

# MEMORIAL

**Journal Officiel**  
**du Grand-Duché de**  
**Luxembourg**



# MEMORIAL

**Amtsblatt**  
**des Großherzogtums**  
**Luxemburg**

## RECUEIL DE LEGISLATION

A—N° 16

8 mars 1993

### Sommaire

#### TRANSFERTS DE BIENS NUCLEAIRES

**Règlement ministériel du 3 février 1993 relatif aux transferts de matières, d'équipements et de technologie nucléaires . . . . . page 275**

#### **Règlement ministériel du 3 février 1993 relatif aux transferts de matières, d'équipements et de technologie nucléaires.**

*Le Ministre des Affaires Etrangères, du Commerce Extérieur et de la Coopération,*  
*Le Ministre de la Santé,*  
*Le Ministre des Finances,*

Vu l'article 12 du règlement grand-ducal du 31 juillet 1989 sur les transferts de matières, d'équipements et de technologie nucléaires et sur leurs conditions de protection physique;

Vu l'accord intervenu en 1992 entre les Etats adhérant aux directives relatives aux transferts d'articles nucléaires et de biens à double usage connexes au nucléaire et vu l'accord intervenu en 1990 entre les Etats adhérant au régime de contrôle de la technologie des missiles;

Arrêtent:

**Art. 1<sup>er</sup>.** - L'annexe I du règlement grand-ducal du 31 juillet 1989 sur les transferts de matières, d'équipements et de technologie nucléaires et sur leurs conditions de protection physique est abrogée et remplacée par l'annexe du présent règlement.

**Art. 2.** - Le présent règlement sera publié au Mémorial.

Luxembourg, le 3 février 1993.  
*Le Ministre des Affaires Etrangères,*  
*du Commerce Extérieur et de la*  
*Coopération,*  
**Jacques F. Poos**  
*Le Ministre de la Santé,*  
**Johny Lahure**  
*Le Ministre des Finances,*  
**Jean-Claude Juncker**

## ANNEXE

—  
**Première partie**Biens nucléaires : Matières, installations, équipements, logiciel et technologie nucléaires  
—

## TABLE DES MATIERES

## A. LES MATIERES NUCLEAIRES

- A10 «Uranium naturel», «uranium appauvri» et thorium
- A20 «Matières fissiles spéciales» et «autres matières fissiles»
- A30 Eléments de combustible des réacteurs nucléaires
- A40 Deutérium, eau lourde, paraffines lourdes (deutérisées) et autres composés du deutérium, ainsi que les mélanges et solutions contenant du deutérium
- A50 Graphite de qualité nucléaire
- A60 Poudre de nickel et nickel sous forme de métal poreux
- A70 Autres composés ou poudres spécialement préparés pour la formation de barrières de diffusion gazeuse.

## B. INSTALLATIONS, EQUIPEMENTS, LOGICIEL ET TECHNOLOGIE NUCLEAIRES

- B10 Installations de séparation des isotopes de l'«uranium naturel» et de l'«uranium appauvri», des «matières fissiles spéciales» et «autres matières fissiles», ainsi que les équipements et composants spécialement conçus ou préparés à cet effet
- B20 Systèmes auxiliaires, équipements et composants spécialement conçus ou préparés pour les installations d'enrichissement à centrifugeuses à gaz ou à diffusion gazeuse
- B30 Installations de production d'hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>) ainsi que les équipements et composants spécialement conçus ou préparés à cet effet
- B40 Installations de production d'eau lourde, de deutérium ou de composés du deutérium ainsi que les équipements et composants spécialement conçus ou préparés à cet effet
- B50 Réacteurs nucléaires, équipements et composants spécialement conçus ou préparés pour être utilisés en liaison avec un réacteur nucléaire
- B60 Installations spécialement conçues pour la fabrication des éléments de combustible des réacteurs nucléaires ainsi que les équipements spécialement conçus à cet effet
- B70 Installations de retraitement des éléments de combustible irradiés des réacteurs nucléaires, ainsi que les équipements et composants spécialement conçus ou préparés à cet effet
- B80 Equipements de production d'énergie ou de propulsion spécialement conçus pour être utilisés en liaison avec des réacteurs nucléaires militaires, spatiaux, navals ou mobiles
- B90 Equipements spécialement conçus ou préparés pour la séparation des isotopes du lithium
- B100 Equipements pour réacteurs nucléaires : simulateurs et matériel d'essai ultrasonique ou de Foucault
- B110 Logiciel spécialement conçu ou modifié pour le développement, la production ou l'utilisation d'équipements ou de matières contrôlés par la présente liste.
- B120 Technologie

## MATIERES NUCLEAIRES

- A10 «Uranium naturel» ou «uranium appauvri» ou thorium sous la forme d'un métal, d'un alliage, d'un composé chimique ou d'un minerai concentré et toute autre matière contenant une ou plusieurs des substances qui précèdent  
à l'exception :
  - (a) des charges de quatre grammes ou moins d'«uranium naturel» ou d'«uranium appauvri» lorsqu'elles sont contenues dans l'organe détecteur d'instruments
  - (b) de l'«uranium appauvri» spécialement fabriqué pour les applications non nucléaires civiles suivantes :
    - (1) blindage,
    - (2) remblai,
    - (3) lest,
    - (4) contrepoids.

Dans la présente rubrique :

1. on entend par «uranium naturel» l'uranium contenant le mélange d'isotopes qui se trouve dans la nature,
2. on entend par «uranium appauvri» l'uranium appauvri en isotope 235 à un niveau inférieur à celui qui se trouve dans la nature.

- A20 «Matières fissiles spéciales» et «autres matières fissiles»

à l'exception

des charges de quatre «grammes effectifs» ou moins lorsqu'elles sont contenues dans l'organe détecteur d'instruments

Dans la présente rubrique :

1. on entend par «matières fissiles spéciales» le plutonium-239, l'uranium enrichi en isotopes 235 ou 233 et toute matière contenant les substances qui précèdent,

2. on entend par «uranium enrichi en isotopes 235 ou 233» l'uranium contenant des isotopes 235 ou 233, ou les deux, en quantité telle que le rapport des teneurs isotopiques de la somme de ces isotopes à l'isotope 238 est supérieur au rapport isotope 235-isotope 238 rencontré dans la nature (rapport des teneurs isotopiques : 0,72 %),
  3. on entend par «autres matières fissiles» l'américium-242m, le curium-245 et le curium-247, le californium-249 et le californium-251, les isotopes du plutonium autres que les isotopes 239, «préalablement séparés» et toute matière contenant les substances qui précèdent,
  4. le «gramme effectif» de «matières fissiles spéciales» ou «d'autres matières fissiles» est défini comme suit :
    - (a) pour les isotopes de plutonium et l'uranium-233, le poids des isotopes en grammes,
    - (b) pour l'uranium enrichi à 1 pour cent, ou plus, en isotope U-235, le poids de l'élément en grammes multiplié par le carré de son enrichissement exprimé en fraction décimale de poids,
    - (c) pour l'uranium enrichi à moins de 1 pour cent en isotope U-235, le poids de l'élément en grammes multiplié par 0,0001,
    - (d) pour l'américium-242m, le curium-245 et le curium-247, le californium-249 et le californium-251, le poids isotopique en grammes multiplié par 10.
  5. Par l'expression «préalablement séparé», il convient d'entendre la mise en oeuvre de tout procédé destiné à augmenter la concentration de l'isotope faisant l'objet du contrôle.
- A30 Eléments de combustible pour réacteurs nucléaires, comme il est détaillé ci-dessous :
- (a) plutonium sous une forme quelconque dont la teneur isotopique en plutonium-238 excède 50 %, à l'exception :  
des charges égales ou inférieures à trois grammes lorsqu'elles sont contenues dans l'organe détecteur d'un instrument,
  - (b) neptunium-237 «préalablement séparé», sous toute forme quelconque à l'exception :  
des charges ayant une teneur en neptunium-237 égale ou inférieure à 1 gramme

Dans la présente rubrique :

il convient d'entendre par l'expression «préalablement séparé», la mise en oeuvre de tout procédé destiné à augmenter la concentration de l'isotope faisant l'objet du contrôle.

- A40 Deutérium, eau lourde, paraffines de deutérium et autres composés du deutérium ainsi que les mélanges et solutions contenant du deutérium, dans lesquels le rapport isotopique du deutérium à l'hydrogène est supérieur à 1/5000.
- A50 Graphite de qualité nucléaire ayant un degré de pureté inférieur à 5 ppM d'équivalent de bore et une densité supérieure à 1,5 g/cm<sup>3</sup>.
- A60 Poudre de nickel et nickel sous forme de métal poreux, comme suit :
- (a) poudre de nickel ayant un degré de pureté de 99,9 % ou plus, une dimension particulaire moyenne inférieure à 10 micromètres - mesurée selon la norme B 330 de l'ASTM - et un haut degré d'uniformité des dimensions des particules,
  - (b) nickel sous forme de métal poreux obtenu à partir des matières figurant au point (a) ci-dessus, à l'exclusion des feuilles uniques de nickel poreux n'excédant pas 930 cm<sup>2</sup> et destinées à être utilisées dans des batteries pour des applications civiles.
- A70 Autres composés ou poudres spécialement préparés, résistants à la corrosion par l'UF<sub>6</sub> (p.ex. l'oxyde d'aluminium et les polymères d'hydrocarbures entièrement fluorés), pour la formation de barrières de diffusion gazeuse, ayant un degré de pureté de 99,9 % ou plus, une dimension particulaire moyenne inférieure à 10 micromètres - mesurée selon la norme B 330 de l'ASTM- et un haut degré d'uniformité des dimensions des particules.

#### INSTALLATIONS, EQUIPEMENTS, LOGICIEL ET TECHNOLOGIE NUCLEAIRES

- B10 Installations de séparation des isotopes de l'«uranium naturel» et de l'«uranium appauvri», des «matières fissiles spéciales» et «autres matières fissiles», ainsi que les équipements et composants spécialement conçus ou préparés à cet effet, comme il est détaillé ci-dessous :
- (a) Installations spécialement conçues pour la séparation des isotopes de l'«uranium naturel» et de l'«uranium appauvri», des «matières fissiles spéciales» et «autres matières fissiles», comme suit :
    - (1) installations de séparation à diffusion gazeuse,
    - (2) installations de séparation à centrifugeuses à gaz,
    - (3) installations de séparation aérodynamiques,
    - (4) installations de séparation à échange chimique,
    - (5) installations de séparation à échange ionique
    - (6) installations de séparation isotopique à «laser» atomiseur,
    - (7) installations de séparation isotopique à «laser» moléculaire,
    - (8) installations de séparation à plasma,
    - (9) installations de séparation électromagnétiques

- (b) Equipements et composants comme suit, spécialement conçus ou préparés pour :
- (1) le procédé de séparation par diffusion gazeuse :
    - (A) vannes entièrement constituées ou revêtues d'aluminium, d'alliages d'aluminium, de nickel ou d'un alliage contenant 60 % de nickel ou plus, d'un diamètre égal ou supérieur à 40 mm, avec soufflets d'étanchéité
    - (B) soufflantes et compresseurs (de type turbo-compresseur, centrifuge ou à flux axial) entièrement constitués ou revêtus de matières résistant à l'UF6 (p.ex. aluminium, alliages d'aluminium, nickel ou alliage contenant 60 % ou plus de nickel), ayant une capacité de 1000 l ou plus par minute et leurs dispositifs d'étanchéité conçus pour un taux d'infiltration de gaz tampon inférieur à 1000 cm<sup>3</sup>/min.
    - (C) barrières de diffusion gazeuse en matériaux métalliques, polymères ou céramiques poreux résistant - la corrosion par l'UF6, d'une dimension des pores inférieure à 1000 Angströms, d'une épaisseur égale ou inférieure à 5 mm et, pour les configurations tubulaires, d'un diamètre égal ou inférieur à 25 mm,
    - (D) caissons de diffusion gazeuse,
    - (E) échangeurs de chaleur réalisés en aluminium, cuivre, nickel ou alliages contenant plus de 60 % de nickel ou en combinaisons de ces métaux en tubes gainés, conçus pour fonctionner à une pression inférieure à la pression atmosphérique avec un taux de fuite limitant la hausse de la pression à moins de 10 pascals (0,1 millibars) par heure avec une différence de pression de 10<sup>5</sup> pascals (1 bar)
  - (2) le procédé de séparation à centrifugeuses à gaz :
    - (A) centrifugeuses à gaz
    - (B) rotors complets
    - (C) cylindres tubes de rotor d'une épaisseur égale ou inférieure à 12 mm, d'un diamètre compris entre 75 mm et 400 mm, réalisés en matériaux ayant un rapport résistance-densité élevé tels que décrits dans la Note,
    - (D) supports magnétiques consistant en un aimant en forme d'anneau suspendu à l'intérieur d'un logement contenant un fluide amortisseur. L'aimant est couplé à un axe ou à un second aimant fixé au couvercle supérieur du rotor,
    - (E) paliers spécialement préparés constitués d'un ensemble pivot-écuelle monté sur un amortisseur,
    - (F) bagues ou soufflets d'une épaisseur de paroi égale ou inférieure à 3 mm et d'un diamètre compris entre 75 mm et 400 mm, destinés à supporter localement un tube de rotor ou à assembler un certain nombre de tubes de rotor, fabriqués en matériaux ayant un rapport résistance-densité élevé tels que décrits dans la Note
    - (G) chicanes d'un diamètre compris entre 75 mm et 400 mm destinées à être montées à l'intérieur d'un tube de rotor, fabriquées en matériaux ayant un rapport résistance-densité élevé tels que décrits dans la Note
    - (H) couvercles supérieurs et inférieurs d'un diamètre compris entre 75 mm et 400 mm conçus pour s'adapter aux extrémités d'un tube de rotor et fabriqués en matériaux ayant un rapport résistance-densité élevé tels que décrits dans la Note.
- Note: Les matériaux à rapport résistance-densité élevé utilisés pour les composants rotatifs des centrifugeuses sont les suivants:
- (a) acier maraging ayant une résistance maximale à la traction égale ou supérieure à 2,05 x 10<sup>9</sup> pascals, ou
  - (b) des alliages d'aluminium ayant une résistance maximale à la traction égale ou supérieure à 0,46 x 10<sup>9</sup> pascals
  - (c) des matériaux fibreux et filamenteux ayant un module spécifique supérieur à 3,18 x 10<sup>6</sup>m et une résistance spécifique à la traction supérieure à 7,62 x 10<sup>4</sup>m.
    - (l) pompes moléculaires consistant en cylindres présentant des rainures hélicoïdales usinées ou filées intérieurement et des alésages usinés intérieurement,
    - (j) stators toriques de moteur pour moteurs multiphase à courant alternatif et à hystérésis (ou à réluctance) destinés à fonctionner sous vide de manière synchrone dans le régime de fréquences de 600 à 2000 Hz et dans une plage de puissance de 50 à 1000 VA.
    - (K) changeurs de fréquences (convertisseurs ou inverseurs) spécialement conçus ou préparés pour alimenter les stators de moteur en vue de l'enrichissement par centrifugeuses à gaz et ayant toutes les caractéristiques suivantes, ainsi que les composants spécialement conçus à cet effet :
      - (a) Fréquence électrique multiphase de sortie comprise entre 600 et 2000 Hz,
      - (b) réglage de la fréquence à moins de 0,1 %
      - (c) distorsion harmonique inférieure à 2 %, et
      - (d) un rendement supérieur à 80 %.
  - 3) Procédé de séparation aérodynamique :
    - (A) tuyères de séparation consistant en conduites courbes à fentes avec un rayon de courbure inférieur à 1 mm (à l'intérieur de la tuyère se trouve un couteau de répartition qui sépare le gaz passant par la tuyère en deux flux),

- (B) tubes d'admission tangentiels coniques ou cylindriques commandés par le flux, spécialement conçus pour la séparation des isotopes de l'uranium
  - (C) compresseurs à hélium pour l'UF<sub>6</sub> - hydrogène entièrement constitués ou revêtus d'aluminium, d'alliages d'aluminium, de nickel ou d'un alliage contenant 60 % ou plus de nickel, y compris les dispositifs d'étanchéité des compresseurs,
  - (D) logements pour les éléments de séparation aérodynamique conçus pour contenir des tubes à vortex ou des tuyères de séparation,
  - (E) échangeurs de chaleur réalisés en aluminium, cuivre, nickel ou en un alliage contenant plus de 60 % de nickel, ou des combinaisons de ces métaux en tubes gainés, conçus pour fonctionner à des pressions égales ou inférieures  $6 \times 10^5$  pascals (6 bars)
- (4) Procédé de séparation par échange chimique :
- (A) contacteurs centrifuges liquide-liquide à échange rapide ou colonnes pulsées liquide-liquide à échange rapide fabriqués en matériaux revêtus de fluorure de carbone
  - (B) cellules de réduction électrochimique destinées à convertir l'uranium par réduction d'un état de valence en un autre
- (5) Procédé de séparation par échange d'ions, y compris les résines échangeuses d'ions à réaction rapide : résines pelliculaires, réticulées dans lesquelles les groupes d'échange chimique actifs se limitent à une couche superficielle sur une particule ou une fibre inertes.
- (6) Procédé de séparation isotopique à laser atomiseur :
- (A) canons à électrons de forte puissance ayant une puissance totale supérieure à 50 kW et canons à électrons à bandes ou à balayage ayant une puissance fournie supérieure à 2,5 kW/cm, destinés à être utilisés dans des systèmes de vaporisation d'uranium,
  - (B) creuset en forme d'auge et équipement de refroidissement pour l'uranium fondu
  - (C) systèmes collecteurs pour les produits et les rejets constitués ou revêtus de matériaux résistant à la chaleur et à l'action corrosive de la vapeur d'uranium tels que du graphite revêtu d'yttria
- (7) Procédé de séparation isotopique à laser moléculaire :
- (A) tuyères à expansion supersoniques conçues pour les gaz porteurs d'UF<sub>6</sub>
  - (B) collecteurs de filtrage des produits du fluorure d'uranium (UF<sub>5</sub>)
  - (C) équipement servant à la fluoration d'UF<sub>5</sub> en UF<sub>6</sub>,
  - (D) compresseurs pour les gaz porteurs d'UF<sub>6</sub> entièrement constitués ou revêtus d'aluminium, d'alliages d'aluminium, de nickel ou d'un alliage contenant 60 % de nickel ou plus, y compris les dispositifs d'étanchéité des compresseurs
- (8) Procédé de séparation à plasma :
- (A) collecteurs des produits et des rejets constitués ou revêtus de matériaux résistant à la chaleur et à l'action corrosive de la vapeur d'uranium tels que du graphite revêtu d'yttria
  - (B) bobines de champ à ions à haute fréquence pour des fréquences supérieures à 100 kHz et capables de supporter une puissance supérieure à 40 kW.
- B20** Systèmes auxiliaires, équipements et composants spécialement conçus ou préparés, comme suit, pour les installations d'enrichissement par centrifugeuses à gaz ou par diffusion gazeuse, constitués ou revêtus de matériaux résistants à l'UF<sub>6</sub> :
- (a) autoclaves d'alimentation pour le transfert d'UF<sub>6</sub> à la diffusion gazeuse ou aux cascades de centrifugation, capables de fonctionner à des pressions égales ou inférieures à 300 kPa
  - (b) condenseurs ou pièges à froid utilisés pour extraire l'UF<sub>6</sub> des cascades de diffusion gazeuse ou de centrifugation capables de fonctionner à des pressions égales ou inférieures à 300 kPa
  - (c) stations pour produits et rejets pour le captage et la mise en conteneurs de l'UF<sub>6</sub>
  - (d) stations de liquéfaction où l'UF<sub>6</sub> gazeux provenant des cascades de diffusion gazeuse ou de centrifugation est comprimé et refroidi pour obtenir de l'UF<sub>6</sub> liquide, capables de fonctionner à des pressions égales ou inférieures à 300 kPa
  - (e) tuyauteries et collecteurs spécialement conçus pour la circulation de l'UF<sub>6</sub> dans des cascades de diffusion gazeuse ou de centrifugation,
  - (f) distributeurs à vide, collecteurs à vide et pompes à vide spécialement conçus et ayant une capacité d'aspiration égale ou supérieure à 5 m<sup>3</sup>/minute
  - (g) spectromètres de masse pour l'UF<sub>6</sub>/sources d'ions spécialement conçus ou préparés pour prélever en continu des échantillons d'alimentation, de produit ou de rejets dans les flux gazeux d'UF<sub>6</sub> et présentant toutes les caractéristiques suivantes :
    - (A) résolution massique unitaire supérieure à 320,
    - (B) sources d'ions constituées ou revêtues de nichrome ou de monel, ou nickelées, et
    - (C) sources d'ionisation par bombardement électronique.

- B30** Installations de production d'hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>) ainsi que les équipements et composants spécialement conçus ou préparés à cet effet, à savoir :
- (a) installations de production d'UF<sub>6</sub> (b) équipements et composants suivants, spécialement conçus ou préparés pour la production d'UF<sub>6</sub> :
    - (1) réacteurs de fluoration et d'hydrofluoration à lit fluidisé et à vis et colonnes à gaz
    - (2) équipement de distillation pour la purification de l'UF<sub>6</sub>
- B40** Installations de production d'eau lourde, de deutérium ou de composés du deutérium ainsi que les équipements et composants spécialement conçus ou préparés à cet effet, à savoir
- (a) installations de production d'eau lourde, de deutérium ou de composés du deutérium, comme suit :
    - (1) installations d'échange acide sulfhydrique - eau,
    - (2) installations d'échange ammoniacque-hydrogène,
    - (3) installations de distillation d'hydrogène
  - (b) équipements et composants comme suit, conçus pour :
    - (1) le procédé d'échange acide sulfhydrique - eau :
      - (a) colonnes d'échange à plateaux
      - (b) compresseurs pour acide sulfhydrique à l'état gazeux,
    - (2) le procédé d'échange ammoniacque-hydrogène :
      - (a) colonnes d'échange ammoniacque - hydrogène à haute pression,
      - (b) contacteurs à étages à rendement élevé,
      - (c) pompes de recirculation à étages submersible
      - (d) installations de craquage d'ammoniacque conçues pour résister à des pressions supérieures à 3MPa (30 bars),
    - (3) le procédé de distillation d'hydrogène :
      - (a) colonnes de distillation cryogéniques à hydrogène et boîtes de refroidissement conçues pour fonctionner à des températures inférieures à 35 K,
      - (b) dispositifs de turboexpansion ou groupes de turbo-expansion/compression conçus pour fonctionner à des températures inférieures à 35 K
    - (4) le procédé de concentration de l'eau lourde jusqu'au niveau requis pour le réacteur (99,75 % d'oxyde de deutérium) :
      - (a) colonnes de distillation d'eau contenant des charges spécialement conçues,
      - (b) colonnes de distillation d'ammoniacque contenant des charges spécialement conçues
      - (c) brûleurs catalytiques pour la conversion du deutérium totalement enrichi en eau lourde
      - (d) analyseurs à absorption d'infrarouge capables d'analyser le rapport hydrogène-deutérium en continu avec des concentrations de deutérium égales ou supérieures à 90 %.
- B50** Réacteurs nucléaires, c.-à-d. réacteurs capables de fonctionner de façon à maintenir une réaction de fission en chaîne autoentretenu et contrôlée, et équipements et composants spécialement conçus et préparés pour être utilisés en liaison avec un réacteur nucléaire, y compris :
- (a) cuves sous pression, c.-à-d. des cuves métalliques entièrement assemblées ou des parties de ces cuves, spécialement conçues ou préparées pour contenir le coeur d'un réacteur nucléaire et capables de résister à la pression de régime du fluide de refroidissement primaire, y compris le couvercle de la cuve sous pression du réacteur
  - (b) équipements de manipulation des éléments de combustible, y compris les machines de chargement et de déchargement du combustible du réacteur
  - (c) barres de commande, c.-à-d. des barres spécialement conçues ou préparées pour régler le taux de réaction dans un réacteur nucléaire, la partie absorbant les neutrons et les dispositifs de soutien des structures de suspension de ces absorbeurs, ainsi que les tubes de guidage des barres de commande
  - (d) dispositifs de commande électroniques pour contrôler les niveaux de puissance dans les réacteurs nucléaires, y compris les mécanismes de réglage des barres de commande du réacteur et les instruments de détection et de mesure des radiations permettant de déterminer les niveaux des flux de neutrons
  - (e) tubes de force, c.-à-d. des tubes spécialement conçus ou préparés pour contenir les éléments combustibles et le fluide de refroidissement primaire dans un réacteur nucléaire à une pression de régime supérieure à 50 bars (atmosphères)
  - (f) tubes ou assemblages de tubes fabriqués en zirconium sous forme de métal ou dans un alliage dans lequel le rapport du poids du hafnium au poids du zirconium est inférieur à 1/500, spécialement conçus ou préparés pour être utilisés dans un réacteur nucléaire
  - (g) pompes de refroidissement, c.-à-d. des pompes spécialement conçues ou préparées pour faire circuler le fluide de refroidissement primaire de réacteurs nucléaires
  - (h) structures internes spécialement conçues ou préparées pour le fonctionnement du réacteur nucléaire, y compris les structures de support du coeur, les écrans thermiques, les chicanes, les plaques à grille du coeur et les plaques de diffuseur
  - (i) échangeurs de chaleur.
- B60** Installations spécialement conçues pour la fabrication d'éléments combustibles pour réacteurs nucléaires et équipements spécialement conçus à cet effet.



- Note: une installation de fabrication d'éléments combustibles pour réacteurs nucléaires comprend le matériel
- (a) qui entre normalement en contact direct avec le flux de production des matières nucléaires, le traite directement ou en assure directement le réglage
  - (b) qui assure le scellage des matières nucléaires à l'intérieur de la gaine
  - (c) qui vérifie l'intégrité de la gaine ou du scellage, et
  - (d) qui vérifie le traitement de finition du combustible solide.
- B70** Installations de retraitement des éléments de combustible nucléaires irradiés et les équipements et composants spécialement conçus ou préparés à cet effet, y compris :
- (a) machines à hacher ou à déchiqueter les éléments de combustible, c.-à-d. des équipements télécommandés destinés à couper, hacher, déchiqueter ou cisailer les assemblages, faisceaux ou barres de combustible nucléaire irradié,
  - (b) dissolveurs, récipients de sûreté anticriticité (p.ex. récipients de petit diamètre, annulaires ou plats) spécialement conçus ou préparés pour la dissolution du combustible nucléaire irradié, capables de supporter des liquides chauds et hautement corrosifs et pouvant être chargés et entretenus à distance
  - (c) extracteurs à solvant à contre-courant et équipements de traitement à échange d'ions spécialement conçus ou préparés pour être utilisés dans des installations de retraitement d'«uranium naturel», d'«uranium appauvri» ou de «matières fissiles spéciales» et «autres matières fissiles» irradiés
  - (d) instruments de contrôle des procédés spécialement conçus ou préparés pour la commande ou le suivi du retraitement de l'«uranium naturel», de l'«uranium appauvri» ou des «matières fissiles spéciales» et «autres matières fissiles» irradiés
  - (e) cuves de stockage ou d'entreposage spécialement conçues de façon à éviter la criticité et à résister à l'action corrosive de l'acide nitrique
- Les cuves constituées de façon à éviter la criticité peuvent présenter les caractéristiques suivantes :
- (1) parois ou structures internes ayant un équivalent en bore d'au moins 2 %, ou
  - (2) un diamètre maximal de 175 mm (7 in) pour les configurations cylindriques, ou
  - (3) une largeur maximale de 75 mm (3 in) pour une configuration plate ou annulaire
- (f) systèmes complets spécialement conçus ou préparés pour la conversion de nitrate de plutonium en oxyde de plutonium
  - (g) systèmes complets spécialement conçus ou préparés pour la production de plutonium en métal
- B80** Equipement de production d'énergie ou de propulsion spécialement conçu pour être utilisé avec des réacteurs nucléaires militaires, spatiaux, navals ou mobiles
- Note: Cet article ne s'applique pas à l'équipement classique de production d'énergie qui, quoiqu'il ait été conçu pour être utilisé dans une installation nucléaire donnée, pourrait, en principe, être employé en association avec des systèmes conventionnels
- B90** Equipement comme il est détaillé ci-dessous, spécialement conçu ou préparé pour la séparation des isotopes du lithium :
- (a) colonnes chargées d'échange liquide-liquide spécialement conçues pour les amalgames de lithium
  - (b) pompes à amalgame
  - (c) piles électrolytiques à amalgame
  - (d) évaporateurs pour solution concentrée d'hydroxyde de lithium
- B100** Equipement pour réacteurs nucléaires :
- (a) simulateurs spécialement conçus pour les réacteurs nucléaires
  - (b) équipement d'essais ultrasonique ou de Foucault spécialement conçu pour les réacteurs nucléaires
- B110** Logiciel spécialement conçu ou modifié pour le développement, la production ou l'utilisation d'équipements ou de matières contrôlés par la présente Liste.
- B120** Technologie
- 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 est donnée sous la forme de «données techniques» ou d'«assistance technique».
- Le transfert de «technologie» associé directement à tout article de la Liste fera l'objet d'un examen et d'un contrôle aussi poussés que l'article lui-même.
- Les contrôles du transfert de «technologie» ne s'appliquent ni aux informations qui sont «du domaine public» ni à la «recherche scientifique fondamentale».
- L'autorisation d'exportation accordée pour tout article de la présente Liste comprend également l'autorisation d'exporter vers le même consommateur final la technologie minimale nécessaire pour l'installation, la mise en oeuvre, l'entretien et la réparation de l'article.

## Deuxième partie

Biens à double usage connexes au nucléaire : équipements, matières et technologie connexe

### TABLE DES MATIERES

1. EQUIPEMENTS INDUSTRIELS
  - 1.1. Machines de mise en rotation et de formation de flux
  - 1.2. Unités et machines-outils à «commande numérique»
  - 1.3. Systèmes de contrôle des dimensions
  - 1.4. Fours à induction à vide
  - 1.5. Presses isostatiques
  - 1.6. Robots et effecteurs terminaux
  - 1.7. Equipement d'essai à vibrations
  - 1.8. Fours de fusion à arc, à faisceaux d'électrons et à plasma
2. MATIERES
  - 2.1. Aluminium à haute résistance
  - 2.2. Béryllium
  - 2.3. Bismuth (à degré élevé de pureté)
  - 2.4. Bore (avec enrichissement isotopique en bore-10)
  - 2.5. Calcium (à degré élevé de pureté)
  - 2.6. Trifluorure de chlore
  - 2.7. Creusets fabriqués en matières résistant aux métaux actinides liquides
  - 2.8. Matières fibreuses et filamenteuses
  - 2.9. Hafnium
  - 2.10. Lithium (avec enrichissement isotopique en lithium-6)
  - 2.11. Magnésium (à degré élevé de pureté)
  - 2.12. Acier maraging à haute résistance
  - 2.13. Radium
  - 2.14. Alliages de titane
  - 2.15. Tungstène
  - 2.16. Zirconium
3. EQUIPEMENTS DE SEPARATION ISOTOPIQUE POUR L'URANIUM ET COMPOSANTS
  - 3.1. Cellules à électrolyse pour la production de fluor
  - 3.2. Equipement pour rotors et soufflets
  - 3.3. Machines centrifuges à vérifier l'équilibrage multiplans
  - 3.4. Machines à enrouler les filaments
  - 3.5. Changeurs de fréquence
  - 3.6. Lasers, amplificateurs à laser et oscillateurs
  - 3.7. Spectromètres de masse et sources d'ions pour spectromètres de masse
  - 3.8. Instruments de mesure de la pression, résistant à la corrosion
  - 3.9. Vannes résistant à la corrosion
  - 3.10. Electro-aimants solénoïdaux supraconducteurs
  - 3.11. Pompes à vide
  - 3.12. Alimentation en courant fort continu (100V ou plus )
  - 3.13. Alimentation en courant continu haute pression (20 000V ou plus)
  - 3.14. Séparateurs électromagnétiques d'isotopes
4. EQUIPEMENTS LIES AUX INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU LOURDE (autres que les articles de la Liste de base)
  - 4.1. Charges spéciales pour la séparation de l'eau
  - 4.2. Pompes pour amide de potassium/ammoniaque liquide
  - 4.3. Colonnes d'échange à plateaux eau-acide sulfhydrique
  - 4.4. Colonnes de distillation cryogénique à hydrogène
  - 4.5. Convertisseurs d'ammoniaque ou réacteurs à synthétiser l'ammoniaque
5. EQUIPEMENTS DE DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES D'IMPLOSION
  - 5.1. Equipement de rayons X à éclairs
  - 5.2. Canons à étages multiples à gaz léger/canons à grande vitesse
  - 5.3. Caméras à miroir à rotation mécanique
  - 5.4. Caméras électroniques et tubes d'encadrage et de strioscopie
  - 5.5. Instruments spécialisés pour expériences hydrodynamiques
6. EXPLOSIFS ET EQUIPEMENTS CONNEXES
  - 6.1. Détonateurs et systèmes d'amorçage à points multiples
  - 6.2. Composants électroniques pour appareils de mise à feu
    - 6.2.1. Dispositifs de commutation
    - 6.2.2. Condensateurs



- 6.3. Dispositifs de mise à feu et générateurs d'impulsions équivalents à haute intensité (pour détonateurs commandés)
- 6.4. Explosifs brisants pour armes nucléaires
- 7. EQUIPEMENTS D'ESSAI NUCLEAIRE ET COMPOSANTS
  - 7.1. Oscilloscopes
  - 7.2. Tubes multiplicateurs de photoélectrons
  - 7.3. Générateurs d'impulsions à grande vitesse
- 8. DIVERS
  - 8.1. Systèmes générateurs de neutrons
  - 8.2. Equipement général se rapportant au nucléaire
    - 8.2.1. Télémanipulateurs
    - 8.2.2. Fenêtres de protection contre les radiations
    - 8.2.3. Caméras TV résistant aux effets des rayonnements
  - 8.3. Tritium, composés et mélanges de tritium
  - 8.4. Installations ou usines à tritium et composants
  - 8.5. Catalyseurs platinés au carbone
  - 8.6. Hélium-3
  - 8.7. Radionucléides à émission alpha
- 9. TECHNOLOGIE

#### ANNEXE : SPECIFICATIONS DETAILLEES POUR LES MACHINES-OUTILS

- 1. EQUIPEMENTS INDUSTRIELS
  - 1.1. Machines de mise en rotation et de formation de flux qui :
    - a. conformément aux spécifications techniques du fabricant, peuvent être équipées d'unités de «commande numérique» ou d'une unité de commande par ordinateur, et
    - b. qui possèdent deux axes ou plus pouvant être coordonnés simultanément pour la «commande continue» et mandrins de précision pour la formation de rotors conçus pour former des rotors cylindriques d'un diamètre intérieur compris entre 75 mm (3 in.) et 400 mm (16 in.) ainsi que le logiciel spécialement conçu à cet effet.

Note: Les seules machines de mise en rotation à contrôler conformément à cet article sont celles qui associent les fonctions de mise en rotation et de formation de flux.
  - 1.2. Unités de «commande numérique», «pupitres de commande de mouvements» spécialement conçus pour des applications de «commande numérique» sur des machines-outils, machines-outils «à commande numérique», «logiciel» spécialement conçu et technologie comme suit.  
Les spécifications détaillées de ces équipements sont données en annexe.
  - 1.3. Machines, dispositifs ou systèmes de contrôle des dimensions, comme suit, logiciel spécialement conçu à cet effet :
    - (a) Machines de contrôle des dimensions commandées par ordinateur ou par commande numérique et possédant les deux caractéristiques suivantes :
      - (1) deux axes ou plus, et
      - (2) une «incertitude de mesure» unidimensionnelle de la longueur égale ou inférieure à (meilleure que)  $(1,25 + L/1000) \mu\text{m}$  contrôlée à l'aide d'une sonde d'une «précision» inférieure à (meilleure que)  $0,2 \mu\text{m}$  (L étant la longueur mesurée en millimètres)  
(Réf. :VDI/VDE 2617, parties 1 et 2)
    - (b) Dispositifs de mesure du déplacement angulaire et linéaire, comme suit:
      - (1) instruments de mesure linéaire ayant l'une quelconque des caractéristiques suivantes:
        - (i) systèmes de mesure de type sans contact ayant une «résolution» égale ou inférieure à (meilleure que)  $0,2 \mu\text{m}$  à l'intérieur d'une gamme de mesures pouvant atteindre 0,2 mm,
        - (ii) systèmes à transformateur différentiel à variable linéaire (TDVL) ayant les deux caractéristiques suivantes :
          - (A) une «linéarité» égale ou inférieure à (meilleure que) 0,1 % à l'intérieur d'une gamme de mesures pouvant atteindre 5 mm, et
          - (B) une dérive égale ou inférieure à (meilleure que) 0,1 % par jour à une température ambiante de référence de la chambre d'essai égale à  $\pm 1 \text{ K}$  ou
        - (iii) systèmes de mesure ayant les deux caractéristiques suivantes :
          - (A) présence d'un «laser», et
          - (B) maintien pendant au moins 12 heures avec une gamme de température variant de  $\pm 1 \text{ K}$  autour d'une température de référence et une pression de référence.
            - (1) d'une «résolution» sur leur déviation totale égale à  $0,1 \mu\text{m}$  ou mieux, et
            - (2) avec une «incertitude de mesure» égale ou inférieure à (meilleure que)  $(0,2 + L/2000) \mu\text{m}$  (L étant la longueur mesurée en millimètres), à l'exception « des systèmes de mesure à interférométrie, sans rétroaction à boucle ouverte ou fermée, comprenant un «laser» pour mesurer les erreurs de mouvement des chariots des machines-outils, des machines de contrôle dimensionnel ou équipements similaires,
      - (2) instruments de mesure angulaire ayant une «position de déviation angulaire» égale ou inférieure à (meilleure que)  $0,00025^\circ$ .

Note: Le point (b) (2) du présent article ne contrôle pas les instruments optiques tels que les autocollimateurs utilisant la collimation de la lumière pour détecter le déplacement angulaire d'un miroir.

(c) Systèmes permettant un contrôle simultané linéaire-angulaire de semi-coques et présentant les deux caractéristiques suivantes :

- (1) une «incertitude de mesure» sur tout axe linéaire égale ou inférieure à (meilleure que) 3,5  $\mu\text{m}$  par 5 mm, et,
- (2) une «déviations de position angulaire» égale ou inférieure à 0,02 °.

Note: Le logiciel spécialement conçu pour les systèmes décrits au point (c) du présent article comprend le logiciel permettant une mesure simultanée de l'épaisseur et du contour des parois

*Note technique 1:* Les machines-outils qui peuvent servir de machines de mesure sont à contrôler si elles répondent à, ou excèdent les critères définis pour la fonction de la machine-outil ou la fonction de la machine de mesure.

*Note technique 2:* Une machine décrite dans la présente section 1.3. doit faire l'objet d'un contrôle si elle dépasse le seuil de contrôle à n'importe quel point de sa plage de fonctionnement.

*Note technique 3:* La sonde utilisée pour déterminer l'incertitude de mesure d'un système de contrôle dimensionnel sera telle que décrite dans VDI/VDE 2617, parties 2,3 et 4.

*Note technique 4:* Tous les paramètres des valeurs de mesure dans le présent article correspondent à des valeurs plus/moins, c.-à-d. pas à la totalité de la bande.

«Incertitude de mesure» : le paramètre caractéristique qui détermine dans quelle plage autour de la valeur de rendement se situe la valeur correcte de la variable mesurable avec un niveau de certitude égal à 95 %. Elle comprend les déviations systématiques non corrigées, l'effet réactif non corrigé et les écarts aléatoires (référence :VDI/VDE 2617).

«Résolution» : l'incrément le plus petit d'un dispositif de mesure ; pour les instruments numériques le pas de progression (bit) le plus petit (référence :ANSI B-89.1.12).

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

«Déviation de la position angulaire» : l'écart maximum entre la position angulaire et la position angulaire réelle mesurée avec une très grande précision après que la monture de travail de la table ait quitté sa position initiale (référence :VDI/VDE 2617. Projet : "Rotary table on coordinate measuring machines")

- 1.4. Fours à induction à vide ou à atmosphère contrôlée (gaz inerte) capables de fonctionner à des températures supérieures à 850°C et possédant des bobines d'induction de 600 mm (24 in.) de diamètre, ou moins, et une alimentation en énergie spécialement conçue pour des fours à induction ayant une alimentation en énergie de 5 kW ou plus

*Note technique:* Cet article ne concerne pas les fours conçus pour le traitement des tranches à semi-conducteurs.

- 1.5. «Presses isostatiques» capables d'atteindre une pression de régime maximale égale ou supérieure à 69 MPa (10 000 psi) et possédant une chambre dont le diamètre intérieur de la cavité est supérieur à 152 mm (6 in.) ainsi que des matrices et des moules spécialement conçus et des dispositifs de contrôle et un «logiciel spécialement conçu» à cet effet.

*Notes techniques :*

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

(2) «Presses isostatiques» : Equipement capable de pressuriser une cavité fermée en recourant à divers supports (gaz, liquide, particules solides, etc.) afin de créer une pression homogène dans toutes les directions à l'intérieur de la cavité sur une pièce ou un matériau.

- 1.6. «Robots» et «effecteurs terminaux» ayant l'une des deux caractéristiques suivantes :

- (a) spécialement conçus pour répondre aux normes nationales de sécurité applicables à la manipulation d'explosifs brisants (p.ex. répondant aux spécifications de la codification relative à l'électricité pour les explosifs brisants), ou
- (b) spécialement conçus ou réglés pour résister aux radiations de manière à supporter plus de  $5 \times 10^4$  Gy (SI) ( $5 \times 10^6$  rads (SI)) sans dégradation fonctionnelle

ainsi que les dispositifs de contrôle spécialement conçus et le «logiciel spécialement conçu» à cet effet.

*Notes techniques*

(1) «Robot» : mécanisme de manipulation qui peut être du type à trajectoire continue ou du type point à point, qui peut utiliser des «capteurs» et possède toutes les caractéristiques suivantes :

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

N . B .

La définition ci-dessus ne comprend pas les dispositifs suivants :

- (a) les mécanismes de manipulation qui ne peuvent être commandés qu'à la main ou par dispositif de commande à distance,
- (b) les mécanismes de manipulation à séquence fixe qui sont des dispositifs à déplacement automatique fonctionnant conformément à des mouvements fixes programmés mécaniquement. Le programme est limité mécaniquement par des arrêts fixes tels que boulons d'arrêt ou cames de butée. La séquence des mouvements et la sélection des trajectoires ou des angles ne sont pas variables ou modifiables au moyen de dispositifs mécaniques, électroniques ou électriques,
- (c) les mécanismes de manipulation à séquence variable programmée mécaniquement qui sont des dispositifs à mouvements automatiques fonctionnant conformément à des mouvements fixes programmés mécaniquement. Le programme est limité mécaniquement par des arrêts fixes mais réglables, tels que boulons d'arrêt ou cames de butée. La séquence des mouvements et la sélection des trajectoires ou des angles sont variables à l'intérieur du schéma du programme fixe. Les variations ou modifications du schéma du programme (p.ex. changements de boulons d'arrêt ou échanges de cames de butée) dans un ou plusieurs axes de déplacement sont accomplies uniquement au moyen d'opérations mécaniques
- (d) les mécanismes de manipulation à séquence variable sans servo- commande, qui sont des dispositifs à mouvements automatiques fonctionnant conformément à des mouvements fixes programmés mécaniquement. Le programme est variable mais la séquence se déroule uniquement à partir d'un signal binaire émis par des dispositifs binaires électriques fixés mécaniquement ou des arrêts réglables
- (e) les grues d'empilage définies comme étant des systèmes de manutention à coordonnées cartésiennes, fabriquées comme partie intégrante d'un système vertical de récipients de stockage et conçues pour avoir accès au contenu de ces récipients en vue du stockage ou du remplacement.
- (2) «Effecteurs terminaux»: Les «effecteurs terminaux» comprennent les pinces, les «unités d'outillage actives» et tout autre outillage rattaché à la plaque située à l'extrémité du bras de manipulation d'un «robot».
- (3) La définition donnée au point (a) ci-dessus ne se rapporte pas au contrôle des robots spécialement conçus pour des applications industrielles non nucléaires telles que les cabines de pulvérisation de peinture dans l'industrie automobile.
- 1.7. Equipements d'essai à vibrations utilisant des techniques de commande numérique avec régulation par réaction ou équipements d'essais à circuit fermé et logiciels conçus à cet effet, capables de faire vibrer un système de 10 g de valeur efficace (RMS) ou plus, entre 20 Hz et 2000 Hz, transmettant des forces de 50 kN (11 250 lbs) ou plus.
- 1.8. Fours de fusion et de coulée à vide et à atmosphère contrôlée pour métallurgie comme suit, ainsi que les systèmes de commande et de contrôle par ordinateur spécialement mis au point et le «logiciel spécialement conçu» à cet effet :
  - (a) fours de coulée et de refonte à arc dont la capacité des électrodes consommables est située entre 1000 cm<sup>3</sup> et 20 000 cm<sup>3</sup>, et capables de fonctionner à des températures de fusion supérieures à 1700° C
  - (b) fours de fusion à faisceaux d'électrons et fours à atomisation et à fusion de plasma ayant une puissance égale ou supérieure à 50 kW et capables de fonctionner à des températures de fusion supérieures à 1200° C.

## 2. MATIERES

- 2.1. Alliages d'aluminium capables d'une résistance maximale à la traction de 460 MPa ( $0,46 \times 10^9$  N/m<sup>2</sup>) ou plus à des températures de 293 K (20 ° C) sous la forme de tubes ou de pièces pleines (y compris les pièces forgées) ayant un diamètre extérieur supérieur à 75 mm (3 in.).

*Note technique:* La phrase «capable d'une ...» couvre les alliages d'aluminium avant ou après traitement thermique.

- 2.2. Le béryllium comme suit : métal, alliages comprenant plus de 50 % de béryllium en poids, composés contenant du béryllium et les produits manufacturés dans ces matières, à l'exception :
  - (a) des fenêtres métalliques pour les machines à rayons X
  - (b) des formes en oxyde en pièces fabriquées ou semi-fabriquées spécialement conçues pour des éléments de composants électroniques ou comme substrats pour des circuits électroniques

*Note technique* Ce contrôle s'applique aux déchets et aux chutes contenant du béryllium tel que défini ci-dessus.

- 2.3. Bismuth ayant un degré élevé de pureté (99,99 % ou plus) avec une teneur en argent très faible (moins de 10 ppM).
- 2.4. Bore et composés, mélanges et matières chargées au bore dans lesquels l'isotope bore-10 est supérieur à 20 % en poids de la teneur totale en bore.
- 2.5. Calcium (à degré élevé de pureté) contenant à la fois moins de 1000 ppM en poids d'impuretés métalliques autres que le magnésium et moins de 10 ppM de bore
- 2.6. Trifluorure de chlore (ClF<sub>3</sub>).
- 2.7. Creusets fabriqués en matières résistant aux métaux actinides liquides, comme suit :
  - (a) Creusets dont le volume est situé entre 150 ml et 8 litres constitués ou revêtus de l'une quelconque des matières suivantes ayant un degré de pureté égal ou supérieur à 98 % :

- (i) fluorure de calcium (CaF<sub>2</sub>),
  - (ii) zirconate de calcium (métazirconate) (Ca<sub>2</sub>ZrO<sub>3</sub>)
  - (iii) sulfure de cérium (Ce<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)
  - (iv) oxyde d'erbium (erbine) (Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
  - (v) oxyde de hafnium (HfO<sub>2</sub>)
  - (vi) oxyde de magnésium (MgO)
  - (vii) alliage nitruré niobium-titane-tungstène (approximativement 50 % de Nb, 30 % de Ti et 20% de W)
  - (viii) Oxyde d'yttrium (yttria) (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
  - (ix) Oxyde de zirconium (zircone) (ZrO<sub>2</sub>)
- (b) Creusets dont le volume est situé entre 50 ml et 2 litres, constitués ou revêtus de tantale ayant un degré de pureté égal ou supérieur à 99,9 %.
- (c) Creusets dont le volume est situé entre 50 ml et 2 litres, constitués ou revêtus de tantale (ayant un degré de pureté égal ou supérieur à 98 %) recouverts de carbure, de nitrure ou de borure de tantale (ou toute combinaison de ces substances).
- 2.8. (a) Matières «fibreuse et filamenteuse» carbonées ou aramides ayant un «module spécifique» égal ou supérieur à  $12,7 \times 10^6$  ou une «résistance spécifique à la traction» égale ou supérieure à  $23,5 \times 10^4$  m, ou
- (b) Matières «fibreuse et filamenteuse» en verre ayant un «module spécifique» égal ou supérieur à  $3,18 \times 10^6$  m et une «résistance spécifique à la traction» égale ou supérieure à  $7,62 \times 10^4$  m.
- (c) Structures composites sous la forme de tubes ayant un diamètre intérieur de 75 mm (3 in.) à 400 mm (16 in.) fabriquées dans les matières «fibreuse et filamenteuse» contrôlées aux points (a) ou (b) ci-dessus.

*Note technique:*

- (a) L'expression «matières fibreuses et filamenteuses» couvre les monofilaments continus, les fils continus et les rubans
- (b) Le «module spécifique» est le module de Young exprimé en N/m<sup>2</sup> divisé par le poids spécifique exprimé en N/m<sup>3</sup> mesuré à une température de  $23 \pm 2$  ° C et à une humidité relative de  $50 \pm 5$  %
- (c) La «résistance spécifique à la traction» est la résistance maximale à la traction exprimée en N/m<sup>2</sup> divisée par le poids spécifique exprimé en N/m<sup>3</sup> mesurée à une température de  $23 \pm 2$  ° C et à une humidité relative de  $50 \pm 5$  %.
- 2.9. Hafnium correspondant aux descriptions suivantes : métal, alliages et composés de hafnium comprenant plus de 60 % de hafnium en poids, et produits fabriqués dans ces matières
- 2.10. Lithium (avec enrichissement isotopique en lithium-6) comme suit :
- (a) hydrures métalliques ou alliages comprenant du lithium enrichi en isotope 6 (6Li) à une concentration supérieure à celle existant dans la nature (7,5 % sur la base d'un pourcentage d'atomes)
  - (b) toute autre matière contenant du lithium enrichi en isotope 6 (y compris les composés, les mélanges et les concentrés, les mélanges et les concentrés), à l'exclusion du 6Li incorporé dans les dosimètres à thermoluminescence.
- 2.11. Magnésium (à degré de pureté élevé) contenant en poids moins de 200 ppM d'impuretés métalliques autres que le calcium et moins de 10 ppM de bore.
- 2.12. Acier maraging (acier à trempe secondaire martensitique) capable d'une résistance maximale à la traction égale ou supérieure à 2050 MPa ( $2,050 \times 10^9$  N/m<sup>2</sup>) ( $300\,000$  lb/in.<sup>2</sup>) à l'exception des formes dans lesquelles aucune dimension linéaire n'excède 75 mm

*Note technique:* La phrase «capable d'une ...» couvre l'acier maraging avant et après traitement thermique.

- 2.13. Radium-226, à l'exception du radium contenu dans les applications médicales
- 2.15. Alliages de titane capables d'une résistance maximale à la traction égale ou supérieure à 900 MPa ( $0,9 \times 10^9$  N/m<sup>2</sup>) ( $130\,500$  lb/in.<sup>2</sup>) à une température de 293 K (20 ° C) sous la forme de tubes ou de structures pleines (y compris les pièces forgées) avec un diamètre extérieur supérieur à 75 mm (3 in.).

*Note technique:* La phrase «capables d'une ...» couvre les alliages de titane avant et après traitement thermique.

- 2.16. Tungstène comme suit : pièces fabriquées en tungstène, en carbure de tungstène ou en alliages de tungstène (plus de 90 % de tungstène) ayant une masse supérieure à 20 kg et une symétrie cylindrique creuse (y compris les segments cylindriques) d'un diamètre intérieur supérieur à 100 mm (4 in.) mais inférieur à 300 mm (12 in.), à l'exception des pièces spécialement conçues pour servir de poids ou de collimateurs à rayons gamma.
- 2.17. Zirconium comme suit : métal, alliages contenant plus de 50 % de zirconium en poids, et composés dans lesquels le rapport de la teneur en hafnium à la teneur en zirconium est inférieur à 1 partie par 500 parties en poids, et les matières fabriquées entièrement dans ces substances ; à l'exception du zirconium sous la forme de feuilles dont l'épaisseur ne dépasse pas 0,10 mm (0,004 in.).

*Note technique:* Le présent contrôle s'applique aux déchets et débris contenant du zirconium tel que défini ci-dessus.

### 3. EQUIPEMENTS DE SEPARATION ISOTOPIQUE POUR L'URANIUM ET COMPOSANTS

- 3.1. Cellules à électrolyse pour la production de fluor ayant une capacité de production supérieure à 250 g de fluor par heure.
- 3.2. Equipements de fabrication et d'assemblage de rotors mandrins et matrices pour la formation de soufflets comme suit :
- (a) équipement d'assemblage de rotors pour l'assemblage de sections, chicanes et bouchons de tubes de rotors de centrifugeuses à gaz. Ledit équipement comprend les mandrins de précision, les dispositifs de fixation et les machines d'ajustement fretté.

- (b) équipement à dresser pour rotors en vue de l'alignement des sections de tubes de rotors de centrifugeuses à gaz par rapport à un axe commun. (Note : pareil équipement comprendra normalement des capteurs de mesure de précision reliés à un ordinateur qui commande ensuite l'action de dispositifs de serrage pneumatique, par exemple, en vue d'aligner les sections de tubes de rotor).
  - (c) mandrins et matrices de formation de soufflets pour la production de soufflets à circonvolution unique (soufflets fabriqués en alliages d'aluminium à résistance élevée, en acier maraging ou en matières filamenteuses ayant une résistance élevée). Les soufflets ont l'ensemble des dimensions suivantes :
    - (1) diamètre intérieur de 75 mm à 400 mm (3 in. à 16 in.)
    - (2) longueur égale ou supérieure à 12,7 mm (0,5 in.), et
    - (3) circonvolution unique ayant une profondeur supérieure à 2 mm (0,08 in.)
- 3.3 Machines centrifuges à vérifier l'équilibrage multiplans, fixes ou déplaçables, horizontales ou verticales, comme suit :
- (a) machines centrifuges à vérifier l'équilibrage conçues pour équilibrer des rotors flexibles d'une longueur égale ou supérieure à 600 mm et possédant toutes les caractéristiques suivantes :
    - (1) diamètre utile ou diamètre de tourillon égal ou supérieur à 75 mm
    - (2) masse capable de varier entre 0,9 et 23 kg (2 et 50 lb), et
    - (3) vitesse de révolution d'équilibrage pouvant atteindre plus de 5000 rpm,
  - (b) machines centrifuges à vérifier l'équilibrage conçues pour équilibrer les composants cylindriques creux de rotors et présentant toutes les caractéristiques suivantes :
    - (1) diamètre de tourillon égal ou supérieur à 75 mm,
    - (2) masse capable de varier entre 0,9 et 23 kg (2 et 50 lb)
    - (3) capacité d'équilibrer jusqu'à un déséquilibre résiduel de 0,010 kg mm/kg par plan, ou mieux, et
    - (4) être du type actionné par courroie
 et le logiciel spécialement conçu à cet effet.
- 3.4. Machines à enrouler les filaments dans lesquelles les mouvements de positionnement, d'enveloppement et d'enroulement des fibres sont coordonnés et programmés en deux axes ou plus, spécialement conçues pour fabriquer des structures ou des feuilles composites avec des matières fibreuses et filamenteuses, et capables d'enrouler des rotors cylindriques d'un diamètre de 75 mm (3 in.) à 400 mm (16 in.) et d'une longueur égale ou supérieure à 600 mm (24 in.) ; commandes de coordination et de programmation à cet effet ; mandrins de précision et «logiciel spécialement conçu» à cet effet.
- 3.5. Changeurs de fréquence (également connus sous le nom de convertisseurs ou d'inverseurs de fréquence) ou générateurs présentant toutes les caractéristiques suivantes :
- (a) rendement multiphase capable de fournir une puissance égale ou supérieure à 40 W
  - (b) capacité de fonctionner dans le régime des fréquences situé entre 600 et 2000 Hz
  - (c) distorsion harmonique totale inférieure à 10 %, et
  - (d) contrôle des fréquences supérieure à 0,1 %
- à l'exception des changeurs de fréquence spécialement conçus ou préparés pour alimenter les «stators de moteurs» (tels que définis ci-dessous) et possédant les caractéristiques indiquées aux points (b) et (d) ci-dessus ainsi qu'une distorsion harmonique totale inférieure à 2 % et un rendement supérieur à 80 %.
- Définition**
- «Stators de moteurs»: stators annulaires spécialement conçus ou préparés pour des moteurs multiphasés rapides à hystérésis (ou à réluctance), à courant alternatif et à fonctionnement synchrone sous vide dans le régime de fréquence de 600-2000 Hz avec une plage de puissance de 50-1000 VA. Les stators sont composés d'enroulements multiphasés sur un noyau feuilleté en fer à faibles pertes comprenant de fines couches d'une épaisseur type égale ou inférieure à 2,0 mm (0,08 in.).
- 3.6. Lasers, amplificateurs à laser et oscillateurs comme suit :
- (a) lasers à vapeur de cuivre possédant une puissance de sortie moyenne égale ou supérieure à 40 W, fonctionnant sur des longueurs d'ondes situées entre 500 nm et 600 nm
  - (b) lasers ioniques à argon possédant une puissance de sortie moyenne supérieure à 40 W, fonctionnant sur des longueurs d'ondes situées entre 400 nm et 515 nm
  - (c) lasers dopés au néodyme (autres que les lasers à verre dopé) comme suit :
    - (1) ayant une longueur d'ondes de sortie située entre 1000 nm et 1100 nm, à excitation par impulsions et à modulation du facteur Q, avec une durée d'impulsion égale ou supérieure à 1 ns et possédant une des deux caractéristiques suivantes :
      - (a) un rendement de mode monotransversal avec une puissance moyenne de sortie supérieure à 40 W
      - (b) un rendement de mode multitransversal avec une puissance moyenne de sortie supérieure à 50 W
    - (2) fonctionnant sur une longueur d'ondes située entre 1000 nm et 1100 nm et comprenant un doubleur de fréquence produisant une longueur d'ondes de sortie située entre 500 nm et 550 nm avec une puissance moyenne à la fréquence double (nouvelle longueur d'ondes) supérieure à 40 W
  - (d) oscillateurs à colorants organiques accordables fonctionnant en mode pulsé unique capables d'une puissance moyenne de sortie supérieure à 1 W, une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 1 kHz, une durée d'impulsion inférieure à 100 ns et une longueur d'ondes située entre 300 nm et 800 nm
  - (e) amplificateurs à laser et oscillateurs à colorants organiques accordables fonctionnant en mode pulsé, à l'exception des oscillateurs fonctionnant en mode unique avec une puissance moyenne de sortie supérieure à 30 W, une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 1 kHz, une durée d'impulsion inférieure à 100 ns et une longueur d'ondes située entre 300 nm et 800 nm



- (f) lasers à alexandrite ayant une largeur de bande égale ou inférieure à 0,005 nm, une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 125 Hz et une puissance moyenne de sortie supérieure à 30 W, fonctionnant sur des longueurs d'ondes situées entre 720 nm et 800 nm
- (g) lasers à dioxyde de carbone à régime pulsé avec une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 250 Hz, une puissance moyenne de sortie supérieure à 500 W et une durée d'impulsion inférieure à 200 ns, fonctionnant sur des longueurs d'ondes situées entre 9000 nm et 11 000 nm  
N.B. Ces spécifications ne se rapportent pas au contrôle des lasers industriels à dioxyde de carbone de puissance plus élevée (typiquement de 1 à 5 kW) utilisés dans des applications telles que la découpe et le soudage puisque lesdits lasers fonctionnent soit en régime continu soit en régime pulsé avec une largeur d'impulsion supérieure à 200 ns.
- (h) lasers à excitation par impulsions (XeF, XeCl, KrF) avec une fréquence de récurrence d'impulsions supérieure à 250 Hz et une puissance moyenne de sortie supérieure à 500 W, fonctionnant sur des longueurs d'ondes situées entre 240 et 360 nm
- (i) appareils de déplacement Raman à parahydrogène conçus pour fonctionner sur une longueur d'ondes de sortie de 16 m avec une fréquence de récurrence supérieure à 250 Hz.

*Note technique:* les machines-outils, les dispositifs de mesure ainsi que la technologie associée qui peuvent être utilisés dans l'industrie nucléaire sont contrôlés dans les articles 1.2 et 1.3 de la présente liste.

- 3.7. Spectromètres de masse capables de mesurer des ions d'unités de masse atomique égales ou supérieures à 230 uma avec une résolution meilleure que 2 parts par 230, ainsi que des sources d'ions à cet effet comme suit :
- (a) spectromètres de masse à plasma à couplage inductif (SM/PCI)
  - (b) spectromètres de masse à décharge luminescente (SMDL)
  - (c) spectromètres de masse à ionisation thermique (SMIT)
  - (d) spectromètres de masse à bombardement d'électrons ayant une chambre de source constituée, ou revêtue, ou recouverte de plaques de matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub>
  - (e) spectromètres de masse à faisceau moléculaire comme suit :
    - (1) ayant une chambre de source constituée, ou revêtue, ou recouverte de plaques en acier inoxydable ou en molybdène et ayant un piège à froid capable de refroidir jusqu'à 193 K (-80 ° C) ou moins, ou
    - (2) ayant une chambre de source constituée, ou revêtue, ou recouverte de plaques en matériaux résistant à l'UF<sub>6</sub>, ou
  - (f) spectromètres de masse équipés d'une source ionique à microfluorination conçus pour être utilisés avec des actinides ou des fluorures actinides, à l'exception  
des spectromètres de masse magnétiques ou quadripolaires spécialement conçus ou préparés, capables de prélever «en continu» des échantillons d'alimentation, de produit ou de rejets des flux de gaz UF<sub>6</sub> et possédant toutes les caractéristiques suivantes :
    - (1) résolution unitaire pour une masse supérieure à 320
    - (2) sources d'ions constituées ou revêtues de nichrome ou de monel ou plaquées au nickel
    - (3) sources d'ionisation à bombardement par électrons
    - (4) possédant un système collecteur permettant l'analyse isotopique.
- 3.8. Instruments capables de mesurer des pressions pouvant atteindre 13 kPa (2 psi, 100 torrs) avec une précision supérieure à 1 % (déviations totale), avec des éléments capteurs de pression résistant à la corrosion fabriqués en nickel, alliages de nickel, bronze au phosphore, acier inoxydable, aluminium ou alliages d'aluminium.
- 3.9. Vannes à soufflet d'un diamètre égal ou supérieur à 5 mm (0,2 in.), entièrement constituées ou revêtues d'aluminium, d'alliages d'aluminium, de nickel ou d'un alliage contenant 60 % ou plus de nickel, à fonctionnement manuel ou automatique.
- 3.10. Electro-aimants solénoïdaux supraconducteurs possédant toutes les caractéristiques suivantes :
- (a) capables de créer des champs magnétiques de plus de 2 Teslas (20 kilogauss)
  - (b) avec un rapport L/D (longueur divisée par le diamètre intérieur) supérieur à 2
  - (c) avec un diamètre intérieur supérieur à 300 mm, et
  - (d) avec un champ magnétique uniforme (mieux que 1 %) sur les 50 % centraux du volume intérieur

*Note:*

L'article ne comprend pas les aimants spécialement conçus et exportés comme parties de systèmes médicaux d'imagerie à résonance magnétique nucléaire (RMN). Il est entendu que les termes «comme parties de» ne signifient pas nécessairement faisant matériellement partie du même envoi. Des envois séparés provenant de sources différentes sont autorisés à condition que les documents d'exportation s'y rapportant précisent clairement le rapport «partie de».

- 3.11. Pompes à vide avec un col d'entrée de 38 cm (15 in.) ou plus, une capacité de pompage égale ou supérieure à 15 000 litres/seconde et capables de produire un vide final meilleur que 10<sup>-4</sup> torrs (0,76 x 10<sup>-4</sup> mbars).

*Note technique:* le vide final est déterminé à l'entrée de la pompe, l'entrée de la pompe étant fermée.

- 3.12. Alimentation en courant fort continu capable de produire en permanence, pendant une période de 8 heures, 100 V ou plus, avec une intensité de courant égale ou supérieure à 500 ampères et une régulation du courant ou de la tension meilleure que 0,1 %.
- 3.13. Alimentation en courant continu haute tension capable de produire en permanence, pendant une période de 8 heures, 20 000 V ou plus, avec une intensité de courant égale ou supérieure à 1 ampère et une régulation du courant ou de la tension meilleure que 0,1 %.



- 3.14. Séparateurs électromagnétiques d'isotopes conçus pour ou munis de sources d'ions uniques ou multiples capables de fournir un flux ionique total égal ou supérieur à 50 mA.

Notes:

1. Le présent article se rapporte au contrôle des séparateurs capables d'enrichir les isotopes stables ainsi que ceux utilisés pour l'uranium. Un séparateur capable de séparer les isotopes de plomb avec une différence d'une unité de masse est intrinsèquement capable d'enrichir les isotopes d'uranium avec une différence de masse de trois unités.
  2. Le présent article comprend les séparateurs dont les sources et collecteurs d'ions se trouvent tous deux dans le champ magnétique ainsi que les configurations dans lesquelles ils sont extérieurs au champ.
  3. Une source unique d'ions de 50 mA produira moins de 3 g d'UHE séparé par an à partir d'une alimentation d'abondance isotopique.
  4. EQUIPEMENTS LIES AUX INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU LOURDE (Autres que les articles de la Liste de base)
    - 4.1. Charges spéciales à utiliser lors de la séparation de l'eau lourde de l'eau ordinaire et constituées d'un tamis en bronze phosphoreux ou en cuivre (tous deux traités chimiquement de manière à améliorer leur mouillabilité) et conçus pour être utilisés dans des colonnes de distillation à vide.
    - 4.2. Pompes faisant circuler des solutions d'un catalyseur amide de potassium dilué ou concentré dans de l'ammoniac liquide (KNH<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>) et possédant l'ensemble des caractéristiques suivantes :
      - (a) étanchéité totale à l'air (c.-à-d. hermétiquement scellées)
      - (b) pour les solutions amides de potassium concentrées (1 % ou plus), pression de régime de 1,5-60 MPa (15-600 atmosphères (atm)) ; pour les solutions amides de potassium diluées (moins de 1 %), pression de régime de 20-60 MPa (200-600 atm), et
      - (c) capacité supérieure à 8,5<sup>3</sup>/h (5 cu.ft. par minute).
    - 4.3. Colonnes d'échange à plateaux eau-acide sulfhydrique fabriquées en acier au carbone à grain fin (tel que ASTM A516) d'un diamètre égal ou supérieur à 1,8 m (6 ft.) pour fonctionner à une pression nominale égale ou supérieure à 2 MPa (300 psi), à l'exception des colonnes spécialement conçues ou préparées pour la production d'eau lourde. Les contacteurs internes des colonnes sont des plateaux segmentés ayant un diamètre assemblé effectif égal ou supérieur à 1,8 m (6 ft.) tels que plateaux perforés, plateaux à soupapes, plateaux à cloches et plateaux à grille conçus pour faciliter le contact à contre-courant et fabriqués en matériaux résistant à l'action corrosive des mélanges eau/acide sulfhydrique, comme l'acier inoxydable 304 L ou 316.
    - 4.4. Colonnes de distillation cryogénique à hydrogène possédant toutes les propriétés suivantes :
      - (a) conçues pour fonctionner à des températures intérieures égales ou inférieures à -238 ° C (35 K)
      - (b) conçues pour fonctionner à une pression intérieure de 0,5 à 5 MPa (5 à 50 atm)
      - (c) fabriquées en acier inoxydables à grain fin appartenant à la série 300 avec une faible teneur en soufre, ou des matériaux équivalents cryogéniques et compatibles avec H<sub>2</sub>, et
      - (d) avec un diamètre intérieur égal ou supérieur à 1 m et une longueur effective égale ou supérieure à 5 m.
    - 4.5. Convertisseurs à synthétiser l'ammoniac, unités à synthétiser l'ammoniac dans lesquels le gaz de synthèse (azote et hydrogène) est enlevé d'une colonne d'échange ammoniac/hydrogène à haute pression et l'ammoniac synthétique est renvoyée à la colonne en question.
  5. EQUIPEMENT DE DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES D'IMPLOSION
    - 5.1. Générateurs à éclairs de rayons X ou accélérateurs pulsés d'électrons ayant une énergie maximale égale ou supérieure à 500 keV comme suit, à l'exception des accélérateurs qui constituent des composants de dispositifs destinés à d'autres fins que le rayonnement de faisceaux électroniques ou de rayons X (microscopie électronique par exemple) et ceux destinés à des fins médicales :
      - (a) ayant une énergie électronique de pointe de l'accélérateur égale ou supérieure à 500 keV mais inférieure à 25 MeV et un facteur de mérite (K) égal ou supérieur à 0,25, K étant défini comme suit :
 
$$K = 1,7 \times 10^3 V^{2,65} Q,$$
 où V est l'énergie électronique de pointe en millions d'électronvolts et Q la charge totale accélérée en coulombs lorsque la durée d'impulsion du faisceau d'accélération est inférieure ou égale à 1 µs; lorsque la durée d'impulsion du faisceau d'accélération est supérieure à 1 µs, Q est la charge maximale accélérée en 1 µs (Q est égale à l'intégrale de i par rapport à t, divisée par 1 µs ou la durée de l'impulsion du faisceau selon la valeur la moins élevée (Q = f idt), i étant le courant du faisceau en ampères et t le temps en secondes), ou
      - (b) ayant une énergie électronique de pointe de l'accélérateur égale ou supérieure à 25 MeV et une puissance de pointe supérieure à 50 MW (puissance de pointe = (potentiel de pointe en volts) x (courant de pointe du faisceau en ampères)).
- Note technique:*  
*Durée de l'impulsion du faisceau:* Dans les machines basées sur des cavités d'accélération à micro-ondes, la durée de l'impulsion du faisceau est égale soit à 1 µs soit à la durée du groupe de faisceaux résultant d'une impulsion de modulation des micro-ondes, selon la valeur la plus petite.  
*Courant de pointe des faisceaux:* Dans les machines basées sur des cavités d'accélération à micro-ondes, le courant de pointe des faisceaux est le courant moyen pendant la durée du groupe de faisceaux.
- 5.2. Canons à étages multiples à gaz léger ou autres systèmes à canons à grande vitesse (systèmes à bobine, systèmes électromagnétiques ou électrothermiques, ou autres systèmes avancés) capables d'accélérer des projectiles jusqu'à 2 km par seconde ou plus.

- 5.3. Caméras à miroir à rotation mécanique  
Caméras à encadrage mécanique ayant une fréquence d'enregistrement supérieure à 225 000 images par seconde ; caméras de strioscopie ayant une vitesse d'inscription supérieure à 0,5 mm par micro-seconde ; et pièces de celles-ci, y compris les dispositifs électroniques de synchronisation spécialement conçus et les assemblages de rotors spécialement conçus (comprenant les turbines, miroirs et supports).
- 5.4. Caméras électroniques et tubes d'encadrage et de strioscopie comme suit :
- caméras électroniques de strioscopie capables d'un pouvoir de résolution dans le temps égal ou inférieur à 50 ns et tubes de strioscopie s'y rapportant
  - caméras d'encadrage électroniques (ou à obturateur électronique) capables d'une durée d'exposition d'encadrage égale ou inférieure à 50 ns
  - tubes d'encadrage et imageurs à semiconducteurs destinés à être utilisés avec les caméras contrôlées au point (b) ci-dessus, comme suit :
    - tubes intensificateurs d'images avec mise au point sur «proximité», dont la cathode photovoltaïque est déposée sur une couche conductrice transparente afin de diminuer la résistance de couche de la cathode photovoltaïque
    - tubes intensificateurs vidicon au silicium et à grilles où un système rapide permet de séparer les photoélectrons de la cathode photovoltaïque avant qu'ils ne soient projetés contre la plaque de l'intensificateur vidicon au silicium,
    - obturateur électro-optique à cellule Kerr ou à cellule de Pockels, ou
    - autres tubes d'encadrage et imageurs à semiconducteurs ayant un temps de déclenchement pour images rapides inférieur à 50 ns spécialement conçus pour les caméras contrôlées au point (b) ci-dessus.
- 5.5. Instruments spécialisés pour expériences hydrodynamiques comme suit :
- interféromètres de vitesse pour mesurer les vitesses supérieures à 1 km par seconde pendant des intervalles inférieurs à 10  $\mu$ s. (VISAR, interféromètres Doppler à laser, DLI, etc.)
  - instruments de manganimétrie pour des pressions supérieures à 100 kilobars, ou
  - capteurs de pression à quartz pour des pressions supérieures à 100 kilobars.
6. EXPLOSIFS ET EQUIPEMENTS CONNEXES
- 6.1. Détonateurs et systèmes d'amorçage à points multiples (fil à exploser, percuteur, etc.)
- détonateurs d'explosifs à commande électrique comme suit :
    - amorce à pont (AP)
    - fil à exploser (FE)
    - percuteur, et
    - initiateurs à feuille explosive (IFE)
  - systèmes utilisant un détonateur unique ou plusieurs détonateurs conçus pour amorcer pratiquement simultanément une surface explosive (de plus de 5000 mm<sup>2</sup>) à partir d'un signal unique de mise à feu (avec un temps de propagation de l'amorçage sur la surface en question inférieur à 2,5  $\mu$ s.
- Description plus précise : les détonateurs en question utilisent tous un petit conducteur électrique (amorce à pont, fil à exploser ou feuille) qui se vaporise avec un effet explosif lorsqu'une impulsion électrique rapide à haute intensité passe par ledit conducteur. Dans les détonateurs de type "non percuteur", le conducteur à explosion amorce une détonation chimique dans un matériau de contact fortement explosif comme le PETN (tétranitrate de pentaérythritol). Dans les détonateurs à percuteur, la vaporisation à action explosive du conducteur électrique amène un «percuteur» à passer au-dessus d'un écartement et l'impact du percuteur sur un explosif amorce une détonation chimique. Dans certains cas, le percuteur est actionné par une force magnétique. L'expression détonateur «à feuille explosive» peut se référer à un détonateur AP ou à un détonateur à percuteur. De même, le terme «initiateur» est parfois employé au lieu du terme «détonateur».
- Les détonateurs qui n'utilisent que des explosifs primaires, comme l'azoture de plomb, ne doivent pas être soumis à un contrôle.
- 6.2. Composants électroniques pour les appareils de mise à feu (dispositifs de commutation et condensateurs à décharge d'impulsions)
- 6.2.1. Dispositifs de commutation
- tubes à cathode froide (y compris les tubes au krytron à gaz et les tubes au sphyron à vide), qu'ils soient ou non remplis de gaz, fonctionnant de manière similaire à un éclateur à étincelle, comprenant trois électrodes ou plus et possédant toutes les caractéristiques suivantes :
    - tension anodique nominale de pointe égale ou supérieure à 2500 V,
    - courant de plaque nominal de pointe égal ou supérieur à 100 A, (3) temporisation de l'anode égale ou inférieure à 10  $\mu$ s, et
  - éclateurs à étincelle déclenchés avec une temporisation de l'anode égale ou inférieure à 15  $\mu$ s et prévus pour un courant de pointe égal ou supérieur à 500 A
  - modules ou assemblages à commutation rapide possédant toutes les caractéristiques suivantes :
    - tension anodique nominale de pointe supérieure à 2000 V
    - courant de plaque nominal de pointe égal ou supérieur à 500 A, et
    - temps de commutation égal ou inférieur à 1  $\mu$ s.

- 6.2.2. Condensateurs possédant les caractéristiques suivantes :
- (a) tension nominale supérieure à 1,4 kV, accumulation d'énergie supérieure à 10 J, capacité supérieure à 0,5  $\mu\text{F}$  et inductance série inférieure à 50 nH, ou
  - (b) tension nominale supérieure à 750V, capacité supérieure à 0,25  $\mu\text{F}$  et inductance série inférieure à 10 nH.
- 6.3. Dispositifs de mise à feu et générateurs d'impulsions équivalents à haute intensité (pour détonateurs commandés), comme suit :
- (a) dispositifs de mise à feu de détonateurs d'explosions conçus pour actionner les détonateurs à commande multiple indiqués à l'article 6.1. ci-dessus
  - (b) générateurs d'impulsions électriques modulaires (contacteurs à impulsions) conçus pour une utilisation portative, mobile, ou exigeant une robustesse élevée (y compris les dispositifs de commande à lampe à Xénon), possédant l'ensemble des caractéristiques suivantes:
    - (1) capables de fournir leur énergie en moins de 15  $\mu\text{s}$ ,
    - (2) ayant une intensité supérieure à 100 A,
    - (3) ayant un temps de montée inférieur à 10  $\mu\text{s}$  dans des charges inférieures à 40 ohms (Le temps de montée est défini comme étant l'intervalle entre des amplitudes de courant de 10 % à 90 % lors de l'actionnement d'une charge ohmique)
    - (4) enfermés dans un boîtier étanche aux poussières
    - (5) n'ayant aucune dimension supérieure à 25,4 cm (10 in.)
    - (6) pesant moins de 25 kg (55 lbs), et
    - (7) conçus pour être utilisés à l'intérieur d'une vaste gamme de températures (-50° C à 100° C) ou conçus pour une utilisation aérospatiale.
- 6.4. Explosifs brisants ou substances ou mélanges contenant plus de 2 % des produits suivants :
- (a) cyclotétraméthylènetetranitramine (HMX)
  - (b) cyclotriméthylènetrinitramine (RDX)
  - (c) triaminotrinitrobenzène (TATB)
  - (d) tout explosif ayant une densité cristalline supérieure à 1,8 g/cm<sup>3</sup> et une vitesse de détonation supérieure à 8000 m/s, ou
  - (e) hexanitrostilbène (HNS).

## 7. EQUIPEMENTS D'ESSAI NUCLEAIRES ET COMPOSANTS

- 7.1. Oscilloscopes et enregistreurs de réponses indicielles et composants spécialement conçus comme suit : plaques embrochables, amplificateurs extérieurs, préamplificateurs, dispositifs d'échantillonnage et tubes à rayons cathodiques pour oscilloscopes analogiques.
- (a) oscilloscopes analogiques non modulaires ayant une «largeur de bande» égale ou supérieure à 1 GHz
  - (b) systèmes à oscilloscope analogique modulaire possédant une des deux caractéristiques suivantes :
    - (i) une unité centrale ayant une «largeur de bande» égale ou supérieure à 1 GHz, ou
    - (ii) des modules embrochables à «largeur de bande» individuelle égale ou supérieure à 4 GHz
  - (c) oscilloscopes analogiques d'échantillonnage pour l'analyse de phénomènes récurrents avec une «largeur de bande» effective supérieure à 4 GHz
  - (d) oscilloscopes numériques et enregistreurs de réponses indicielles employant des techniques de conversion analogico-numériques, capables de stocker des phénomènes transitoires en prélevant suivant un programme séquentiel des échantillons uniques à des intervalles successifs inférieurs à 1 ns (supérieurs à 1 giga- échantillon par seconde), convertissant en numérique jusqu'à une résolution de 8 bits ou plus et mettant en mémoire 256 échantillons ou plus.

*Note technique:* Par «largeur de bande», il convient d'entendre la bande des fréquences dans laquelle la déflexion sur le tube à rayons cathodiques ne descend pas en-dessous de 70,7 % de celle enregistrée au point maximal et mesurée avec une tension constante à l'entrée de l'amplificateur de l'oscilloscope.

- 7.2. Tubes multiplicateurs de photoélectrons ayant une surface photocathodique supérieure à 20 cm<sup>2</sup> et possédant un temps de montée de l'impulsion anodique inférieur à 1 ns.
- 7.3. Générateurs d'impulsions à grande vitesse avec une tension de sortie supérieure à 6V dans une charge ohmique de moins de 55 ohms et un temps de transition des impulsions inférieur à 500 ps (défini comme étant l'intervalle entre une amplitude de tension de 10 % et de 90 %)

## 8. DIVERS

- 8.1. Systèmes générateurs de neutrons, y compris les tubes, conçus pour fonctionner sans installation de vide extérieure et utilisant l'accélération électrostatique pour déclencher une réaction nucléaire tritium-deutérium.
- 8.2. Equipement se rapportant à la manipulation et au traitement de matières nucléaires ainsi qu'aux réacteurs nucléaires comme suit :
- 8.2.1. Télémanipulateurs qui transmettent à l'aide de systèmes électriques, hydrauliques ou mécaniques la conversion mécanique d'actions d'opérateurs humains à un bras manipulateur et à un dispositif terminal, qui peuvent être utilisés pour accomplir des actions à distance lors d'opérations de séparation radiochimiques et dans des «cellules de haute activité». Les télémanipulateurs sont capables de traverser une paroi de cellule de 0,6 m ou plus (2 ft. ou plus), ou bien de passer par-dessus le sommet d'une paroi de cellule ayant une épaisseur égale ou supérieure à 0,6 m (2 ft. ou plus).

- 8.2.2. Fenêtres de protection contre les radiations à haute densité (verre plombé ou autre matière), ayant un côté dont la longueur est supérieure à 0,3 m (1 ft.), une densité supérieure à 3 g/cm<sup>3</sup> et une épaisseur égale ou supérieure à 100 mm ainsi que les cadres spécialement conçus à cet effet.
- 8.2.3. Caméras TV résistant aux effets des rayonnements spécialement conçues ou réglées pour résister aux effets des rayonnements, capables de supporter plus de 5 x 10<sup>4</sup>Gy (SI) (5 x 10<sup>6</sup> rads (SI)) sans dégradation fonctionnelle, et objectifs spécialement conçus pour y être utilisés.
- 8.3. Tritium, composés de tritium et mélanges contenant du tritium dans lesquels le rapport du tritium à l'hydrogène en atomes est supérieur à 1 ppm, à l'exception d'un produit ou dispositif ne contenant pas plus de 40 Ci de tritium sous toute forme chimique ou physique.
- 8.4. Installations ou usines de production, régénération, extraction, concentration ou manipulation de tritium, et équipements comme suit :
- Unités de réfrigération de l'hydrogène ou de l'hélium capables de refroidir jusqu'à - 250°C (23 K) ou moins, avec une capacité d'enlèvement de la chaleur supérieure à 150 watts, ou
  - systèmes de stockage et de purification des isotopes d'hydrogène utilisant des hybrides métalliques comme support de stockage ou de purification.
- 8.5. Catalyseurs platinés spécialement conçus ou préparés pour favoriser la réaction d'échange d'isotopes d'hydrogène entre l'hydrogène et l'eau en vue de la régénération du tritium de l'eau lourde ou pour la production d'eau lourde.
- 8.6. Hélium sous toute forme avec enrichissement isotopique en hélium-3, qu'il soit ou non mélangé à d'autres matières ou contenu dans tout équipement ou dispositif quelconque, à l'exception des produits ou dispositifs contenant moins de 1 g d'hélium-3.
- 8.7. Radionucléides à émission alpha et équipements contenant lesdits radionucléides comme suit :
- Tous les radionucléides à émission alpha ayant une demi-vie alpha de 10 jours ou plus mais de moins de 200 ans, y compris les composés et mélanges contenant ces radionucléides avec une activité alpha totale de 1 Ci par kg (37 GBq/kg) ou plus, à l'exception des dispositifs contenant moins de 100 millicuries (3,7 GBq) d'activité alpha par dispositif.
9. TECHNOLOGIE
- Les dispositions de B120 sont d'application.

ANNEXE: Spécifications détaillées pour les machines-outils (Article 1.2. de la Liste des biens biusage connexes au nucléaire soumis au contrôle à l'exportation)

- 1.2. Unités de «commande numérique», «pupitres de commande de mouvements» spécialement conçus pour des applications à «commande numérique» sur des machines-outils, machines-outils «à commande numérique», «logiciel» spécialement conçu, et technologie comme il est détaillé ci-dessous :
- Unités de «commande numérique» pour machines-outils comme il est détaillé ci-dessous :
    - ayant plus de quatre axes à interpolation qui peuvent être coordonnés simultanément pour une «commande continue», ou
    - ayant deux, trois ou quatre axes à interpolation qui peuvent être coordonnés simultanément pour une «commande continue» alors qu'une ou plusieurs des conditions suivantes sont remplies :
      - capacité de «traiter en temps réel» des données afin de modifier la trajectoire de l'outil pendant le travail sur machine-outil au moyen d'un calcul automatique et d'une modification des données du «programme de pièce» pour travailler dans deux axes, ou plus, au moyen de cycles de mesure et d'un accès aux données de base
      - capacité de recevoir directement (en continu) et de traiter les données d'une conception assistée par ordinateur (CAO) pour la préparation interne des instructions machine, ou
      - capacité, sans modification, d'accepter, conformément aux spécifications techniques du fabricant, des pupitres supplémentaires qui permettraient d'accroître le nombre d'axes à interpolation qui peuvent être coordonnés simultanément pour une «commande continue», au-dessus des niveaux de commande même si elles ne comprennent pas ces pupitres supplémentaires.
  - «Pupitres de commande de mouvements» spécialement conçus pour des machines-outils possédant une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :
    - existence d'une interpolation pour plus de quatre axes
    - capacité de «traiter en temps réel» décrit au point (a) (2) (i) ci-dessus, ou
    - capacité de recevoir et de traiter les données d'une CAO telle que décrite au point (a) (2) (ii) ci-dessus

Note 1: Les sous-articles (a) et (b) ne contrôlent pas les unités de «commande numérique» et les «pupitres de commande de mouvements» s'ils

- ont été modifiés et incorporés dans des machines non soumises au contrôle, ou
- ont été spécialement conçus pour des machines non contrôlées.

Note 2: Le «logiciel» (y compris la documentation) pour des unités de «commande numérique» qui peut être exporté doit :

- se présenter uniquement sous une forme exécutable à la machine, et
  - être limité au minimum nécessaire pour l'utilisation (c.-à-d. l'installation, la mise en oeuvre et l'entretien) de ces unités.
- (c) Machines-outils comme il est détaillé ci-dessous, pour enlever ou couper des métaux, de la céramique ou des matières composites qui, conformément aux spécifications techniques du fabricant, peuvent être équipées de dispositifs électroniques pour une «commande continue» simultanée dans deux axes ou plus.

*Note technique*

1. L'axe c des machines à rectifier en coordonnées utilisé pour maintenir les meules perpendiculaires aux surfaces de travail n'est pas considéré comme un axe rotatif à positionnement continu.
  2. Ne sont pas compris dans le nombre total d'axes de positionnement continu les axes parallèles secondaires à positionnement continu comme, p.ex. un axe rotatif secondaire dont la ligne centrale est parallèle à l'axe rotatif primaire.
  3. La nomenclature des axes sera conforme à la norme ISO 841 de l'Organisation internationale de normalisation «Nomenclature des axes et mouvements des machines à commande numérique».
  4. Les axes rotatifs ne doivent pas nécessairement effectuer une rotation de 360°. Un axe rotatif peut être actionné par un dispositif linéaire comme, p.ex., une vis ou un dispositif à crémaillère.
- (1) Machines-outils à usiner au tour, meuler, fraiser, ou toute combinaison de celles-ci :
- (i) possédant deux axes, ou plus, pouvant être coordonnés simultanément pour une «commande continue», et
  - (ii) possédant l'une quelconque des caractéristiques suivantes :
    - (A) deux axes rotatifs, ou plus, à positionnement continu,
    - (B) un ou plusieurs «arbres inclinables» à positionnement continu

Note: le point (c)(1)(ii)(B) s'applique uniquement aux machines-outils à meuler ou à fraiser.

- (C) «Mise en prise» (déplacement axial) en une rotation de l'arbre inférieure à (meilleure que) 0,0006 mm à la lecture totale de l'indicateur («total indicator reading» :TIR)

Note: le point (c)(1)(ii)(C) s'applique uniquement aux machines-outils à usiner au tour.

- (D) «excentricité» (fonctionnement en faux rond) en une rotation de l'arbre inférieure à (meilleure que) 0,0006 TIR.
- (E) la «précision de positionnement» lorsque toutes les compensations sont disponibles est inférieure à (meilleure que) :
- (1) 0,001 ° sur tout axe rotatif
  - (2) (a) 0,004 mm le long de tout axe linéaire (positionnement global) pour les machines à meuler
  - (b) 0,006 mm le long de tout axe linéaire (positionnement global) pour les machines à fraiser et à usiner au tour.

Note: le point (c)(1)(ii)(E)(2)(b) ne s'applique pas aux machines-outils à fraiser ou à usiner au tour ayant une précision de positionnement le long d'un axe linéaire, lorsque toutes les compensations sont disponibles, égale ou supérieure à (moins bonne que) 0,005 mm.

*Notes:*

- (1) Le sous-article (c) ne s'applique pas aux machines à meulage cylindrique externe, interne et externe-interne possédant l'ensemble des caractéristiques suivantes :
  - (a) machines à meuler qui ne sont pas sans centre (de type sabot)
  - (b) limitées au meulage cylindrique,
  - (c) une pièce à travailler d'un diamètre ou d'une longueur extérieurs de 150 mm au maximum
  - (d) seulement deux axes qui peuvent être coordonnés simultanément pour une «commande continue», et
  - (e) pas d'axe c de positionnement continu.
- (2) le sous-article (c) ne s'applique pas aux machines conçues spécifiquement comme machines à meuler en coordonnées possédant les deux caractéristiques suivantes
  - (a) axes limités à x, y, c et a, l'axe c étant utilisé pour maintenir la meule perpendiculaire à la surface de travail, alors que l'axe a a été conçu pour rectifier les cames périphériques, et
  - (b) excentricité de l'arbre non inférieure à (pas meilleure que) 0,0006 mm.
- (3) Le sous-article (c) ne s'applique pas aux machines à meuler affûteuses d'outils ou de lames possédant l'ensemble des caractéristiques suivantes :
  - (a) expédition en système complet avec un «logiciel» spécialement conçu pour la production d'outils ou de lames,
  - (b) pas plus de deux axes rotatifs pouvant être coordonnés simultanément pour une «commande continue»,
  - (c) excentricité (faux-rond) en une rotation de l'arbre qui n'est pas inférieure à (pas meilleure que) 0,0006 mm TIR, et
  - (d) «précision de positionnement» lorsque toutes les compensations sont disponibles non inférieure à (pas meilleure que) :
    - (i) 0,004 mm le long de tout axe linéaire pour un positionnement global, ou
    - (ii) 0,001 ° pour tout axe rotatif
- (2) Machines à usinage par étincelage (EDM)
  - (i) du type à alimentation par fil ayant cinq axes ou plus, pouvant être coordonnés simultanément pour une «commande continue»
  - (ii) du type sans fil ayant deux axes rotatifs, ou plus, de positionnement continu pouvant être coordonnés simultanément pour une «commande continue».
- (3) Autres machines-outils pour enlever des métaux, de la céramique ou des matières composites :
  - (i) au moyen
    - (A) de jets d'eau ou d'autres liquides, y compris ceux utilisant des additifs abrasifs
    - (B) d'un faisceau électronique, ou
    - (C) d'un rayon «laser», et



- (ii) ayant deux axes rotatifs, ou plus, qui
  - (A) peuvent être coordonnés simultanément pour une «commande continue» et
  - (B) ont une «précision de positionnement» inférieure à (meilleure que) 0,003°.
- (d) «Logiciel»
  - (1) «Logiciel» spécialement conçu ou modifié pour le «développement», la «production» ou l'«utilisation» d'équipement contrôlé par les sous-catégories (a), (b) ou (c) ci-dessus
  - (2) «Logiciel» spécifique, comme suit:
    - (i) «logiciel» conçu pour fournir une «commande adaptative» et possédant les deux caractéristiques suivantes :
      - (A) pour des «unités de fabrication flexibles» (UFF) qui comprennent au moins l'équipement décrit en (b) (1) et (b) (2) de la définition des «unités de fabrication flexibles», et
      - (B) capables de produire ou de modifier en «traitement en temps réel» les données de «programmes de pièces» en utilisant les signaux obtenus simultanément au moyen d'au moins deux techniques de détection telles que:
        - (1) vision machine (classification optique)
        - (2) imageur à l'infrarouge
        - (3) imageur acoustique (classification acoustique)
        - (4) mesure par contact
        - (5) position d'inertie
        - (6) mesure de force
        - (7) mesure de couple

Note: Le présent sous-article ne s'applique pas au «logiciel» qui ne fait que reprogrammer de l'équipement à fonctions identiques dans des «unités de fabrication flexibles» en employant des «programmes de pièces» mis préalablement en mémoire et une stratégie préalablement mise en mémoire pour la répartition des «programmes de pièces».

- (ii) «Logiciel» pour dispositifs électroniques autres que ceux décrits aux sous-articles (a) ou (b) qui fournit la capacité de «commande numérique» de l'équipement contrôlé au sous-article 1.2.
- (e) Technologie
  - (1) «Technologie» pour le «développement» de l'équipement contrôlé par les sous-articles (a), (b) ou (c) ci-dessus, et (f) ou (g) ci-après, et du sous-article (d).
  - (2) «Technologie» pour la «production» de l'équipement contrôlé par les sous-articles (a), (b) ou (c) ci-dessus, et (f) ou (g) ci-après.
  - (3) Autre «technologie» :
    - (i) pour le «développement» de graphiques interactifs comme partie intégrante d'unités de «commande numérique» pour la préparation ou la modification de «programmes de pièces»
    - (ii) pour le «développement» de «logiciel» d'intégration en vue de l'incorporation dans des unités de «commande numérique» de systèmes spécialisés destinés au soutien des décisions avancées pour les opérations sur place.
- (f) Composants et accessoires pour les machines-outils contrôlées par le sous-article (c) comme suit :
  - (1) Assemblages de broches comprenant au moins des broches et des logements avec un mouvement radial («excentrique») ou axial («de mise en prise») de l'axe en une rotation de la broche inférieure à (meilleur que) 0,0006 mm TIR
  - (2) Unités linéaires de réaction de mise en position (p.ex. dispositifs de type inductif, échelles graduées, systèmes à «laser» ou à infrarouge) ayant, avec compensation, une «précision» globale meilleure que  $800 + (600 \times L \times 10^{-3})$  nm, où L est égale à la longueur effective en millimètres de la mesure linéaire, à l'exception des systèmes de mesure à interféromètre, sans boucle de rétroaction ouverte ou fermée, comprenant un «laser» pour mesurer des erreurs de mouvement des chariots des machines-outils, des machines de contrôle dimensionnel ou tout équipement similaire.
  - (3) Unités rotatives de réaction de mise en position (p.ex. dispositifs de type inductif, échelles graduées, systèmes à «laser» ou à infrarouge) ayant, avec compensation, une «précision» d'arc inférieure à (meilleure que) 0,00025°, à l'exception des systèmes de mesure à interféromètre, sans boucle de rétroaction ouverte ou fermée, comprenant un «laser» pour mesurer les erreurs de mouvement des chariots des machines-outils, des machines de contrôle dimensionnel ou tout équipement similaire.
  - (4) Assemblages à glissières comprenant un assemblage minimal de glissières, coulisseau et chariot possédant toutes les caractéristiques suivantes :
    - (i) un lacet, un pas ou un rouleau inférieure à (meilleur que) 2 secondes d'arc TIR (réf. ISO/DIS 230-1 sur la totalité du déplacement)
    - (ii) une rectilignité horizontale inférieure à (meilleure que) 2 µm par 300 mm de longueur, et
    - (iii) une rectilignité verticale inférieure à (meilleure que) 2 µm sur la totalité du déplacement par 300 mm de longueur
  - (5) Outils amovibles à tranchant diamanté unique possédant toutes les caractéristiques suivantes :
    - (i) Un tranchant ne présentant pas de défaut ou d'éclat lorsqu'il est grossi 400 fois dans n'importe quelle direction
    - (ii) un faux rond du rayon de coupe inférieure à (meilleure que) 0,002 mm TIR (également crête-à-crête), et
    - (iii) un rayon de coupe situé entre 0,1 et 5,0 mm inclus.



- (g) Composants ou sous-ensembles spécialement conçus comme il est précisé ci-dessous, capables, conformément aux spécifications du fabricant, d'améliorer les unités de «commande numérique», les pupitres de commande des mouvements, les machines-outils ou les dispositifs de rétroaction jusqu'aux niveaux contrôlés dans les sous-articles (a), (b), (c), (f)(2), ou (f)(3) ou au-dessus de ces niveaux :
- (1) plaquettes à circuits imprimés avec composants montés et le "logiciel" nécessaire à cet effet
  - (2) «tables à rotation à mouvements croisés».

### Troisième partie

#### LISTE DES EQUIPEMENTS ET TECHNOLOGIES DE MISSILES

##### Article 1 - Catégorie 1

Les systèmes fusées complets (y compris les missiles balistiques, les lanceurs spatiaux et les fusées sondes) et les véhicules aériens non pilotés\* (y compris les missiles de croisière, engins cibles, engins de reconnaissance) capables de transporter une charge utile d'au moins 500 kg à une portée d'au moins 300 km, ainsi que les moyens de production spécialement conçus pour ces systèmes.

\*Note: l'expression «véhicule aérien non piloté» sera comprise pour l'ensemble du texte de la présente liste, comme tout engin à vol non balistique, évoluant dans l'atmosphère, guidé et/ou piloté, sans intervention d'un personnel embarqué.

##### Article 2 - Catégorie 1

Sous-systèmes complets utilisables dans les systèmes visés à l'article 1, comme suit, ainsi que les moyens et équipements de production correspondants;

- a) les étages de fusée
- b) les véhicules de rentrée et leurs équipements spécialement conçus, comme suit, à l'exclusion des dispositions du point (1) ci-dessous pour ceux conçus pour des charges utiles non militaires.
  - (1) boucliers thermiques et leurs composants en matériaux céramiques ou ablatifs.
  - (2) dissipateurs de chaleur et leurs composants fabriqués en matériaux légers et à haute capacité thermique
  - (3) équipements électroniques spécialement conçus ou adaptés aux véhicules de rentrée.
- c) Moteurs fusée à propergol solide ou liquide d'une impulsion totale de  $1,1 \times 10^6$  N/s ou plus à l'exclusion des dispositions de la note 1 ci-dessous pour ceux spécialement conçus ou adaptés pour la correction d'orbite des satellites.
- d) Sous-ensembles de guidage conférant une précision (erreur circulaire probable) de 10 km ou moins à une distance de 300 km, à l'exclusion des dispositions du point 1 ci-dessous pour ceux conçus pour les missiles d'une portée inférieure à 300 km et les avions pilotés.
- e) Les commandes du vecteur poussée à l'exclusion des dispositions de la note (1) ci-dessous pour ceux conçus pour les fusées d'une portée inférieure à 300 km.
- f) Les mécanismes de sécurité, d'armement, de déclenchement et de mise à feu de la tête militaire, à l'exclusion des dispositions du point (1) ci-dessous pour ceux destinés aux systèmes autres que ceux visés à l'article 1.

Notes sur l'article 2:

- 1) Les exclusions aux points b), c), d), e) et f) ci-dessus pourront être traitées comme article de catégorie 2 si le sous-système est exporté avec des garanties sur son utilisation finale et dans des limites de quantité compatibles avec les utilisations finales énoncées plus haut.
- 2) L'écart circulaire probable (CEP) est une mesure de la précision; c'est le rayon du cercle centré sur la cible, à une distance donnée, dans lequel 50% des charges utiles font impact.

##### Article 3 - Catégorie 2

Composants et équipements de propulsion utilisables dans les systèmes visés à l'article 1, comme suit, ainsi que leurs moyens de production spécialement conçus.

- a) Les turboréacteurs et turbopropulseurs légers (y compris les turbomélangeurs), petits et à faible consommation.
- b) Les statoréacteurs, y compris les dispositifs de régulation de la combustion et leurs équipements de production spécialement conçus.
- c) Les enveloppes de moteurs fusée et leurs équipements de production spécialement conçus.
- d) Les dispositifs de séparation d'étages et leurs équipements de production spécialement conçus.
- e) Les systèmes de commande des carburants liquides et leurs composants, spécialement conçus pour fonctionner en ambiance de vibrations de plus de 12 g efficaces entre 20 HZ et 2000 HZ, y compris:
  - (1) les servo valves conçus pour des débits de 24 litres par minute ou plus, sous une pression de 250 bars, et dont les surfaces en contact avec les flux contiennent 90% ou plus de tantale, de titane ou de zirconium, que ces éléments soient purs ou mélangés, à l'exclusion des surfaces faites de matériaux contenant plus de 97% et moins de 99,7% de titane.

- (2) les pompes (à l'exclusion des pompes à vide) dont toutes les surfaces de contact avec les flux contiennent 90% ou plus de tantale, titane ou zirconium, que ces éléments soient purs ou mélangés, à l'exclusion des surfaces faites en matériaux contenant plus de 97% et moins de 99,7% de titane.

Notes sur l'article 3 :

- 1) Les moteurs visés à l'article 3 (a) peuvent être exportés en tant que constituants d'un avion piloté ou dans les quantités compatibles avec la maintenance d'avions pilotés.
- 2) Les systèmes et composants visés à l'article 3 (e) peuvent être exportés en tant que constituants d'un satellite.

#### Article 4 - Catégorie 2

Produits chimiques utilisés dans la propulsion comme suit :

- a) Substances propulsives
- (1) Hydrazine concentrée à plus de 70 p.100.
  - (2) Diméthyl hydrazine dissymétrique (UDMH)
  - (3) Perchlorate d'ammonium sphérique de granulométrie inférieure à 500 microns.
  - (4) Poudre sphérique d'aluminium de granulométrie inférieure à 500 microns et contenant 97 p.100 ou plus d'aluminium.
  - (5) Carburants métalliques de granulométrie inférieure à 500 microns qu'ils soient sous forme sphérique, atomisée, sphéroïdale, en paillettes ou comme support, et contenant 97 p.100 ou plus de l'un des éléments suivants : zirconium, titane, uranium, tungstène, bore, zinc, et leurs alliages, magnésium, Misch métal.
  - (6) Les nitramines (cyclotétraméthylène-tétranitramine, octogène), cyclo-tétraméthylène-trinitramine (hexogène), quand elles sont spécialement destinées à la propulsion.
- b) Substances polymères
- (1) Polybutadiène carboxytéléchétiq (PBCT).
  - (2) Polybutadiène hydroxytéléchétiq (PBHT).
- c) Propergols composites y compris les propergols moulés-collés et les propergols à liants nitrés contenant plus de 5 p 100 d'aluminium
- d) Tout autre carburant à haut rendement telles que les bouillies au bore qui libèrent une énergie égale ou supérieure à  $40 \times 10^6$  joules/kg.

#### Article 5 - Catégorie 2

Technologie de production ou équipements de production spécialement conçus ou adaptés à la production, à la manutention, au malaxage, à la polymérisation, au moulage, à la compression, à l'usinage et aux essais de qualification des propergols liquides ou solides et des constituants de propergols décrits à l'article 4.

#### Article 6 - Catégorie 2

Equipement, données techniques et procédés de fabrication des matériaux composites structuraux utilisables dans les systèmes visés à l'article 1, et les composants spécialement conçus et leurs accessoires et logiciels spécialement conçus :

- a) Machines pour le bobinage de filaments dont les mouvements de mise en position, de bobinage et d'enroulement des fibres sont coordonnés et programmés selon trois ou plus de trois axes, spécialement conçues pour la fabrication des structures composites ou des produits stratifiés à partir de matériaux fibreux ou filamenteux ; les commandes de programmation et de coordination.
- b) Machines pour la pose de bandes dont les mouvements de mise en position et de pose de bandes et de feuilles sont coordonnés et programmés selon deux axes ou plus de deux axes, spécialement conçues pour la réalisation de structures composites pour cellules de véhicules aériens et de missiles.
- c) Machine à entrelacer, y compris les adaptateurs et les ensembles de modifications pour tisser, entrelacer, tresser les fibres en vue de la fabrication de structures composites, à l'exclusion des machines textiles qui n'ont pas été modifiées en vue des utilisations finales ci-dessus.
- d) Equipements spécialement conçus ou adaptés pour la fabrication des matériaux fibreux ou filamenteux comme suit :
- (1) Equipements pour la transformation des fibres polymères (telles que polyacrylonitrile, rayonne ou polycarbosilane) y compris le dispositif spécial pour la tension du fil pendant le chauffage.
  - (2) Equipements pour le dépôt sous forme gazeuse d'éléments ou de composés sur des substrats filamenteux chauffés.
  - (3) Equipements pour l'extrusion par voie humide des céramiques réfractaires (tel l'oxyde d'aluminium).
- e) Les équipements spécialement conçus ou adaptés pour le traitement de la surface des fibres ou pour la réalisation des préimprégnés et des préformes.

Note: Les équipements couverts par le sous-article incluent notamment les : tendeurs, matériels de revêtements, matériels de coupe et matrices «clikers», rouleaux.

- f) Les données techniques (y compris les conditions de traitement) et les procédés de régulation de la température, de la pression ou de l'atmosphère dans les autoclaves quand ils sont utilisés pour la fabrication des composites ou quasi composites.

*Note sur l'article 6*

Les composants et accessoires spécialement conçus ou adaptés pour les machines visées par le présent article comprennent notamment, les moules, mandrins, matrices, montages et outillages pour la compression, la polymérisation, le moulage, le frittage ou le collage des structures composites ou stratifiées, et leurs procédés de fabrication.

**Article 7 - Catégorie 2**

Equipement et technologie de dépôt et de densification par dépôt comme suit:

- a) Technologie de fabrication de matériaux en dérivés pyrolitiques mis en forme sur un moule, mandrin ou tout autre support à partir de précurseurs gazeux qui se décomposent entre 1300 et 2900° C, et sous des pressions de 1 à 150 mm de mercure (y compris la technologie de composition des gaz précurseurs, les débits et les procédés de commandes des séquences et des paramètres).
- b) Les injecteurs spécialement conçus pour les procédés ci-dessus.
- c) Les commandes des équipements et procédés et leurs logiciels correspondants, spécialement conçus pour la densification et la pyrolyse des pièces composites des tuyères et des nez de véhicules de rentrée.

**Article 8 - Catégorie 2**

Matériaux de structure utilisables dans les systèmes visés à l'article 1 comme suit:

- a) Structures composites stratifiées: leurs procédés de fabrication, y compris leurs préimprégnés fibre résine et les préformés fibreux à revêtement métallique, spécialement conçues pour être utilisées dans les systèmes visés à l'article 1 et les sous-systèmes visés à l'article 2, faits avec une matrice organique ou métallique utilisant des renforts fibreux ou filamentaires possédant une résistance à la traction supérieure à  $7,62 \times 10^4$  m et un module d'élasticité supérieur à  $3,18 \times 10^6$  m.
- b) Matériaux ayant subi plusieurs cycles de densification (c'est-à-dire carbone-carbone) spécialement conçus pour les systèmes fusées.
- c) graphites artificiels à grain fin pour les tuyères de fusée et les nez de corps de rentrée ayant l'ensemble des caractéristiques suivantes:
  - densité de 1.79 ou plus (mesurée à 293° K)
  - allongement à la rupture de 0,7 pour cent ou plus (mesurée à 293° K)
  - coefficient de dilatation thermique de  $2,75 \times 10^{-6}$  par degré ou moins dans la gamme de température de 293° K à 1225° K
- d) Matériaux composites céramiques spécialement conçus pour être utilisés dans les radômes de missiles.

**Article 9 - Catégorie 2**

Références d'alignement, gyroscopes, accéléromètres et équipements à inertie, leur «logiciel» spécialement conçu, comme suit, et leurs composants spécialement conçus utilisables dans les systèmes visés à l'article 1:

- a) Systèmes d'instruments de vol intégrés comprenant stabilisateurs gyroscopiques ou pilotes automatiques et «logiciel» d'intégration spécialement conçu pour ces matériels ou modifiés pour être utilisés dans les systèmes de l'article 1.
- b) gyro-astro-compas et autres appareils permettant de déterminer la position ou l'orientation par poursuite automatique des corps célestes.
- c) accéléromètres ayant un seuil de 0,005 g ou moins, ou une erreur de linéarité de moins de 0,25 p. 100 de la pleine échelle, ou les deux caractéristiques, conçus pour les systèmes de navigation par inertie ou pour les systèmes de guidage de tous types.
- d) gyroscopes ayant une dérive spécifiée (taux de précession spécifié) de moins de 0,5 degré (1 sigma ou r.m.s.) par heure dans un environnement de 1 g.
- e) Accéléromètres à sortie permanente asservis et gyroscopes lorsqu'ils sont conçus pour fonctionner à des niveaux d'accélération supérieurs à 100 g.
- f) Equipements à inertie ou autres, utilisant des accéléromètres relevant des paragraphes c) et e) ci-dessus ou des gyroscopes relevant des paragraphes d) et e) ci-dessus, et systèmes utilisant de tels équipements, et «logiciel» d'intégration spécialement conçus pour ces matériels.
- g) Equipements d'essai, d'étalonnage et d'alignement spécialement conçus pour les matériels ci-dessus.
- h) Equipements de fabrication spécialement conçus pour ce qui précède y compris:
  - 1) pour les gyros laser à anneaux, l'équipement suivant utilisé pour caractériser les miroirs, ayant un seuil de précision égal ou supérieur à celui mentionné:
    - Diffusiomètre rectilinéaire: 10 ppm
    - Diffusiomètre polaire: 10 ppm
    - Réflectomètre: 50 ppm
    - Profilimètre: 5 angstrøms

- 2) pour les autres équipements à inertie
  - Appareil de contrôle de module d'IMU (unité de mesure d'inertie)
  - Appareil de contrôle de plateforme d'IMU
  - Dispositif stable de manipulation d'élément d'IMU
  - Dispositif d'équilibrage de plateforme d'IMU
  - Poste d'essai pour le réglage des gyroscopes
  - Poste d'équilibrage dynamique des gyroscopes
  - Poste pour le rodage et le contrôle des moteurs d'entraînement des gyroscopes
  - Poste d'évacuation et de remplissage des gyroscopes
  - Dispositif de centrifugation pour paliers de gyroscope
  - Poste d'alignement de l'axe de l'accéléromètre
  - Poste d'essai d'accéléromètre.

*Note sur l'article 9*

Les articles a) à f) peuvent être exportés s'ils sont destinés à un avion piloté, à un satellite, ou s'ils sont en quantités compatibles avec la maintenance d'un avion piloté.

**Article 10 - Catégorie 2**

Commandes de vol utilisables dans les systèmes visés à l'article 1 comme suit, ainsi que les équipements d'essai, d'éta-lonnage et d'alignement spécialement conçus :

- a) Systèmes de commande de vol hydrauliques, mécaniques, électro-optiques ou électromécaniques (y compris les commandes de vol électriques) spécialement conçus ou adaptés pour les systèmes visés à l'article 1.
- b) Equipements de contrôle d'altitude spécialement conçus ou adaptés pour les systèmes visés à l'article 1.
- c) Technologie de conception pour l'intégration du fuselage, du système de propulsion, des surfaces de sustentation et des gouvernes en vue d'obtenir les performances aérodynamiques optimales à tous les régimes de vol d'un véhicule aérien non piloté.
- d) Technologie de conception pour l'intégration des commandes de vol, du guidage et des informations de propulsion dans un système de gestion de vol en vue d'optimiser la trajectoire d'un système fusée.

*Note sur l'article 10*

Les articles a) et b) peuvent être exportés s'ils sont destinés à l'équipement d'un avion piloté ou d'un satellite ou s'ils sont en quantités compatibles avec la maintenance d'un avion piloté.

**Article 11 - Catégorie 2**

Equipements d'avionique spécialement conçus ou modifiés pour être utilisés dans des véhicules aériens non pilotés ou dans des systèmes fusée et leurs composants et logiciels utilisables dans les systèmes visés à l'article 1, y compris notamment :

- a) Systèmes radar et laser-radar y compris les altimètres.
- b) Senseurs passifs pour déterminer le gisement de sources électromagnétiques spécifiques (équipement de recherche de direction) ou des caractéristiques de terrain.
- c) Equipements spécialement conçus pour l'intégration en temps réel, le traitement et l'utilisation des informations de navigation obtenues d'une source extérieure.
- d) Assemblages et composants électroniques spécialement conçus pour une utilisation militaire qui comprennent l'un des éléments suivants :
  - substrats de circuits intégrés spécialement conçus ;
  - techniques de l'évacuation de la chaleur par conduction ;
  - durcissement au rayonnement ;
  - conception garantissant un fonctionnement de courte durée à une température supérieure à 125° C.
- e) Technologie de protection de l'avionique et des sous-systèmes électriques contre l'impulsion électromagnétique (IEM) et les effets d'interférence électromagnétique provenant de sources extérieures, comme suit :
  - (1) Technologie de conception des systèmes de protection.
  - (2) Technologie de conception de la configuration des circuits et sous-systèmes électriques durcis.
  - (3) Détermination des critères de durcissement afférents aux technologies ci-dessus.

*Notes sur l'article 11 :*

- 1) Les équipements de l'article 11 peuvent être exportés s'ils sont destinés à un avion piloté ou satellite ou dans des quantités compatibles avec la maintenance d'un avion piloté.
- 2) Exemples d'équipements inclus dans cet article :
  - équipement de cartographie du relief ;
  - équipement de cartographie et de corrélation des images (numériques ou analogiques) ;
  - radar Doppler de navigation ;
  - équipement d'interférométrie passive ;
  - capteur d'imagerie (active ou passive).

### Article 12 - Catégorie 2

Equipements et installations de lancement et de soutien utilisables pour les systèmes visés à l'article 1 comme suit;

- a) Appareils et dispositifs spécialement conçus ou adaptés pour la manutention, le contrôle, la mise en oeuvre et le lancement des systèmes visés à l'article 1.
- b) Véhicules militaires spécialement conçus ou adaptés pour la manutention, le contrôle, la mise en oeuvre et le lancement des systèmes visés à l'article 1.
- c) Gravimètres, gradiomètres de gravité et leurs composants spécialement conçus ou adaptés pour une utilisation aéroportée ou marine, et ayant une précision statique ou opérationnelle de 1 milligal ou plus, avec un temps de stabilisation égal ou inférieur à 2 minutes.
- d) Equipements de télémétrie et de télécommande utilisables pour les systèmes fusées et les véhicules aériens non pilotés.
- e) Systèmes de poursuite de précision:
  - 1°) Systèmes de poursuite qui utilisent un décodeur embarqué sur la fusée ou sur le véhicule non piloté en liaison avec soit des références terrestres ou aéroportées, soit des systèmes de navigation par satellites pour fournir des mesures en temps réel de la position en vol et de la vitesse.
  - 2°) Logiciels traitant les informations de poursuite enregistrées pendant le vol du véhicule et permettant de restituer sa position.

### Article 13 - Catégorie 2

Calculateurs analogiques, calculateurs numériques ou analyseurs différentiels numériques spécialement conçus ou modifiés pour être utilisés dans des véhicules aériens, fusées, et utilisables dans les systèmes visés à l'article 1, et ayant l'une des caractéristiques suivantes:

- a) possibilité de fonctionnement de façon continue à des températures allant de - 45° C à plus de 55° C.
- b) Equipements conçus en tant que matériels renforcés durcis au rayonnement et capable d'atteindre les spécifications militaires de robustesse et de durcissement;
- c) Modifiés pour une utilisation militaire.

*Note sur l'article 13:*

Les équipements de l'article 13 peuvent être exportés s'ils sont destinés à un avion piloté ou satellite ou dans des quantités compatibles avec la maintenance d'un avion piloté.

### Article 14 - Catégorie 2

Convertisseurs analogique-numérique autres que les compteurs ou voltmètres numériques qui peuvent être utilisés dans les systèmes visés à l'article 1 et ayant l'une des caractéristiques suivantes:

- possibilité de fonctionnement de façon continue à des températures allant de - 45° C à plus de 55° C;
- conçus pour atteindre les spécifications militaires de robustesse;
- ou modifiés pour une utilisation militaire;
- ou conçus pour résister au rayonnement comme suit:
  - a) Convertisseurs analogique-numérique de type à alimentation électrique ayant l'une des caractéristiques suivantes:
    - (1) capacité de réaliser plus de 200.000 conversions complètes par seconde avec la précision requise.
    - (2) Une précision meilleure que  $10^{-4}$  dans la gamme de températures spécifiée.
    - (3) Un facteur de  $10^8$  ou plus (obtenu en divisant le nombre de conversions complètes par seconde par la précision).
  - b) Microcircuits de conversion analogique-numérique ayant les deux caractéristiques suivantes:
    - (1) Un temps maximal de conversion (pour la résolution maximale) inférieur à 20 microsecondes.
    - (2) une non linéarité meilleure que 0,025 p.100 de la pleine échelle dans la gamme des températures de fonctionnement spécifiée.

### Article 15 - Catégorie 2

Equipements et installations d'essais qui peuvent être utilisés pour les systèmes visés à l'article 1 comme suit:

- a) Equipements d'essai aux vibrations utilisant des techniques de commande numérique et leurs matériels auxiliaires et logiciels spécialement conçus et capables de communiquer des forces égales ou supérieures à 100 KN (22.500 lbs).
- b) Souffleries supersoniques (Mach 1,4 à Mach 5), hypersoniques (Mach 5 à Mach 15) et à hypervitesses (au delà de Mach 15), à l'exclusion des souffleries spécialement conçues à des fins d'enseignement, et ayant une dimension de veine (mesurée intérieurement) inférieure à 25 cm (10 pouces).
- c) Bancs d'essais capables d'accepter les fusées solides ou liquides de plus de 90 KN (20.000 lbs) et capable de mesurer les trois composantes du vecteur poussée.

*Note sur l'article 15 (a)*

Le terme commande numérique renvoie aux équipements dont les fonctions sont totalement ou en partie commandées automatiquement par des signaux numériques mémorisés.

**Article 16 - Catégorie 2**

Logiciels spécialement conçus, ou logiciels spécialement conçus pour les calculateurs analogiques ou hybrides (analogiques et numériques) pour la modélisation, la simulation ou la conception d'intégration des systèmes fusée et les véhicules aériens non pilotés, qui peuvent être utilisés pour les systèmes visés à l'article 1.

**Article 17 - Catégorie 2**

Technologie, matériaux et dispositifs pour la réduction de signature radar, optique, infrarouge et acoustiques (c'est-à-dire les technologies de furtivité) pour une application aux systèmes fusée et aux véhicules aériens non pilotés et qui peuvent être utilisés dans les systèmes de catégorie 1, par exemple:

- a) matériaux de structure et revêtements spécialement conçus pour diminuer la réflectivité radar.
- b) revêtements, y compris les peintures, spécialement conçus ou élaborés pour diminuer la réflectivité ou l'émissivité optique, à l'exclusion de ceux spécialement utilisés pour le contrôle thermique des satellites.

**Article 18 - Catégorie 2**

Technologie et dispositifs conçus pour la protection des systèmes fusée et des véhicules aériens non pilotés contre les effets des armes nucléaires (par exemple impulsion électromagnétique (IEM), rayons X, effets combinés de souffle et de chaleur), qui peuvent être utilisés pour les systèmes de l'article 1, par exemple:

- a) Microcircuits et détecteurs durcis, spécialement conçus pour résister au rayonnement comme suit:
  - (1) Dose de neutrons de  $10^{12}$  neutrons/cm<sup>2</sup> (pour un seul événement).
  - (2) Flux gamma  $10^9$  rads/sec.
  - (3) Dose totale de 1500 rads (pour un seul événement).
- b) Radômes spécialement conçus pour résister à un choc thermique combiné supérieur à 100 cal/cm<sup>2</sup> accompagné d'un pic de surpression supérieur à 0,5 kg/cm<sup>2</sup> (50 KPa)

*Note sur l'article 18 (a):*

Un microcircuit est défini comme un dispositif dans lequel un certain nombre d'éléments passifs ou actifs du circuit sont considérés comme indissociables ou constituant une structure continue permettant la réalisation de la fonction du circuit.