

No. 13874. International Atomic Energy Agency and Yugoslavia (Socialist Federal Republic of)

AGREEMENT BETWEEN THE SOCIALIST FEDERAL REPUBLIC OF YUGOSLAVIA AND THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY FOR THE APPLICATION OF SAFEGUARDS IN CONNECTION WITH THE TREATY ON THE NON-PROLIFERATION OF NUCLEAR WEAPONS. VIENNA, 26 MAY 1972 [*United Nations, Treaty Series, vol. 963, I-13874.*]

PROTOCOL BETWEEN THE REPUBLIC OF SERBIA AND THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY ADDITIONAL TO THE AGREEMENT BETWEEN THE SOCIALIST FEDERAL REPUBLIC OF YUGOSLAVIA AND THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY FOR THE APPLICATION OF SAFEGUARDS IN CONNECTION WITH THE TREATY ON THE NON-PROLIFERATION OF NUCLEAR WEAPONS (WITH ANNEXES). BELGRADE, 3 JULY 2009*

Entry into force: 17 September 2018 by notification, in accordance with article 17

Authentic text: English

Registration with the Secretariat of the United Nations: International Atomic Energy Agency, 25 March 2019

**No UNTS volume number has yet been determined for this record. The Text(s) reproduced below, if attached, are the authentic texts of the agreement /action attachment as submitted for registration and publication to the Secretariat. For ease of reference they were sequentially paginated. Translations, if attached, are not final and are provided for information only.*

N° 13874. Agence internationale de l'énergie atomique et Yougoslavie (République fédérative socialiste de)

ACCORD ENTRE LA RÉPUBLIQUE FÉDÉRATIVE SOCIALISTE DE YOUGOSLAVIE ET L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE RELATIF À L'APPLICATION DE GARANTIES DANS LE CADRE DU TRAITÉ SUR LA NON-PROLIFÉRATION DES ARMES NUCLÉAIRES. VIENNE, 26 MAI 1972 [*Nations Unies, Recueil des Traités, vol. 963, I-13874.*]

PROTOCOLE ENTRE LA RÉPUBLIQUE DE SERBIE ET L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE ADDITIONNEL À L'ACCORD ENTRE LA RÉPUBLIQUE FÉDÉRATIVE SOCIALISTE DE YOUGOSLAVIE ET L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE RELATIF À L'APPLICATION DE GARANTIES DANS LE CADRE DU TRAITÉ SUR LA NON-PROLIFÉRATION DES ARMES NUCLÉAIRES (AVEC ANNEXES). BELGRADE, 3 JUILLET 2009*

Entrée en vigueur : 17 septembre 2018 par notification, conformément à l'article 17

Texte authentique : anglais

Enregistrement auprès du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies : Agence internationale de l'énergie atomique, 25 mars 2019

**Aucun numéro de volume n'a encore été attribué à ce dossier. Les textes disponibles qui sont reproduits ci-dessous sont les textes originaux de l'accord ou de l'action tels que soumis pour enregistrement. Par souci de clarté, leurs pages ont été numérotées. Les traductions qui accompagnent ces textes ne sont pas définitives et sont fournies uniquement à titre d'information.*

[ENGLISH TEXT – TEXTE ANGLAIS]

PROTOCOL BETWEEN THE REPUBLIC OF SERBIA AND THE INTERNATIONAL
ATOMIC ENERGY AGENCY ADDITIONAL TO THE AGREEMENT BETWEEN THE
SOCIALIST FEDERAL REPUBLIC OF YUGOSLAVIA AND THE INTERNATIONAL
ATOMIC ENERGY AGENCY FOR THE APPLICATION OF SAFEGUARDS IN
CONNECTION WITH THE TREATY ON THE NON-PROLIFERATION OF NUCLEAR
WEAPONS

WHEREAS the Republic of Serbia (hereinafter referred to as "Serbia") and the International Atomic Energy Agency (hereinafter referred to as the "Agency") are parties to an Agreement for the Application of Safeguards in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (hereinafter referred to as the "Safeguards Agreement"), which entered into force on 28 December 1973;

AWARE OF the desire of the international community to further enhance nuclear non-proliferation by strengthening the effectiveness and improving the efficiency of the Agency's safeguards system;

RECALLING that the Agency must take into account in the implementation of safeguards the need to: avoid hampering the economic and technological development of Serbia or international co-operation in the field of peaceful nuclear activities; respect health, safety, physical protection and other security provisions in force and the rights of individuals; and take every precaution to protect commercial, technological and industrial secrets as well as other confidential information coming to its knowledge;

WHEREAS the frequency and intensity of activities described in this Protocol shall be kept to the minimum consistent with the objective of strengthening the effectiveness and improving the efficiency of Agency safeguards;

NOW THEREFORE Serbia and the Agency have agreed as follows:

RELATIONSHIP BETWEEN THE PROTOCOL AND THE SAFEGUARDS AGREEMENT

Article 1

The provisions of the Safeguards Agreement shall apply to this Protocol to the extent that they are relevant to and compatible with the provisions of this Protocol. In case of conflict between the provisions of the Safeguards Agreement and those of this Protocol, the provisions of this Protocol shall apply.

PROVISION OF INFORMATION

Article 2

- a. Serbia shall provide the Agency with a declaration containing:
- (i) A general description of and information specifying the location of nuclear fuel cycle-related research and development activities not involving nuclear material carried out anywhere that are funded, specifically authorized or controlled by, or carried out on behalf of, Serbia.
 - (ii) Information identified by the Agency on the basis of expected gains in effectiveness or efficiency, and agreed to by Serbia, on operational activities of safeguards relevance at facilities and at locations outside facilities where nuclear material is customarily used.
 - (iii) A general description of each building on each site, including its use and, if not apparent from that description, its contents. The description shall include a map of the site.
 - (iv) A description of the scale of operations for each location engaged in the activities specified in Annex I to this Protocol.
 - (v) Information specifying the location, operational status and the estimated annual production capacity of uranium mines and concentration plants and thorium concentration plants, and the current annual production of such mines and concentration plants for Serbia as a whole. Serbia shall provide, upon request by the Agency, the current annual production of an individual mine or concentration plant. The provision of this information does not require detailed nuclear material accountancy.
 - (vi) Information regarding source material which has not reached the composition and purity suitable for fuel fabrication or for being isotopically enriched, as follows:

- (a) The quantities, the chemical composition, the use or intended use of such material, whether in nuclear or non-nuclear use, for each location in Serbia at which the material is present in quantities exceeding ten metric tons of uranium and/or twenty metric tons of thorium, and for other locations with quantities of more than one metric ton, the aggregate for Serbia as a whole if the aggregate exceeds ten metric tons of uranium or twenty metric tons of thorium. The provision of this information does not require detailed nuclear material accountancy;
- (b) The quantities, the chemical composition and the destination of each export out of Serbia, of such material for specifically non-nuclear purposes in quantities exceeding:
 - (1) Ten metric tons of uranium, or for successive exports of uranium from Serbia to the same State, each of less than ten metric tons, but exceeding a total of ten metric tons for the year;
 - (2) Twenty metric tons of thorium, or for successive exports of thorium from Serbia to the same State, each of less than twenty metric tons, but exceeding a total of twenty metric tons for the year;
- (c) The quantities, chemical composition, current location and use or intended use of each import into Serbia of such material for specifically non-nuclear purposes in quantities exceeding:
 - (1) Ten metric tons of uranium, or for successive imports of uranium into Serbia each of less than ten metric tons, but exceeding a total of ten metric tons for the year;
 - (2) Twenty metric tons of thorium, or for successive imports of thorium into Serbia each of less than twenty metric tons, but exceeding a total of twenty metric tons for the year;

it being understood that there is no requirement to provide information on such material intended for a non-nuclear use once it is in its non-nuclear end-use form.

- (vii) (a) Information regarding the quantities, uses and locations of nuclear material exempted from safeguards pursuant to Article 37 of the Safeguards Agreement;
- (b) Information regarding the quantities (which may be in the form of estimates) and uses at each location, of nuclear material exempted from safeguards pursuant to Article 36(b) of the Safeguards Agreement but not yet in a non-nuclear end-use form, in quantities exceeding those set out in Article 37 of the Safeguards Agreement. The provision of this information does not require detailed nuclear material accountancy.

- (viii) Information regarding the location or further processing of intermediate or high-level waste containing plutonium, high enriched uranium or uranium-233 on which safeguards have been terminated pursuant to Article 11 of the Safeguards Agreement. For the purpose of this paragraph, "further processing" does not include repackaging of the waste or its further conditioning not involving the separation of elements, for storage or disposal.
 - (ix) The following information regarding specified equipment and non-nuclear material listed in Annex II:
 - (a) For each export out of Serbia of such equipment and material: the identity, quantity, location of intended use in the receiving State and date or, as appropriate, expected date, of export;
 - (b) Upon specific request by the Agency, confirmation by Serbia, as importing State, of information provided to the Agency by another State concerning the export of such equipment and material to Serbia.
 - (x) General plans for the succeeding ten-year period relevant to the development of the nuclear fuel cycle (including planned nuclear fuel cycle-related research and development activities) when approved by the appropriate authorities in Serbia.
- b. Serbia shall make every reasonable effort to provide the Agency with the following information:
- (i) A general description of and information specifying the location of nuclear fuel cycle-related research and development activities not involving nuclear material which are specifically related to enrichment, reprocessing of nuclear fuel or the processing of intermediate or high-level waste containing plutonium, high enriched uranium or uranium-233 that are carried out anywhere in Serbia but which are not funded, specifically authorized or controlled by, or carried out on behalf of, Serbia. For the purpose of this paragraph, "processing" of intermediate or high-level waste does not include repackaging of the waste or its conditioning not involving the separation of elements, for storage or disposal.
 - (ii) A general description of activities and the identity of the person or entity carrying out such activities, at locations identified by the Agency outside a site which the Agency considers might be functionally related to the activities of that site. The provision of this information is subject to a specific request by the Agency. It shall be provided in consultation with the Agency and in a timely fashion.
- c. Upon request by the Agency, Serbia shall provide amplifications or clarifications of any information it has provided under this Article, in so far as relevant for the purpose of safeguards.

Article 3

- a. Serbia shall provide to the Agency the information identified in Article 2.a.(i), (iii), (iv), (v), (vi)(a), (vii) and (x) and Article 2.b.(i) within 180 days of the entry into force of this Protocol.
- b. Serbia shall provide to the Agency, by 15 May of each year, updates of the information referred to in paragraph a. above for the period covering the previous calendar year. If there has been no change to the information previously provided, Serbia shall so indicate.
- c. Serbia shall provide to the Agency, by 15 May of each year, the information identified in Article 2.a.(vi)(b) and (c) for the period covering the previous calendar year.
- d. Serbia shall provide to the Agency on a quarterly basis the information identified in Article 2.a.(ix)(a). This information shall be provided within sixty days of the end of each quarter.
- e. Serbia shall provide to the Agency the information identified in Article 2.a.(viii) 180 days before further processing is carried out and, by 15 May of each year, information on changes in location for the period covering the previous calendar year.
- f. Serbia and the Agency shall agree on the timing and frequency of the provision of the information identified in Article 2.a.(ii).
- g. Serbia shall provide to the Agency the information in Article 2.a.(ix)(b) within sixty days of the Agency's request.

COMPLEMENTARY ACCESS

Article 4

The following shall apply in connection with the implementation of complementary access under Article 5 of this Protocol:

- a. The Agency shall not mechanically or systematically seek to verify the information referred to in Article 2; however, the Agency shall have access to:
 - (i) Any location referred to in Article 5.a.(i) or (ii) on a selective basis in order to assure the absence of undeclared nuclear material and activities;
 - (ii) Any location referred to in Article 5.b. or c. to resolve a question relating to the correctness and completeness of the information provided pursuant to Article 2 or to resolve an inconsistency relating to that information;

- (iii) Any location referred to in Article 5.a.(iii) to the extent necessary for the Agency to confirm, for safeguards purposes, Serbia's declaration of the decommissioned status of a facility or of a location outside facilities where nuclear material was customarily used.
- b.
 - (i) Except as provided in paragraph (ii) below, the Agency shall give Serbia advance notice of access of at least 24 hours;
 - (ii) For access to any place on a site that is sought in conjunction with design information verification visits or ad hoc or routine inspections on that site, the period of advance notice shall, if the Agency so requests, be at least two hours but, in exceptional circumstances, it may be less than two hours.
- c. Advance notice shall be in writing and shall specify the reasons for access and the activities to be carried out during such access.
- d. In the case of a question or inconsistency, the Agency shall provide Serbia with an opportunity to clarify and facilitate the resolution of the question or inconsistency. Such an opportunity will be provided before a request for access, unless the Agency considers that delay in access would prejudice the purpose for which the access is sought. In any event, the Agency shall not draw any conclusions about the question or inconsistency until Serbia has been provided with such an opportunity.
- e. Unless otherwise agreed to by Serbia, access shall only take place during regular working hours.
- f. Serbia shall have the right to have Agency inspectors accompanied during their access by representatives of Serbia, provided that the inspectors shall not thereby be delayed or otherwise impeded in the exercise of their functions.

Article 5

Serbia shall provide the Agency with access to:

- a.
 - (i) Any place on a site;
 - (ii) Any location identified by Serbia under Article 2.a.(v)-(viii);
 - (iii) Any decommissioned facility or decommissioned location outside facilities where nuclear material was customarily used.
- b. Any location identified by Serbia under Article 2.a.(i), Article 2.a.(iv), Article 2.a.(ix)(b) or Article 2.b., other than those referred to in paragraph a.(i) above, provided that if Serbia is unable to provide such access, Serbia shall make every reasonable effort to satisfy Agency requirements, without delay, through other means.

- c. Any location specified by the Agency, other than locations referred to in paragraphs a. and b. above, to carry out location-specific environmental sampling, provided that if Serbia is unable to provide such access, Serbia shall make every reasonable effort to satisfy Agency requirements, without delay, at adjacent locations or through other means.

Article 6

When implementing Article 5, the Agency may carry out the following activities:

- a. For access in accordance with Article 5.a.(i) or (iii): visual observation; collection of environmental samples; utilization of radiation detection and measurement devices; application of seals and other identifying and tamper indicating devices specified in Subsidiary Arrangements; and other objective measures which have been demonstrated to be technically feasible and the use of which has been agreed by the Board of Governors (hereinafter referred to as the "Board") and following consultations between the Agency and Serbia.
- b. For access in accordance with Article 5.a.(ii): visual observation; item counting of nuclear material; non-destructive measurements and sampling; utilization of radiation detection and measurement devices; examination of records relevant to the quantities, origin and disposition of the material; collection of environmental samples; and other objective measures which have been demonstrated to be technically feasible and the use of which has been agreed by the Board and following consultations between the Agency and Serbia.
- c. For access in accordance with Article 5.b.: visual observation; collection of environmental samples; utilization of radiation detection and measurement devices; examination of safeguards relevant production and shipping records; and other objective measures which have been demonstrated to be technically feasible and the use of which has been agreed by the Board and following consultations between the Agency and Serbia.
- d. For access in accordance with Article 5.c.: collection of environmental samples and, in the event the results do not resolve the question or inconsistency at the location specified by the Agency pursuant to Article 5.c., utilization at that location of visual observation, radiation detection and measurement devices, and, as agreed by Serbia and the Agency, other objective measures.

Article 7

- a. Upon request by Serbia, the Agency and Serbia shall make arrangements for managed access under this Protocol in order to prevent the dissemination of proliferation sensitive information, to meet safety or physical protection requirements, or to protect proprietary or commercially sensitive information. Such arrangements shall not preclude the Agency from conducting activities necessary to provide credible assurance of the absence of undeclared nuclear material and activities at the location in question, including the resolution of a question relating to the correctness and completeness of the information referred to in Article 2 or of an inconsistency relating to that information.

- b. Serbia may, when providing the information referred to in Article 2, inform the Agency of the places at a site or location at which managed access may be applicable.
- c. Pending the entry into force of any necessary Subsidiary Arrangements, Serbia may have recourse to managed access consistent with the provisions of paragraph a. above.

Article 8

Nothing in this Protocol shall preclude Serbia from offering the Agency access to locations in addition to those referred to in Articles 5 and 9 or from requesting the Agency to conduct verification activities at a particular location. The Agency shall, without delay, make every reasonable effort to act upon such a request.

Article 9

Serbia shall provide the Agency with access to locations specified by the Agency to carry out wide-area environmental sampling, provided that if Serbia is unable to provide such access it shall make every reasonable effort to satisfy Agency requirements at alternative locations. The Agency shall not seek such access until the use of wide-area environmental sampling and the procedural arrangements therefor have been approved by the Board and following consultations between the Agency and Serbia.

Article 10

The Agency shall inform Serbia of:

- a. The activities carried out under this Protocol, including those in respect of any questions or inconsistencies the Agency had brought to the attention of Serbia, within sixty days of the activities being carried out by the Agency.
- b. The results of activities in respect of any questions or inconsistencies the Agency had brought to the attention of Serbia, as soon as possible but in any case within thirty days of the results being established by the Agency.
- c. The conclusions it has drawn from its activities under this Protocol. The conclusions shall be provided annually.

DESIGNATION OF AGENCY INSPECTORS

Article 11

- a. (i) The Director General shall notify Serbia of the Board's approval of any Agency official as a safeguards inspector. Unless Serbia advises the Director General of its rejection of such an official as an inspector for Serbia within three months of receipt of notification of the Board's approval, the inspector so notified to Serbia shall be considered designated to Serbia.

- (ii) The Director General, acting in response to a request by Serbia or on his own initiative, shall immediately inform Serbia of the withdrawal of the designation of any official as an inspector for Serbia.
- b. A notification referred to in paragraph a. above shall be deemed to be received by Serbia seven days after the date of the transmission by registered mail of the notification by the Agency to Serbia.

VISAS

Article 12

Serbia shall, within one month of the receipt of a request therefor, provide the designated inspector specified in the request with appropriate multiple entry/exit and/or transit visas, where required, to enable the inspector to enter and remain on the territory of Serbia for the purpose of carrying out his/her functions. Any visas required shall be valid for at least one year and shall be renewed, as required, to cover the duration of the inspector's designation to Serbia.

SUBSIDIARY ARRANGEMENTS

Article 13

- a. Where Serbia or the Agency indicates that it is necessary to specify in Subsidiary Arrangements how measures laid down in this Protocol are to be applied, Serbia and the Agency shall agree on such Subsidiary Arrangements within ninety days of the entry into force of this Protocol or, where the indication of the need for such Subsidiary Arrangements is made after the entry into force of this Protocol, within ninety days of the date of such indication.
- b. Pending the entry into force of any necessary Subsidiary Arrangements, the Agency shall be entitled to apply the measures laid down in this Protocol.

COMMUNICATIONS SYSTEMS

Article 14

- a. Serbia shall permit and protect free communications by the Agency for official purposes between Agency inspectors in Serbia and Agency Headquarters and/or Regional Offices, including attended and unattended transmission of information generated by Agency containment and/or surveillance or measurement devices. The Agency shall have, in consultation with Serbia, the right to make use of internationally established systems of direct communications, including satellite systems and other forms of telecommunication, not in use in Serbia. At the request of Serbia or the Agency, details of the implementation of this paragraph with respect to the attended or unattended transmission of information generated by Agency containment and/or surveillance or measurement devices shall be specified in the Subsidiary Arrangements.

- b. Communication and transmission of information as provided for in paragraph a. above shall take due account of the need to protect proprietary or commercially sensitive information or design information which Serbia regards as being of particular sensitivity.

PROTECTION OF CONFIDENTIAL INFORMATION

Article 15

- a. The Agency shall maintain a stringent regime to ensure effective protection against disclosure of commercial, technological and industrial secrets and other confidential information coming to its knowledge, including such information coming to the Agency's knowledge in the implementation of this Protocol.
- b. The regime referred to in paragraph a. above shall include, among others, provisions relating to:
 - (i) General principles and associated measures for the handling of confidential information;
 - (ii) Conditions of staff employment relating to the protection of confidential information;
 - (iii) Procedures in cases of breaches or alleged breaches of confidentiality.
- c. The regime referred to in paragraph a. above shall be approved and periodically reviewed by the Board.

ANNEXES

Article 16

- a. The Annexes to this Protocol shall be an integral part thereof. Except for the purposes of amendment of the Annexes, the term "Protocol" as used in this instrument means the Protocol and the Annexes together.
- b. The list of activities specified in Annex I, and the list of equipment and material specified in Annex II, may be amended by the Board upon the advice of an open-ended working group of experts established by the Board. Any such amendment shall take effect four months after its adoption by the Board.

ENTRY INTO FORCE

Article 17

- a. This Protocol shall enter into force on the date on which the Agency receives from Serbia written notification that Serbia's statutory and/or constitutional requirements for entry into force have been met.
- b. Serbia may, at any date before this Protocol enters into force, declare that it will apply this Protocol provisionally.
- c. The Director General shall promptly inform all Member States of the Agency of any declaration of provisional application of, and of the entry into force of, this Protocol.

DEFINITIONS

Article 18

For the purpose of this Protocol:

- a. Nuclear fuel cycle-related research and development activities means those activities which are specifically related to any process or system development aspect of any of the following:
 - conversion of nuclear material,
 - enrichment of nuclear material,
 - nuclear fuel fabrication,
 - reactors,
 - critical facilities,
 - reprocessing of nuclear fuel,
 - processing (not including repackaging or conditioning not involving the separation of elements, for storage or disposal) of intermediate or high-level waste containing plutonium, high enriched uranium or uranium-233,but do not include activities related to theoretical or basic scientific research or to research and development on industrial radioisotope applications, medical, hydrological and agricultural applications, health and environmental effects and improved maintenance.
- b. Site means that area delimited by Serbia in the relevant design information for a facility, including a closed-down facility, and in the relevant information on a location outside facilities where nuclear material is customarily used, including a closed-down location outside facilities where nuclear material was customarily used (this is limited

to locations with hot cells or where activities related to conversion, enrichment, fuel fabrication or reprocessing were carried out). It shall also include all installations, co-located with the facility or location, for the provision or use of essential services, including: hot cells for processing irradiated materials not containing nuclear material; installations for the treatment, storage and disposal of waste; and buildings associated with specified activities identified by Serbia under Article 2.a.(iv) above.

- c. Decommissioned facility or decommissioned location outside facilities means an installation or location at which residual structures and equipment essential for its use have been removed or rendered inoperable so that it is not used to store and can no longer be used to handle, process or utilize nuclear material.
- d. Closed-down facility or closed-down location outside facilities means an installation or location where operations have been stopped and the nuclear material removed but which has not been decommissioned.
- e. High enriched uranium means uranium containing 20 percent or more of the isotope uranium-235.
- f. Location-specific environmental sampling means the collection of environmental samples (e.g., air, water, vegetation, soil, smears) at, and in the immediate vicinity of, a location specified by the Agency for the purpose of assisting the Agency to draw conclusions about the absence of undeclared nuclear material or nuclear activities at the specified location.
- g. Wide-area environmental sampling means the collection of environmental samples (e.g., air, water, vegetation, soil, smears) at a set of locations specified by the Agency for the purpose of assisting the Agency to draw conclusions about the absence of undeclared nuclear material or nuclear activities over a wide area.
- h. Nuclear material means any source or any special fissionable material as defined in Article XX of the Statute. The term source material shall not be interpreted as applying to ore or ore residue. Any determination by the Board under Article XX of the Statute of the Agency after the entry into force of this Protocol which adds to the materials considered to be source material or special fissionable material shall have effect under this Protocol only upon acceptance by Serbia.
- i. Facility means:
 - (i) A reactor, a critical facility, a conversion plant, a fabrication plant, a reprocessing plant, an isotope separation plant or a separate storage installation;
or
 - (ii) Any location where nuclear material in amounts greater than one effective kilogram is customarily used.
- j. Location outside facilities means any installation or location, which is not a facility, where nuclear material is customarily used in amounts of one effective kilogram or less.

DONE in Belgrade, on the third day of July 2009, in duplicate, in the English language.

For the REPUBLIC OF SERBIA:

Božidar Delić
Deputy Prime Minister

For the INTERNATIONAL ATOMIC
ENERGY AGENCY:

Mohamed ElBaradei
Director General

ANNEX I

LIST OF ACTIVITIES REFERRED TO IN ARTICLE 2.a.(iv) OF THE PROTOCOL

- (i) The manufacture of centrifuge rotor tubes or the assembly of gas centrifuges.
- Centrifuge rotor tubes means thin-walled cylinders as described in entry 5.1.1(b) of Annex II.
- Gas centrifuges means centrifuges as described in the Introductory Note to entry 5.1 of Annex II.
- (ii) The manufacture of diffusion barriers.
- Diffusion barriers means thin, porous filters as described in entry 5.3.1(a) of Annex II.
- (iii) The manufacture or assembly of laser-based systems.
- Laser-based systems means systems incorporating those items as described in entry 5.7 of Annex II.
- (iv) The manufacture or assembly of electromagnetic isotope separators.
- Electromagnetic isotope separators means those items referred to in entry 5.9.1 of Annex II containing ion sources as described in 5.9.1(a) of Annex II.
- (v) The manufacture or assembly of columns or extraction equipment.
- Columns or extraction equipment means those items as described in entries 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.5, 5.6.6, 5.6.7 and 5.6.8 of Annex II.
- (vi) The manufacture of aerodynamic separation nozzles or vortex tubes.
- Aerodynamic separation nozzles or vortex tubes means separation nozzles and vortex tubes as described respectively in entries 5.5.1 and 5.5.2 of Annex II.
- (vii) The manufacture or assembly of uranium plasma generation systems.
- Uranium plasma generation systems means systems for the generation of uranium plasma as described in entry 5.8.3 of Annex II.
- (viii) The manufacture of zirconium tubes.
- Zirconium tubes means tubes as described in entry 1.6 of Annex II.

- (ix) The manufacture or upgrading of heavy water or deuterium.

Heavy water or deuterium means deuterium, heavy water (deuterium oxide) and any other deuterium compound in which the ratio of deuterium to hydrogen atoms exceeds 1:5000.

- (x) The manufacture of nuclear grade graphite.

Nuclear grade graphite means graphite having a purity level better than 5 parts per million boron equivalent and with a density greater than 1.50 g/cm^3 .

- (xi) The manufacture of flasks for irradiated fuel.

A flask for irradiated fuel means a vessel for the transportation and/or storage of irradiated fuel which provides chemical, thermal and radiological protection, and dissipates decay heat during handling, transportation and storage.

- (xii) The manufacture of reactor control rods.

Reactor control rods means rods as described in entry 1.4 of Annex II.

- (xiii) The manufacture of criticality safe tanks and vessels.

Criticality safe tanks and vessels means those items as described in entries 3.2 and 3.4 of Annex II.

- (xiv) The manufacture of irradiated fuel element chopping machines.

Irradiated fuel element chopping machines means equipment as described in entry 3.1 of Annex II.

- (xv) The construction of hot cells.

Hot cells means a cell or interconnected cells totalling at least 6 m^3 in volume with shielding equal to or greater than the equivalent of 0.5 m of concrete, with a density of 3.2 g/cm^3 or greater, outfitted with equipment for remote operations.

ANNEX II

LIST OF SPECIFIED EQUIPMENT AND NON-NUCLEAR MATERIAL FOR THE REPORTING OF EXPORTS AND IMPORTS ACCORDING TO ARTICLE 2.a.(ix)

1. Reactors and equipment therefor

1.1. Complete nuclear reactors

Nuclear reactors capable of operation so as to maintain a controlled self-sustaining fission chain reaction, excluding zero energy reactors, the latter being defined as reactors with a designed maximum rate of production of plutonium not exceeding 100 grams per year.

EXPLANATORY NOTE

A "nuclear reactor" basically includes the items within or attached directly to the reactor vessel, the equipment which controls the level of power in the core, and the components which normally contain or come in direct contact with or control the primary coolant of the reactor core.

It is not intended to exclude reactors which could reasonably be capable of modification to produce significantly more than 100 grams of plutonium per year. Reactors designed for sustained operation at significant power levels, regardless of their capacity for plutonium production, are not considered as "zero energy reactors".

1.2. Reactor pressure vessels

Metal vessels, as complete units or as major shop-fabricated parts therefor, which are especially designed or prepared to contain the core of a nuclear reactor as defined in paragraph 1.1. above and are capable of withstanding the operating pressure of the primary coolant.

EXPLANATORY NOTE

A top plate for a reactor pressure vessel is covered by item 1.2. as a major shop-fabricated part of a pressure vessel.

Reactor internals (e.g. support columns and plates for the core and other vessel internals, control rod guide tubes, thermal shields, baffles, core grid plates, diffuser plates, etc.) are normally supplied by the reactor supplier. In some cases, certain internal support components are included in the fabrication of the pressure vessel. These items are sufficiently critical to the safety and reliability of the operation of the reactor (and, therefore, to the guarantees and liability of the reactor supplier), so that their supply, outside the basic supply arrangement for the reactor itself, would not be common practice. Therefore, although the separate supply of these unique, especially designed and prepared, critical, large and expensive items would not necessarily be considered as falling outside the area of concern, such a mode of supply is considered unlikely.

1.3. Reactor fuel charging and discharging machines

Manipulative equipment especially designed or prepared for inserting or removing fuel in a nuclear reactor as defined in paragraph 1.1. above capable of on-load operation or employing technically sophisticated positioning or alignment features to allow complex off-load fuelling operations such as those in which direct viewing of or access to the fuel is not normally available.

1.4. Reactor control rods

Rods especially designed or prepared for the control of the reaction rate in a nuclear reactor as defined in paragraph 1.1. above.

EXPLANATORY NOTE

This item includes, in addition to the neutron absorbing part, the support or suspension structures therefor if supplied separately.

1.5. Reactor pressure tubes

Tubes which are especially designed or prepared to contain fuel elements and the primary coolant in a reactor as defined in paragraph 1.1. above at an operating pressure in excess of 5.1 MPa (740 psi).

1.6. Zirconium tubes

Zirconium metal and alloys in the form of tubes or assemblies of tubes, and in quantities exceeding 500 kg in any period of 12 months, especially designed or prepared for use in a reactor as defined in paragraph 1.1. above, and in which the relation of hafnium to zirconium is less than 1:500 parts by weight.

1.7. Primary coolant pumps

Pumps especially designed or prepared for circulating the primary coolant for nuclear reactors as defined in paragraph 1.1. above.

EXPLANATORY NOTE

Especially designed or prepared pumps may include elaborate sealed or multi-sealed systems to prevent leakage of primary coolant, canned-driven pumps, and pumps with inertial mass systems. This definition encompasses pumps certified to NC-1 or equivalent standards.

2. Non-nuclear materials for reactors

2.1. Deuterium and heavy water

Deuterium, heavy water (deuterium oxide) and any other deuterium compound in which the ratio of deuterium to hydrogen atoms exceeds 1:5000 for use in a nuclear reactor as defined in paragraph 1.1. above in quantities exceeding 200 kg of deuterium atoms for any one recipient country in any period of 12 months.

2.2. Nuclear grade graphite

Graphite having a purity level better than 5 parts per million boron equivalent and with a density greater than 1.50 g/cm³ for use in a nuclear reactor as defined in paragraph 1.1. above in quantities exceeding 3 × 10⁴ kg (30 metric tons) for any one recipient country in any period of 12 months.

NOTE

For the purpose of reporting, the Government will determine whether or not the exports of graphite meeting the above specifications are for nuclear reactor use.

3. Plants for the reprocessing of irradiated fuel elements, and equipment especially designed or prepared therefor

INTRODUCTORY NOTE

Reprocessing irradiated nuclear fuel separates plutonium and uranium from intensely radioactive fission products and other transuranic elements. Different technical processes can accomplish this separation. However, over the years Purex has become the most commonly used and accepted process. Purex involves the dissolution of irradiated nuclear fuel in nitric acid, followed by separation of the uranium, plutonium, and fission products by solvent extraction using a mixture of tributyl phosphate in an organic diluent.

Purex facilities have process functions similar to each other, including: irradiated fuel element chopping, fuel dissolution, solvent extraction, and process liquor storage. There may also be equipment for thermal denitration of uranium nitrate, conversion of plutonium nitrate to oxide or metal, and treatment of fission product waste liquor to a form suitable for long term storage or disposal. However, the specific type and configuration of the equipment performing these functions may differ between Purex facilities for several reasons, including the type and quantity of irradiated nuclear fuel to be reprocessed and the intended disposition of the recovered materials, and the safety and maintenance philosophy incorporated into the design of the facility.

A "plant for the reprocessing of irradiated fuel elements" includes the equipment and components which normally come in direct contact with and directly control the irradiated fuel and the major nuclear material and fission product processing streams.

These processes, including the complete systems for plutonium conversion and plutonium metal production, may be identified by the measures taken to avoid criticality (e.g. by geometry), radiation exposure (e.g. by shielding), and toxicity hazards (e.g. by containment).

Items of equipment that are considered to fall within the meaning of the phrase "and equipment especially designed or prepared" for the reprocessing of irradiated fuel elements include:

3.1. Irradiated fuel element chopping machines

INTRODUCTORY NOTE

This equipment breaches the cladding of the fuel to expose the irradiated nuclear material to dissolution. Especially designed metal cutting shears are the most commonly employed, although advanced equipment, such as lasers, may be used.

Remotely operated equipment especially designed or prepared for use in a reprocessing plant as identified above and intended to cut, chop or shear irradiated nuclear fuel assemblies, bundles or rods.

3.2. Dissolvers

INTRODUCTORY NOTE

Dissolvers normally receive the chopped-up spent fuel. In these critically safe vessels, the irradiated nuclear material is dissolved in nitric acid and the remaining hulls removed from the process stream.

Critically safe tanks (e.g. small diameter, annular or slab tanks) especially designed or prepared for use in a reprocessing plant as identified above, intended for dissolution of irradiated nuclear fuel and which are capable of withstanding hot, highly corrosive liquid, and which can be remotely loaded and maintained.

3.3. Solvent extractors and solvent extraction equipment

INTRODUCTORY NOTE

Solvent extractors both receive the solution of irradiated fuel from the dissolvers and the organic solution which separates the uranium, plutonium, and fission products. Solvent extraction equipment is normally designed to meet strict operating parameters, such as long operating lifetimes with no maintenance requirements or adaptability to easy replacement, simplicity of operation and control, and flexibility for variations in process conditions.

Especially designed or prepared solvent extractors such as packed or pulse columns, mixer settlers or centrifugal contactors for use in a plant for the reprocessing of

irradiated fuel. Solvent extractors must be resistant to the corrosive effect of nitric acid. Solvent extractors are normally fabricated to extremely high standards (including special welding and inspection and quality assurance and quality control techniques) out of low carbon stainless steels, titanium, zirconium, or other high quality materials.

3.4. Chemical holding or storage vessels

INTRODUCTORY NOTE

Three main process liquor streams result from the solvent extraction step. Holding or storage vessels are used in the further processing of all three streams, as follows:

- (a) The pure uranium nitrate solution is concentrated by evaporation and passed to a denitration process where it is converted to uranium oxide. This oxide is re-used in the nuclear fuel cycle.
- (b) The intensely radioactive fission products solution is normally concentrated by evaporation and stored as a liquor concentrate. This concentrate may be subsequently evaporated and converted to a form suitable for storage or disposal.
- (c) The pure plutonium nitrate solution is concentrated and stored pending its transfer to further process steps. In particular, holding or storage vessels for plutonium solutions are designed to avoid criticality problems resulting from changes in concentration and form of this stream.

Especially designed or prepared holding or storage vessels for use in a plant for the reprocessing of irradiated fuel. The holding or storage vessels must be resistant to the corrosive effect of nitric acid. The holding or storage vessels are normally fabricated of materials such as low carbon stainless steels, titanium or zirconium, or other high quality materials. Holding or storage vessels may be designed for remote operation and maintenance and may have the following features for control of nuclear criticality:

- (1) walls or internal structures with a boron equivalent of at least two per cent, or
- (2) a maximum diameter of 175 mm (7 in) for cylindrical vessels, or
- (3) a maximum width of 75 mm (3 in) for either a slab or annular vessel.

3.5. Plutonium nitrate to oxide conversion system

INTRODUCTORY NOTE

In most reprocessing facilities, this final process involves the conversion of the plutonium nitrate solution to plutonium dioxide. The main functions involved in this process are: process feed storage and adjustment, precipitation and solid/liquor

separation, calcination, product handling, ventilation, waste management, and process control.

Complete systems especially designed or prepared for the conversion of plutonium nitrate to plutonium oxide, in particular adapted so as to avoid criticality and radiation effects and to minimize toxicity hazards.

3.6. Plutonium oxide to metal production system

INTRODUCTORY NOTE

This process, which could be related to a reprocessing facility, involves the fluorination of plutonium dioxide, normally with highly corrosive hydrogen fluoride, to produce plutonium fluoride which is subsequently reduced using high purity calcium metal to produce metallic plutonium and a calcium fluoride slag. The main functions involved in this process are: fluorination (e.g. involving equipment fabricated or lined with a precious metal), metal reduction (e.g. employing ceramic crucibles), slag recovery, product handling, ventilation, waste management and process control.

Complete systems especially designed or prepared for the production of plutonium metal, in particular adapted so as to avoid criticality and radiation effects and to minimize toxicity hazards.

4. Plants for the fabrication of fuel elements

A "plant for the fabrication of fuel elements" includes the equipment:

- (a) Which normally comes in direct contact with, or directly processes, or controls, the production flow of nuclear material, or
- (b) Which seals the nuclear material within the cladding.

5. Plants for the separation of isotopes of uranium and equipment, other than analytical instruments, especially designed or prepared therefor

Items of equipment that are considered to fall within the meaning of the phrase "equipment, other than analytical instruments, especially designed or prepared" for the separation of isotopes of uranium include:

5.1. Gas centrifuges and assemblies and components especially designed or prepared for use in gas centrifuges

INTRODUCTORY NOTE

The gas centrifuge normally consists of a thin-walled cylinder(s) of between 75 mm (3 in) and 400 mm (16 in) diameter contained in a vacuum environment and spun at high peripheral speed of the order of 300 m/s or more with its central axis vertical. In order to achieve high speed the materials of construction for the rotating components have to be of a high strength to density ratio and the rotor assembly, and hence its individual components, have to be manufactured to very close tolerances in order to minimize the unbalance. In contrast to other centrifuges, the gas centrifuge for uranium enrichment is characterized by having within the rotor chamber a rotating disc-shaped baffle(s) and a stationary tube arrangement for feeding and extracting the UF₆ gas and featuring at least 3 separate channels, of which 2 are connected to scoops extending from the rotor axis towards the periphery of the rotor chamber. Also contained within the vacuum environment are a number of critical items which do not rotate and which although they are especially designed are not difficult to fabricate nor are they fabricated out of unique materials. A centrifuge facility however requires a large number of these components, so that quantities can provide an important indication of end use.

5.1.1. Rotating components

(a) Complete rotor assemblies:

Thin-walled cylinders, or a number of interconnected thin-walled cylinders, manufactured from one or more of the high strength to density ratio materials described in the EXPLANATORY NOTE to this Section. If interconnected, the cylinders are joined together by flexible bellows or rings as described in section 5.1.1.(c) following. The rotor is fitted with an internal baffle(s) and end caps, as described in section 5.1.1.(d) and (e) following, if in final form. However the complete assembly may be delivered only partly assembled.

(b) Rotor tubes:

Especially designed or prepared thin-walled cylinders with thickness of 12 mm (0.5 in) or less, a diameter of between 75 mm (3 in) and 400 mm (16 in), and manufactured from one or more of the high strength to density ratio materials described in the EXPLANATORY NOTE to this Section.

(c) Rings or Bellows:

Components especially designed or prepared to give localized support to the rotor tube or to join together a number of rotor tubes. The bellows is a short cylinder of wall thickness 3 mm (0.12 in) or less, a diameter of between 75 mm (3 in) and 400 mm (16 in), having a convolute, and manufactured from one of the high strength to density ratio materials described in the EXPLANATORY NOTE to this Section.

(d) Baffles:

Disc-shaped components of between 75 mm (3 in) and 400 mm (16 in) diameter especially designed or prepared to be mounted inside the centrifuge rotor tube, in order to isolate the take-off chamber from the main separation chamber and, in some cases, to assist the UF₆ gas circulation within the main separation chamber of the rotor tube, and manufactured from one of the high strength to density ratio materials described in the EXPLANATORY NOTE to this Section.

(e) Top caps/Bottom caps:

Disc-shaped components of between 75 mm (3 in) and 400 mm (16 in) diameter especially designed or prepared to fit to the ends of the rotor tube, and so contain the UF₆ within the rotor tube, and in some cases to support, retain or contain as an integrated part an element of the upper bearing (top cap) or to carry the rotating elements of the motor and lower bearing (bottom cap), and manufactured from one of the high strength to density ratio materials described in the EXPLANATORY NOTE to this Section.

EXPLANATORY NOTE

The materials used for centrifuge rotating components are:

- (a) Maraging steel capable of an ultimate tensile strength of 2.05×10^9 N/m² (300,000 psi) or more;
- (b) Aluminium alloys capable of an ultimate tensile strength of 0.46×10^9 N/m² (67,000 psi) or more;
- (c) Filamentary materials suitable for use in composite structures and having a specific modulus of 12.3×10^6 m or greater and a specific ultimate tensile strength of 0.3×10^6 m or greater ('Specific Modulus' is the Young's Modulus in N/m² divided by the specific weight in N/m³; 'Specific Ultimate Tensile Strength' is the ultimate tensile strength in N/m² divided by the specific weight in N/m³).

5.1.2. Static components

(a) Magnetic suspension bearings:

Especially designed or prepared bearing assemblies consisting of an annular magnet suspended within a housing containing a damping medium. The housing will be manufactured from a UF₆-resistant material (see EXPLANATORY NOTE to Section 5.2.). The magnet couples with a pole piece or a second magnet fitted to the top cap described in Section 5.1.1.(e). The magnet may be ring-shaped with a relation between outer and inner diameter smaller or equal to 1.6:1. The magnet may be in a form having an initial permeability of 0.15 H/m (120,000 in CGS units) or more, or a

remance of 98.5% or more, or an energy product of greater than 80 kJ/m^3 (10^7 gauss-oersteds). In addition to the usual material properties, it is a prerequisite that the deviation of the magnetic axes from the geometrical axes is limited to very small tolerances (lower than 0.1 mm or 0.004 in) or that homogeneity of the material of the magnet is specially called for.

(b) Bearings/Dampers:

Especially designed or prepared bearings comprising a pivot/cup assembly mounted on a damper. The pivot is normally a hardened steel shaft with a hemisphere at one end with a means of attachment to the bottom cap described in section 5.1.1.(e) at the other. The shaft may however have a hydrodynamic bearing attached. The cup is pellet-shaped with a hemispherical indentation in one surface. These components are often supplied separately to the damper.

(c) Molecular pumps:

Especially designed or prepared cylinders having internally machined or extruded helical grooves and internally machined bores. Typical dimensions are as follows: 75 mm (3 in) to 400 mm (16 in) internal diameter, 10 mm (0.4 in) or more wall thickness, with the length equal to or greater than the diameter. The grooves are typically rectangular in cross-section and 2 mm (0.08 in) or more in depth.

(d) Motor stators:

Especially designed or prepared ring-shaped stators for high speed multiphase AC hysteresis (or reluctance) motors for synchronous operation within a vacuum in the frequency range of 600 - 2000 Hz and a power range of 50 - 1000 VA. The stators consist of multi-phase windings on a laminated low loss iron core comprised of thin layers typically 2.0 mm (0.08 in) thick or less.

(e) Centrifuge housing/recipients:

Components especially designed or prepared to contain the rotor tube assembly of a gas centrifuge. The housing consists of a rigid cylinder of wall thickness up to 30 mm (1.2 in) with precision machined ends to locate the bearings and with one or more flanges for mounting. The machined ends are parallel to each other and perpendicular to the cylinder's longitudinal axis to within 0.05 degrees or less. The housing may also be a honeycomb type structure to accommodate several rotor tubes. The housings are made of or protected by materials resistant to corrosion by UF_6 .

(f) Scoops:

Especially designed or prepared tubes of up to 12 mm (0.5 in) internal diameter for the extraction of UF_6 gas from within the rotor tube by a Pitot tube action (that is, with an aperture facing into the circumferential gas flow within the rotor tube, for example by bending the end of a radially disposed tube) and capable of being fixed to the central gas extraction system. The tubes are made of or protected by materials

resistant to corrosion by UF₆.

5.2. Especially designed or prepared auxiliary systems, equipment and components for gas centrifuge enrichment plants

INTRODUCTORY NOTE

The auxiliary systems, equipment and components for a gas centrifuge enrichment plant are the systems of plant needed to feed UF₆ to the centrifuges, to link the individual centrifuges to each other to form cascades (or stages) to allow for progressively higher enrichments and to extract the 'product' and 'tails' UF₆ from the centrifuges, together with the equipment required to drive the centrifuges or to control the plant.

Normally UF₆ is evaporated from the solid using heated autoclaves and is distributed in gaseous form to the centrifuges by way of cascade header pipework. The 'product' and 'tails' UF₆ gaseous streams flowing from the centrifuges are also passed by way of cascade header pipework to cold traps (operating at about 203 K (-70 °C)) where they are condensed prior to onward transfer into suitable containers for transportation or storage. Because an enrichment plant consists of many thousands of centrifuges arranged in cascades there are many kilometers of cascade header pipework, incorporating thousands of welds with a substantial amount of repetition of layout. The equipment, components and piping systems are fabricated to very high vacuum and cleanliness standards.

5.2.1. Feed systems/product and tails withdrawal systems

Especially designed or prepared process systems including:

Feed autoclaves (or stations), used for passing UF₆ to the centrifuge cascades at up to 100 kPa (15 psi) and at a rate of 1 kg/h or more;

Desublimers (or cold traps) used to remove UF₆ from the cascades at up to 3 kPa (0.5 psi) pressure. The desublimers are capable of being chilled to 203 K (-70 °C) and heated to 343 K (70 °C);

'Product' and 'Tails' stations used for trapping UF₆ into containers.

This plant, equipment and pipework is wholly made of or lined with UF₆-resistant materials (see EXPLANATORY NOTE to this section) and is fabricated to very high vacuum and cleanliness standards.

5.2.2. Machine header piping systems

Especially designed or prepared piping systems and header systems for handling UF₆ within the centrifuge cascades. The piping network is normally of the 'triple' header system with each centrifuge connected to each of the headers. There is thus a substantial amount of repetition in its form. It is wholly made of UF₆-resistant

materials (see EXPLANATORY NOTE to this section) and is fabricated to very high vacuum and cleanliness standards.

5.2.3. UF₆ mass spectrometers/ion sources

Especially designed or prepared magnetic or quadrupole mass spectrometers capable of taking 'on-line' samples of feed, product or tails, from UF₆ gas streams and having all of the following characteristics:

1. Unit resolution for atomic mass unit greater than 320;
2. Ion sources constructed of or lined with nichrome or monel or nickel plated;
3. Electron bombardment ionization sources;
4. Having a collector system suitable for isotopic analysis.

5.2.4. Frequency changers

Frequency changers (also known as converters or invertors) especially designed or prepared to supply motor stators as defined under 5.1.2.(d), or parts, components and sub-assemblies of such frequency changers having all of the following characteristics:

1. A multiphase output of 600 to 2000 Hz;
2. High stability (with frequency control better than 0.1%);
3. Low harmonic distortion (less than 2%); and
4. An efficiency of greater than 80%.

EXPLANATORY NOTE

The items listed above either come into direct contact with the UF₆ process gas or directly control the centrifuges and the passage of the gas from centrifuge to centrifuge and cascade to cascade.

Materials resistant to corrosion by UF₆ include stainless steel, aluminium, aluminium alloys, nickel or alloys containing 60% or more nickel.

5.3. Especially designed or prepared assemblies and components for use in gaseous diffusion enrichment

INTRODUCTORY NOTE

In the gaseous diffusion method of uranium isotope separation, the main technological assembly is a special porous gaseous diffusion barrier, heat exchanger for cooling the gas (which is heated by the process of compression), seal valves and

control valves, and pipelines. Inasmuch as gaseous diffusion technology uses uranium hexafluoride (UF₆), all equipment, pipeline and instrumentation surfaces (that come in contact with the gas) must be made of materials that remain stable in contact with UF₆. A gaseous diffusion facility requires a number of these assemblies, so that quantities can provide an important indication of end use.

5.3.1. Gaseous diffusion barriers

(a) Especially designed or prepared thin, porous filters, with a pore size of 100 - 1,000 Å (angstroms), a thickness of 5 mm (0.2 in) or less, and for tubular forms, a diameter of 25 mm (1 in) or less, made of metallic, polymer or ceramic materials resistant to corrosion by UF₆, and

(b) especially prepared compounds or powders for the manufacture of such filters. Such compounds and powders include nickel or alloys containing 60 per cent or more nickel, aluminium oxide, or UF₆-resistant fully fluorinated hydrocarbon polymers having a purity of 99.9 per cent or more, a particle size less than 10 microns, and a high degree of particle size uniformity, which are especially prepared for the manufacture of gaseous diffusion barriers.

5.3.2. Diffuser housings

Especially designed or prepared hermetically sealed cylindrical vessels greater than 300 mm (12 in) in diameter and greater than 900 mm (35 in) in length, or rectangular vessels of comparable dimensions, which have an inlet connection and two outlet connections all of which are greater than 50 mm (2 in) in diameter, for containing the gaseous diffusion barrier, made of or lined with UF₆-resistant materials and designed for horizontal or vertical installation.

5.3.3. Compressors and gas blowers

Especially designed or prepared axial, centrifugal, or positive displacement compressors, or gas blowers with a suction volume capacity of 1 m³/min or more of UF₆, and with a discharge pressure of up to several hundred kPa (100 psi), designed for long-term operation in the UF₆ environment with or without an electrical motor of appropriate power, as well as separate assemblies of such compressors and gas blowers. These compressors and gas blowers have a pressure ratio between 2:1 and 6:1 and are made of, or lined with, materials resistant to UF₆.

5.3.4. Rotary shaft seals

Especially designed or prepared vacuum seals, with seal feed and seal exhaust connections, for sealing the shaft connecting the compressor or the gas blower rotor with the driver motor so as to ensure a reliable seal against in-leaking of air into the inner chamber of the compressor or gas blower which is filled with UF₆. Such seals are normally designed for a buffer gas in-leakage rate of less than 1000 cm³/min (60 in³/min).

5.3.5. Heat exchangers for cooling UF₆

Especially designed or prepared heat exchangers made of or lined with UF₆-resistant materials (except stainless steel) or with copper or any combination of those metals, and intended for a leakage pressure change rate of less than 10 Pa (0.0015 psi) per hour under a pressure difference of 100 kPa (15 psi).

5.4. Especially designed or prepared auxiliary systems, equipment and components for use in gaseous diffusion enrichment

INTRODUCTORY NOTE

The auxiliary systems, equipment and components for gaseous diffusion enrichment plants are the systems of plant needed to feed UF₆ to the gaseous diffusion assembly, to link the individual assemblies to each other to form cascades (or stages) to allow for progressively higher enrichments and to extract the 'product' and 'tails' UF₆ from the diffusion cascades. Because of the high inertial properties of diffusion cascades, any interruption in their operation, and especially their shut-down, leads to serious consequences. Therefore, a strict and constant maintenance of vacuum in all technological systems, automatic protection from accidents, and precise automated regulation of the gas flow is of importance in a gaseous diffusion plant. All this leads to a need to equip the plant with a large number of special measuring, regulating and controlling systems.

Normally UF₆ is evaporated from cylinders placed within autoclaves and is distributed in gaseous form to the entry point by way of cascade header pipework. The 'product' and 'tails' UF₆ gaseous streams flowing from exit points are passed by way of cascade header pipework to either cold traps or to compression stations where the UF₆ gas is liquefied prior to onward transfer into suitable containers for transportation or storage. Because a gaseous diffusion enrichment plant consists of a large number of gaseous diffusion assemblies arranged in cascades, there are many kilometers of cascade header pipework, incorporating thousands of welds with substantial amounts of repetition of layout. The equipment, components and piping systems are fabricated to very high vacuum and cleanliness standards.

5.4.1. Feed systems/product and tails withdrawal systems

Especially designed or prepared process systems, capable of operating at pressures of 300 kPa (45 psi) or less, including:

Feed autoclaves (or systems), used for passing UF₆ to the gaseous diffusion cascades;

Desublimers (or cold traps) used to remove UF₆ from diffusion cascades;

Liquefaction stations where UF₆ gas from the cascade is compressed and cooled to form liquid UF₆;

'Product' or 'tails' stations used for transferring UF₆ into containers.

5.4.2. Header piping systems

Especially designed or prepared piping systems and header systems for handling UF₆ within the gaseous diffusion cascades. This piping network is normally of the "double" header system with each cell connected to each of the headers.

5.4.3. Vacuum systems

(a) Especially designed or prepared large vacuum manifolds, vacuum headers and vacuum pumps having a suction capacity of 5 m³/min (175 ft³/min) or more.

(b) Vacuum pumps especially designed for service in UF₆-bearing atmospheres made of, or lined with, aluminium, nickel, or alloys bearing more than 60% nickel. These pumps may be either rotary or positive, may have displacement and fluorocarbon seals, and may have special working fluids present.

5.4.4. Special shut-off and control valves

Especially designed or prepared manual or automated shut-off and control bellows valves made of UF₆-resistant materials with a diameter of 40 to 1500 mm (1.5 to 59 in) for installation in main and auxiliary systems of gaseous diffusion enrichment plants.

5.4.5. UF₆ mass spectrometers/ion sources

Especially designed or prepared magnetic or quadrupole mass spectrometers capable of taking "on-line" samples of feed, product or tails, from UF₆ gas streams and having all of the following characteristics:

1. Unit resolution for atomic mass unit greater than 320;
2. Ion sources constructed of or lined with nichrome or monel or nickel plated;
3. Electron bombardment ionization sources;
4. Collector system suitable for isotopic analysis.

EXPLANATORY NOTE

The items listed above either come into direct contact with the UF₆ process gas or directly control the flow within the cascade. All surfaces which come into contact with the process gas are wholly made of, or lined with, UF₆-resistant materials. For the purposes of the sections relating to gaseous diffusion items the materials resistant to corrosion by UF₆ include stainless steel, aluminium, aluminium alloys, aluminium oxide, nickel or alloys containing 60% or more nickel and UF₆-resistant fully fluorinated hydrocarbon polymers.

5.5. Especially designed or prepared systems, equipment and components for use in aerodynamic enrichment plants

INTRODUCTORY NOTE

In aerodynamic enrichment processes, a mixture of gaseous UF_6 and light gas (hydrogen or helium) is compressed and then passed through separating elements wherein isotopic separation is accomplished by the generation of high centrifugal forces over a curved-wall geometry. Two processes of this type have been successfully developed: the separation nozzle process and the vortex tube process. For both processes the main components of a separation stage include cylindrical vessels housing the special separation elements (nozzles or vortex tubes), gas compressors and heat exchangers to remove the heat of compression. An aerodynamic plant requires a number of these stages, so that quantities can provide an important indication of end use. Since aerodynamic processes use UF_6 , all equipment, pipeline and instrumentation surfaces (that come in contact with the gas) must be made of materials that remain stable in contact with UF_6 .

EXPLANATORY NOTE

The items listed in this section either come into direct contact with the UF_6 process gas or directly control the flow within the cascade. All surfaces which come into contact with the process gas are wholly made of or protected by UF_6 -resistant materials. For the purposes of the section relating to aerodynamic enrichment items, the materials resistant to corrosion by UF_6 include copper, stainless steel, aluminium, aluminium alloys, nickel or alloys containing 60% or more nickel and UF_6 -resistant fully fluorinated hydrocarbon polymers.

5.5.1. Separation nozzles

Especially designed or prepared separation nozzles and assemblies thereof. The separation nozzles consist of slit-shaped, curved channels having a radius of curvature less than 1 mm (typically 0.1 to 0.05 mm), resistant to corrosion by UF_6 and having a knife-edge within the nozzle that separates the gas flowing through the nozzle into two fractions.

5.5.2. Vortex tubes

Especially designed or prepared vortex tubes and assemblies thereof. The vortex tubes are cylindrical or tapered, made of or protected by materials resistant to corrosion by UF_6 , having a diameter of between 0.5 cm and 4 cm, a length to diameter ratio of 20:1 or less and with one or more tangential inlets. The tubes may be equipped with nozzle-type appendages at either or both ends.

EXPLANATORY NOTE

The feed gas enters the vortex tube tangentially at one end or through swirl vanes or at numerous tangential positions along the periphery of the tube.

5.5.3. Compressors and gas blowers

Especially designed or prepared axial, centrifugal or positive displacement compressors or gas blowers made of or protected by materials resistant to corrosion by UF_6 and with a suction volume capacity of $2\text{ m}^3/\text{min}$ or more of UF_6 /carrier gas (hydrogen or helium) mixture.

EXPLANATORY NOTE

These compressors and gas blowers typically have a pressure ratio between 1.2:1 and 6:1.

5.5.4. Rotary shaft seals

Especially designed or prepared rotary shaft seals, with seal feed and seal exhaust connections, for sealing the shaft connecting the compressor rotor or the gas blower rotor with the driver motor so as to ensure a reliable seal against out-leakage of process gas or in-leakage of air or seal gas into the inner chamber of the compressor or gas blower which is filled with a UF_6 /carrier gas mixture.

5.5.5. Heat exchangers for gas cooling

Especially designed or prepared heat exchangers made of or protected by materials resistant to corrosion by UF_6 .

5.5.6. Separation element housings

Especially designed or prepared separation element housings, made of or protected by materials resistant to corrosion by UF_6 , for containing vortex tubes or separation nozzles.

EXPLANATORY NOTE

These housings may be cylindrical vessels greater than 300 mm in diameter and greater than 900 mm in length, or may be rectangular vessels of comparable dimensions, and may be designed for horizontal or vertical installation.

5.5.7. Feed systems/product and tails withdrawal systems

Especially designed or prepared process systems or equipment for enrichment plants made of or protected by materials resistant to corrosion by UF_6 , including:

- (a) Feed autoclaves, ovens, or systems used for passing UF_6 to the enrichment process;
- (b) Desublimers (or cold traps) used to remove UF_6 from the enrichment process for subsequent transfer upon heating;

- (c) Solidification or liquefaction stations used to remove UF₆ from the enrichment process by compressing and converting UF₆ to a liquid or solid form;
- (d) 'Product' or 'tails' stations used for transferring UF₆ into containers.

5.5.8. Header piping systems

Especially designed or prepared header piping systems, made of or protected by materials resistant to corrosion by UF₆, for handling UF₆ within the aerodynamic cascades. This piping network is normally of the 'double' header design with each stage or group of stages connected to each of the headers.

5.5.9. Vacuum systems and pumps

- (a) Especially designed or prepared vacuum systems having a suction capacity of 5 m³/min or more, consisting of vacuum manifolds, vacuum headers and vacuum pumps, and designed for service in UF₆-bearing atmospheres,
- (b) Vacuum pumps especially designed or prepared for service in UF₆-bearing atmospheres and made of or protected by materials resistant to corrosion by UF₆. These pumps may use fluorocarbon seals and special working fluids.

5.5.10. Special shut-off and control valves

Especially designed or prepared manual or automated shut-off and control bellows valves made of or protected by materials resistant to corrosion by UF₆ with a diameter of 40 to 1500 mm for installation in main and auxiliary systems of aerodynamic enrichment plants.

5.5.11. UF₆ mass spectrometers/ion sources

Especially designed or prepared magnetic or quadrupole mass spectrometers capable of taking 'on-line' samples of feed, 'product' or 'tails', from UF₆ gas streams and having all of the following characteristics:

1. Unit resolution for mass greater than 320;
2. Ion sources constructed of or lined with nichrome or monel or nickel plated;
3. Electron bombardment ionization sources;
4. Collector system suitable for isotopic analysis.

5.5.12. UF₆/carrier gas separation systems

Especially designed or prepared process systems for separating UF₆ from carrier gas (hydrogen or helium).

EXPLANATORY NOTE

These systems are designed to reduce the UF₆ content in the carrier gas to 1 ppm or less and may incorporate equipment such as:

- (a) Cryogenic heat exchangers and cryoseparators capable of temperatures of -120 °C or less, or
- (b) Cryogenic refrigeration units capable of temperatures of -120 °C or less, or
- (c) Separation nozzle or vortex tube units for the separation of UF₆ from carrier gas, or
- (d) UF₆ cold traps capable of temperatures of -20 °C or less.

5.6. Especially designed or prepared systems, equipment and components for use in chemical exchange or ion exchange enrichment plants

INTRODUCTORY NOTE

The slight difference in mass between the isotopes of uranium causes small changes in chemical reaction equilibria that can be used as a basis for separation of the isotopes. Two processes have been successfully developed: liquid-liquid chemical exchange and solid-liquid ion exchange.

In the liquid-liquid chemical exchange process, immiscible liquid phases (aqueous and organic) are countercurrently contacted to give the cascading effect of thousands of separation stages. The aqueous phase consists of uranium chloride in hydrochloric acid solution; the organic phase consists of an extractant containing uranium chloride in an organic solvent. The contactors employed in the separation cascade can be liquid-liquid exchange columns (such as pulsed columns with sieve plates) or liquid centrifugal contactors. Chemical conversions (oxidation and reduction) are required at both ends of the separation cascade in order to provide for the reflux requirements at each end. A major design concern is to avoid contamination of the process streams with certain metal ions. Plastic, plastic-lined (including use of fluorocarbon polymers) and/or glass-lined columns and piping are therefore used.

In the solid-liquid ion-exchange process, enrichment is accomplished by uranium adsorption/desorption on a special, very fast-acting, ion-exchange resin or adsorbent. A solution of uranium in hydrochloric acid and other chemical agents is passed through cylindrical enrichment columns containing packed beds of the adsorbent. For a continuous process, a reflux system is necessary to release the uranium from the adsorbent back into the liquid flow so that 'product' and 'tails' can be collected. This is accomplished with the use of suitable reduction/oxidation chemical agents that are fully regenerated in separate external circuits and that may be partially regenerated within the isotopic separation columns themselves. The presence of hot concentrated hydrochloric acid solutions in the process requires that the equipment be made of or protected by special corrosion-resistant materials.

5.6.1. Liquid-liquid exchange columns (Chemical exchange)

Countercurrent liquid-liquid exchange columns having mechanical power input (i.e., pulsed columns with sieve plates, reciprocating plate columns, and columns with internal turbine mixers), especially designed or prepared for uranium enrichment using the chemical exchange process. For corrosion resistance to concentrated hydrochloric acid solutions, these columns and their internals are made of or protected by suitable plastic materials (such as fluorocarbon polymers) or glass. The stage residence time of the columns is designed to be short (30 seconds or less).

5.6.2. Liquid-liquid centrifugal contactors (Chemical exchange)

Liquid-liquid centrifugal contactors especially designed or prepared for uranium enrichment using the chemical exchange process. Such contactors use rotation to achieve dispersion of the organic and aqueous streams and then centrifugal force to separate the phases. For corrosion resistance to concentrated hydrochloric acid solutions, the contactors are made of or are lined with suitable plastic materials (such as fluorocarbon polymers) or are lined with glass. The stage residence time of the centrifugal contactors is designed to be short (30 seconds or less).

5.6.3. Uranium reduction systems and equipment (Chemical exchange)

(a) Especially designed or prepared electrochemical reduction cells to reduce uranium from one valence state to another for uranium enrichment using the chemical exchange process. The cell materials in contact with process solutions must be corrosion resistant to concentrated hydrochloric acid solutions.

EXPLANATORY NOTE

The cell cathodic compartment must be designed to prevent re-oxidation of uranium to its higher valence state. To keep the uranium in the cathodic compartment, the cell may have an impervious diaphragm membrane constructed of special cation exchange material. The cathode consists of a suitable solid conductor such as graphite.

(b) Especially designed or prepared systems at the product end of the cascade for taking the U^{4+} out of the organic stream, adjusting the acid concentration and feeding to the electrochemical reduction cells.

EXPLANATORY NOTE

These systems consist of solvent extraction equipment for stripping the U^{4+} from the organic stream into an aqueous solution, evaporation and/or other equipment to accomplish solution pH adjustment and control, and pumps or other transfer devices for feeding to the electrochemical reduction cells. A major design concern is to avoid contamination of the aqueous stream with certain metal ions. Consequently, for those parts in contact with the process stream, the system is constructed of equipment made

of or protected by suitable materials (such as glass, fluorocarbon polymers, polyphenyl sulfate, polyether sulfone, and resin-impregnated graphite).

5.6.4. Feed preparation systems (Chemical exchange)

Especially designed or prepared systems for producing high-purity uranium chloride feed solutions for chemical exchange uranium isotope separation plants.

EXPLANATORY NOTE

These systems consist of dissolution, solvent extraction and/or ion exchange equipment for purification and electrolytic cells for reducing the uranium U^{6+} or U^{4+} to U^{3+} . These systems produce uranium chloride solutions having only a few parts per million of metallic impurities such as chromium, iron, vanadium, molybdenum and other bivalent or higher multi-valent cations. Materials of construction for portions of the system processing high-purity U^{3+} include glass, fluorocarbon polymers, polyphenyl sulfate or polyether sulfone plastic-lined and resin-impregnated graphite.

5.6.5. Uranium oxidation systems (Chemical exchange)

Especially designed or prepared systems for oxidation of U^{3+} to U^{4+} for return to the uranium isotope separation cascade in the chemical exchange enrichment process.

EXPLANATORY NOTE

These systems may incorporate equipment such as:

- (a) Equipment for contacting chlorine and oxygen with the aqueous effluent from the isotope separation equipment and extracting the resultant U^{4+} into the stripped organic stream returning from the product end of the cascade,
- (b) Equipment that separates water from hydrochloric acid so that the water and the concentrated hydrochloric acid may be reintroduced to the process at the proper locations.

5.6.6. Fast-reacting ion exchange resins/adsorbents (ion exchange)

Fast-reacting ion-exchange resins or adsorbents especially designed or prepared for uranium enrichment using the ion exchange process, including porous macroreticular resins, and/or pellicular structures in which the active chemical exchange groups are limited to a coating on the surface of an inactive porous support structure, and other composite structures in any suitable form including particles or fibers. These ion exchange resins/adsorbents have diameters of 0.2 mm or less and must be chemically resistant to concentrated hydrochloric acid solutions as well as physically strong enough so as not to degrade in the exchange columns. The resins/adsorbents are especially designed to achieve very fast uranium isotope exchange kinetics (exchange rate half-time of less than 10 seconds) and are capable of operating at a temperature in the range of 100 °C to 200 °C.

5.6.7. Ion exchange columns (Ion exchange)

Cylindrical columns greater than 1000 mm in diameter for containing and supporting packed beds of ion exchange resin/adsorbent, especially designed or prepared for uranium enrichment using the ion exchange process. These columns are made of or protected by materials (such as titanium or fluorocarbon plastics) resistant to corrosion by concentrated hydrochloric acid solutions and are capable of operating at a temperature in the range of 100 °C to 200 °C and pressures above 0.7 MPa (102 psia).

5.6.8. Ion exchange reflux systems (Ion exchange)

- (a) Especially designed or prepared chemical or electrochemical reduction systems for regeneration of the chemical reducing agent(s) used in ion exchange uranium enrichment cascades.
- (b) Especially designed or prepared chemical or electrochemical oxidation systems for regeneration of the chemical oxidizing agent(s) used in ion exchange uranium enrichment cascades.

EXPLANATORY NOTE

The ion exchange enrichment process may use, for example, trivalent titanium (Ti^{3+}) as a reducing cation in which case the reduction system would regenerate Ti^{3+} by reducing Ti^{4+} .

The process may use, for example, trivalent iron (Fe^{3+}) as an oxidant in which case the oxidation system would regenerate Fe^{3+} by oxidizing Fe^{2+} .

5.7. Especially designed or prepared systems, equipment and components for use in laser-based enrichment plants**INTRODUCTORY NOTE**

Present systems for enrichment processes using lasers fall into two categories: those in which the process medium is atomic uranium vapor and those in which the process medium is the vapor of a uranium compound. Common nomenclature for such processes include: first category - atomic vapor laser isotope separation (AVLIS or SILVA); second category - molecular laser isotope separation (MLIS or MOLIS) and chemical reaction by isotope selective laser activation (CRISLA). The systems, equipment and components for laser enrichment plants embrace: (a) devices to feed uranium-metal vapor (for selective photo-ionization) or devices to feed the vapor of a uranium compound (for photo-dissociation or chemical activation); (b) devices to collect enriched and depleted uranium metal as 'product' and 'tails' in the first category, and devices to collect dissociated or reacted compounds as 'product' and unaffected material as 'tails' in the second category; (c) process laser systems to selectively excite the uranium-235 species; and (d) feed preparation and product

conversion equipment. The complexity of the spectroscopy of uranium atoms and compounds may require incorporation of any of a number of available laser technologies.

EXPLANATORY NOTE

Many of the items listed in this section come into direct contact with uranium metal vapor or liquid or with process gas consisting of UF_6 or a mixture of UF_6 and other gases. All surfaces that come into contact with the uranium or UF_6 are wholly made of or protected by corrosion-resistant materials. For the purposes of the section relating to laser-based enrichment items, the materials resistant to corrosion by the vapor or liquid of uranium metal or uranium alloys include yttria-coated graphite and tantalum; and the materials resistant to corrosion by UF_6 include copper, stainless steel, aluminium, aluminium alloys, nickel or alloys containing 60 % or more nickel and UF_6 -resistant fully fluorinated hydrocarbon polymers.

5.7.1. Uranium vaporization systems (AVLIS)

Especially designed or prepared uranium vaporization systems which contain high-power strip or scanning electron beam guns with a delivered power on the target of more than 2.5 kW/cm.

5.7.2. Liquid uranium metal handling systems (AVLIS)

Especially designed or prepared liquid metal handling systems for molten uranium or uranium alloys, consisting of crucibles and cooling equipment for the crucibles.

EXPLANATORY NOTE

The crucibles and other parts of this system that come into contact with molten uranium or uranium alloys are made of or protected by materials of suitable corrosion and heat resistance. Suitable materials include tantalum, yttria-coated graphite, graphite coated with other rare earth oxides or mixtures thereof.

5.7.3. Uranium metal 'product' and 'tails' collector assemblies (AVLIS)

Especially designed or prepared 'product' and 'tails' collector assemblies for uranium metal in liquid or solid form.

EXPLANATORY NOTE

Components for these assemblies are made of or protected by materials resistant to the heat and corrosion of uranium metal vapor or liquid (such as yttria-coated graphite or tantalum) and may include pipes, valves, fittings, 'gutters', feed-throughs, heat exchangers and collector plates for magnetic, electrostatic or other separation methods.

5.7.4. Separator module housings (AVLIS)

Especially designed or prepared cylindrical or rectangular vessels for containing the uranium metal vapor source, the electron beam gun, and the 'product' and 'tails' collectors.

EXPLANATORY NOTE

These housings have multiplicity of ports for electrical and water feed-throughs, laser beam windows, vacuum pump connections and instrumentation diagnostics and monitoring. They have provisions for opening and closure to allow refurbishment of internal components.

5.7.5. Supersonic expansion nozzles (MLIS)

Especially designed or prepared supersonic expansion nozzles for cooling mixtures of UF_6 and carrier gas to 150 K or less and which are corrosion resistant to UF_6 .

5.7.6. Uranium pentafluoride product collectors (MLIS)

Especially designed or prepared uranium pentafluoride (UF_5) solid product collectors consisting of filter, impact, or cyclone-type collectors, or combinations thereof, and which are corrosion resistant to the UF_5/UF_6 environment.

5.7.7. UF_6 /carrier gas compressors (MLIS)

Especially designed or prepared compressors for UF_6 /carrier gas mixtures, designed for long term operation in a UF_6 environment. The components of these compressors that come into contact with process gas are made of or protected by materials resistant to corrosion by UF_6 .

5.7.8. Rotary shaft seals (MLIS)

Especially designed or prepared rotary shaft seals, with seal feed and seal exhaust connections, for sealing the shaft connecting the compressor rotor with the driver motor so as to ensure a reliable seal against out-leakage of process gas or in-leakage of air or seal gas into the inner chamber of the compressor which is filled with a UF_6 /carrier gas mixture.

5.7.9. Fluorination systems (MLIS)

Especially designed or prepared systems for fluorinating UF_5 (solid) to UF_6 (gas).

EXPLANATORY NOTE

These systems are designed to fluorinate the collected UF_5 powder to UF_6 for subsequent collection in product containers or for transfer as feed to MLIS units for additional enrichment. In one approach, the fluorination reaction may be

accomplished within the isotope separation system to react and recover directly off the 'product' collectors. In another approach, the UF_5 powder may be removed/transferred from the 'product' collectors into a suitable reaction vessel (e.g., fluidized-bed reactor, screw reactor or flame tower) for fluorination. In both approaches, equipment for storage and transfer of fluorine (or other suitable fluorinating agents) and for collection and transfer of UF_6 are used.

5.7.10. UF_6 mass spectrometers/ion sources (MLIS)

Especially designed or prepared magnetic or quadrupole mass spectrometers capable of taking 'on-line' samples of feed, 'product' or 'tails', from UF_6 gas streams and having all of the following characteristics:

1. Unit resolution for mass greater than 320;
2. Ion sources constructed of or lined with nichrome or monel or nickel plated;
3. Electron bombardment ionization sources;
4. Collector system suitable for isotopic analysis.

5.7.11. Feed systems/product and tails withdrawal systems (MLIS)

Especially designed or prepared process systems or equipment for enrichment plants made of or protected by materials resistant to corrosion by UF_6 , including:

- (a) Feed autoclaves, ovens, or systems used for passing UF_6 to the enrichment process
- (b) Desublimers (or cold traps) used to remove UF_6 from the enrichment process for subsequent transfer upon heating;
- (c) Solidification or liquefaction stations used to remove UF_6 from the enrichment process by compressing and converting UF_6 to a liquid or solid form;
- (d) 'Product' or 'tails' stations used for transferring UF_6 into containers.

5.7.12. UF_6 /carrier gas separation systems (MLIS)

Especially designed or prepared process systems for separating UF_6 from carrier gas. The carrier gas may be nitrogen, argon, or other gas.

EXPLANATORY NOTE

These systems may incorporate equipment such as:

- (a) Cryogenic heat exchangers or cryoseparators capable of temperatures of $-120^\circ C$ or less, or

- (b) Cryogenic refrigeration units capable of temperatures of -120°C or less, or
- (c) UF_6 cold traps capable of temperatures of -20°C or less.

5.7.13. Laser systems (AVLIS, MLIS and CRISLA)

Lasers or laser systems especially designed or prepared for the separation of uranium isotopes.

EXPLANATORY NOTE

The laser system for the AVLIS process usually consists of two lasers: a copper vapor laser and a dye laser. The laser system for MLIS usually consists of a CO_2 or excimer laser and a multi-pass optical cell with revolving mirrors at both ends. Lasers or laser systems for both processes require a spectrum frequency stabilizer for operation over extended periods of time.

5.8. Especially designed or prepared systems, equipment and components for use in plasma separation enrichment plants

INTRODUCTORY NOTE

In the plasma separation process, a plasma of uranium ions passes through an electric field tuned to the U-235 ion resonance frequency so that they preferentially absorb energy and increase the diameter of their corkscrew-like orbits. Ions with a large-diameter path are trapped to produce a product enriched in U-235. The plasma, which is made by ionizing uranium vapor, is contained in a vacuum chamber with a high-strength magnetic field produced by a superconducting magnet. The main technological systems of the process include the uranium plasma generation system, the separator module with superconducting magnet and metal removal systems for the collection of 'product' and 'tails'.

5.8.1. Microwave power sources and antennae

Especially designed or prepared microwave power sources and antennae for producing or accelerating ions and having the following characteristics: greater than 30 GHz frequency and greater than 50 kW mean power output for ion production.

5.8.2. Ion excitation coils

Especially designed or prepared radio frequency ion excitation coils for frequencies of more than 100 kHz and capable of handling more than 40 kW mean power.

5.8.3. Uranium plasma generation systems

Especially designed or prepared systems for the generation of uranium plasma, which may contain high-power strip or scanning electron beam guns with a delivered power

on the target of more than 2.5 kW/cm.

5.8.4. Liquid uranium metal handling systems

Especially designed or prepared liquid metal handling systems for molten uranium or uranium alloys, consisting of crucibles and cooling equipment for the crucibles.

EXPLANATORY NOTE

The crucibles and other parts of this system that come into contact with molten uranium or uranium alloys are made of or protected by materials of suitable corrosion and heat resistance. Suitable materials include tantalum, yttria-coated graphite, graphite coated with other rare earth oxides or mixtures thereof.

5.8.5. Uranium metal 'product' and 'tails' collector assemblies

Especially designed or prepared 'product' and 'tails' collector assemblies for uranium metal in solid form. These collector assemblies are made of or protected by materials resistant to the heat and corrosion of uranium metal vapor, such as yttria-coated graphite or tantalum.

5.8.6. Separator module housings

Cylindrical vessels especially designed or prepared for use in plasma separation enrichment plants for containing the uranium plasma source, radio-frequency drive coil and the 'product' and 'tails' collectors.

EXPLANATORY NOTE

These housings have a multiplicity of ports for electrical feed-throughs, diffusion pump connections and instrumentation diagnostics and monitoring. They have provisions for opening and closure to allow for refurbishment of internal components and are constructed of a suitable non-magnetic material such as stainless steel.

5.9. Especially designed or prepared systems, equipment and components for use in electromagnetic enrichment plants

INTRODUCTORY NOTE

In the electromagnetic process, uranium metal ions produced by ionization of a salt feed material (typically UCl_4) are accelerated and passed through a magnetic field that has the effect of causing the ions of different isotopes to follow different paths. The major components of an electromagnetic isotope separator include: a magnetic field for ion-beam diversion/separation of the isotopes, an ion source with its acceleration system, and a collection system for the separated ions. Auxiliary systems for the process include the magnet power supply system, the ion source high-voltage power supply system, the vacuum system, and extensive chemical handling systems for recovery of product and cleaning/recycling of components.

5.9.1. Electromagnetic isotope separators

Electromagnetic isotope separators especially designed or prepared for the separation of uranium isotopes, and equipment and components therefor, including:

(a) Ion sources

Especially designed or prepared single or multiple uranium ion sources consisting of a vapor source, ionizer, and beam accelerator, constructed of suitable materials such as graphite, stainless steel, or copper, and capable of providing a total ion beam current of 50 mA or greater.

(b) Ion collectors

Collector plates consisting of two or more slits and pockets especially designed or prepared for collection of enriched and depleted uranium ion beams and constructed of suitable materials such as graphite or stainless steel.

(c) Vacuum housings

Especially designed or prepared vacuum housings for uranium electromagnetic separators, constructed of suitable non-magnetic materials such as stainless steel and designed for operation at pressures of 0.1 Pa or lower.

EXPLANATORY NOTE

The housings are specially designed to contain the ion sources, collector plates and water-cooled liners and have provision for diffusion pump connections and opening and closure for removal and reinstallation of these components.

(d) Magnet pole pieces

Especially designed or prepared magnet pole pieces having a diameter greater than 2 m used to maintain a constant magnetic field within an electromagnetic isotope separator and to transfer the magnetic field between adjoining separators.

5.9.2. High voltage power supplies

Especially designed or prepared high-voltage power supplies for ion sources, having all of the following characteristics: capable of continuous operation, output voltage of 20,000 V or greater, output current of 1 A or greater, and voltage regulation of better than 0.01% over a time period of 8 hours.

5.9.3. Magnet power supplies

Especially designed or prepared high-power, direct current magnet power supplies having all of the following characteristics: capable of continuously producing a current output of 500 A or greater at a voltage of 100 V or greater and with a current or voltage regulation better than 0.01% over a period of 8 hours.

6. Plants for the production of heavy water, deuterium and deuterium compounds and equipment especially designed or prepared therefor

INTRODUCTORY NOTE

Heavy water can be produced by a variety of processes. However, the two processes that have proven to be commercially viable are the water-hydrogen sulphide exchange process (GS process) and the ammonia-hydrogen exchange process.

The GS process is based upon the exchange of hydrogen and deuterium between water and hydrogen sulphide within a series of towers which are operated with the top section cold and the bottom section hot. Water flows down the towers while the hydrogen sulphide gas circulates from the bottom to the top of the towers. A series of perforated trays are used to promote mixing between the gas and the water. Deuterium migrates to the water at low temperatures and to the hydrogen sulphide at high temperatures. Gas or water, enriched in deuterium, is removed from the first stage towers at the junction of the hot and cold sections and the process is repeated in subsequent stage towers. The product of the last stage, water enriched up to 30% in deuterium, is sent to a distillation unit to produce reactor grade heavy water, i.e., 99.75% deuterium oxide.

The ammonia-hydrogen exchange process can extract deuterium from synthesis gas through contact with liquid ammonia in the presence of a catalyst. The synthesis gas is fed into exchange towers and to an ammonia converter. Inside the towers the gas flows from the bottom to the top while the liquid ammonia flows from the top to the bottom. The deuterium is stripped from the hydrogen in the synthesis gas and concentrated in the ammonia. The ammonia then flows into an ammonia cracker at the bottom of the tower while the gas flows into an ammonia converter at the top. Further enrichment takes place in subsequent stages and reactor grade heavy water is produced through final distillation. The synthesis gas feed can be provided by an ammonia plant that, in turn, can be constructed in association with a heavy water ammonia-hydrogen exchange plant. The ammonia-hydrogen exchange process can also use ordinary water as a feed source of deuterium.

Many of the key equipment items for heavy water production plants using GS or the ammonia-hydrogen exchange processes are common to several segments of the chemical and petroleum industries. This is particularly so for small plants using the GS process. However, few of the items are available "off-the-shelf". The GS and ammonia-hydrogen processes require the handling of large quantities of flammable, corrosive and toxic fluids at elevated pressures. Accordingly, in establishing the design and operating standards for plants and equipment using these processes,

careful attention to the materials selection and specifications is required to ensure long service life with high safety and reliability factors. The choice of scale is primarily a function of economics and need. Thus, most of the equipment items would be prepared according to the requirements of the customer.

Finally, it should be noted that, in both the GS and the ammonia-hydrogen exchange processes, items of equipment which individually are not especially designed or prepared for heavy water production can be assembled into systems which are especially designed or prepared for producing heavy water. The catalyst production system used in the ammonia-hydrogen exchange process and water distillation systems used for the final concentration of heavy water to reactor-grade in either process are examples of such systems.

The items of equipment which are especially designed or prepared for the production of heavy water utilizing either the water-hydrogen sulphide exchange process or the ammonia-hydrogen exchange process include the following:

6.1. Water - Hydrogen Sulphide Exchange Towers

Exchange towers fabricated from fine carbon steel (such as ASTM A516) with diameters of 6 m (20 ft) to 9 m (30 ft), capable of operating at pressures greater than or equal to 2 MPa (300 psi) and with a corrosion allowance of 6 mm or greater, especially designed or prepared for heavy water production utilizing the water-hydrogen sulphide exchange process.

6.2. Blowers and Compressors

Single stage, low head (i.e., 0.2 MPa or 30 psi) centrifugal blowers or compressors for hydrogen-sulphide gas circulation (i.e., gas containing more than 70% H₂S) especially designed or prepared for heavy water production utilizing the water-hydrogen sulphide exchange process. These blowers or compressors have a throughput capacity greater than or equal to 56 m³/second (120,000 SCFM) while operating at pressures greater than or equal to 1.8 MPa (260 psi) suction and have seals designed for wet H₂S service.

6.3. Ammonia-Hydrogen Exchange Towers

Ammonia-hydrogen exchange towers greater than or equal to 35 m (114.3 ft) in height with diameters of 1.5 m (4.9 ft) to 2.5 m (8.2 ft) capable of operating at pressures greater than 15 MPa (2225 psi) especially designed or prepared for heavy water production utilizing the ammonia-hydrogen exchange process. These towers also have at least one flanged axial opening of the same diameter as the cylindrical part through which the tower internals can be inserted or withdrawn.

6.4. Tower Internals and Stage Pumps

Tower internals and stage pumps especially designed or prepared for towers for heavy water production utilizing the ammonia-hydrogen exchange process. Tower

internals include especially designed stage contactors which promote intimate gas/liquid contact. Stage pumps include especially designed submersible pumps for circulation of liquid ammonia within a contacting stage internal to the stage towers.

6.5. Ammonia Crackers

Ammonia crackers with operating pressures greater than or equal to 3 MPa (450 psi) especially designed or prepared for heavy water production utilizing the ammonia-hydrogen exchange process.

6.6. Infrared Absorption Analyzers

Infrared absorption analyzers capable of "on-line" hydrogen/deuterium ratio analysis where deuterium concentrations are equal to or greater than 90%.

6.7. Catalytic Burners

Catalytic burners for the conversion of enriched deuterium gas into heavy water especially designed or prepared for heavy water production utilizing the ammonia-hydrogen exchange process.

7. Plants for the conversion of uranium and equipment especially designed or prepared therefor

INTRODUCTORY NOTE

Uranium conversion plants and systems may perform one or more transformations from one uranium chemical species to another, including: conversion of uranium ore concentrates to UO_3 , conversion of UO_3 to UO_2 , conversion of uranium oxides to UF_4 or UF_6 , conversion of UF_4 to UF_6 , conversion of UF_6 to UF_4 , conversion of UF_4 to uranium metal, and conversion of uranium fluorides to UO_2 . Many of the key equipment items for uranium conversion plants are common to several segments of the chemical process industry. For example, the types of equipment employed in these processes may include: furnaces, rotary kilns, fluidized bed reactors, flame tower reactors, liquid centrifuges, distillation columns and liquid-liquid extraction columns. However, few of the items are available "off-the-shelf"; most would be prepared according to the requirements and specifications of the customer. In some instances, special design and construction considerations are required to address the corrosive properties of some of the chemicals handled (HF , F_2 , ClF_3 , and uranium fluorides). Finally, it should be noted that, in all of the uranium conversion processes, items of equipment which individually are not especially designed or prepared for uranium conversion can be assembled into systems which are especially designed or prepared for use in uranium conversion.

7.1. Especially designed or prepared systems for the conversion of uranium ore concentrates to UO_3

EXPLANATORY NOTE

Conversion of uranium ore concentrates to UO_3 can be performed by first dissolving the ore in nitric acid and extracting purified uranyl nitrate using a solvent such as tributyl phosphate. Next, the uranyl nitrate is converted to UO_3 either by concentration and denitration or by neutralization with gaseous ammonia to produce ammonium diuranate with subsequent filtering, drying, and calcining.

7.2. Especially designed or prepared systems for the conversion of UO_3 to UF_6

EXPLANATORY NOTE

Conversion of UO_3 to UF_6 can be performed directly by fluorination. The process requires a source of fluorine gas or chlorine trifluoride.

7.3. Especially designed or prepared systems for the conversion of UO_3 to UO_2

EXPLANATORY NOTE

Conversion of UO_3 to UO_2 can be performed through reduction of UO_3 with cracked ammonia gas or hydrogen.

7.4. Especially designed or prepared systems for the conversion of UO_2 to UF_4

EXPLANATORY NOTE

Conversion of UO_2 to UF_4 can be performed by reacting UO_2 with hydrogen fluoride gas (HF) at 300-500 °C.

7.5. Especially designed or prepared systems for the conversion of UF_4 to UF_6

EXPLANATORY NOTE

Conversion of UF_4 to UF_6 is performed by exothermic reaction with fluorine in a tower reactor. UF_6 is condensed from the hot effluent gases by passing the effluent stream through a cold trap cooled to -10 °C. The process requires a source of fluorine gas.

7.6. Especially designed or prepared systems for the conversion of UF₄ to U metal

EXPLANATORY NOTE

Conversion of UF₄ to U metal is performed by reduction with magnesium (large batches) or calcium (small batches). The reaction is carried out at temperatures above the melting point of uranium (1130 °C).

7.7. Especially designed or prepared systems for the conversion of UF₆ to UO₂

EXPLANATORY NOTE

Conversion of UF₆ to UO₂ can be performed by one of three processes. In the first, UF₆ is reduced and hydrolyzed to UO₂ using hydrogen and steam. In the second, UF₆ is hydrolyzed by solution in water, ammonia is added to precipitate ammonium diuranate, and the diuranate is reduced to UO₂ with hydrogen at 820 °C. In the third process, gaseous UF₆, CO₂, and NH₃ are combined in water, precipitating ammonium uranyl carbonate. The ammonium uranyl carbonate is combined with steam and hydrogen at 500-600 °C to yield UO₂.

UF₆ to UO₂ conversion is often performed as the first stage of a fuel fabrication plant.

7.8. Especially designed or prepared systems for the conversion of UF₆ to UF₄

EXPLANATORY NOTE

Conversion of UF₆ to UF₄ is performed by reduction with hydrogen.

[TRANSLATION – TRADUCTION]¹

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

CONSIDÉRANT que la République de Serbie (ci-après dénommée « la Serbie ») et l'Agence internationale de l'énergie atomique (ci-après dénommée « l'Agence ») sont parties à un accord relatif à l'application de garanties dans le cadre du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (ci-après dénommé « l'Accord de garanties »), qui est entré en vigueur le 28 décembre 1973 ;

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

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

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

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

¹ Translation provided by by International Atomic Energy Agency – Traduction fournie par par Agence international de l'énergie atomique.

LIENS ENTRE LE PROTOCOLE ET L'ACCORD DE GARANTIES

Article premier

Les dispositions de l'Accord de garanties sont applicables au présent Protocole dans la mesure où elles sont en rapport et compatibles avec celles de ce Protocole. En cas de conflit entre les dispositions de l'Accord de garanties et celles du présent Protocole, les dispositions dudit Protocole s'appliquent.

RENSEIGNEMENTS À FOURNIR

Article 2

- a. La Serbie présente à l'Agence une déclaration contenant :
- i) Une description générale des activités de recherche-développement liées au cycle du combustible nucléaire ne mettant pas en jeu des matières nucléaires et menées en quelque lieu que ce soit, qui sont financées, autorisées expressément ou contrôlées par la Serbie ou qui sont exécutées pour son compte, ainsi que des renseignements indiquant l'emplacement de ces activités.
 - ii) Des renseignements déterminés par l'Agence en fonction de gains escomptés d'efficacité ou d'efficience et acceptés par la Serbie sur les activités d'exploitation importantes du point de vue des garanties dans les installations et les emplacements hors installation où des matières nucléaires sont habituellement utilisées.
 - iii) Une description générale de chaque bâtiment de chaque site, y compris son utilisation et, si cela ne ressort pas de cette description, son contenu. La description doit comprendre une carte du site.
 - iv) Une description de l'ampleur des opérations pour chaque emplacement menant des activités spécifiées à l'annexe I du présent Protocole.
 - v) Des renseignements indiquant l'emplacement, la situation opérationnelle et la capacité de production annuelle estimative des mines et des usines de concentration d'uranium ainsi que des usines de concentration de thorium et la production annuelle actuelle de ces mines et usines de concentration pour la Serbie dans son ensemble. La Serbie communique, à la demande de l'Agence, la production annuelle actuelle d'une mine ou d'une usine de concentration déterminée. La communication de ces renseignements n'exige pas une comptabilisation détaillée des matières nucléaires.
 - vi) Les renseignements ci-après sur les matières brutes qui n'ont pas encore une composition et une pureté propres à la fabrication de combustible ou à l'enrichissement en isotopes :

- a) Quantités, composition chimique, utilisation ou utilisation prévue de ces matières, que ce soit à des fins nucléaires ou non, pour chaque emplacement situé en Serbie où de telles matières se trouvent en quantités excédant dix tonnes d'uranium et/ou vingt tonnes de thorium, et pour les autres emplacements où elles se trouvent en quantités supérieures à une tonne, total pour la Serbie dans son ensemble si ce total excède dix tonnes d'uranium ou vingt tonnes de thorium. La communication de ces renseignements n'exige pas une comptabilisation détaillée des matières nucléaires ;
- b) Quantités, composition chimique et destination de chaque exportation hors de la Serbie de telles matières à des fins expressément non nucléaires en quantités excédant :
 - 1) Dix tonnes d'uranium, ou pour des exportations successives d'uranium hors de la Serbie destinées au même État, dont chacune est inférieure à dix tonnes mais dont le total dépasse dix tonnes pour l'année ;
 - 2) Vingt tonnes de thorium, ou pour des exportations successives de thorium hors de la Serbie destinées au même État, dont chacune est inférieure à vingt tonnes mais dont le total dépasse vingt tonnes pour l'année ;
- c) Quantités, composition chimique, emplacement actuel et utilisation ou utilisation prévue de chaque importation en Serbie de telles matières à des fins expressément non nucléaires en quantités excédant :
 - 1) Dix tonnes d'uranium, ou pour des importations successives d'uranium en Serbie, dont chacune est inférieure à dix tonnes mais dont le total dépasse dix tonnes pour l'année ;
 - 2) Vingt tonnes de thorium, ou pour des importations successives de thorium en Serbie, dont chacune est inférieure à vingt tonnes mais dont le total dépasse vingt tonnes pour l'année ;

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

- vii) a) Des renseignements sur les quantités, les utilisations et les emplacements des matières nucléaires exemptées des garanties en application de l'article 37 de l'Accord de garanties ;
- b) Des renseignements sur les quantités (qui pourront être sous la forme d'estimations) et sur les utilisations dans chaque emplacement des matières nucléaires qui sont exemptées des garanties en application de l'alinéa 36 b) de l'Accord de garanties, mais qui ne se présentent pas encore sous la forme voulue pour leur utilisation finale non nucléaire, en quantités excédant celles qui sont indiquées à l'article 37 de l'Accord de garanties. La communication de ces renseignements n'exige pas une comptabilisation détaillée des matières nucléaires.

- viii) Des renseignements sur l'emplacement ou le traitement ultérieur de déchets de moyenne ou de haute activité contenant du plutonium, de l'uranium fortement enrichi ou de l'uranium 233 pour lesquels les garanties ont été levées en application de l'article 11 de l'Accord de garanties. Aux fins du présent paragraphe, le « traitement ultérieur » n'englobe pas le réemballage des déchets ou leur conditionnement ultérieur, sans séparation d'éléments, en vue de leur entreposage ou de leur stockage définitif.
 - ix) Les renseignements suivants sur les équipements et les matières non nucléaires spécifiés qui sont indiqués dans la liste figurant à l'annexe II :
 - a) Pour chaque exportation hors de la Serbie d'équipements et de matières de ce type, données d'identification, quantité, emplacement où il est prévu de les utiliser dans l'État destinataire et date ou date prévue, selon le cas, de l'exportation ;
 - b) À la demande expresse de l'Agence, confirmation par la Serbie, en tant qu'État importateur, des renseignements communiqués à l'Agence par un autre État au sujet de l'exportation de tels équipements et matières vers la Serbie.
 - x) Les plans généraux pour les dix années à venir qui se rapportent au développement du cycle du combustible nucléaire (y compris les activités de recherche-développement liées au cycle du combustible nucléaire qui sont prévues) lorsqu'ils ont été approuvés par les autorités compétentes de la Serbie.
- b. La Serbie fait tout ce qui est raisonnablement possible pour communiquer à l'Agence les renseignements suivants :
- i) Description générale des activités de recherche-développement liées au cycle du combustible nucléaire ne mettant pas en jeu des matières nucléaires qui se rapportent expressément à l'enrichissement, au retraitement de combustible nucléaire ou au traitement de déchets de moyenne ou de haute activité contenant du plutonium, de l'uranium fortement enrichi ou de l'uranium 233, qui sont menées en Serbie en quelque lieu que ce soit, mais qui ne sont pas financées, expressément autorisées ou contrôlées par la Serbie ou exécutées pour son compte, ainsi que des renseignements indiquant l'emplacement de ces activités. Aux fins du présent alinéa, le « traitement » de déchets de moyenne ou de haute activité n'englobe pas le réemballage des déchets ou leur conditionnement, sans séparation d'éléments, en vue de leur entreposage ou de leur stockage définitif.
 - ii) Description générale des activités et identité de la personne ou de l'entité menant de telles activités dans des emplacements déterminés par l'Agence hors d'un site qui, de l'avis de l'Agence, pourraient être fonctionnellement liées aux activités de ce site. La communication de ces renseignements est subordonnée à une demande expresse de l'Agence. Lesdits renseignements sont communiqués en consultation avec l'Agence et en temps voulu.
- c. À la demande de l'Agence, la Serbie fournit des précisions ou des éclaircissements sur tout renseignement qu'elle a communiqué en vertu du présent article, dans la mesure où cela est nécessaire aux fins des garanties.

Article 3

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

ACCÈS COMPLÉMENTAIRE

Article 4

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

- a. L'Agence ne cherche pas de façon mécanique ou systématique à vérifier les renseignements visés à l'article 2 ; toutefois, l'Agence a accès :
 - i) À tout emplacement visé à l'alinéa a.i) ou ii) de l'article 5, de façon sélective, pour s'assurer de l'absence de matières et d'activités nucléaires non déclarées ;
 - ii) À tout emplacement visé au paragraphe b. ou c. de l'article 5 pour résoudre une question relative à l'exactitude et à l'exhaustivité des renseignements communiqués en application de l'article 2 ou pour résoudre une contradiction relative à ces renseignements ;

- iii) À tout emplacement visé à l'alinéa a.iii) de l'article 5 dans la mesure nécessaire à l'Agence pour confirmer, aux fins des garanties, la déclaration de déclassement d'une installation ou d'un emplacement hors installation où des matières nucléaires étaient habituellement utilisées qui a été faite par la Serbie.
- b.
 - i) Sous réserve des dispositions de l'alinéa ii) ci-après, l'Agence donne à la Serbie un préavis d'accès d'au moins 24 heures ;
 - ii) Pour l'accès à tout endroit d'un site qui est demandé à l'occasion de visites aux fins de la vérification des renseignements descriptifs ou d'inspections ad hoc ou régulières de ce site, le délai de préavis, si l'Agence le demande, est d'au moins deux heures mais peut, dans des circonstances exceptionnelles, être inférieur à deux heures.
- c. Le préavis est donné par écrit et indique les raisons de la demande d'accès et les activités qui seront menées à l'occasion d'un tel accès.
- d. Dans le cas d'une question ou d'une contradiction, l'Agence donne à la Serbie la possibilité de clarifier la question ou la contradiction et d'en faciliter la solution. Cette possibilité est donnée avant que l'accès soit demandé, à moins que l'Agence ne considère que le fait de retarder l'accès nuirait à l'objet de la demande d'accès. En tout état de cause, l'Agence ne tire pas de conclusions quant à la question ou la contradiction tant que cette possibilité n'a pas été donnée à la Serbie.
- e. À moins que la Serbie n'accepte qu'il en soit autrement, l'accès n'a lieu que pendant les heures de travail normales.
- f. La Serbie a le droit de faire accompagner les inspecteurs de l'Agence, lorsqu'ils bénéficient d'un droit d'accès, par ses représentants, sous réserve que les inspecteurs ne soient pas de ce fait retardés ou autrement gênés dans l'exercice de leurs fonctions.

Article 5

La Serbie accorde à l'Agence accès :

- a.
 - i) À tout endroit d'un site ;
 - ii) À tout emplacement indiqué par la Serbie en vertu des alinéas a.v) à viii) de l'article 2 ;
 - iii) À toute installation déclassée ou tout emplacement hors installation déclassé où des matières nucléaires étaient habituellement utilisées.
- b. À tout emplacement, autre que ceux visés à l'alinéa a.i) ci-dessus, qui est indiqué par la Serbie en vertu de l'alinéa a.i), de l'alinéa a.iv), du sous-alinéa a.ix)b) ou du paragraphe b. de l'article 2, étant entendu que, si la Serbie n'est pas en mesure d'accorder un tel accès, elle fait tout ce qui est raisonnablement possible pour satisfaire sans retard aux exigences de l'Agence par d'autres moyens.
- c. À tout emplacement, autre que ceux visés aux paragraphes a. et b. ci-dessus, qui est spécifié par l'Agence aux fins de l'échantillonnage de l'environnement dans un emplacement précis, étant entendu que, si la Serbie n'est pas en mesure d'accorder un tel accès, elle fait tout ce qui est raisonnablement possible pour satisfaire sans retard aux exigences de l'Agence dans des emplacements adjacents ou par d'autres moyens.

Article 6

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

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

Article 7

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

Article 8

Aucune disposition du présent Protocole n'empêche la Serbie d'accorder à l'Agence accès à des emplacements qui s'ajoutent à ceux visés aux articles 5 et 9 ou de demander à l'Agence de mener des activités de vérification dans un emplacement particulier. L'Agence fait sans retard tout ce qui est raisonnablement possible pour donner suite à une telle demande.

Article 9

La Serbie accorde à l'Agence accès aux emplacements spécifiés par l'Agence pour l'échantillonnage de l'environnement dans une vaste zone, étant entendu que, si la Serbie n'est pas en mesure d'accorder un tel accès, elle fait tout ce qui est raisonnablement possible pour satisfaire aux exigences de l'Agence dans d'autres emplacements. L'Agence ne demande pas un tel accès tant que le Conseil n'a pas approuvé le recours à l'échantillonnage de l'environnement dans une vaste zone et les modalités d'application de cette mesure et que des consultations n'ont pas eu lieu entre l'Agence et la Serbie.

Article 10

L'Agence informe la Serbie :

- a. Des activités menées en vertu du présent Protocole, y compris de celles qui concernent toutes questions ou contradictions qu'elle a portées à l'attention de la Serbie, dans les soixante jours qui suivent l'exécution de ces activités.
- b. Des résultats des activités menées en ce qui concerne toutes questions ou contradictions qu'elle a portées à l'attention de la Serbie, dès que possible et en tout cas dans les trente jours qui suivent la détermination des résultats par l'Agence.
- c. Des conclusions qu'elle a tirées de ses activités en application du présent Protocole. Ces conclusions sont communiquées annuellement.

DÉSIGNATION DES INSPECTEURS DE L'AGENCE

Article 11

- a.
 - i) Le Directeur général notifie à la Serbie l'approbation par le Conseil de l'emploi de tout fonctionnaire de l'Agence en qualité d'inspecteur des garanties. Sauf si la Serbie fait savoir au Directeur général qu'elle n'accepte pas le fonctionnaire comme inspecteur pour la Serbie dans les trois mois suivant la réception de la notification de l'approbation du Conseil, l'inspecteur faisant l'objet de cette notification à la Serbie est considéré comme désigné pour la Serbie.
 - ii) Le Directeur général, en réponse à une demande adressée par la Serbie ou de sa propre initiative, fait immédiatement savoir à la Serbie que la désignation d'un fonctionnaire comme inspecteur pour la Serbie est annulée.
- b. La notification visée au paragraphe a. ci-dessus est considérée comme ayant été reçue par la Serbie sept jours après la date de sa transmission en recommandé par l'Agence à la Serbie.

VISAS

Article 12

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

ARRANGEMENTS SUBSIDIAIRES

Article 13

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

SYSTEMES DE COMMUNICATION

Article 14

- a. La Serbie autorise l'établissement de communications libres par l'Agence à des fins officielles entre les inspecteurs de l'Agence en Serbie et le Siège et/ou les bureaux régionaux de l'Agence, y compris la transmission, automatique ou non, d'informations fournies par les dispositifs de confinement et/ou de surveillance ou de mesure de l'Agence, et protège ces communications. L'Agence, en consultation avec la Serbie, a le droit de recourir à des systèmes de communications directes mis en place au niveau international, y compris des systèmes satellitaires et d'autres formes de télécommunication, non utilisés en Serbie. À la demande de la Serbie ou de l'Agence, les modalités d'application du présent paragraphe en ce qui concerne la transmission, automatique ou non, d'informations fournies par les dispositifs de confinement et/ou de surveillance ou de mesure de l'Agence seront précisées dans les Arrangements subsidiaires.
- b. Pour la communication et la transmission des renseignements visés au paragraphe a. ci-dessus, il est dûment tenu compte de la nécessité de protéger les informations exclusives ou sensibles du point de vue commercial ou les renseignements descriptifs que la Serbie considère comme particulièrement sensibles.

PROTECTION DES INFORMATIONS CONFIDENTIELLES

Article 15

- a. L'Agence maintient un régime rigoureux pour assurer une protection efficace contre la divulgation des secrets commerciaux, technologiques et industriels ou autres informations confidentielles dont elle aurait connaissance, y compris celles dont elle aurait connaissance en raison de l'application du présent Protocole.
- b. Le régime prévu au paragraphe a. ci-dessus comporte notamment des dispositions concernant :
 - i) Les principes généraux et les mesures connexes pour le maniement des informations confidentielles ;
 - ii) Les conditions d'emploi du personnel ayant trait à la protection des informations confidentielles ;
 - iii) Les procédures prévues en cas de violations ou d'allégations de violations de la confidentialité.
- c. Le régime visé au paragraphe a. ci-dessus est approuvé et réexaminé périodiquement par le Conseil.

ANNEXES

Article 16

- a. Les annexes au présent Protocole font partie intégrante de celui-ci. Sauf aux fins de l'amendement des annexes, le terme « Protocole », tel qu'il est utilisé dans le présent instrument, désigne le Protocole et les annexes considérés ensemble.
- b. La liste des activités spécifiées dans l'annexe I et la liste des équipements et des matières spécifiés dans l'annexe II peuvent être amendées par le Conseil sur avis d'un groupe de travail d'experts à composition non limitée établi par lui. Tout amendement de cet ordre prend effet quatre mois après son adoption par le Conseil.

ENTRÉE EN VIGUEUR

Article 17

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

DÉFINITIONS

Article 18

Aux fins du présent Protocole :

- a. Par activités de recherche-développement liées au cycle du combustible nucléaire, on entend les activités qui se rapportent expressément à tout aspect de la mise au point de procédés ou de systèmes concernant l'une quelconque des opérations ou installations ci-après :
- transformation de matières nucléaires,
 - enrichissement de matières nucléaires,
 - fabrication de combustible nucléaire,
 - réacteurs,
 - installations critiques,
 - retraitement de combustible nucléaire,
 - traitement (à l'exclusion du réemballage ou du conditionnement ne comportant pas la séparation d'éléments, aux fins d'entreposage ou de stockage définitif) de déchets de moyenne ou de haute activité contenant du plutonium, de l'uranium fortement enrichi ou de l'uranium 233,
- à l'exclusion des activités liées à la recherche scientifique théorique ou fondamentale ou aux travaux de recherche-développement concernant les applications industrielles des radio-isotopes, des applications médicales, hydrologiques et agricoles, les effets sur la santé et l'environnement, et l'amélioration de la maintenance.
- b. Par site, on entend la zone délimitée par la Serbie dans les renseignements descriptifs concernant une installation, y compris une installation mise à l'arrêt, et les renseignements concernant un emplacement hors installation où des matières nucléaires sont habituellement utilisées, y compris un emplacement hors installation mis à l'arrêt où des matières nucléaires étaient habituellement utilisées (ceci ne concerne que les emplacements contenant des cellules chaudes ou dans lesquels des activités liées à la transformation, à l'enrichissement, à la fabrication ou au retraitement de combustible étaient menées). Le site englobe également tous les établissements, implantés au même endroit que l'installation ou l'emplacement, pour la fourniture ou l'utilisation de services essentiels, notamment les cellules chaudes pour le traitement des matériaux irradiés ne contenant pas de matières nucléaires, les installations de traitement, d'entreposage et de stockage définitif de déchets, et les bâtiments associés à des activités spécifiées indiquées par la Serbie en vertu de l'alinéa a.iv) de l'article 2.
- c. Par installation déclassée ou emplacement hors installation déclassé, on entend un établissement ou un emplacement où les structures et équipements résiduels essentiels pour son utilisation ont été retirés ou rendus inutilisables, de sorte qu'il n'est pas utilisé pour entreposer des matières nucléaires et ne peut plus servir à manipuler, traiter ou utiliser de telles matières.
- d. Par installation mise à l'arrêt ou emplacement hors installation mis à l'arrêt, on entend un établissement ou un emplacement où les opérations ont été arrêtées et où les matières nucléaires ont été retirées, mais qui n'a pas été déclassé.
- e. Par uranium fortement enrichi, on entend l'uranium contenant 20 % ou plus d'isotope 235.

- f. Par échantillonnage de l'environnement dans un emplacement précis, on entend le prélèvement d'échantillons de l'environnement (air, eau, végétation, sol, frottis, par exemple) dans un emplacement spécifié par l'Agence et au voisinage immédiat de celui-ci afin d'aider l'Agence à tirer des conclusions quant à l'absence de matières ou d'activités nucléaires non déclarées dans cet emplacement spécifié.
- g. Par échantillonnage de l'environnement dans une vaste zone, on entend le prélèvement d'échantillons de l'environnement (air, eau, végétation, sol, frottis, par exemple) dans un ensemble d'emplacements spécifiés par l'Agence afin d'aider l'Agence à tirer des conclusions quant à l'absence de matières ou d'activités nucléaires non déclarées dans une vaste zone.
- h. Par matière nucléaire, on entend toute matière brute ou tout produit fissile spécial tels qu'ils sont définis à l'article XX du Statut. Le terme « matière brute » n'est pas interprété comme s'appliquant aux minerais ou aux résidus de minerais. Si, après l'entrée en vigueur du présent Protocole, le Conseil, agissant en vertu de l'article XX du Statut, désigne d'autres matières et les ajoute à la liste de celles qui sont considérées comme des matières brutes ou des produits fissiles spéciaux, cette désignation ne prend effet en vertu du présent Protocole qu'après avoir été acceptée par la Serbie.
- i. Par installation, on entend :
- i) Un réacteur, une installation critique, une usine de transformation, une usine de fabrication, une usine de retraitement, une usine de séparation des isotopes ou une installation d'entreposage séparée ;
 - ii) Tout emplacement où des matières nucléaires en quantités supérieures à un kilogramme effectif sont habituellement utilisées.
- j. Par emplacement hors installation, on entend tout établissement ou emplacement ne constituant pas une installation, où des matières nucléaires sont habituellement utilisées en quantités égales ou inférieures à un kilogramme effectif.

FAIT à Belgrade, le 3 juillet 2009, en double exemplaire, en langue anglaise.

Pour la RÉPUBLIQUE DE SERBIE :

Božidar Delić
Vice-Premier Ministre

Pour L'AGENCE INTERNATIONALE
DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE :

Mohamed ElBaradei
Directeur général

ANNEXE I

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

- i) Fabrication de bols pour centrifugeuses ou assemblage de centrifugeuses à gaz.
Par bols pour centrifugeuses, on entend les cylindres à paroi mince décrits sous 5.1.1.b) dans l'annexe II.
Par centrifugeuses à gaz, on entend les centrifugeuses décrites dans la Note d'introduction sous 5.1 dans l'annexe II.
- ii) Fabrication de barrières de diffusion.
Par barrières de diffusion, on entend les filtres minces et poreux décrits sous 5.3.1.a) dans l'annexe II.
- iii) Fabrication ou assemblage de systèmes à laser.
Par systèmes à laser, on entend des systèmes comprenant les articles décrits sous 5.7 dans l'annexe II.
- iv) Fabrication ou assemblage de séparateurs électromagnétiques.
Par séparateurs électromagnétiques, on entend les articles visés sous 5.9.1 dans l'annexe II qui contiennent les sources d'ions décrites sous 5.9.1.a).
- v) Fabrication ou assemblage de colonnes ou d'équipements d'extraction.
Par colonnes ou équipements d'extraction, on entend les articles décrits sous 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.5, 5.6.6, 5.6.7 et 5.6.8 dans l'annexe II.
- vi) Fabrication de tuyères ou de tubes vortex pour la séparation aérodynamique.
Par tuyères ou tubes vortex pour la séparation aérodynamique, on entend les tuyères et tubes vortex de séparation décrits respectivement sous 5.5.1 et 5.5.2 dans l'annexe II.
- vii) Fabrication ou assemblage de systèmes générateurs de plasma d'uranium.
Par systèmes générateurs de plasma d'uranium, on entend les systèmes décrits sous 5.8.3 dans l'annexe II.
- viii) Fabrication de tubes de zirconium.
Par tubes de zirconium, on entend les tubes décrits sous 1.6 dans l'annexe II.

- ix) Fabrication d'eau lourde ou de deutérium ou amélioration de leur qualité.
Par eau lourde ou deutérium, on entend le deutérium, l'eau lourde (oxyde de deutérium) et tout composé de deutérium dans lequel le rapport atomique deutérium/hydrogène dépasse 1/5 000.
- x) Fabrication de graphite de pureté nucléaire.
Par graphite de pureté nucléaire, on entend du graphite d'une pureté supérieure à cinq parties par million d'équivalent en bore et d'une densité de plus de 1,50 g/cm³.
- xi) Fabrication de châteaux pour combustible irradié.
Par château pour combustible irradié, on entend un récipient destiné au transport et/ou à l'entreposage de combustible irradié qui assure une protection chimique, thermique et radiologique et qui dissipe la chaleur de décroissance pendant la manipulation, le transport et l'entreposage.
- xii) Fabrication de barres de commande pour réacteur.
Par barres de commande pour réacteur, on entend les barres décrites sous 1.4 dans l'annexe II.
- xiii) Fabrication de réservoirs et récipients dont la sûreté-criticité est assurée.
Par réservoirs et récipients dont la sûreté-criticité est assurée, on entend les articles décrits sous 3.2 et 3.4 dans l'annexe II.
- xiv) Fabrication de machines à dégainer les éléments combustibles irradiés.
Par machines à dégainer les éléments combustibles irradiés, on entend les équipements décrits sous 3.1 dans l'annexe II.
- xv) Construction de cellules chaudes.
Par cellules chaudes, on entend une cellule ou des cellules interconnectées ayant un volume total d'au moins 6 m³ et une protection égale ou supérieure à l'équivalent de 0,5 m de béton d'une densité égale ou supérieure à 3,2 g/cm³, et disposant de matériel de télémanipulation.

ANNEXE II

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

1. Réacteurs et équipements pour réacteurs

1.1. Réacteurs nucléaires complets

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

NOTE EXPLICATIVE

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

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

1.2. Cuves de pression pour réacteurs

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

NOTE EXPLICATIVE

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

Les internes d'un réacteur (tels que colonnes et plaques de support du cœur et autres internes de la cuve, tubes guides pour barres de commande, écrans thermiques, déflecteurs, plaques à grille du cœur, plaques de diffuseur, etc.) sont normalement livrés par le fournisseur du réacteur. Parfois, certains internes de supportage sont inclus dans la fabrication de la cuve de pression. Ces articles sont d'une importance suffisamment cruciale pour la sûreté et la fiabilité du fonctionnement d'un réacteur (et, partant, du point de vue des garanties données et de la responsabilité assumée par le fournisseur du réacteur) pour que leur fourniture en marge de l'accord fondamental de fourniture du réacteur lui-même ne soit pas de pratique courante. C'est pourquoi, bien que la fourniture séparée de ces articles uniques, spécialement conçus et préparés, d'une importance cruciale, de grandes dimensions et d'un prix élevé ne soit pas nécessairement considérée comme exclue du domaine en question, ce mode de fourniture est jugé peu probable.

1.3. Machines pour le chargement et le déchargement du combustible nucléaire

Matériel de manutention spécialement conçu ou préparé pour introduire ou extraire le combustible d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, et qui peut être utilisé en marche ou est doté de dispositifs techniques perfectionnés de positionnement ou d'alignement pour permettre des opérations complexes de chargement à l'arrêt, telles que celles au cours desquelles il est normalement impossible d'observer le combustible directement ou d'y accéder.

1.4. Barres de commande pour réacteurs

Barres spécialement conçues ou préparées pour le réglage de la vitesse de réaction dans un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus.

NOTE EXPLICATIVE

Cet article comprend, outre l'absorbeur de neutrons, les structures de support ou de suspension de l'absorbeur, si elles sont fournies séparément.

1.5. Tubes de force pour réacteurs

Tubes spécialement conçus ou préparés pour contenir les éléments combustibles et le fluide de refroidissement primaire d'un réacteur nucléaire au sens donné à cette expression sous 1.1 ci-dessus, à des pressions de travail supérieures à 5,1 MPa (740 psi).

1.6. Tubes de zirconium

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

1.7. Pompes du circuit primaire

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

NOTE EXPLICATIVE

Les pompes spécialement conçues ou préparées peuvent comprendre des systèmes complexes à dispositifs d'étanchéité simples ou multiples destinés à éviter les fuites du fluide de refroidissement primaire, des pompes à rotor étanche et des pompes dotées de systèmes à masse d'inertie. Cette définition englobe les pompes conformes à la norme NC-1 ou à des normes équivalentes.

2. Matières non nucléaires pour réacteurs

2.1. Deutérium et eau lourde

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

2.2. Graphite de pureté nucléaire

Graphite d'une pureté supérieure à cinq parties par million d'équivalent en bore et d'une densité de plus de 1,50 g/cm³, qui est destiné à être utilisé dans un réacteur nucléaire tel que défini au paragraphe 1.1 ci-dessus et qui est fourni en quantités dépassant 3×10⁴ kg (30 tonnes métriques) pendant une période de 12 mois, quel que soit le pays destinataire.

Note :

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

3. Usines de retraitement d'éléments combustibles irradiés et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin

NOTE D'INTRODUCTION

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

D'une usine Purex à l'autre, les fonctions sont similaires : tronçonnage des éléments combustibles irradiés, dissolution du combustible, extraction par solvant et entreposage des solutions obtenues. Il peut y avoir aussi des équipements pour la dénitrification thermique du nitrate d'uranium, la conversion du nitrate de plutonium en oxyde ou en métal, et le traitement des solutions de produits de fission qu'il s'agit de convertir en une forme se prêtant à l'entreposage de longue durée ou au stockage définitif. Toutefois, la configuration et le type particuliers des équipements qui accomplissent ces opérations peuvent différer selon les installations Purex pour diverses raisons, notamment selon le type et la quantité de combustible nucléaire irradié à retraiter et l'usage prévu des matières récupérées, et selon les principes de sûreté et d'entretien qui auront été retenus dans la conception de l'installation.

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

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

Le membre de phrase « et équipements spécialement conçus ou préparés » pour le retraitement d'éléments combustibles irradiés s'applique aux éléments ci-après de l'équipement :

3.1. Machines à couper les éléments combustibles irradiés

NOTE D'INTRODUCTION

Cet équipement brise la gaine du combustible afin d'exposer la matière nucléaire irradiée à la dissolution. Des cisailles à métaux spécialement conçues sont le plus couramment employées, mais du matériel de pointe, tel que lasers, peut être utilisé.

Dispositifs télécommandés spécialement conçus ou préparés pour être utilisés dans une usine de retraitement au sens donné à ce terme ci-dessus, et destinés à couper, tronçonner ou cisailer des assemblages, faisceaux ou barres de combustible nucléaire irradiés.

3.2. Dissolveurs

NOTE D'INTRODUCTION

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

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

3.3. Extracteurs et équipements d'extraction par solvant

NOTE D'INTRODUCTION

Les extracteurs reçoivent à la fois la solution de combustible irradié provenant des dissolveurs et la solution organique qui sépare l'uranium, le plutonium et les produits de fission. Les équipements d'extraction par solvant sont normalement conçus pour satisfaire à des paramètres de fonctionnement rigoureux tels que longue durée de vie utile sans exigences d'entretien ou avec facilité de remplacement, simplicité de commande et de contrôle, et adaptabilité aux variations d'état du procédé.

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

3.4. Récipients de collecte ou d'entreposage des solutions

NOTE D'INTRODUCTION

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

- a) La solution de nitrate d'uranium est concentrée par évaporation et le nitrate est converti en oxyde. Cet oxyde est réutilisé dans le cycle du combustible nucléaire ;

- b) La solution de produits de fission de très haute activité est normalement concentrée par évaporation et stockée sous forme de concentrat liquide. Ce concentrat peut ensuite être évaporé et converti en une forme se prêtant à l'entreposage ou au stockage définitif ;
- c) La solution de nitrate de plutonium est concentrée et stockée avant de passer aux stades ultérieurs du traitement. En particulier, les récipients de collecte ou d'entreposage des solutions de plutonium sont conçus pour éviter les problèmes de criticité résultant des changements de concentration et de forme du flux en question.

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

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

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

NOTE D'INTRODUCTION

Dans la plupart des usines de retraitement, le traitement final consiste en la conversion de la solution de nitrate de plutonium en dioxyde de plutonium. Les principales activités que comporte cette conversion sont : entreposage et ajustage de la solution, précipitation et séparation solide/liquide, calcination, manutention du produit, ventilation, gestion des déchets et contrôle du procédé.

Systèmes complets spécialement conçus ou préparés pour la conversion du nitrate de plutonium en oxyde, qui sont en particulier adaptés de manière à éviter tout risque de criticité et d'irradiation et à réduire le plus possible les risques de toxicité.

3.6. **Système de conversion de l'oxyde de plutonium en métal**

NOTE D'INTRODUCTION

Ce traitement, qui pourrait être associé à une installation de retraitement, comporte la fluoration du dioxyde de plutonium, normalement par l'acide fluorhydrique très corrosif, pour obtenir du fluorure de plutonium qui est ensuite réduit au moyen de calcium métal de grande pureté pour produire du plutonium métal et un laitier de fluorure de calcium. Les principales activités que comporte cette conversion sont : fluoration (avec par exemple un matériel fait ou revêtu de métal précieux), réduction (par exemple dans des creusets en céramique), récupération du laitier, manutention du produit, ventilation, gestion des déchets et contrôle du procédé.

Systèmes complets spécialement conçus ou préparés pour la production de plutonium métal, qui sont en particulier adaptés de manière à éviter tout risque de criticité et d'irradiation et à réduire le plus possible les risques de toxicité.

4. Usines de fabrication d'éléments combustibles

Une « usine de fabrication d'éléments combustibles » est équipée du matériel :

- a) Qui entre normalement en contact direct avec le flux de matières nucléaires, le traite directement ou commande le processus de production ;
- b) Qui assure le gainage des matières nucléaires.

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

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

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

NOTE D'INTRODUCTION

Ordinairement, la centrifugeuse se compose d'un ou de plusieurs cylindres à paroi mince, d'un diamètre compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces), placés dans une enceinte à vide et tournant à grande vitesse périphérique de l'ordre de 300 m/s ou plus autour d'un axe vertical. Pour atteindre une grande vitesse, les matériaux constitutifs des composants tournants doivent avoir un rapport résistance-densité élevé et l'assemblage rotor, et donc ses composants, doivent être usinés avec des tolérances très serrées pour réduire le plus possible les écarts par rapport à l'axe. À la différence d'autres centrifugeuses, la centrifugeuse à gaz utilisée pour l'enrichissement de l'uranium se caractérise par la présence dans le bol d'une ou de plusieurs chicanes tournantes en forme de disque, d'un ensemble de tubes fixe servant à introduire et à prélever l' UF_6 gazeux et d'au moins trois canaux séparés, dont deux sont connectés à des écopes s'étendant de l'axe à la périphérie du bol. On trouve aussi dans l'enceinte à vide plusieurs articles critiques qui ne tournent pas et qui, bien qu'ils soient conçus spécialement, ne sont pas difficiles à fabriquer et ne sont pas non plus composés de matériaux spéciaux. Toutefois, une installation de centrifugation nécessite un grand nombre de ces composants, de sorte que la quantité peut être une indication importante de l'utilisation finale.

5.1.1. Composants tournants

- a) Assemblages rotors complets

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

b) Bols

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

c) Anneaux ou soufflets

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

d) Chicanes

Composants en forme de disque d'un diamètre compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces) spécialement conçus ou préparés pour être montés à l'intérieur du bol de la centrifugeuse afin d'isoler la chambre de prélèvement de la chambre de séparation principale et, dans certains cas, de faciliter la circulation de l'UF₆ gazeux à l'intérieur de la chambre de séparation principale du bol, et fabriqués dans l'un des matériaux ayant un rapport résistance/densité élevé décrit dans la NOTE EXPLICATIVE de la présente section.

e) Bouchons d'extrémité supérieurs et inférieurs

Composants en forme de disque d'un diamètre compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces) spécialement conçus ou préparés pour s'adapter aux extrémités du bol et maintenir ainsi l'UF₆ à l'intérieur de celui-ci et, dans certains cas, pour porter, retenir ou contenir en tant que partie intégrante un élément du palier supérieur (bouchon supérieur) ou pour porter les éléments tournants du moteur et du palier inférieur (bouchon inférieur), et fabriqués dans l'un des matériaux ayant un rapport résistance-densité élevé décrit dans la NOTE EXPLICATIVE de la présente section.

NOTE EXPLICATIVE

Les matériaux utilisés pour les composants tournants des centrifugeuses sont :

- a) Les aciers martensitiques vieillissables ayant une charge limite de rupture égale ou supérieure à $2,05 \times 10^9$ N/m² (300 000 psi) ou plus ;
- b) Les alliages d'aluminium ayant une charge limite de rupture égale ou supérieure à $0,46 \times 10^9$ N/m² (67 000 psi) ou plus ;
- c) Des matériaux filamenteux pouvant être utilisés dans des structures composites et ayant un module spécifique égal ou supérieur à $12,3 \times 10^6$ m, et une charge limite de rupture spécifique égale ou supérieure à $0,3 \times 10^6$ m (le « module spécifique » est le module de Young exprimé en N/m² divisé par le poids volumique exprimé en N/m³ ; la « charge limite de rupture spécifique » est la charge limite de rupture exprimée en N/m² divisée par le poids volumique exprimé en N/m³).

5.1.2. Composants fixes

a) Paliers de suspension magnétique

Assemblages de support spécialement conçus ou préparés comprenant un aimant annulaire suspendu dans un carter contenant un milieu amortisseur. Le carter est fabriqué dans un matériau résistant à l'UF₆ (voir la NOTE EXPLICATIVE de la section 5.2). L'aimant est couplé à une pièce polaire ou à un deuxième aimant fixé sur le bouchon d'extrémité supérieur décrit sous 5.1.1 e). L'aimant peut être annulaire et avoir un rapport entre le diamètre extérieur et le diamètre intérieur inférieur ou égal à 1,6/1. L'aimant peut avoir une perméabilité initiale égale ou supérieure à 0,15 H/m (120 000 en unités CGS), ou une rémanence égale ou supérieure à 98,5 % ou une densité d'énergie électromagnétique supérieure à 80 kJ/m³ (10⁷ gauss-cersteds). Outre les propriétés habituelles du matériau, une condition essentielle est que la déviation des axes magnétiques par rapport aux axes géométriques soit limitée par des tolérances très serrées (inférieures à 0,1 mm ou 0,004 pouce) ou que l'homogénéité du matériau de l'aimant soit spécialement imposée.

b) Paliers de butée/amortisseurs

Paliers spécialement conçus ou préparés comprenant un assemblage pivot/coupelle monté sur un amortisseur. Le pivot se compose habituellement d'un arbre en acier trempé comportant un hémisphère à une extrémité et un dispositif de fixation au bouchon inférieur décrit sous 5.1.1 e) à l'autre extrémité. Toutefois, l'arbre peut être équipé d'un palier hydrodynamique. La coupelle a la forme d'une pastille avec indentation hémisphérique sur une surface. Ces composants sont souvent fournis indépendamment de l'amortisseur.

c) Pompes moléculaires

Cylindres spécialement conçus ou préparés qui comportent sur leur face interne des rainures hélicoïdales obtenues par usinage ou extrusion et dont les orifices sont alésés. Leurs dimensions habituelles sont les suivantes : diamètre interne compris entre 75 mm (3 pouces) et 400 mm (16 pouces), épaisseur de paroi égale ou supérieure à 10 mm (0,4 pouce) et longueur égale ou supérieure au diamètre. Habituellement, les rainures ont une section rectangulaire et une profondeur égale ou supérieure à 2 mm (0,08 pouce).

d) Stators de moteur

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

e) Encintes de centrifugeuse

Composants spécialement conçus ou préparés pour contenir l'assemblage rotor d'une centrifugeuse à gaz. L'enceinte est constituée d'un cylindre rigide possédant une paroi d'au plus de 30 mm (1,2 pouce) d'épaisseur, ayant subi un usinage de précision aux extrémités en vue de recevoir les paliers et qui est muni d'une ou plusieurs brides pour le montage. Les extrémités usinées sont parallèles entre elles et perpendiculaires à l'axe longitudinal du cylindre avec une déviation au plus égale à 0,05 degré. L'enceinte peut également être formée d'une structure de type alvéolaire permettant de loger plusieurs bols. Les enceintes sont constituées ou revêtues de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆.

f) Écopes

Tubes ayant un diamètre interne d'au plus 12 mm (0,5 pouce), spécialement conçus ou préparés pour extraire l'UF₆ gazeux contenu dans le bol selon le principe du tube de Pitot (c'est-à-dire que leur ouverture débouche dans le flux gazeux périphérique à l'intérieur du bol, configuration obtenue par exemple en courbant l'extrémité d'un tube disposé selon le rayon) et pouvant être raccordés au système central de prélèvement du gaz. Les tubes sont constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆.

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

NOTE D'INTRODUCTION

Les systèmes, matériel et composants auxiliaires d'une usine d'enrichissement par centrifugation gazeuse sont les systèmes nécessaires pour introduire l'UF₆ dans les centrifugeuses, pour relier les centrifugeuses les unes aux autres en cascades pour obtenir des taux d'enrichissement de plus en plus élevés et pour prélever l'UF₆ dans les centrifugeuses en tant que « produit » et « résidu », ainsi que le matériel d'entraînement des centrifugeuses et de commande de l'usine.

Habituellement, l'UF₆ est sublimé au moyen d'autoclaves chauffés et réparti à l'état gazeux dans les diverses centrifugeuses grâce à un collecteur tubulaire de cascade. Les flux de « produit » et de « résidu » sortant des centrifugeuses sont aussi acheminés par un collecteur tubulaire de cascade vers des pièges à froid [fonctionnant à environ 203 K (-70 °C)] où l'UF₆ est condensé avant d'être transféré dans des conteneurs de transport ou d'entreposage. Étant donné qu'une usine d'enrichissement contient plusieurs milliers de centrifugeuses montées en cascade, il y a plusieurs kilomètres de tuyauteries comportant des milliers de soudures, ce qui suppose une répétitivité considérable du montage. Les équipements, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

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

Systèmes spécialement conçus ou préparés comprenant :

Des autoclaves (ou stations) d'alimentation, utilisés pour introduire l'UF₆ dans les cascades de centrifugeuses à une pression allant jusqu'à 100 kPa (15 psi) et à un débit égal ou supérieur à 1 kg/h ;

Des pièges à froid utilisés pour prélever l'UF₆ des cascades à une pression allant jusqu'à 3 kPa (0,5 psi). Les pièges à froid peuvent être refroidis jusqu'à 203 K (-70 °C) et chauffés jusqu'à 343 K (70 °C) ;

Des stations « produit » et « résidu » pour le transfert de l'UF₆ dans des conteneurs.

Ces équipements et ces tuyauteries sont constitués entièrement ou revêtus intérieurement de matériaux résistant à l'UF₆ (voir la NOTE EXPLICATIVE de la présente section) et sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

5.2.2. Collecteurs/tuyauteries

Tuyauteries et collecteurs spécialement conçus ou préparés pour la manipulation de l'UF₆ à l'intérieur des cascades de centrifugeuses. La tuyauterie est habituellement du type collecteur « triple », chaque centrifugeuse étant connectée à chacun des collecteurs. La répétitivité du montage du système est donc grande. Le système est constitué entièrement de matériaux résistant à l'UF₆ (voir la NOTE EXPLICATIVE de la présente section) et est fabriqué suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

5.2.3. Spectromètres de masse pour UF₆/sources d'ions

Spectromètres de masse magnétiques ou quadripolaires spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct sur les flux d'UF₆ gazeux des échantillons du gaz d'entrée, du produit ou des résidus, et ayant toutes les caractéristiques suivantes :

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

5.2.4. Convertisseurs de fréquence

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

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

NOTE EXPLICATIVE

Les articles énumérés ci-dessus, soit sont en contact direct avec l'UF₆ gazeux, soit contrôlent directement les centrifugeuses et le passage du gaz d'une centrifugeuse à l'autre et d'une cascade à l'autre.

Les matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆ comprennent l'acier inoxydable, l'aluminium, les alliages d'aluminium, le nickel et les alliages contenant 60 % ou plus de nickel.

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

NOTE D'INTRODUCTION

Dans la méthode de séparation des isotopes de l'uranium par diffusion gazeuse, le principal assemblage du procédé est constitué par une barrière poreuse spéciale de diffusion gazeuse,

un échangeur de chaleur pour refroidir le gaz (qui est échauffé par la compression), des vannes d'étanchéité et des vannes de réglage ainsi que des tuyauteries. Étant donné que le procédé de la diffusion gazeuse fait appel à l'hexafluorure d'uranium (UF_6), toutes les surfaces des équipements, tuyauteries et instruments (qui sont en contact avec le gaz) doivent être constituées de matériaux qui restent stables en présence d' UF_6 . Une installation de diffusion gazeuse nécessite un grand nombre d'assemblages de ce type, de sorte que la quantité peut être une indication importante de l'utilisation finale.

5.3.1. Barrières de diffusion gazeuse

a) Filtres minces et poreux spécialement conçus ou préparés, qui ont des pores d'un diamètre de 100 à 1 000 Å (angströms), une épaisseur égale ou inférieure à 5 mm (0,2 pouce) et, dans le cas des formes tubulaires, un diamètre égal ou inférieur à 25 mm (1 pouce) et sont constitués de matériaux métalliques, polymères ou céramiques résistant à la corrosion par l' UF_6 .

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

5.3.2. Diffuseurs

Enceintes spécialement conçues ou préparées, hermétiquement scellées, de forme cylindrique et ayant plus de 300 mm (12 pouces) de diamètre et plus de 900 mm (35 pouces) de long, ou de forme rectangulaire avec des dimensions comparables, qui sont dotées d'un raccord d'entrée et de deux raccords de sortie ayant tous plus de 50 mm (2 pouces) de diamètre, prévues pour contenir la barrière de diffusion gazeuse, constituées ou revêtues intérieurement de matériaux résistant à l' UF_6 et conçues pour être installées horizontalement ou verticalement.

5.3.3. Compresseurs et soufflantes à gaz

Compresseurs axiaux, centrifuges ou volumétriques et soufflantes à gaz spécialement conçus ou préparés, ayant une capacité d'aspiration de 1 m³/min ou plus d' UF_6 et une pression de sortie pouvant aller jusqu'à plusieurs centaines de kPa (100 psi), conçus pour fonctionner longtemps en atmosphère d' UF_6 , avec ou sans moteur électrique de puissance appropriée, et assemblages séparés de compresseurs et soufflantes à gaz de ce type. Ces compresseurs et soufflantes à gaz ont un rapport de compression compris entre 2/1 et 6/1 et sont constitués ou revêtus intérieurement de matériaux résistant à l' UF_6 .

5.3.4. Garnitures d'étanchéité d'arbres

Garnitures à vide spécialement conçues ou préparées, avec connexions d'alimentation et d'échappement, pour assurer de manière fiable l'étanchéité de l'arbre reliant le rotor du compresseur ou de la soufflante à gaz au moteur d'entraînement en empêchant l'air de pénétrer dans la chambre intérieure du compresseur ou de la soufflante à gaz qui est remplie d' UF_6 . Ces garnitures sont normalement conçues pour un taux de pénétration de gaz tampon inférieur à 1 000 cm³/min (60 pouces cubes/min).

5.3.5. Échangeurs de chaleur pour le refroidissement de l'UF₆

Échangeurs de chaleur spécialement conçus ou préparés, constitués ou revêtus intérieurement de matériaux résistant à l'UF₆ (à l'exception de l'acier inoxydable) ou de cuivre ou d'une combinaison de ces métaux et prévus pour un taux de variation de la pression due à une fuite qui est inférieur à 10 Pa (0,0015 psi) par heure pour une différence de pression de 100 kPa (15 psi).

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

NOTE D'INTRODUCTION

Les systèmes, le matériel et les composants auxiliaires des usines d'enrichissement par diffusion gazeuse sont les systèmes nécessaires pour introduire l'UF₆ dans l'assemblage de diffusion gazeuse, pour relier les assemblages les uns aux autres en cascades (ou étages) afin d'obtenir des taux d'enrichissement de plus en plus élevés, et pour prélever l'UF₆ dans les cascades de diffusion en tant que « produit » et « résidu ». En raison des fortes propriétés d'inertie des cascades de diffusion, toute interruption de leur fonctionnement, et en particulier leur mise à l'arrêt, a de sérieuses conséquences. Le maintien d'un vide rigoureux et constant dans tous les systèmes du procédé, la protection automatique contre les accidents et le réglage automatique précis du flux de gaz revêtent donc une grande importance dans une usine de diffusion gazeuse. Tout cela oblige à équiper l'usine d'un grand nombre de systèmes spéciaux de commande, de régulation et de mesure.

Habituellement, l'UF₆ est sublimé à partir de cylindres placés dans des autoclaves et envoyé à l'état gazeux au point d'entrée grâce à un collecteur tubulaire de cascade. Les flux de « produit » et de « résidu » issus des points de sortie sont acheminés par un collecteur tubulaire de cascade vers les pièges à froid ou les stations de compression où l'UF₆ gazeux est liquéfié avant d'être transféré dans des conteneurs de transport ou d'entreposage appropriés. Étant donné qu'une usine d'enrichissement par diffusion gazeuse contient un grand nombre d'assemblages de diffusion gazeuse disposés en cascades, il y a plusieurs kilomètres de tuyauteries comportant des milliers de soudures, ce qui suppose une répétitivité considérable du montage. Les équipements, composants et tuyauteries sont fabriqués suivant des normes très rigoureuses de vide et de propreté.

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

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

- Des autoclaves (ou systèmes) d'alimentation utilisés pour introduire l'UF₆ dans les cascades de diffusion gazeuse ;

- Des pièges à froid utilisés pour prélever l'UF₆ des cascades de diffusion ;

- Des stations de liquéfaction où l'UF₆ gazeux provenant de la cascade est comprimé et refroidi pour obtenir de l'UF₆ liquide ;

- Des stations « produit » ou « résidu » pour le transfert de l'UF₆ dans des conteneurs.

5.4.2. Collecteurs/tuyauteries

Tuyauteries et collecteurs spécialement conçus ou préparés pour la manipulation de l'UF₆ à l'intérieur des cascades de diffusion gazeuse. La tuyauterie est normalement du type collecteur « double », chaque cellule étant connectée à chacun des collecteurs.

5.4.3. Systèmes à vide

- a) Grands distributeurs à vide, collecteurs à vide et pompes à vide ayant une capacité d'aspiration égale ou supérieure à 5 m³/min (175 pieds cubes/min), spécialement conçus ou préparés.
- b) Pompes à vide spécialement conçues pour fonctionner en atmosphère d'UF₆, constituées ou revêtues intérieurement d'aluminium, de nickel ou d'alliages comportant plus de 60 % de nickel. Ces pompes peuvent être rotatives ou volumétriques, être à déplacement et dotées de joints en fluorocarbures et être pourvues de fluides de service spéciaux.

5.4.4. Vannes spéciales d'arrêt et de réglage

Soufflets d'arrêt et de réglage, manuels ou automatiques, spécialement conçus ou préparés, constitués de matériaux résistant à l'UF₆ et ayant un diamètre compris entre 40 et 1 500 mm (1,5 à 59 pouces) pour installation dans des systèmes principaux et auxiliaires des usines d'enrichissement par diffusion gazeuse.

5.4.5. Spectromètres de masse pour UF₆/sources d'ions

Spectromètres de masse magnétiques ou quadripolaires spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct sur les flux d'UF₆ gazeux des échantillons du gaz d'entrée, du produit ou des résidus, et ayant toutes les caractéristiques suivantes :

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

NOTE EXPLICATIVE

Les articles énumérés ci-dessus, soit sont en contact direct avec l'UF₆ gazeux, soit contrôlent directement le flux de gaz dans la cascade. Toutes les surfaces qui sont en contact avec le gaz de procédé sont constituées entièrement ou revêtues de matériaux résistant à l'UF₆. Aux fins des sections relatives aux articles pour diffusion gazeuse, les matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆ comprennent l'acier inoxydable, l'aluminium, les alliages d'aluminium, l'oxyde d'aluminium, le nickel et les alliages contenant 60 % ou plus de nickel et les polymères d'hydrocarbures totalement fluorés résistant à l'UF₆.

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

NOTE D'INTRODUCTION

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

NOTE EXPLICATIVE

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

5.5.1. Tuyères de séparation

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

5.5.2. Tubes vortex

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

NOTE EXPLICATIVE

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

5.5.3. Compresseurs et soufflantes à gaz

Compresseurs axiaux, centrifuges ou volumétriques ou soufflantes à gaz spécialement conçus ou préparés, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆ et ayant une capacité d'aspiration du mélange d'UF₆ et de gaz porteur (hydrogène ou hélium) de 2 m³/min ou plus.

NOTE EXPLICATIVE

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

5.5.4. Garnitures d'étanchéité d'arbres

Garnitures spécialement conçues ou préparées, avec connexions d'alimentation et d'échappement, pour assurer de manière fiable l'étanchéité de l'arbre reliant le rotor du compresseur ou de la soufflante à gaz au moteur d'entraînement en empêchant le gaz de procéder de s'échapper, ou l'air ou le gaz d'étanchéité de pénétrer dans la chambre intérieure du compresseur ou de la soufflante à gaz qui est remplie du mélange d'UF₆ et de gaz porteur.

5.5.5. Échangeurs de chaleur pour le refroidissement du mélange de gaz

Échangeurs de chaleur spécialement conçus ou préparés, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆.

5.5.6. Enceintes renfermant les éléments de séparation

Enceintes spécialement conçues ou préparées, constituées ou revêtues de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆, destinées à recevoir les tubes vortex ou les tuyères de séparation.

NOTE EXPLICATIVE

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

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

Systèmes ou équipements spécialement conçus ou préparés pour les usines d'enrichissement, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆ et comprenant :

- a) Des autoclaves, fours ou systèmes d'alimentation utilisés pour introduire l'UF₆ dans le processus d'enrichissement ;
- b) Des pièges à froid utilisés pour retirer l'UF₆ du processus d'enrichissement en vue de son transfert ultérieur après réchauffement ;
- c) Des stations de solidification ou de liquéfaction utilisées pour retirer l'UF₆ du processus d'enrichissement par compression et passage à l'état liquide ou solide ;
- d) Des stations « produit » ou « résidus » pour le transfert de l'UF₆ dans des conteneurs.

5.5.8. Collecteurs/tuyauteries

Tuyauteries et collecteurs constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆, spécialement conçus ou préparés pour la manipulation de l'UF₆ à l'intérieur des cascades aérodynamiques. La tuyauterie est normalement du type collecteur « double », chaque étage ou groupe d'étages étant connecté à chacun des collecteurs.

5.5.9. Systèmes et pompes à vide

a) Systèmes à vide spécialement conçus ou préparés, ayant une capacité d'aspiration supérieure ou égale à 5 m³/min, comprenant des distributeurs à vide, des collecteurs à vide et des pompes à vide et conçus pour fonctionner en atmosphère d'UF₆.

b) Pompes à vide spécialement conçues ou préparées pour fonctionner en atmosphère d'UF₆, et constituées ou revêtues de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆. Ces pompes peuvent être dotées de joints en fluorocarbures et pourvues de fluides de service spéciaux.

5.5.10. Vannes spéciales d'arrêt et de réglage

Soufflets d'arrêt et de réglage, manuels ou automatiques, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆ et ayant un diamètre compris entre 40 et 1 500 mm, spécialement conçus ou préparés pour installation dans des systèmes principaux ou auxiliaires d'usines d'enrichissement par procédé aérodynamique.

5.5.11. Spectromètres de masse pour UF₆/sources d'ions

Spectromètres de masse magnétiques ou quadripolaires spécialement conçus ou préparés, capables de prélever en direct sur les flux d'UF₆ gazeux des échantillons du gaz d'entrée, du produit ou des résidus, et ayant toutes les caractéristiques suivantes :

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

5.5.12. Systèmes de séparation de l'UF₆ et du gaz porteur

Systèmes spécialement conçus ou préparés pour séparer l'UF₆ du gaz porteur (hydrogène ou hélium).

NOTE EXPLICATIVE

Ces systèmes sont conçus pour réduire la teneur en UF₆ du gaz porteur à 1 ppm ou moins et peuvent comprendre les équipements suivants :

- a) Échangeurs de chaleur cryogéniques et cryoséparateurs capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à -120 °C ;
- b) Appareils de réfrigération cryogéniques capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à -120 °C ;
- c) Tuyères de séparation ou tubes vortex pour séparer l'UF₆ du gaz porteur ;

- d) Pièges à froid pour l' UF_6 capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

NOTE D'INTRODUCTION

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

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

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

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

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

5.6.2. Contacteurs centrifuges liquide-liquide (échange chimique)

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

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

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

NOTE EXPLICATIVE

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

b) Systèmes situés à l'extrémité de la cascade où est récupéré le produit, spécialement conçus ou préparés pour prélever l' U^{4+} sur le flux organique, ajuster la concentration en acide et alimenter les cellules de réduction électrochimique.

NOTE EXPLICATIVE

Ces systèmes comprennent les équipements d'extraction par solvant permettant de prélever l' U^{4+} sur le flux organique pour l'introduire dans la solution aqueuse, les équipements d'évaporation et/ou autres équipements permettant d'ajuster et de contrôler le pH de la solution, ainsi que les pompes ou autres dispositifs de transfert destinés à alimenter les cellules de réduction électrochimique. L'un des principaux soucis du concepteur est d'éviter la contamination du flux aqueux par certains ions métalliques. Par conséquent, les parties du système qui sont en contact avec le flux du procédé sont composées d'éléments constitués ou revêtus de matériaux appropriés (tels que le verre, les fluorocarbures polymères, le sulfate de polyphényle, le polyéther sulfone et le graphite imprégné de résine).

5.6.4. Systèmes de préparation de l'alimentation (échange chimique)

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

NOTE EXPLICATIVE

Ces systèmes comprennent les équipements de purification par dissolution, extraction par solvant et/ou échange d'ions, ainsi que les cellules électrolytiques pour réduire l'uranium U^{6+} ou U^{4+} en U^{3+} . Ils produisent des solutions de chlorure d'uranium ne contenant que quelques parties par million d'impuretés métalliques telles que chrome, fer, vanadium, molybdène et autres cations de valence égale ou supérieure à 2. Les matériaux dont sont constituées ou revêtues les parties du système où est traité de l'uranium U^{3+} de grande pureté comprennent le verre, les fluorocarbures polymères, le sulfate de polyphényle ou le polyéther sulfone et le graphite imprégné de résine.

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

Systèmes spécialement conçus ou préparés pour oxyder U^{3+} en U^{4+} en vue du reflux vers la cascade de séparation des isotopes dans le procédé d'enrichissement par échange chimique.

NOTE EXPLICATIVE

Ces systèmes peuvent comprendre des appareils des types suivants :

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

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

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

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

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

5.6.8. Systèmes de reflux (échange d'ions)

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

NOTE EXPLICATIVE

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

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

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

NOTE D'INTRODUCTION

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

NOTE EXPLICATIVE

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

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

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

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

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

NOTE EXPLICATIVE

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

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

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

NOTE EXPLICATIVE

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

5.7.4. Enceintes de module séparateur (SILVA)

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

NOTE EXPLICATIVE

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

5.7.5. Tuyères de détente supersonique (SILMO)

Tuyères de détente supersonique, résistant à la corrosion par l'UF₆, spécialement conçues ou préparées pour refroidir les mélanges d'UF₆ et de gaz porteur jusqu'à 150 K ou moins.

5.7.6. Collecteurs du produit (pentafluorure d'uranium) (SILMO)

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

5.7.7. Compresseurs d' UF_6 /gaz porteur (SILMO)

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

5.7.8. Garnitures d'étanchéité d'arbres (SILMO)

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

5.7.9. Systèmes de fluoration (SILMO)

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

NOTE EXPLICATIVE

Ces systèmes sont conçus pour fluorer la poudre d' UF_5 , puis recueillir l' UF_6 , dans les conteneurs destinés au produit, ou le réintroduire dans les unités SILMO en vue d'un enrichissement plus poussé. Dans l'une des méthodes possibles, la fluoration peut être réalisée à l'intérieur du système de séparation des isotopes, la réaction et la récupération se faisant directement au niveau des collecteurs du « produit ». Dans une autre méthode, la poudre d' UF_5 peut être retirée des collecteurs du « produit » et transférée dans une enceinte appropriée (par exemple réacteur à lit fluidisé, réacteur hélicoïdal ou tour à flamme) pour y subir la fluoration. Dans les deux méthodes, on emploie un certain matériel pour l'entreposage et le transfert du fluor (ou d'autres agents de fluoration appropriés) et pour la collecte et le transfert de l' UF_6 .

5.7.10. Spectromètres de masse pour UF_6 /sources d'ions (SILMO)

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

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

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

Systèmes ou équipements spécialement conçus ou préparés pour les usines d'enrichissement, constitués ou revêtus de matériaux résistant à la corrosion par l'UF₆ et comprenant :

- a) Des autoclaves, fours ou systèmes d'alimentation utilisés pour introduire l'UF₆ dans le processus d'enrichissement ;
- b) Des pièges à froid utilisés pour retirer l'UF₆ du processus d'enrichissement en vue de son transfert ultérieur après réchauffement ;
- c) Des stations de solidification ou de liquéfaction utilisées pour retirer l'UF₆ du processus d'enrichissement par compression et passage à l'état liquide ou solide ;
- d) Des stations « produit » ou « résidus » pour le transfert de l'UF₆ dans des conteneurs.

5.7.12. Systèmes de séparation de l'UF₆ et du gaz porteur (SILMO)

Systèmes spécialement conçus ou préparés pour séparer l'UF₆ du gaz porteur. Ce gaz porteur peut être l'azote, l'argon ou un autre gaz.

NOTE EXPLICATIVE

Ces systèmes peuvent comprendre des appareils des types suivants :

- a) Échangeurs de chaleur cryogéniques et cryoséparateurs capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à -120 °C ;
- b) Appareils de réfrigération cryogéniques capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à -120 °C ;
- c) Pièges à froid pour l'UF₆ capables d'atteindre des températures inférieures ou égales à -20 °C.

5.7.13. Systèmes laser (SILVA, SILMO et CRISLA)

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

NOTE EXPLICATIVE

Le système laser utilisé dans le procédé SILVA comprend généralement deux lasers : un laser à vapeur de cuivre et un laser à colorant. Le système laser employé dans le procédé SILMO comprend généralement un laser à CO₂ ou un laser à excimère et une cellule optique à multipassages munie de miroirs tournants aux deux extrémités. Dans les deux procédés, les lasers ou les systèmes laser doivent être munis d'un stabilisateur de fréquence pour pouvoir fonctionner pendant de longues périodes.

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

NOTE D'INTRODUCTION

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

5.8.1. Sources d'énergie hyperfréquence et antennes

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

5.8.2. Bobines excitatrices d'ions

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

5.8.3. Systèmes générateurs de plasma d'uranium

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

5.8.4. Systèmes de manipulation de l'uranium métal liquide

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

NOTE EXPLICATIVE

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

5.8.5. Assemblages collecteurs du « produit » et des « résidus » d'uranium métal

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

5.8.6. Enceintes de module séparateur

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

NOTE EXPLICATIVE

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

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

NOTE D'INTRODUCTION

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

5.9.1. Séparateurs électromagnétiques

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

a) Sources d'ions

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

b) Collecteurs d'ions

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

c) Enceintes à vide

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

NOTE EXPLICATIVE

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

d) Pièces polaires

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

5.9.2. Alimentations haute tension

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

5.9.3. Alimentations des aimants

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

6. Usines de production d'eau lourde, de deutérium et de composés de deutérium ; équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin

NOTE D'INTRODUCTION

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

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

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

Un grand nombre d'articles de l'équipement essentiel des usines de production d'eau lourde par le procédé GS ou le procédé d'échange ammoniac-hydrogène sont communs à plusieurs secteurs des industries chimique et pétrolière. Ceci est particulièrement vrai pour les petites usines utilisant le procédé GS. Toutefois, seuls quelques articles sont disponibles « dans le commerce ». Le procédé GS et le procédé d'échange ammoniac-hydrogène exigent la manipulation de grandes quantités de fluides inflammables, corrosifs et toxiques sous haute pression. En conséquence, pour fixer les normes de conception et d'exploitation des usines et des équipements utilisant ces procédés, il faut accorder une attention particulière au choix et aux spécifications des matériaux pour garantir une longue durée de service avec des facteurs de sûreté et de fiabilité élevés. Le choix de l'échelle est fonction principalement de considérations économiques et des besoins. Ainsi, la plupart des équipements seront préparés d'après les prescriptions du client.

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

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

6.1. Tours d'échange eau-sulfure d'hydrogène

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

6.2. Soufflantes et compresseurs

Soufflantes ou compresseurs centrifuges à étage unique sous basse pression (c'est-à-dire 0,2 MPa ou 30 psi) pour la circulation de sulfure d'hydrogène (c'est-à-dire un gaz contenant plus de 70 % de H₂S) spécialement conçus ou préparés pour la production d'eau lourde par le procédé d'échange eau-sulfure d'hydrogène. Ces soufflantes ou compresseurs ont une capacité de débit supérieure ou égale à 56 m³/s (120 000 SCFM) lorsqu'ils fonctionnent à

des pressions d'aspiration supérieures ou égales à 1,8 MPa (260 psi), et sont équipés de joints conçus pour être utilisés en milieu humide en présence de H₂S.

6.3. Tours d'échange ammoniac-hydrogène

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

6.4. Internes de tour et pompes d'étage

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

6.5. Craqueurs d'ammoniac

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

6.6. Analyseurs d'absorption infrarouge

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

6.7. Brûleurs catalytiques

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

7. Usines de conversion de l'uranium et équipements spécialement conçus ou préparés à cette fin

NOTE D'INTRODUCTION

Les usines et systèmes de conversion de l'uranium permettent de réaliser une ou plusieurs transformations de l'une des formes chimiques de l'uranium en une autre forme, notamment : conversion des concentrés de minerai d'uranium en UO₃, conversion d'UO₃ en UO₂, conversion des oxydes d'uranium en UF₄ ou UF₆, conversion de l'UF₄ en UF₆, conversion de l'UF₆ en UF₄, conversion de l'UF₄ en uranium métal et conversion des fluorures d'uranium en UO₂. Un grand nombre des articles de l'équipement essentiel des usines de conversion de l'uranium sont communs à plusieurs secteurs de l'industrie chimique. Par exemple, ces procédés peuvent faire appel à des équipements des types suivants : fours, founeaux rotatifs, réacteurs à lit fluidisé, tours à flamme, centrifugeuses en

phase liquide, colonnes de distillation et colonnes d'extraction liquide-liquide. Toutefois, seuls quelques articles sont disponibles « dans le commerce » ; la plupart seront préparés d'après les besoins du client et les spécifications définies par lui. Parfois, lors de la conception et de la construction, il faut prendre spécialement en considération les propriétés corrosives de certains des produits chimiques en jeu (HF, F₂, ClF₃ et fluorures d'uranium). Enfin, il convient de noter que, dans tous les procédés de conversion de l'uranium, des articles d'équipement qui, pris individuellement, ne sont pas spécialement conçus ou préparés pour la conversion de l'uranium peuvent être assemblés en des systèmes qui sont spécialement conçus ou préparés à cette fin.

7.1. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion des concentrés de minerai d'uranium en UO₃

NOTE EXPLICATIVE

La conversion des concentrés de minerai d'uranium en UO₃ peut être réalisée par dissolution du minerai dans l'acide nitrique et extraction de nitrate d'uranyle purifié au moyen d'un solvant tel que le phosphate tributylque. Le nitrate d'uranyle est ensuite converti en UO₃ soit par concentration et dénitrification, soit par neutralisation au moyen de gaz ammoniac afin d'obtenir du diuranate d'ammonium qui est ensuite filtré, séché et calciné.

7.2. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO₃ en UF₆

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d'UO₃ en UF₆ peut être réalisée directement par fluoration. Ce procédé nécessite une source de fluor gazeux ou de trifluorure de chlore.

7.3. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO₃ en UO₂

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d'UO₃ en UO₂ peut être réalisée par réduction de l'UO₃ au moyen d'ammoniac craqué ou d'hydrogène.

7.4. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UO₂ en UF₄

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d'UO₂ en UF₄ peut être réalisée en faisant réagir l'UO₂ avec de l'acide fluorhydrique gazeux (HF) à une température de 300 à 500 °C.

7.5. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF₄ en UF₆

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d'UF₄ en UF₆ est réalisée par réaction exothermique avec du fluor dans un réacteur à tour. Pour condenser l'UF₆ à partir des effluents gazeux chauds, on fait passer les effluents dans un piège à froid refroidi à -10 °C. Ce procédé nécessite une source de fluor gazeux.

7.6. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF₄ en U métal

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d'UF₄ en uranium métal est réalisée par réduction au moyen de magnésium (grandes quantités) ou de calcium (petites quantités). La réaction a lieu à des températures supérieures au point de fusion de l'uranium (1 130 °C).

7.7. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF₆ en UO₂

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d'UF₆ en UO₂ peut être réalisée par trois procédés différents. Dans le premier procédé, l'UF₆ est réduit et hydrolysé en UO₂ au moyen d'hydrogène et de vapeur. Dans le deuxième procédé, l'UF₆ est hydrolysé par dissolution dans l'eau ; l'addition d'ammoniaque à cette solution entraîne la précipitation de diuranate d'ammonium, lequel est réduit en UO₂ par de l'hydrogène à une température de 820 °C. Dans le troisième procédé, l'UF₆, le CO₂ et le NH₃ gazeux sont mis en solution dans l'eau, ce qui entraîne la précipitation de carbonate double d'uranyle et d'ammonium. Le carbonate double d'uranyle et d'ammonium est combiné avec de la vapeur et de l'hydrogène à 500-600 °C pour produire de l'UO₂.

La conversion d'UF₆ en UO₂ constitue souvent la première phase des opérations dans les usines de fabrication de combustible.

7.8. Systèmes spécialement conçus ou préparés pour la conversion d'UF₆ en UF₄

NOTE EXPLICATIVE

La conversion d'UF₆ en UF₄ est réalisée par réduction au moyen d'hydrogène.