF 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 des niveaux de protection physique efficaces, conformément aux recommandations pertinentes de l'AIEA, en particulier celles figurant dans le document INFCIRC/225.
2. Le paragraphe 3. b) des Directives stipule que la mise en œuvre de mesures de protection physique dans le pays destinataire est de la responsabilité du 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 de l'AIEA intitulé 'La protection physique des matières nucléaires' (INFCIRC/225) 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 pour 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*[a]	Non irradié*[b]	2 kg ou plus	Moins de 2 kg mais plus de 500 g	500 g ou moins*[c]
2. Uranium 235	Non irradié*[b]	5 kg ou plus	Moins de 5 kg mais plus de 1 kg	1 g ou moins*[c]
	- Uranium enrichi à 20 % ou plus en $^{235}\text{U}$			
	- Uranium enrichi à 10 % ou plus, mais à moins de 20 %, en $^{235}\text{U}$	-	10 kg ou plus	Moins de 10 kg*[c]
	- Uranium enrichi à moins de 10 % en $^{235}\text{U}$ *[d]	-	-	10 kg ou plus
3. Uranium 233	Non irradié*[b]	2 kg ou plus	Moins de 2 kg mais plus de 500 g	500 g ou moins*[c]
4. Combustible irradié			Uranium appauvri ou naturel, thorium ou combustible faiblement enrichi (moins de 10 % de matières fissiles)*[e][f]	

[a] Tel que défini dans la liste de base.

[b] Matières non irradiées dans un réacteur ou matières irradiées dans un réacteur donnant un niveau de rayonnement égal ou inférieur à 1 gray/heure à 1 mètre de distance sans écran.

[c] Les quantités inférieures à une quantité radiologiquement significative devraient être exemptées.

[d] L'uranium naturel, l'uranium appauvri et le thorium ainsi que 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 prudente.

**[e]** Ce niveau de protection est recommandé, mais les États peuvent décider d'attribuer une catégorie différente pour la protection physique après l'évaluation de circonstances propres à chacun.

**[f]** Les autres combustibles qui en vertu de leur teneur initiale en matières fissiles sont classés dans la catégorie I ou dans la catégorie II avant irradiation peuvent entrer dans la catégorie immédiatement inférieure si le niveau de rayonnement du combustible dépasse 1 gray/h à un mètre de distance sans écran.



**Tableau comparatif des changements des Directives applicables aux transferts nucléaires et des annexes A, B et C de ces directives (INFCIRC/254/Part 1)**

Ancien texte (révision 12)	Nouveau texte
<p><b>Protection physique</b></p> <p>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, conformément aux recommandations pertinentes de l'AIEA, en particulier celles figurant dans le document INFCIRC/225.</p>	<p><b>Protection physique</b></p> <p>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, conformément aux recommandations pertinentes de l'<a href="#">Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)</a>, en particulier celles figurant dans <del>le document</del> <a href="#">circulaire d'information</a> INFCIRC/225.</p>
<p><b>Contrôles spéciaux des exportations sensibles</b></p> <p>6. Les fournisseurs devraient limiter le transfert d'installations, d'équipements et de technologies sensibles ainsi que de matières utilisables pour des armes nucléaires ou d'autres dispositifs nucléaires explosifs, en particulier lorsqu'un État a sur son territoire des entités visées par des notifications de refus émises par plus d'un gouvernement participant au GFN en vertu de la partie 2 des Directives du GFN.</p>	<p><b>Contrôles spéciaux des exportations sensibles</b></p> <p>6. Les fournisseurs devraient limiter le transfert d'installations, d'équipements et de technologies sensibles ainsi que de matières utilisables pour des armes nucléaires ou d'autres dispositifs nucléaires explosifs, en particulier lorsqu'un État a sur son territoire des entités visées par des notifications de refus émises par plus d'un gouvernement participant au <a href="#">Groupe des fournisseurs nucléaires (GFN)</a> en vertu de la partie 2 des Directives du GFN.</p>
<p>iii) il adhère aux Directives du GFN et a informé le Conseil de sécurité de l'Organisation des Nations Unies qu'il effectuait des contrôles efficaces sur les exportations, comme établi dans la résolution 1540 ;</p>	<p>iii) il adhère aux Directives du GFN et a informé le Conseil de sécurité de l'Organisation des Nations Unies (<a href="#">ONU</a>) qu'il effectuait des contrôles efficaces sur les exportations, comme établi dans la résolution 1540 ;</p>
<p><b>Dispositions spéciales pour l'exportation d'installations, d'équipements et de technologie en matière d'enrichissement</b></p> <p>7. Tous les États répondant aux critères énoncés au paragraphe 6 ci-dessus peuvent bénéficier de transferts d'installations, d'équipements et de</p>	<p><b>Dispositions spéciales pour l'exportation d'installations, d'équipements et de technologie en matière d'enrichissement</b></p> <p>7. Tous les États répondant aux critères énoncés au paragraphe 6 ci-dessus peuvent bénéficier de transferts d'installations, d'équipements et de</p>

<p>technologie en matière d'enrichissement. Les fournisseurs reconnaissent que l'application des dispositions spéciales ci-après doit être conforme aux principes énoncés dans le TNP, et en particulier aux dispositions de l'article IV. Cette application ne compromet pas nécessairement les droits des États répondant aux critères énoncés au paragraphe 6.</p>	<p>technologie en matière d'enrichissement. Les fournisseurs reconnaissent que l'application des dispositions spéciales ci-après doit être conforme aux principes énoncés dans le <a href="#">Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP)</a>, et en particulier aux dispositions de l'article IV. Cette application ne compromet pas nécessairement les droits des États répondant aux critères énoncés au paragraphe 6.</p>
<p><b>Renforcement de l'efficacité des garanties de l'AIEA</b></p> <p>14. Les fournisseurs devraient s'efforcer tout particulièrement de soutenir la mise en œuvre effective des garanties de l'AIEA. Ils 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.</p>	<p><b>Renforcement de l'efficacité des garanties de l'AIEA</b></p> <p>14. Les fournisseurs devraient s'efforcer tout particulièrement de soutenir la mise en œuvre effective des garanties de l'AIEA. Ils devraient également soutenir les efforts de l'<a href="#">Agence AIEA</a> 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.</p>
<p><b>Contrôles des exportations</b></p> <p>16. 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.</p>	<p><b>Contrôles des exportations</b></p> <p>16. 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.</p>
<p>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</p>	<p>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</p>

<p>paragraphe, le terme ‘enfreint’ renvoie uniquement à des infractions graves constituant un risque sur le plan de la prolifération ;</p>	<p>paragraphe, le terme ‘enfreint’ renvoie uniquement à des infractions graves constituant un risque sur le plan de la prolifération<sup>2</sup>;</p>
<p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 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 ;</li> <li>– 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.</li> </ul> <p>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.</p>	<p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 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 ;</li> <li>– décide que l’<u>Agence AIEA</u> 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.</li> </ul> <p>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.</p>

<p style="text-align: center;"><b>ANNEXE A</b> <b>LISTE DE BASE VISÉE DANS LES DIRECTIVES</b></p> <p style="text-align: center;"><b>NOTES GÉNÉRALES</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>ANNEXE A</b> <b>LISTE DE BASE VISÉE DANS LES DIRECTIVES</b></p> <p style="text-align: center;"><b>NOTES GÉNÉRALES</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>CONTRÔLES DE LOGICIELS</b></p> <p>Le transfert de « logiciels » directement afférents à un article quelconque de la liste sera soumis à un examen et à des contrôles aussi stricts que celui de l'article lui-même, dans la mesure où la législation nationale le permet.</p> <p>Les contrôles sur les transferts de « logiciels » ne s'appliquent pas aux informations qui « sont du domaine public » ou à la « recherche scientifique fondamentale ».</p>	<p style="text-align: center;"><b>CONTRÔLES DE LOGICIELS</b></p> <p>Le transfert de « logiciels » <del>directement afférents à</del> <u>spécialement conçus ou préparés aux fins du « développement », de la « production » ou de l'« utilisation »</u> d'un article quelconque de la liste sera soumis à un examen et à des contrôles aussi stricts que celui de l'article lui-même, dans la mesure où la législation nationale le permet.</p> <p><del>Les contrôles sur les transferts de « logiciels » ne s'appliquent pas aux informations qui « sont du domaine public » ou à la « recherche scientifique fondamentale</del></p> <p><u>Aux fins de l'application des Directives concernant les transferts de « logiciels », les fournisseurs devraient appliquer les mêmes principes que pour les transferts de « technologie ».</u></p>
<p><b>1.2. « Produit fissile spécial »</b></p> <p>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.</p> <p>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</p>	<p><b>1.2. « Produit fissile spécial »</b></p> <p>i) Par « produit fissile spécial », il faut entendre le plutonium 239 (<sup>239</sup>Pu) ; l'uranium 233 (<sup>233</sup>U) ; 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-;</p> <p>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</p>

<p>rapport entre l'isotope 235 et l'isotope 238 dans l'uranium naturel.</p> <p>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 :</p> <p>a) Plutonium ayant une teneur isotopique en plutonium 238 supérieure à 80 %.</p>	<p>rapport entre l'isotope 235 et l'isotope 238 dans l'uranium naturel.</p> <p>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 <del>une année civile (1<sup>er</sup> jan. – 31 déc.)</del> <del>12 mois</del>, en quantités inférieures aux limites spécifiées à l'alinéa b) ci-dessous, sont exclus :</p> <p>a) Plutonium ayant une teneur isotopique en plutonium 238 (<sup>238</sup>Pu) supérieure à 80 %.</p>																									
<p><b>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, section 7).</b></p>	<p><b>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, section 7).</b></p>																									
	<p style="text-align: center;"><b><u>ANNEXE B</u></b></p> <p>Note : On utilise le Système international d'unités (SI) dans la présente annexe, de même que dans les annexes A et C. Dans tous les cas, la grandeur physique définie en unités SI doit être considérée comme la valeur officielle recommandée pour les contrôles.</p> <p>Les symboles et abréviations (avec leurs préfixes indiquant un multiple ou un sous-multiple) qui sont employés couramment dans les annexes sont les suivants :</p> <table border="0"> <tr> <td>A</td><td>-</td><td>ampère(s)</td><td>-</td><td>Courant électrique</td></tr> <tr> <td>CAS</td><td>-</td><td>Chemical Abstracts Service</td><td>-</td><td></td></tr> <tr> <td>°C</td><td>-</td><td>degré(s) Celsius</td><td>-</td><td>Température</td></tr> <tr> <td>cm</td><td>-</td><td>centimètre(s)</td><td>-</td><td>Longueur</td></tr> <tr> <td>cm<sup>2</sup></td><td>-</td><td>centimètre(s) carré(s)</td><td>-</td><td>Aire</td></tr> </table>	A	-	ampère(s)	-	Courant électrique	CAS	-	Chemical Abstracts Service	-		°C	-	degré(s) Celsius	-	Température	cm	-	centimètre(s)	-	Longueur	cm <sup>2</sup>	-	centimètre(s) carré(s)	-	Aire
A	-	ampère(s)	-	Courant électrique																						
CAS	-	Chemical Abstracts Service	-																							
°C	-	degré(s) Celsius	-	Température																						
cm	-	centimètre(s)	-	Longueur																						
cm <sup>2</sup>	-	centimètre(s) carré(s)	-	Aire																						

cm <sup>3</sup>	-	centimètre(s) cube(s)	-	Volume
°	-	degré(s)	-	Angle
g	-	gramme(s)	-	Masse
g <sub>0</sub>	-	accélération de la pesanteur (9,80665 m/s <sup>2</sup> )	-	Accélération
GHz	-	gigahertz	-	Fréquence
GPa	-	gigapascal(s)	-	Pression
H	-	henry(s)	-	Inductance électrique
h	-	heure(s)	-	Temps
Hz	-	hertz	-	Fréquence
kg	-	kilogramme(s)	-	Masse
kHz	-	kilohertz	-	Fréquence
kJ	-	kilojoule(s)	-	Énergie, travail, chaleur
kPa	-	kilopascal(s)	-	Pression
kW	-	kilowatt(s)	-	Puissance
K	-	kelvin	-	Température thermodynamique
m	-	mètre(s)	-	Longueur
m <sup>2</sup>	-	mètre(s) carré(s)	-	Aire
m <sup>3</sup>	-	mètre(s) cube(s)	-	Volume
mA	-	milliampère(s)	-	Courant électrique
min	-	minute(s)	-	Temps
MPa	-	mégapascal(s)	-	Pression
mm	-	millimètre(s)	-	Longueur
µm	-	micromètre(s)	-	Longueur
N	-	newton(s)	-	Force
nm	-	nanomètre(s)	-	Longueur
Ω	-	ohm(s)	-	Résistance électrique
Pa	-	pascal(s)	-	Pression
s	-	seconde(s)	-	Temps
"	-	seconde(s) d'arc	-	Angle
V	-	volt(s)	-	Potentiel électrique
VA	-	voltampère(s)	-	Puissance électrique

<p style="text-align: center;"><b>ANNEXE B</b>  <b>PRÉCISIONS CONCERNANT DES ARTICLES ÉNUMÉRÉS DANS</b>  <b>LA LISTE DE BASE</b>  <b>(conformément à la section 2 de la partie MATIÈRES ET</b>  <b>ÉQUIPEMENTS de l'annexe A)</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>ANNEXE B</b>  <b>PRÉCISIONS CONCERNANT DES ARTICLES ÉNUMÉRÉS DANS</b>  <b>LA LISTE DE BASE</b>  <b>(conformément à la section 2 de la partie MATIÈRES ET</b>  <b>ÉQUIPEMENTS de l'annexe A)</b></p>
<p><b>1.1. Réacteurs nucléaires complets</b></p> <p>Réacteurs nucléaires pouvant fonctionner de manière à maintenir une réaction de fission en chaîne auto-entretenue contrôlée.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Un « réacteur nucléaire » comporte essentiellement les articles se trouvant à l'intérieur de la cuve de réacteur ou fixés directement sur cette cuve, le matériel pour le réglage de la puissance dans le 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.</p>	<p><b>1.1. Réacteurs nucléaires complets</b></p> <p>Réacteurs nucléaires pouvant fonctionner de manière à maintenir une réaction de fission en chaîne auto-entretenue contrôlée.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Un «réacteur nucléaire» comporte essentiellement les articles se trouvant à l'intérieur de la cuve de réacteur ou fixés directement sur cette cuve, le matériel pour le réglage de la puissance dans le 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.</p>
<p><b>1.8. Internes de réacteur nucléaire</b></p> <p>« 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. Ils incluent, par exemple, les colonnes de support du cœur, les canaux de combustible, les tubes de calandre, les écrans thermiques, les déflecteurs, les plaques à grille du cœur et les plaques de répartition.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Les « internes de réacteur nucléaire » sont des structures importantes placées à l'intérieur d'une cuve de réacteur qui remplissent une ou</p>	<p><b>1.8. Internes de réacteur nucléaire</b></p> <p>«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. Ils incluent, par exemple, les colonnes de support du cœur, les canaux de combustible, les tubes de calandre, les écrans thermiques, les déflecteurs, les plaques à grille du cœur et les plaques de répartition.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Les «internes de réacteur nucléaire» sont des structures importantes placées à l'intérieur d'une cuve de réacteur qui remplissent une ou</p>

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.

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**

- a) Générateurs de vapeur spécialement conçus ou préparés pour le circuit de refroidissement primaire ou intermédiaire d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1. ci-dessus.
- b) Autres échangeurs de chaleur 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 à l'eau d'alimentation en vue de la production de vapeur. Dans le cas d'un réacteur à neutrons rapides dans lequel se trouve aussi un circuit intermédiaire de refroidissement, le générateur de vapeur est dans le circuit intermédiaire.

Dans un réacteur refroidi par gaz, un échangeur de chaleur peut être utilisé pour transférer la chaleur vers un circuit secondaire à gaz entraînant une turbine à gaz.

Pour ces articles, les contrôles ne s'appliquent pas aux échangeurs de chaleur des systèmes de support du réacteur tels que le circuit de refroidissement d'urgence ou le circuit d'évacuation de la chaleur résiduelle.

### **1.9. Échangeurs de chaleur**

- a) Générateurs de vapeur spécialement conçus ou préparés pour le circuit de refroidissement primaire ou intermédiaire d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1. ci-dessus.
- b) Autres échangeurs de chaleur 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 à l'eau d'alimentation en vue de la production de vapeur. Dans le cas d'un réacteur à neutrons rapides dans lequel se trouve aussi un circuit intermédiaire de refroidissement, le générateur de vapeur est dans le circuit intermédiaire.

Dans un réacteur refroidi par gaz, un échangeur de chaleur peut être utilisé pour transférer la chaleur vers un circuit secondaire à gaz entraînant une turbine à gaz.

Pour ces articles, les contrôles ne s'appliquent pas aux échangeurs de chaleur des systèmes de support du réacteur (tels que le circuit de refroidissement d'urgence ou le circuit d'évacuation de la chaleur résiduelle).



<p><b>1.10. Détecteurs de neutrons</b></p> <p>Détecteurs de 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.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Cette expression désigne les détecteurs se trouvant dans le cœur et hors du cœur qui servent à mesurer les flux dans une large gamme, allant habituellement de <math>10^4</math> neutrons par <math>\text{cm}^2</math> par seconde à <math>10^{10}</math> neutrons par <math>\text{cm}^2</math> 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.</p>	<p><b>1.10. Détecteurs de neutrons</b></p> <p>Détecteurs de 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.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Cette expression désigne les détecteurs se trouvant dans le cœur et hors du cœur qui servent à mesurer les flux dans une large gamme, <del>allant</del> habituellement <u>à partir</u> de <math>10^4</math> neutrons par <math>\text{cm}^2</math> par seconde <del>à <math>10^{10}</math> neutrons par <math>\text{cm}^2</math> par seconde,</del> 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.</p>
<p><b>1.11. Écrans thermiques externes</b></p> <p>« Écrans thermiques externes » spécialement conçus ou préparés en vue d'être utilisés dans un réacteur nucléaire, au sens donné à cette expression sous 1.1., pour réduire la perte de chaleur ainsi que pour protéger la cuve de confinement.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Les « écrans thermiques externes » sont des structures importantes placées sur la cuve de réacteur qui réduisent la perte de chaleur du réacteur et la température à l'intérieur de la cuve de confinement.</p>	<p><b>1.11. Écrans thermiques externes</b></p> <p><b>«Écrans thermiques externes» spécialement conçus ou préparés en vue d'être utilisés dans un réacteur nucléaire, au sens donné à cette expression sous 1.1., pour réduire la perte de chaleur ainsi que pour protéger la cuve de confinement.</b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Les «<del>é</del>crans thermiques externes» sont des structures importantes placées sur la cuve de réacteur qui réduisent la perte de chaleur du réacteur et la température à l'intérieur de la cuve de confinement.</p>
<p><b>2.1. Deutérium et eau lourde</b></p> <p>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</p>	<p><b>2.1. Deutérium et eau lourde</b></p> <p>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</p>

<p>période de 12 mois, quel que soit le pays destinataire.</p>	<p>période de <del>12 mois</del> <u>une année civile (1<sup>er</sup> jan. – 31 déc.)</u>, quel que soit le pays destinataire.</p>
<p><b>2.2. Graphite de pureté nucléaire</b></p> <p>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, en quantité supérieure à 1 kilogramme.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p> <p>L'équivalent en bore (EB) peut être déterminé expérimentalement ou calculé en tant que somme de EB<sub>z</sub> pour les impuretés (à l'exclusion d'EB<sub>carbone</sub>, étant donné que le carbone n'est pas considéré comme une impureté) y compris le bore, où :</p> $EB_z(\text{ppm}) = FC \times \text{concentration de l'élément Z (en ppm)} ;$	<p><b>2.2. Graphite de pureté nucléaire</b></p> <p>Graphite d'une pureté supérieure à cinq <u>ppm</u> (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, en quantité supérieure à 1 <u>kilogramme</u>kg.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p> <p>L'équivalent en bore (EB) peut être déterminé expérimentalement ou calculé en tant que somme de EB<sub>z</sub> pour les impuretés (à l'exclusion d'EB<sub>carbone</sub>, étant donné que le carbone n'est pas considéré comme une impureté) y compris le bore, où :</p> $EB_z(\text{ppm}) = FC \times \text{concentration de l'élément Z (en ppm)} ;$
<p><b>3. Usines de retraitement d'éléments combustibles irradiés et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin</b></p> <p>.....</p> <p>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</p>	<p><b>3. Usines de retraitement d'éléments combustibles irradiés et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin</b></p> <p>.....</p> <p>D'une usine Purex à l'autre, <u>les</u> opérations du processus <u>sont</u> similaires <u>et sont réalisées, notamment le</u> dégainage des éléments combustibles irradiés, <u>la</u> dissolution du combustible, <u>l'</u>extraction par solvant et <u>le</u> 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</p>

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).

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).

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

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.

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

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.

<p><b>3.4. Récipients de collecte ou de stockage des solutions</b></p> <p>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 :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) parois ou structures internes avec un équivalent en bore d'au moins deux pour cent, ou</li> <li>2) un diamètre maximum de 175 mm (7 pouces) pour les récipients cylindriques, ou</li> <li>3) une largeur maximum de 75 mm (3 pouces) pour les récipients plats ou annulaires.</li> </ol>	<p><b>3.4. Récipients de collecte ou de stockage des solutions</b></p> <p>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 :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. parois ou structures internes avec un équivalent en bore d'au moins <del>deux pour cent</del> <u>2 %, ou</u> ;</li> <li>2. un diamètre maximum de 175 mm (<del>7 pouces</del>) pour les récipients cylindriques ; <u>;</u> ou</li> <li>3. une largeur maximum de 75 mm (<del>3 pouces</del>) pour les récipients plats ou annulaires.</li> </ol>
<p><b>4. Usines de fabrication d'éléments combustibles pour réacteurs nucléaires, et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin</b></p> <p>...</p> <p>Ces équipements ou ensembles d'équipements peuvent comprendre, par exemple :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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 ;</li> </ol>	<p><b>4. Usines de fabrication d'éléments combustibles pour réacteurs nucléaires, et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin</b></p> <p>...</p> <p>Ces équipements ou ensembles d'équipements peuvent comprendre, par exemple :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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 ;</li> </ol>

<p>2) des machines de soudage automatiques spécialement conçues ou préparées pour le soudage des bouchons sur les aiguilles (ou les barres) combustibles ;</p> <p>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 ;</p> <p>4) des systèmes spécialement conçus ou préparés pour fabriquer des gaines de combustible nucléaire.</p> <p>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.</p>	<p>2. des machines de soudage automatiques spécialement conçues ou préparées pour le soudage des bouchons sur les aiguilles (ou les barres) combustibles ;</p> <p>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 ;</p> <p>4. des systèmes spécialement conçus ou préparés pour fabriquer des gaines de combustible nucléaire.</p> <p>Sous 3, on trouve habituellement des équipements :</p> <p>a) d'examen par rayons X des soudures des bouchons d'aiguille (ou de barre) ;</p> <p>b) de détection des fuites d'hélium à partir des aiguilles (ou des barres) sous pression ;</p> <p><del>et</del>c) d'exploration gamma des aiguilles (ou des barres) pour vérifier que les pastilles combustibles sont correctement positionnées à l'intérieur.</p>
<p><b>5.1. Centrifugeuses à gaz et assemblages et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les centrifugeuses à gaz</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Ordinairement, la centrifugeuse se compose d'un ou de plusieurs cylindres à paroi mince, d'un diamètre compris entre 75 mm et 650 mm, 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</p>	<p><b>5.1. Centrifugeuses à gaz et assemblages et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les centrifugeuses à gaz</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Ordinairement, la centrifugeuse se compose d'un <del>ou de plusieurs</del> cylindres à paroi mince, d'un diamètre compris entre 75 mm et 650 mm, 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</p>

<p>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 à gaz utilisée pour l'enrichissement de l'uranium se caractérise par la présence dans le bol d'une ou de plusieurs chicane tournantes en forme de disque, d'un ensemble de tubes fixe servant à introduire et à prélever l'UF<sub>6</sub> 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.</p>	<p><del>minimiser</del><u>limiter autant que possible</u> les écarts par rapport à l'axe. À la différence d'autres centrifugeuses, la centrifugeuse à gaz utilisée pour l'enrichissement de l'uranium se caractérise par la présence dans le bol d'une ou de plusieurs chicane tournantes en forme de disque, d'un ensemble de tubes fixe servant à introduire et à prélever l'<u>hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>)</u> 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.</p>
<p>c) Anneaux ou soufflets :</p> <p>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 ou moins d'épaisseur, un diamètre compris entre 75 mm et 650 mm et une spire, et fabriqué dans l'un des matériaux ayant un rapport résistance/densité élevé décrit dans la NOTE EXPLICATIVE de la présente section ;</p>	<p>c) Anneaux ou soufflets :</p> <p>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 ou moins d'épaisseur, un diamètre compris entre 75 mm et 650 mm et une spire, et fabriqué dans l'un des matériaux ayant un rapport résistance/densité élevé décrit dans la NOTE EXPLICATIVE de la présente section<del>...</del></p>
<p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Les matériaux utilisés pour les composants tournants des centrifugeuses comprennent les suivants :</p> <p>a) Les aciers martensitiques vieillissables ayant une charge limite de rupture égale ou supérieure à 1,95 GPa ;</p> <p>b) Les alliages d'aluminium ayant une charge limite de rupture</p>	<p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Les matériaux utilisés pour les composants tournants des centrifugeuses comprennent les suivants :</p> <p>a) Les aciers martensitiques vieillissables ayant une charge limite de rupture égale ou supérieure à 1,95 GPa ;</p> <p>b) Les alliages d'aluminium ayant une charge limite de rupture</p>

<p>égale ou supérieure à 0,46 GPa ;</p> <p>c) Des matériaux filamenteux pouvant être utilisés dans des structures composites et ayant un module spécifique égal ou supérieur à <math>3,18 \times 10^6</math> m, et une charge limite de rupture spécifique égale ou supérieure à <math>7,62 \times 10^4</math> 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>).</p>	<p>égale ou supérieure à 0,46 GPa ;</p> <p>c) Des matériaux filamenteux pouvant être utilisés dans des structures composites et ayant un module spécifique égal ou supérieur à <math>3,18 \times 10^6</math> m, et une charge limite de rupture spécifique égale ou supérieure à <math>7,62 \times 10^4</math> 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>).</p>
<p><b>5.1.2. Composants fixes</b></p> <p>a) Paliers de suspension magnétique :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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, ou une rémanence égale ou supérieure à 98,5 % ou une densité d'énergie électromagnétique supérieure à 80 kJ/m<sup>3</sup>. 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 que l'homogénéité du matériau de l'aimant soit spécialement imposée.</li> <li>2. Paliers magnétiques actifs spécialement conçus ou préparés pour utilisation avec des centrifugeuses à gaz.</li> </ol>	<p><b>5.1.2. Composants fixes</b></p> <p>a) Paliers de suspension magnétique :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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, ou une rémanence égale ou supérieure à 98,5 % ou une densité d'énergie électromagnétique supérieure à 80 kJ/m<sup>3</sup>. 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 que l'homogénéité du matériau de l'aimant soit spécialement imposée.</li> <li>2. Paliers magnétiques actifs spécialement conçus ou préparés pour utilisation <del>avec</del> des centrifugeuses à gaz.</li> </ol>

<p>e) Enceintes de centrifugeuse :</p> <p>Composants spécialement conçus ou préparés pour contenir l'assemblage rotor d'une centrifugeuse. L'enceinte est constituée d'un cylindre rigide possédant une paroi de 30 mm d'épaisseur au plus, 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 assemblages de rotors.</p>	<p>e) Enceintes de centrifugeuse :</p> <p>Composants spécialement conçus ou préparés pour contenir l'assemblage rotor d'une centrifugeuse. L'enceinte est constituée d'un cylindre rigide possédant une paroi de 30 mm d'épaisseur au plus, 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<del>degré</del><sup>°</sup>. L'enceinte peut également être formée d'une structure de type alvéolaire permettant de loger plusieurs assemblages de rotors.</p>
<p><b>5.2. Systèmes, équipements et composants auxiliaires spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par centrifugation gazeuse</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Les systèmes, matériel et composants auxiliaires d'une usine d'enrichissement par centrifugation gazeuse 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 le matériel d'entraînement des centrifugeuses et de commande de l'usine.</p> <p>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</p>	<p><b>5.2. Systèmes, équipements et composants auxiliaires spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par centrifugation gazeuse</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Les systèmes, matériel et composants auxiliaires d'une usine d'enrichissement par centrifugation gazeuse 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 le matériel d'entraînement des centrifugeuses et de commande de l'usine.</p> <p>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 <u>gazeux</u> 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</p>



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. Le matériel, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

#### NOTE EXPLICATIVE

Certains des articles énumérés ci-dessous, 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 le cuivre, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel ou les alliages contenant 60 % ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures fluorés.

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. Le matériel, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

#### NOTE EXPLICATIVE

Certains des articles énumérés ci-dessous, 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 le cuivre, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel ou les alliages contenant 60 % en poids ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures fluorés.

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

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

1. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;
2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % ou plus de nickel en poids, ou d'alliages nickel-chrome ;
3. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ;
4. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.

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

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

5. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;
6. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % en poids ou plus de nickel ~~en poids~~, ou d'alliages nickel-chrome ;
7. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ; et
8. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.

<p><b>5.2.5. Convertisseurs de fréquence</b></p> <p>Convertisseurs de fréquence (également connus sous le nom de convertisseurs ou d'inverseurs) spécialement conçus ou préparés pour l'alimentation des stators de moteurs décrits sous 5.1.2. d), ou parties, composants et sous-assemblages de convertisseurs de fréquence, ayant toutes les caractéristiques suivantes :</p>	<p><b>5.2.5. Convertisseurs de fréquence</b></p> <p>Convertisseurs de fréquence (également connus sous le nom de convertisseurs ou d'inverseurs) spécialement conçus ou préparés pour l'alimentation des stators de moteurs décrits sous 5.1.2. d), ou parties, composants et sous-assemblages de convertisseurs de fréquence, ayant <del>toutes</del> les <u>deux</u> caractéristiques suivantes :</p>
<p><b>5.3. Assemblages et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans l'enrichissement par diffusion gazeuse</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>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.</p>	<p><b>5.3. Assemblages et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans l'enrichissement par diffusion gazeuse</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>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'<del>hexafluorure d'uranium</del> (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.</p>
<p><b>5.3.1. Barrières de diffusion gazeuse et matériaux faisant barrière</b></p> <p>a) Filtres minces et poreux spécialement conçus ou préparés, qui ont des pores d'un diamètre de 10 à 100 nm, une épaisseur égale ou inférieure à 5 mm et, dans le cas des formes tubulaires, un diamètre égal ou inférieur à 25 mm et sont constitués de matériaux métalliques, polymères ou céramiques résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> (voir NOTE EXPLICATIVE de la</p>	<p><b>5.3.1. Barrières de diffusion gazeuse et matériaux faisant barrière</b></p> <p>a) Filtres minces et poreux spécialement conçus ou préparés, qui ont des pores d'un diamètre de 10 à 100 nm, une épaisseur égale ou inférieure à 5 mm et, dans le cas des formes tubulaires, un diamètre égal ou inférieur à 25 mm et sont constitués de matériaux métalliques, polymères ou céramiques résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> (voir NOTE EXPLICATIVE de la</p>

<p>section 5.4.), et</p> <p>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 résistants à l'UF<sub>6</sub> ayant une pureté égale ou supérieure à 99,9 % en poids, une taille des grains inférieure à 10 µm et une grande uniformité de cette taille, qui sont spécialement préparés pour la fabrication de barrières de diffusion gazeuse.</p>	<p>section 5.4.)<del>, et</del>.</p> <p>b) Composés ou poudres préparés spécialement pour la fabrication de ces filtres. Ces composés et poudres comprennent le nickel et des alliages contenant 60 % <u>en poids</u> ou plus de nickel, l'oxyde d'aluminium et les polymères d'hydrocarbures totalement fluorés résistants à l'UF<sub>6</sub> ayant une pureté égale ou supérieure à 99,9 % en poids, une taille des grains inférieure à 10 µm et une grande uniformité de cette taille, qui sont spécialement préparés pour la fabrication de barrières de diffusion gazeuse.</p>
<p><b>5.3.3. Compresseurs et soufflantes à gaz</b></p> <p>Compresseurs et soufflantes à gaz spécialement conçus ou préparés, ayant une capacité d'aspiration de 1 m<sup>3</sup> par minute ou plus d'UF<sub>6</sub> et une pression de sortie pouvant aller jusqu'à 500 kPa, conçus pour fonctionner longtemps en atmosphère d'UF<sub>6</sub>, et assemblages séparés de compresseurs et soufflantes à gaz de ce type. Ces compresseurs et soufflantes à gaz ont un rapport de compression de 10/1 ou moins et sont constitués ou revêtus de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub> (voir la NOTE EXPLICATIVE de la section 5.4.).</p>	<p><b>5.3.3. Compresseurs et soufflantes à gaz</b></p> <p>Compresseurs et soufflantes à gaz spécialement conçus ou préparés, ayant une capacité d'aspiration de 1 m<sup>3</sup> par minute ou plus d'UF<sub>6</sub><del>,</del> <u>avec et</u> une pression de sortie pouvant aller jusqu'à 500 kPa, <u>et</u> conçus pour fonctionner longtemps en atmosphère d'UF<sub>6</sub>, et assemblages séparés de compresseurs et soufflantes à gaz de ce type. Ces compresseurs et soufflantes à gaz ont un rapport de compression de 10/1 ou moins et sont constitués ou revêtus de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub> (voir la NOTE EXPLICATIVE de la section 5.4.).</p>
<p><b>5.4. Systèmes, matériel et composants auxiliaires spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans l'enrichissement par diffusion gazeuse</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Les systèmes, le matériel 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</p>	<p><b>5.4. Systèmes, matériel et composants auxiliaires spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans l'enrichissement par diffusion gazeuse</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Les systèmes, le matériel et les composants auxiliaires des usines d'enrichissement par diffusion gazeuse sont les systèmes nécessaires pour introduire l'UF<sub>6</sub><del>,</del> 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><del>,</del> dans les cascades de diffusion en tant que « produit » et « résidus ». En raison des fortes propriétés d'inertie des cascades</p>

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. Le matériel, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

#### NOTE EXPLICATIVE

Les articles énumérés ci-dessous, soit sont en contact direct avec l'UF<sub>6</sub> gazeux, soit contrôlent directement le flux de gaz dans la cascade. Les matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> comprennent le cuivre, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel ou les alliages contenant 60 % ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures fluorés.

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 gazeux 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. Le matériel, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

#### NOTE EXPLICATIVE

Les articles énumérés ci-dessous, soit sont en contact direct avec l'UF<sub>6</sub> gazeux, soit contrôlent directement le flux de gaz dans la cascade. Les matériaux résistant à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> comprennent le cuivre, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel ou les alliages contenant 60 % en poids ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures fluorés.

<p><b>5.4.5. Spectromètres de masse pour UF<sub>6</sub>/sources d'ions</b></p> <p>Spectromètres de masse spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct des échantillons sur les flux d'UF<sub>6</sub> gazeux et ayant toutes les caractéristiques suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;</li> <li>2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % ou plus de nickel en poids, ou d'alliages nickel-chrome ;</li> <li>3. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ;</li> <li>4. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.</li> </ol>	<p><b>5.4.5. Spectromètres de masse pour UF<sub>6</sub>/sources d'ions</b></p> <p>Spectromètres de masse spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct sur les flux d'UF<sub>6</sub> gazeux des échantillons et ayant toutes les caractéristiques suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;</li> <li>6. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % <u>en poids</u> ou plus de nickel <del>en poids</del>, ou d'alliages nickel-chrome ;</li> <li>7. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ; <u>et</u></li> <li>8. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.</li> </ol>
<p><b>5.5. Systèmes, matériel et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par procédé aérodynamique</b></p> <p>...</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel ou les alliages contenant 60 % ou plus de nickel en poids, et les polymères d'hydrocarbures fluorés.</p>	<p><b>5.5. Systèmes, matériel et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par procédé aérodynamique</b></p> <p>...</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel ou les alliages contenant 60 % <u>en poids</u> ou plus de nickel <del>en poids</del>, et les polymères d'hydrocarbures fluorés.</p>

<p><b>5.5.11. Spectromètres de masse pour UF<sub>6</sub>/sources d'ions</b></p> <p>Spectromètres de masse spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct des échantillons sur les flux d'UF<sub>6</sub> gazeux et ayant toutes les caractéristiques suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;</li> <li>2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % ou plus de nickel en poids, ou d'alliages nickel-chrome ;</li> <li>3. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ;</li> <li>4. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.</li> </ol>	<p><b>5.5.11. Spectromètres de masse pour UF<sub>6</sub>/sources d'ions</b></p> <p>Spectromètres de masse spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct sur les flux d'UF<sub>6</sub> gazeux des échantillons et ayant toutes les caractéristiques suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;</li> <li>6. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % <u>en poids</u> ou plus de nickel <del>en poids</del>, ou d'alliages nickel-chrome ;</li> <li>7. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ; <u>et</u></li> <li>8. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.</li> </ol>
<p><b>5.6.1. Colonnes d'échange liquide-liquide (échange chimique)</b></p> <p>Colonnes d'échange liquide-liquide à contre-courant avec apport d'énergie mécanique, 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 concentrées d'acide hydrochlorhydrique, ces colonnes et leurs internes sont normalement constitués ou revêtus de matériaux plastiques appropriés (polymères d'hydrocarbures fluorés, par exemple) ou de verre. Les contacteurs centrifuges sont normalement conçus de telle manière que le temps de séjour correspondant à un étage soit de 30 secondes ou moins.</p>	<p><b>5.6.1. Colonnes d'échange liquide-liquide (échange chimique)</b></p> <p>Colonnes d'échange liquide-liquide à contre-courant avec apport d'énergie mécanique, 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 concentrées d'acide hydrochlorhydrique, ces colonnes et leurs internes sont normalement constitués ou revêtus de matériaux plastiques appropriés (polymères d'hydrocarbures fluorés, par exemple) ou de verre. Les contacteurs centrifuges sont normalement conçus de telle manière que le temps de séjour correspondant à un étage soit de 30 <u>secondes</u> ou moins.</p>

<p><b>5.6.2. Contacteurs centrifuges liquide-liquide (échange chimique)</b></p> <p>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 concentrées d'acide chlorhydrique, ces contacteurs sont normalement constitués ou revêtus de matériaux plastiques appropriés (polymères d'hydrocarbures fluorés, par exemple) ou de verre. Les contacteurs centrifuges sont normalement conçus de telle manière que le temps de séjour correspondant à un étage soit de 30 secondes ou moins.</p>	<p><b>5.6.2. Contacteurs centrifuges liquide-liquide (échange chimique)</b></p> <p>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 concentrées d'acide chlorhydrique, ces contacteurs sont normalement constitués ou revêtus de matériaux plastiques appropriés (polymères d'hydrocarbures fluorés, par exemple) ou de verre. Les contacteurs centrifuges sont normalement conçus de telle manière que le temps de séjour correspondant à un étage soit de 30 <del>secondes</del> ou moins.</p>
<p><b>5.6.6. Résines échangeuses d'ions/adsorbants à réaction rapide (échange d'ions)</b></p> <p>Résines échangeuses d'ions ou adsorbants à réaction rapide spécialement conçus ou préparés pour l'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange d'ions, en particulier résines poreuses macroréticulées et/ou structures pelliculaires dans lesquelles les groupes actifs d'échange chimique sont limités à un revêtement superficiel sur un support poreux inactif, et autres structures composites sous une forme appropriée, et notamment sous forme de particules ou de fibres. Ces articles ont un diamètre inférieur ou égal à 0,2 mm ; du point de vue chimique, ils doivent être résistants aux solutions d'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 373 K (100°C) et 473 K (200°C).</p>	<p><b>5.6.6. Résines échangeuses d'ions/adsorbants à réaction rapide (échange d'ions)</b></p> <p>Résines échangeuses d'ions ou adsorbants à réaction rapide spécialement conçus ou préparés pour l'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange d'ions, en particulier résines poreuses macroréticulées et/ou structures pelliculaires dans lesquelles les groupes actifs d'échange chimique sont limités à un revêtement superficiel sur un support poreux inactif, et autres structures composites sous une forme appropriée, et notamment sous forme de particules ou de fibres. Ces articles ont un diamètre inférieur ou égal à 0,2 mm ; du point de vue chimique, ils doivent être résistants aux solutions d'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 <del>secondes</del>) et sont efficaces à des températures comprises entre 373 K (100°C) et 473 K (200°C).</p>

<p><b>5.6.8. Systèmes de reflux (échange d'ions)</b></p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Dans le procédé d'enrichissement par échange d'ions, on peut par exemple utiliser comme cation réducteur le titane trivalent (<math>Ti^{+3}</math>) : le système de réduction régènerait alors <math>Ti^{+3}</math> par réduction de <math>Ti^{+4}</math>.</p> <p>De même, on peut par exemple utiliser comme oxydant le fer trivalent (<math>Fe^{+3}</math>) : le système d'oxydation régènerait alors <math>Fe^{+3}</math> par oxydation de <math>Fe^{+2}</math>.</p>	<p><b>5.6.8. Systèmes de reflux (échange d'ions)</b></p> <p>a) Systèmes de réduction chimique ou électrochimique spécialement conçus ou préparés pour régénérer l'agent (<del>les agents</del>) de réduction chimique utilisé(<del>s</del>) dans les cascades d'enrichissement de l'uranium par le procédé d'échange d'ions.</p> <p>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.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Dans le procédé d'enrichissement par échange d'ions, on peut par exemple utiliser comme cation réducteur le titane trivalent (<math>Ti^{+3}</math>) : le système de réduction régènerait alors <math>Ti^{+3}</math> par réduction de <math>Ti^{+4}</math>.</p> <p>De même, on peut par exemple utiliser comme oxydant le fer trivalent (<math>Fe^{+3}</math>) : le système d'oxydation régènerait alors <math>Fe^{+3}</math> par oxydation de <math>Fe^{+2}</math>.</p>
<p><b>5.7. Systèmes, équipements et composants spécialement conçus et préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par laser</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>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, parfois mélangée à un ou plusieurs autres gaz. Ces procédés sont notamment connus sous les dénominations courantes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• première catégorie - séparation des isotopes par laser sur</li> </ul>	<p><b>5.7. Systèmes, équipements et composants spécialement conçus et préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par laser</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>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, parfois mélangée à un ou plusieurs autres gaz. Ces procédés sont notamment connus sous les dénominations courantes suivantes :</p>



vapeur atomique ;

- deuxième catégorie - séparation moléculaire des isotopes par laser, y compris une réaction chimique par activation sélective des isotopes par laser.

Les systèmes, le matériel 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 photoionisation sélective) ou des dispositifs d'alimentation en vapeur d'un composé de l'uranium (en vue d'une photodissociation sélective ou d'une excitation/activation sélective) ; 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 enrichis et appauvris comme « produit » et « 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, on peut devoir englober certaines des technologies laser et d'optique laser 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 direct 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, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les

- première catégorie - séparation des isotopes par laser sur vapeur atomique ;
- deuxième catégorie - séparation moléculaire des isotopes par laser, y compris une réaction chimique par activation sélective des isotopes par laser.

Les systèmes, le matériel 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 photoionisation sélective) ou des dispositifs d'alimentation en vapeur d'un composé de l'uranium (en vue d'une photodissociation sélective ou d'une excitation/activation sélective) ;
- 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 enrichis et appauvris comme « produit » et « résidus » dans les procédés de la seconde catégorie ;
- c) des systèmes laser de procédé pour exciter sélectivement la forme uranium 235 ( [\$^{235}U\$](#) ) ;
- 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, on peut devoir englober certaines des technologies laser et d'optique laser 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

<p>alliages d'aluminium, le nickel, les alliages contenant 60 % ou plus de nickel en poids et les polymères d'hydrocarbures fluorés.</p>	<p>d'autres gaz. Toutes les surfaces qui sont en contact direct avec l'uranium ou l'UF<sub>6</sub> 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<sub>6</sub> sont le cuivre, les alliages de cuivre, l'acier inoxydable, l'aluminium, l'oxyde d'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel, les alliages contenant 60 % <u>en poids</u> ou plus de nickel <del>en poids</del> et les polymères d'hydrocarbures fluorés.</p>
<p><b>5.7.3. Assemblages collecteurs du « produit » et des « déchets » d'uranium métal (méthodes basées sur la vapeur atomique)</b></p> <p>Assemblages collecteurs du « produit » et des « résidus » spécialement conçus ou préparés pour l'uranium métal à l'état liquide ou solide.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p>	<p><b>5.7.3. Assemblages collecteurs du « produit » et des « déchets » d'uranium métal (méthodes basées sur la vapeur atomique)</b></p> <p>Assemblages collecteurs du « produit » et des « résidus » spécialement conçus ou préparés pour <u>recueillir</u> l'uranium métal à l'état liquide ou solide.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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 <del>«gouttières»</del>, des traversants, des échangeurs de chaleur et des plaques collectrices utilisées dans les méthodes de séparation magnétique, électrostatique ou autres.</p>
<p><b>5.7.10. Spectromètres de masse pour UF<sub>6</sub>/sources d'ions (méthodes moléculaires)</b></p> <p>Spectromètres de masse spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct des échantillons sur les flux d'UF<sub>6</sub> gazeux et ayant toutes les caractéristiques suivantes :</p>	<p><b>5.7.10. Spectromètres de masse pour UF<sub>6</sub>/sources d'ions (méthodes moléculaires)</b></p> <p>Spectromètres de masse spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct des échantillons sur les flux d'UF<sub>6</sub> gazeux et ayant toutes les caractéristiques suivantes :</p>

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;</li> <li>2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % ou plus de nickel en poids, ou d'alliages nickel-chrome ;</li> <li>3. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ;</li> <li>4. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 320 uma avec une résolution meilleure que 1 partie par 320 ;</li> <li>2. Sources d'ions constituées ou revêtues de nickel, d'alliages de nickel-cuivre contenant 60 % <u>en poids</u> ou plus de nickel <del>en poids</del>, ou d'alliages nickel-chrome ;</li> <li>3. Sources d'ionisation par bombardement d'électrons ; <u>et</u></li> <li>4. Présence d'un collecteur adapté à l'analyse isotopique.</li> </ol>
<p><b>5.7.13. Systèmes laser</b></p> <p>Lasers ou systèmes laser spécialement conçus ou préparés pour la séparation des isotopes de l'uranium.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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 contient habituellement des composants optiques et électroniques pour la gestion du faisceau (des faisceaux) laser et la transmission vers la chambre de séparation isotopique. Les systèmes laser des méthodes basées sur la vapeur atomique sont habituellement des lasers à colorants organiques accordables pompés par un autre type de laser (laser à vapeur de cuivre ou certains lasers d'état solide, par exemple). Les systèmes laser des méthodes moléculaires peuvent être des lasers à CO<sub>2</sub> ou à excimères et des cellules optiques à multipassages. Dans les deux méthodes, il faut stabiliser la fréquence spectrale pour que les lasers ou les systèmes laser puissent fonctionner pendant de longues périodes.</p>	<p><b>5.7.13. Systèmes laser</b></p> <p>Lasers ou systèmes laser spécialement conçus ou préparés pour la séparation des isotopes de l'uranium.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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 (<del>tel qu'amendé</del>). Le système laser contient habituellement des composants optiques et électroniques pour la gestion du faisceau (des faisceaux) laser et la transmission vers la chambre de séparation isotopique. Les systèmes laser des méthodes basées sur la vapeur atomique sont habituellement des lasers à colorants organiques accordables pompés par un autre type de laser (laser à vapeur de cuivre ou certains lasers d'état solide, par exemple). Les systèmes laser des méthodes moléculaires peuvent être des lasers à <u>CO<sub>2</sub>dioxyde de carbone</u> ou à excimères et des cellules optiques à multipassages. Dans les deux méthodes, il faut stabiliser la fréquence spectrale pour que les lasers ou les systèmes laser puissent fonctionner pendant de longues périodes.</p>

<p><b>5.8. Systèmes, équipements et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par séparation dans un plasma</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>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 <math>^{235}\text{U}</math>, 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 <math>^{235}\text{U}</math>. 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 ».</p>	<p><b>5.8. Systèmes, équipements et composants spécialement conçus ou préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par séparation dans un plasma</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>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 <math>^{235}\text{U}</math>, 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 <math>^{235}\text{U}</math>. 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 ».</p>
<p><b>5.9. Systèmes, équipements et composants spécialement conçus et préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par le procédé électromagnétique</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Dans le procédé électromagnétique, les ions d'uranium métal produits par ionisation d'un sel (en général <math>\text{UCl}_4</math>) 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</p>	<p><b>5.9. Systèmes, équipements et composants spécialement conçus et préparés pour utilisation dans les usines d'enrichissement par le procédé électromagnétique</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Dans le procédé électromagnétique, les ions d'uranium métal produits par ionisation d'un sel ([en général <a href="#">du tétrachlorure d'uranium (<math>\text{UCl}_4</math>)</a>] 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</p>

<p>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.</p>	<p>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.</p>
<p><b>5.9.1. Séparateurs isotopiques électromagnétiques</b></p> <p>Séparateurs électromagnétiques spécialement conçus ou préparés pour la séparation des isotopes de l'uranium, et matériel et composants pour cette séparation, à savoir en particulier :</p> <p>a) Sources d'ions</p> <p>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.</p>	<p><b>5.9.1. Séparateurs isotopiques électromagnétiques</b></p> <p>Séparateurs électromagnétiques spécialement conçus ou préparés pour la séparation des isotopes de l'uranium, et matériel et composants pour cette séparation, à savoir en particulier :</p> <p>a) Sources d'ions</p> <p>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.</p>
<p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p> <p>d) Pièces polaires</p> <p>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</p>	<p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p> <p>d) Pièces polaires</p> <p>Pièces polaires spécialement conçues ou préparées, de diamètre supérieur à 2 m, <u>et</u> utilisées pour maintenir un champ magnétique constant à l'intérieur du séparateur</p>

<p>transférer le champ magnétique entre séparateurs contigus.</p>	<p>électromagnétique et pour transférer le champ magnétique entre séparateurs contigus.</p>
<p><b>5.9.2. Alimentations haute tension</b></p> <p>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 %.</p>	<p><b>5.9.2. Alimentations haute tension</b></p> <p>Alimentations haute tension spécialement conçues ou préparées pour les sources d'ions et ayant <del>toutes</del> les <u>deux</u> caractéristiques suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><u>1.</u> capables de fournir en permanence, <del>pendant une période de 8 heures</del>, une tension de sortie égale ou supérieure à 20 000 V avec une intensité de sortie égale ou supérieure à 1 A ; et</li> <li><u>2.</u> une variation de tension inférieure à 0,01 % <u>pendant une période de 8 h.</u></li> </ol>
<p><b>5.9.3. Alimentations des aimants</b></p> <p>Alimentations des aimants en courant continu de haute intensité spécialement conçues ou préparées et ayant toutes les caractéristiques suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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</li> <li>2. des variations d'intensité et de tension inférieures à 0,01 %.</li> </ol>	<p><b>5.9.3. Alimentations des aimants</b></p> <p>Alimentations des aimants en courant continu de haute intensité spécialement conçues ou préparées et ayant <del>toutes</del> les <u>deux</u> caractéristiques suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><u>1.</u> capables de produire en permanence, <del>pendant une période de 8 heures</del>, un courant d'intensité supérieure ou égale à 500 A à une tension supérieure ou égale à 100 V ; et</li> <li><del>±2.</del> <u>avec</u> des variations d'intensité et de tension inférieures à 0,01 % <u>pendant une période de 8 h.</u></li> </ol>
<p><b>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</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Divers procédés permettent de produire de l'eau lourde. Toutefois,</p>	<p><b>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</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>Divers procédés permettent de produire de l'eau lourde. Toutefois,</p>

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 de 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.

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 poids en deutérium, est envoyé dans une unité de distillation pour produire de l'eau lourde de qualité réacteur, c'est-à-dire constituée à 99,75 % en poids d'oxyde de deutérium ( $D_2O$ ) 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 ( $NH_3$ ) 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  $NH_3$  liquide s'écoule de haut en bas. Le deutérium est enlevé de l'hydrogène dans le gaz de synthèse et concentré dans l'ammoniac  $NH_3$ . Le  $NH_3$  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

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 :

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 :



<p><b>6.1. Tours d'échange eau-sulfure d'hydrogène</b></p> <p>Tours d'échange ayant un diamètre de 1,5 m ou plus, pouvant fonctionner à des pressions supérieures ou égales à 2 MPa (300 psi), spécialement conçues ou préparées pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange eau-sulfure d'hydrogène.</p>	<p><b>6.1. Tours d'échange eau-sulfure d'hydrogène</b></p> <p>Tours d'échange ayant un diamètre de 1,5 m ou plus, pouvant fonctionner à des pressions supérieures ou égales à 2 MPa (<del>300 psi</del>), spécialement conçues ou préparées pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange eau-sulfure d'hydrogène.</p>
<p><b>6.2. Soufflantes et compresseurs</b></p> <p>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.</p>	<p><b>6.2. Soufflantes et compresseurs</b></p> <p>Soufflantes ou compresseurs centrifuges à étage unique sous basse pression (c'est-à-dire 0,2 MPa <del>ou 30 psi</del>) pour la circulation de sulfure d'hydrogène (c'est-à-dire un gaz contenant plus de 70 % <u>en poids de sulfure d'hydrogène</u>, <del>de</del> 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 (<del>120 000 SCFM</del>) lorsqu'ils fonctionnent à des pressions d'aspiration supérieures ou égales à 1,8 MPa (<del>260 psi</del>), et sont équipés de joints conçus pour être utilisés en milieu humide en présence de H<sub>2</sub>S.</p>
<p><b>6.3. Tours d'échange ammoniac-hydrogène</b></p> <p>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.</p>	<p><b>6.3. Tours d'échange ammoniac-hydrogène</b></p> <p>Tours d'échange ammoniac-hydrogène d'une hauteur supérieure ou égale à 35 m (<del>114,3 pieds</del>) ayant un diamètre compris entre 1,5 m (<del>4,9 pieds</del>) et 2,5 m (<del>8,2 pieds</del>) et pouvant fonctionner à des pressions supérieures à 15 MPa (<del>2 225 psi</del>), 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.</p>
<p><b>6.4. Internes de tour et pompes d'étage</b></p> <p>Internes de tour et pompes d'étage spécialement conçus ou préparés pour des tours servant à la production d'eau lourde par le procédé</p>	<p><b>6.4. Internes de tour et pompes d'étage</b></p> <p>Internes de tour et pompes d'étage spécialement conçus ou préparés pour des tours servant à la production d'eau lourde par le procédé</p>

<p>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.</p>	<p>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'<del>ammoniac</del> <u>NH<sub>3</sub></u> liquide dans un étage de contact à l'intérieur des tours.</p>
<p><b>6.5. Craqueurs d'ammoniac</b></p> <p>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.</p>	<p><b>6.5. Craqueurs d'<del>ammoniac</del> <u>NH<sub>3</sub></u></b></p> <p>Craqueurs d'<del>ammoniac</del> <u>NH<sub>3</sub></u> ayant une pression de fonctionnement supérieure ou égale à 3 MPa <del>(450 psi)</del> spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange ammoniac-hydrogène.</p>
<p><b>6.6. Analyseurs d'absorption infrarouge</b></p> <p>Analyseurs d'absorption infrarouge permettant une analyse en ligne du rapport hydrogène/deutérium lorsque les concentrations en deutérium sont égales ou supérieures à 90 %.</p>	<p><b>6.6. Analyseurs d'absorption infrarouge</b></p> <p>Analyseurs d'absorption infrarouge permettant une analyse en ligne du rapport hydrogène/deutérium lorsque les concentrations en deutérium sont égales ou supérieures à 90 % <u>en poids</u>.</p>
<p><b>6.8. Systèmes complets de concentration d'eau lourde ou colonnes pour de tels systèmes</b></p> <p>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.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p>	<p><b>6.8. Systèmes complets de concentration d'eau lourde ou colonnes pour de tels systèmes</b></p> <p>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.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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 <del>constituée à de l'oxyde de deutérium</del> <u>à 99,75 % en poids de D<sub>2</sub>O</u>) à partir d'une eau lourde à teneur moindre.</p>

<p><b>6.9. Convertisseurs d'ammoniac ou unités à synthétiser l'ammoniac</b></p> <p>Convertisseurs d'ammoniac ou unités à synthétiser l'ammoniac spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange ammoniac-hydrogène.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Ces convertisseurs ou unités utilisent du gaz de synthèse (azote et hydrogène) provenant d'une (ou de plusieurs) colonne(s) d'échange ammoniac-hydrogène à haute pression, et l'ammoniac synthétique est renvoyé à la (ou aux) colonne(s) d'échange.</p>	<p><b>6.9. Convertisseurs d'<u>ammoniac NH<sub>3</sub></u> ou unités à synthétiser l'<u>ammoniac NH<sub>3</sub></u></b></p> <p>Convertisseurs d'<u>ammoniac NH<sub>3</sub></u> ou unités à synthétiser l'<u>ammoniac NH<sub>3</sub></u> spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange ammoniac-hydrogène.</p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Ces convertisseurs ou unités utilisent du gaz de synthèse (azote et hydrogène) provenant d'une (ou de plusieurs) colonne(s) d'échange <u>ammoniac NH<sub>3</sub></u>-hydrogène à haute pression, et l'<u>ammoniac NH<sub>3</sub></u> synthétique est renvoyé à la (ou aux) colonne(s) d'échange.</p>
<p><b>7.1. Usines de conversion de l'uranium et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>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<sub>3</sub>, conversion d'UO<sub>3</sub> en UO<sub>2</sub>, conversion des oxydes d'uranium en UF<sub>4</sub>, UF<sub>6</sub> ou UCl<sub>4</sub>, conversion de l'UF<sub>4</sub> en UF<sub>6</sub>, conversion de l'UF<sub>6</sub> en UF<sub>4</sub>, conversion de l'UF<sub>4</sub> en uranium métal et conversion des fluorures d'uranium en UO<sub>2</sub>. 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</p>	<p><b>7.1. Usines de conversion de l'uranium et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin</b></p> <p>NOTE D'INTRODUCTION</p> <p>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 <u>trioxyde d'uranium (UO<sub>3</sub>)</u>, conversion d'UO<sub>3</sub> en <u>dioxyde d'uranium (UO<sub>2</sub>)</u>, conversion des oxydes d'uranium en <u>tetrafluorure d'uranium (UF<sub>4</sub>)</u>, UF<sub>6</sub> ou UCl<sub>4</sub>, conversion de l'UF<sub>4</sub> en UF<sub>6</sub>, conversion de l'UF<sub>6</sub> en UF<sub>4</sub>, conversion de l'UF<sub>4</sub> en uranium métal et conversion des fluorures d'uranium en UO<sub>2</sub>. 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</p>

<p>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<sub>2</sub>, ClF<sub>3</sub> 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.</p>	<p>« 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 (<u>acide fluorhydrique (HF)</u>, <u>fluor (F<sub>2</sub>)</u>, <u>trifluorure de chlore (ClF<sub>3</sub>)</u> 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.</p>
<p><b>7.1.1. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion des concentrés de minerai d'uranium en UO<sub>3</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>La conversion des concentrés de minerai d'uranium en UO<sub>3</sub> 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<sub>3</sub> soit par concentration et dénitruration, soit par neutralisation au moyen de gaz ammoniac afin d'obtenir du diuranate d'ammonium qui est ensuite filtré, séché et calciné.</p>	<p><b>7.1.1. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion des concentrés de minerai d'uranium en UO<sub>3</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>La conversion des concentrés de minerai d'uranium en UO<sub>3</sub> peut être réalisée par dissolution du minerai dans l'acide nitrique et extraction de nitrate d'uranyle purifié <u>[UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]</u> au moyen d'un solvant tel que le phosphate tributylque (<u>TBP</u>). Le nitrate d'uranyle est ensuite converti en UO<sub>3</sub> soit par concentration et dénitruration, soit par neutralisation au moyen de gaz <u>ammoniac NH<sub>3</sub></u> afin d'obtenir du diuranate d'ammonium qui est ensuite filtré, séché et calciné.</p>
<p><b>7.1.2. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>3</sub> en UF<sub>6</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p>	<p><b>7.1.2. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>3</sub> en UF<sub>6</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>La conversion d'UO<sub>3</sub> en UF<sub>6</sub> peut être réalisée directement par fluoration. Ce procédé nécessite une source de <u>fluor gazeux F<sub>2</sub></u> ou de <u>ClF<sub>3</sub> trifluorure de chlore</u>.</p>

<p><b>7.1.3. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>3</sub> en UO<sub>2</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p>	<p><b>7.1.3. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>3</sub> en UO<sub>2</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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'<del>ammoniac</del><u>de NH<sub>3</sub></u> craqué ou d'hydrogène.</p>
<p><b>7.1.4. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>2</sub> en UF<sub>4</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p>	<p><b>7.1.4. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>2</sub> en UF<sub>4</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>La conversion d'UO<sub>2</sub> en UF<sub>4</sub> peut être réalisée en faisant réagir l'UO<sub>2</sub> avec <del>de l'acide fluorhydrique</del><u>du HF</u> gazeux (<del>HF</del>) à une température de <u>573 à 773 K</u> (300 à 500 °C).</p>
<p><b>7.1.5. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF<sub>4</sub> en UF<sub>6</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p>	<p><b>7.1.5. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF<sub>4</sub> en UF<sub>6</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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 <u>263 K</u> (- 10 °C). Ce procédé nécessite une source de <del>fluor</del><u>F<sub>2</sub></u> gazeux.</p>
<p><b>7.1.6. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF<sub>4</sub> en U métal</b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>La conversion d'UF<sub>4</sub> en uranium métal est réalisée par réduction au moyen de magnésium (grandes quantités) ou de calcium (petites</p>	<p><b>7.1.6. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF<sub>4</sub> en <u>Uranium</u> métal</b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>La conversion d'UF<sub>4</sub> en uranium métal est réalisée par réduction au moyen de magnésium (grandes quantités) ou de calcium (petites</p>

<p>quantités). La réaction a lieu à des températures supérieures au point de fusion de l'uranium (1 130 °C).</p>	<p>quantités). La réaction a lieu à des températures supérieures au point de fusion de l'uranium (<a href="#">[1 403 K (1 130 °C)]</a>).</p>
<p><b>7.1.7. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF<sub>6</sub> en UF<sub>2</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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>.</p>	<p><b>7.1.7. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF<sub>6</sub> en UO<sub>2</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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'<del>ammoniaque</del> <a href="#">NH<sub>3</sub></a> 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 <a href="#">1 093 K (820 °C)</a>. 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 <a href="#">773-873 K (500-600 °C)</a> pour produire de l'UO<sub>2</sub>.</p>
<p><b>7.1.9. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>2</sub> en UCl<sub>4</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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>.</p>	<p><b>7.1.9. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO<sub>2</sub> en UCl<sub>4</sub></b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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 <a href="#">673 K (400 °C)</a> environ. Dans le second, on fait réagir l'UO<sub>2</sub> à une température de <a href="#">973 K (700 °C)</a> 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>.</p>

**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  $\text{PuO}_2$ , conversion de  $\text{PuO}_2$  en  $\text{PuF}_4$  et conversion de  $\text{PuF}_4$  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. 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 ([PuN](#)) en [dioxyde de plutonium](#) ( $\text{PuO}_2$ ), conversion de  $\text{PuO}_2$  en [tétrafluorure de plutonium](#) ( $\text{PuF}_4$ ) et conversion de  $\text{PuF}_4$  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.

<p><b>7.2.1. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion du nitrate de plutonium en oxyde</b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p>	<p><b>7.2.1. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion du nitrate de plutonium en oxyde</b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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 <del>nitrate de plutonium</del><math>\text{PuN}</math> en <del>dioxyde de plutonium</del><math>\text{PuO}_2</math>. D'autres procédés peuvent comporter la précipitation de l'oxalate de plutonium ou du peroxyde de plutonium.</p>
<p><b>7.2.2. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la production de plutonium métal</b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>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.</p>	<p><b>7.2.2. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la production de plutonium métal</b></p> <p>NOTE EXPLICATIVE</p> <p>Ce traitement comporte habituellement la fluoration du <del>dioxyde de plutonium</del><math>\text{PuO}_2</math>, normalement par <del>l'acide fluorhydrique</del> <math>\text{HF}</math> 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.</p>



## 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 des niveaux de protection physique efficaces, conformément aux recommandations pertinentes de l'AIEA, en particulier celles figurant dans le document INFCIRC/225.
2. Le paragraphe 3. b) des Directives stipule que la mise en œuvre de mesures de protection physique dans le pays destinataire est de la responsabilité du 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

## 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 des niveaux de protection physique efficaces, conformément aux recommandations pertinentes de l'AIEA, en particulier celles figurant dans le document INFCIRC/225.
2. Le paragraphe 3. b) des Directives stipule que la mise en œuvre de mesures de protection physique dans le pays destinataire est de la responsabilité du 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~~ AIEA intitulé 'La protection physique des matières nucléaires' (INFCIRC/225) 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

<p>lesdites matières, conformément aux paragraphes 3. a) et 3. b) des Directives.</p>	<p>selon le type de matières, l'équipement et les installations renfermant lesdites matières, conformément aux paragraphes 3. a) et 3. b) des Directives.</p>
<p><b>CATÉGORIE I</b></p> <p>Les matières entrant dans cette catégorie seront protégées contre toute utilisation non autorisée par des systèmes extrêmement fiables comme suit :</p> <p><b>Utilisation et entreposage</b> dans une zone hautement protégée, c'est-à-dire une zone protégée telle qu'elle est définie pour 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.</p> <p><b>Transport</b> 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.</p> <p>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.</p>	<p><b>CATÉGORIE I</b></p> <p>Les matières entrant dans cette catégorie seront protégées contre toute utilisation non autorisée par des systèmes extrêmement fiables comme suit :</p> <p><b>Utilisation et entreposage</b> dans une zone hautement protégée, (c'est-à-dire une zone protégée telle qu'elle est définie pour 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.</p> <p><b>Transport</b> 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.</p> <p>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.</p>

**TABLEAU : CATÉGORISATION DES MATIÈRES NUCLÉAIRES**

...

**[b]** Matières non irradiées dans un réacteur ou matières irradiées dans un réacteur donnant un niveau de rayonnement égal ou inférieur à 1 rads/heure à 1 mètre de distance sans écran.

**[f]** Les autres combustibles qui en vertu de leur teneur initiale en matières fissiles sont classés dans la catégorie I ou dans la catégorie II avant irradiation peuvent entrer dans la catégorie immédiatement inférieure si le niveau de rayonnement du combustible dépasse 1 rad/h à un mètre de distance sans écran.

**TABLEAU : CATÉGORISATION DES MATIÈRES NUCLÉAIRES**

...

**[b]** Matières non irradiées dans un réacteur ou matières irradiées dans un réacteur donnant un niveau de rayonnement égal ou inférieur à ~~100~~ [100 radsgray](#)/heure à 1 mètre de distance sans écran.

**[f]** Les autres combustibles qui en vertu de leur teneur initiale en matières fissiles sont classés dans la catégorie I ou dans la catégorie II avant irradiation peuvent entrer dans la catégorie immédiatement inférieure si le niveau de rayonnement du combustible dépasse ~~100~~ [100 radgray](#)/h à un mètre de distance sans écran.