

Fontenay-aux-Roses, le 22 juin 2012

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2012-00277

Objet : Etudes transmises dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs - Conditionnement des déchets technologiques riches en émetteurs alpha

Ref. : Saisine CODEP-DRC-2012-019313 du 6 avril 2012

Vous avez demandé par lettre en référence l'avis de l'IRSN sur les études « *concernant le cas particulier des déchets technologiques contenant des matières organiques, et irradiants ou riches en éléments émetteurs alpha* » qui vous ont été transmises par AREVA NC et le CEA en application de la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs et de son décret d'application relatif au Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR). Conformément à l'article 18 du décret établissant les prescriptions du PNGMDR sur la période 2010-2012 et l'article 15 de son arrêté applicatif, AREVA NC et le CEA ont respectivement transmis au premier trimestre 2012 une étude portant sur les conditionnements envisagés des déchets technologiques riches en éléments émetteurs alpha et une étude portant sur l'évaluation du dégazage des colis de déchets MAVL contenant des matières organiques contaminées en éléments émetteurs alpha destinés au stockage géologique. Il est à noter que ces dossiers ne traitent pas du cas des boues issues du traitement par coprécipitation des effluents de STE2.

Adresse courrier  
 BP 17  
 92262 Fontenay-aux-Roses  
 Cedex France

Vous demandez que l'IRSN évalue en particulier la pertinence et la suffisance des scénarios de traitement et de conditionnement envisagés ainsi que des études relatives à la production d'hydrogène.

Siège social  
 31, av. de la Division Leclerc  
 92260 Fontenay-aux-Roses  
 Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
 RCS Nanterre B 440 546 018

De l'examen des dossiers transmis, l'IRSN retient les principales conclusions suivantes.

1. **Conditionnement des déchets technologiques riches en éléments émetteurs alpha (étude AREVA NC)**

L'étude présentée par AREVA NC concerne le conditionnement des déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha non susceptibles d'un stockage de surface. Ces déchets proviennent des opérations d'exploitation et de maintenance d'usines (usine MELOX, usine AREVA NC de traitement de

La Hague ...), des opérations de reprise et conditionnement des déchets (RCD) et des opérations préalables à la cessation définitive d'exploitation et au démantèlement d'installations, en cours et à venir. Ces déchets sont constitués pour environ un tiers de matières organiques diverses (Néoprène, Hypalon, polyéthylène, PVC...) et pour deux tiers de constituants métalliques (principalement des aciers inoxydables et de l'acier noir) et sont entreposés dans des fûts. L'étude réalisée par AREVA NC présente deux types différents de traitement et conditionnements de ces déchets : un procédé de compactage direct des déchets, sous forme de colis dits « S5 », et des procédés thermiques de traitement et conditionnement.

En premier lieu, l'IRSN rappelle que le traitement et le conditionnement d'un colis en vue de son stockage en formation géologique doit viser, ainsi que préconisé par le guide de sûreté de l'ASN relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde à ce que celui-ci présente « *une capacité à confiner les substances nocives adaptée à la nature des déchets qu'il contient, compte tenu de l'environnement dans lequel il se trouve* ». Pour répondre à cet objectif, il est recommandé que le colis empêche la dissémination d'activité dans le système de stockage pendant au moins la phase d'exploitation et de réversibilité et, selon le type de colis et les critères et exigences retenus pour la démonstration de sûreté du stockage, pendant une période donnée après la fermeture de l'installation. Dans tous les cas de figure, il est recommandé que le colis limite « *les relâchements de substances radioactives après la perte partielle ou totale de l'étanchéité du dispositif mis en place pour participer à la fonction de confinement* ». Par ailleurs le guide précise en particulier, d'une part que « *les colis doivent générer des quantités de gaz limitées, compatibles avec le maintien de leurs propriétés favorables pour la sûreté, ainsi que de celles des autres composants du système de stockage* », d'autre part que « *les substances réactives ou complexantes présentes dans les colis doivent être en quantité suffisamment faible pour que leur relâchement n'occasionne pas une solubilisation des radionucléides ou une altération de la capacité des radionucléides à être retenus par les composants ouvragés de l'installation de stockage et par la roche hôte dans des proportions qui seraient préjudiciables à la sûreté* ».

Le colis doit de plus assurer une fonction de confinement durant la phase d'entreposage. A cet égard, la conception du colis doit être telle que la dégradation du conteneur qui contribue à cette fonction demeure faible en regard de la période durant laquelle celle-ci doit être assurée.

#### a. Colis S5

Le colis dit « S5 » est un colis constitué d'un conteneur en acier inoxydable muni d'un couvercle soudé à la virole du conteneur et équipé de pastilles de respiration « poral » et d'un étui interne en acier noir dans lequel les déchets alpha compactés sont introduits. Cet étui a pour fonction d'une part d'empêcher la détente des déchets compactés riches en matières plastiques, d'autre part de piéger le chlorure d'hydrogène (HCL gazeux) produit par la radiolyse des déchets et ainsi de préserver le conteneur des phénomènes de corrosion interne associés à ce composé.

L'IRSN a estimé à la suite de l'examen du dossier de conception du colis S5 que les propriétés de confinement de ce colis, notamment sa faible résistance à la lixiviation, du fait de l'absence de matrice, et la production de substances complexantes, formées par la dégradation des polymères ou

présentes sous forme d'additifs dans les polymères, n'étaient pas compatibles avec les principes de conception d'un colis au regard de la sûreté d'une installation de stockage de déchets radioactifs en formation géologique évoqués ci-avant.

Par ailleurs, l'IRSN a également estimé, en l'état des connaissances, que la faible résistance du colis S5 à l'égard des risques de corrosion par le HCl, produit par la radiolyse du PVC présent dans les déchets, n'était pas cohérente avec la durée d'entreposage qu'il serait a priori nécessaire d'observer avant son transfert vers une installation de stockage (une durée de l'ordre de cent ans pouvant en effet être nécessaire pour que le taux de production d'hydrogène du colis décroisse à une valeur compatible avec les critères de dégazage fixés par l'Andra dans les études de conception du stockage). Aussi, l'IRSN avait suggéré qu'AREVA NC s'oriente vers un procédé de conditionnement des différentes familles de déchets technologiques contaminés en éléments émetteurs alpha permettant de fabriquer des colis de déchets présentant des caractéristiques clairement favorables à la sûreté de leur entreposage et de leur stockage, c'est-à-dire des colis aussi passifs que possible et présentant une aussi bonne résistance à la lixiviation que possible.

Par décision ASN n°2010-DC-076 du 23 février 2010, l'ASN a considéré que le projet de colis S5 développé par AREVA NC n'apportait pas les garanties suffisantes pour un entreposage de longue durée et pour un stockage en formation géologique profonde, en raison notamment de la présence de matières organiques provenant de la dégradation des plastiques.

**En conclusion, l'IRSN estime que le conditionnement des déchets technologiques riches en éléments émetteurs alpha sous forme de colis S5 n'est pas une option pertinente eu égard à la contribution attendue d'un colis pour la sûreté de son entreposage et de son stockage.**

#### **b. Procédés thermiques de traitement et de conditionnement**

S'agissant des procédés thermiques de traitement et de conditionnement des déchets, AREVA NC présente dans son étude deux types de procédés d'incinération/fusion/vitrification mettant en œuvre des torches à plasma :

- le premier procédé présenté, reposant sur la technologie existante de type PACT (Plasma Arc Centrifugal Treatment) fait intervenir un four rotatif dans lequel les déchets sont incinérés par l'intermédiaire d'une torche à plasma. Les cendres obtenues suite à cette incinération, constituées de métal fondu accompagné des résidus non incinérables des matières organiques, sont mélangées à une fritte de verre en fusion au sein du même four. Le mélange est ensuite coulé dans un conteneur externe ;
- le second procédé résulte quant à lui d'une combinaison de plusieurs procédés existants, aboutissant à la fusion par induction, directement au sein du conteneur jouant le rôle de pot de fusion, de fritte de verre mélangée aux déchets incinérés en amont à l'aide d'une torche à plasma. Ce procédé est dit « IN CAN ».

Les colis résultant des procédés thermiques proposés par AREVA NC présentent au sein d'un même conteneur une phase vitreuse séparée d'une phase métallique, qui a décanté en partie inférieure. Les figures 1 et 2 en annexe 2 au présent avis illustrent les procédés envisagés par AREVA NC ainsi que les divers éléments constitutifs de ces procédés.

Sans présager de la possibilité de réaliser un tel type de colis, l'IRSN estime, au vu notamment du retour d'expérience issu des études du comportement à long terme des matrices vitreuses, que les matrices de confinement des déchets résultant d'une part de la fusion de la fritte de verre, d'autre part de la fusion d'éléments métalliques possèdent a priori des propriétés de rétention des radionucléides favorables à la sûreté des installations de stockage, tant du point de vue de la sûreté de leur exploitation que de leur capacité à limiter les relâchements de substances nocives à long terme. Les colis dont la conception fait appel au procédé de vitrification et/ou de fusion présentent en effet en général un faible taux de vide, une résistance à la lixiviation élevée et une bonne tenue mécanique.

L'IRSN note de surcroît que l'incinération des matières organiques contenues dans les déchets technologiques inhibe ou limite:

- la formation de gaz de radiolyse,
- la formation d'espèces hydrosolubles favorisant la migration des radionucléides,
- la présence de matière mobilisable pour le développement de micro-organismes susceptibles, d'une part de contribuer à la production de gaz, d'autre part de porter atteinte à l'intégrité du conteneur du colis de déchets et/ou des ouvrages constitutifs de l'installation de stockage (modification des équilibres redox).

Ces éléments sont favorables à la sûreté d'un stockage géologique profond et devraient permettre en outre, dans l'optique d'une gestion optimale du cycle, la réduction du nombre de colis de déchets contenant de la matière organique.

L'IRSN estime en conséquence que le traitement thermique des déchets technologiques riches en émetteur alpha présenté par AREVA NC constitue, dans le principe, un progrès significatif en vue de fabriquer un colis respectant les critères préconisés par le guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde. Les études relatives à la qualification des propriétés des colis produits ainsi qu'à la faisabilité de la mise en œuvre du procédé méritent donc d'être poursuivies.

A cet égard, l'IRSN rappelle que le guide de l'ASN préconise la détermination, par les producteurs de déchets, des propriétés de confinement et d'évolution des colis en vue d'apporter les connaissances nécessaires à la conception et à la démonstration de sûreté du centre de stockage géologique. A cet effet, l'IRSN recommande qu'AREVA transmette, dans des délais compatibles avec l'établissement par l'Andra de la demande d'autorisation de création (DAC) d'une installation de stockage de déchets de haute et moyenne activité et à vie longue (déchets HA/MA-VL), les options consolidées de conception du colis retenu et le calendrier présentant les actions détaillées de R&D permettant notamment de préciser d'une part la répartition des radionucléides dans les phases vitreuses et métalliques du colis, ainsi qu'à leur interface, d'autre part le comportement de ces phases, notamment du point de vue de la lixiviation.

Par ailleurs, la nucléarisation des procédés de traitement et de conditionnement nécessite l'utilisation d'enceintes de confinement intégrant le procédé de traitement des gaz compte tenu de la présence de plutonium dans les déchets à traiter. A ce stade de l'étude, AREVA NC n'a présenté que succinctement les questions de sûreté liées à la nucléarisation du procédé. Cette nucléarisation, a priori complexe à mettre en œuvre, appelle les commentaires principaux suivants :



- les déchets sont chauffés à haute température (supérieure à 15 000 °C pour l'arc de la torche et supérieure à 1000 °C dans la chambre de combustion). L'IRSN souligne que le comportement des éléments émetteurs alpha à ces températures est mal connu. Les quantités de déchets produites en aval du procédé ou le dimensionnement de certains équipements (lavage des gaz, filtres...) seront directement fonction du taux de mise en suspension ou d'entraînement de ces éléments dans les gaz de combustion. **Le comportement des éléments émetteurs alpha soumis à ces températures devra donc être étudié, notamment au regard de leur mise en suspension, ainsi que de leur taux d'entraînement dans les gaz de combustion.** L'exploitant indique à cet égard que des essais de combustion de déchets simulés couplés à des analyses des effluents gazeux générés seront réalisés ;
- la combustion des matières organiques forme des gaz susceptibles d'entraîner des surpressions et des inversions de cascades de dépression. L'IRSN souligne de surcroît que les déchets contiennent du PVC, dont le chlore, produit de dégradation, est un élément volatil et corrosif. **Il conviendra qu'AREVA NC tienne compte de ces points dans son analyse des risques liés à la dissémination ;**
- la présence de plutonium dans les déchets impose d'apprécier les risques liés à la criticité. L'exploitant indique, à cet égard, que l'adaptation des procédés existants au traitement de déchets riches en émetteurs alpha est en cours d'étude. **L'IRSN estime qu'une attention particulière devra être apportée aux accumulations possibles de matière fissile dans les équipements (gaines de ventilation, parois réfractaires...) ainsi qu'à l'éventuel effet modérateur de l'eau utilisée par le procédé (lavage des gaz à l'eau, eau de refroidissement du procédé...)** ;
- pour ce qui concerne les risques liés à l'incendie ou à l'explosion, l'IRSN note que la combustion de matières organiques est susceptible d'engendrer différents gaz dont certains peuvent être explosifs. Par ailleurs, en cas d'admission accidentelle d'eau ou d'un autre liquide dans l'enceinte du four portée à très haute température, ou en cas de mise en contact de déchets très chauds avec de l'eau ou un autre liquide, une explosion de vapeur peut se produire. **Ces risques devront être pris en considération par AREVA NC dans les études de nucléarisation du procédé ;**
- le risque pour la sûreté de l'installation associé à la formation d'hydrogène par radiolyse des déchets sera vraisemblablement négligeable en conditions normales de fonctionnement, la durée de séjour des déchets dans l'enceinte du four étant limitée. L'IRSN estime toutefois que ce risque devra être pris en compte **pour des conditions incidentelles conduisant à immobiliser les déchets dans le four, étant donné le fort rendement radiolytique des produits constitutifs de ces déchets.**

En conséquence, l'IRSN recommande qu'AREVA NC complète l'étude de la nucléarisation du procédé de traitement thermique des déchets technologiques riches en émetteur alpha en tenant compte notamment des différents risques précités et dans des délais permettant de statuer sur la faisabilité de mise en œuvre de ce procédé à l'échéance du dépôt de la DAC de l'installation de stockage de déchets HA/MA-VL.

## 2. Calcul de dégazage des colis MAVL destinés au stockage géologique profond (étude CEA)

Le CEA a transmis la démarche d'évaluation du dégazage des colis MAVL contenant des matières organiques, développée en vue du respect des exigences auxquelles sont soumis les colis à destination du stockage géologique profond (notamment le taux de dégazage imposé aux colis). Cette démarche concerne les déchets technologiques contaminés en éléments émetteurs alpha du CEA qui sont majoritairement cimentés dans des conteneurs métalliques de 500 et 870 L. Le CEA a indiqué que la démarche développée est susceptible d'être appliquée pour l'estimation du dégazage d'autres colis contenant des déchets technologiques riches en éléments émetteurs alpha, comme le colis S5. Cette démarche s'appuie sur quatre volets distincts :

- la définition des inventaires chimiques et radiologiques des éléments constitutifs des déchets ;
- la détermination des rendements radiolytiques des polymères présents dans les fûts en fonction notamment du type de rayonnement ;
- le développement d'une modélisation permettant l'évaluation des débits de gaz de radiolyse ( $H_2$ ,  $HCl$  ...) produits par des déchets organiques solides contaminés par des poudres de  $PuO_2$  ;
- des campagnes de mesure sur des fûts de déchets technologiques alpha afin de conforter les résultats du modèle ;

L'IRSN relève que l'inventaire chimique des déchets consiste en un bilan des polymères et des additifs rencontrés dans les déchets, établi à partir des « fiches colis » qui recensent l'ensemble des matériaux constitutifs des déchets introduits dans chaque colis. La composition chimique des déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha est ainsi bien connue. De la même façon, les investigations mises en œuvre (irradiation par l'intermédiaire d'un accélérateur permettant de simuler les interactions des émetteurs alpha, modélisation numérique ...) pour la détermination des rendements radiolytiques en fonction de la nature et de l'énergie du rayonnement sont de nature à rendre compte des phénomènes de radiolyse à l'œuvre au sein des colis de déchets.

L'IRSN estime par ailleurs que le modèle développé, permettant d'estimer le dépôt d'énergie des rayonnements alpha, bêta et gamma émis par les radionucléides au sein des différents constituants des colis de déchets, et *in fine* d'évaluer les quantités de gaz effectivement produites, repose sur un jeu de paramètres pertinents: répartition des éléments émetteurs alpha au sein du colis, évaluations des énergies émises par différents radionucléides au sein du colis et des puissances absorbées par différents types de déchets en fonction de la nature et de l'énergie du rayonnement, modélisations géométriques des grains de  $PuO_2$  de plusieurs tailles différentes afin de tenir compte de l'autoabsorption des rayonnements.... Enfin, l'IRSN note que les évaluations des quantités de gaz obtenues par modélisation semblent, après comparaison avec les données résultantes d'expérimentation sur un certain nombre de colis et fûts instrumentés, majorantes des quantités des gaz réellement émises. Des campagnes de mesures se poursuivent sur des colis déjà constitués afin de conforter le modèle développé.

En conclusion, l'IRSN estime que le CEA a développé un modèle intégré convenable pour évaluer notamment l'hydrogène produit par les colis de déchets technologiques contenant de la matière organique et contaminés en éléments émetteurs alpha en vue de leur élimination en stockage en couche géologique profonde. Cependant, l'IRSN note que le CEA n'a pas dans son modèle intégré la modélisation du dégagement d'hydrogène provenant de la radiolyse de l'eau interstitielle du béton. L'IRSN estime que le CEA devra tenir compte de ce phénomène dans son estimation du taux de dégazage des colis. Il conviendra par ailleurs que le CEA transmette, dans des délais compatibles avec l'établissement de la DAC de l'installation de stockage de déchets HA/MA-VL, les résultats des campagnes de mesures en cours ainsi que la comparaison des nouvelles données obtenues avec les résultats de la modélisation.

L'IRSN souligne également que la production de gaz n'est pas la seule caractéristique importante à prendre en compte pour évaluer les risques associés au stockage des colis de déchets technologiques riches en émetteurs alpha. A cet égard, l'IRSN rappelle que le guide de sûreté relatif au stockage géologique des déchets HA/MA-VL précise que le contenu chimique des colis de déchets, notamment en complexants ou en produits susceptibles d'accroître la solubilité des radionucléides doit être précisément connu. Il conviendra donc que le CEA présente l'inventaire des complexants susceptibles d'être produits au sein des colis MAVL qu'il détient. Ces données, nécessaires à l'évaluation de l'impact possible des complexants sur la migration des actinides en conditions de stockage, devront être disponibles à l'échéance de la DAC du stockage géologique de déchets HA/MA-VL.

### 3. Conclusion

En conclusion, l'IRSN estime que les études relatives aux déchets technologiques riches en émetteurs alpha transmises par AREVA NC et le CEA dans le cadre du PNGMDR proposent des avancées pour l'évaluation et la maîtrise des risques associés au stockage de ces déchets en formation géologique profonde. Plus particulièrement, l'IRSN estime que les procédés de traitement et de conditionnement thermiques tels que proposés par AREVA NC constituent dans le principe un progrès significatif en vue de fabriquer un colis possédant des propriétés favorables à la sûreté de son entreposage et de son stockage.

S'agissant du calendrier de mise en œuvre de ce procédé, l'échéancier présenté par AREVA prévoit un possible début d'exploitation à cadence réduite pour mi-2030. L'IRSN remarque que cet échéance implique un décalage des opérations de conditionnement de ces déchets, qui selon les prescriptions de l'article 7 de la loi du 28 juin 2006 devraient être terminées au plus tard en 2030 pour les déchets MAVL produits avant 2015. Etant donné l'intérêt potentiel du procédé de traitement envisagé par AREVA, l'IRSN estime que ce décalage ne doit pas constituer un obstacle rédhibitoire à la mise œuvre de ce procédé pour les déchets technologiques riches en émetteurs alpha produits avant 2015. A cet égard, l'IRSN recommande qu'AREVA NC transmette dans le cadre du prochain Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs, le calendrier de développement du procédé en justifiant des délais prévus pour la réalisation des étapes clés de ce développement.

L'IRSN recommande également que les études ayant fait l'objet du présent examen soient complétées en tenant compte des remarques formulées dans le présent avis et rappelées en annexe 1 au présent avis.

Pour le Directeur général et par délégation,  
le Directeur des déchets et de la géosphère

François BESNUS

**PJ** : 1 annexe

**Copies** :

- M. Le Directeur général de l'Autorité de sûreté nucléaire
- Mme. La Directrice de l'ASN/DRC (2 exemplaires)



**Annexe 1 à l'avis IRSN/N° 2012-00277 du 22 juin 2012**

L'IRSN recommande que, dans le cadre du prochain Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs et en tout état de cause dans des délais compatibles avec l'établissement par l'Andra de la demande d'autorisation de création (DAC) d'une installation de stockage de déchets de haute et moyenne activité et à vie longue (déchets HA/MA-VL), les études relatives aux déchets technologiques riches en émetteurs alpha transmises par AREVA NC et le CEA soient complétées en tenant compte des remarques formulées ci-dessous.

**1. Procédés de traitement thermiques des déchets**

- a. AREVA NC devra transmettre les options consolidées de conception des colis de déchets résultants d'un traitement par les procédés thermiques envisagés et le calendrier présentant les actions détaillées de R&D permettant notamment de préciser d'une part la répartition des radionucléides dans les phases vitreuses et métalliques du colis, ainsi qu'à leur interface, d'autre part le comportement de ces phases, notamment du point de vue de la lixiviation.
- b. AREVA NC devra compléter l'étude de la nucléarisation des procédés de traitement thermique des déchets technologiques riches en émetteur alpha en vue de conclure sur la faisabilité de mise en œuvre de ces procédés et en tenant compte notamment :
  - du comportement des éléments émetteurs alpha soumis à très hautes températures, notamment au regard de leur mise en suspension, ainsi que de leur taux d'entraînement dans les gaz de combustion ;
  - des risques de corrosion associés à la volatilisation du chlore contenu dans les déchets contenant notamment du PVC ;
  - des accumulations possibles de matière fissile dans les équipements (gainés de ventilation, parois réfractaires...) ainsi que de l'éventuel effet modérateur de l'eau utilisée par le procédé (lavage des gaz à l'eau, eau de refroidissement du procédé...)
  - de la génération, lors de la combustion de matières organiques, de gaz dont certains peuvent être explosifs ainsi que du risque d'explosion de vapeur en cas d'admission accidentelle d'eau ou d'un autre liquide dans l'installation ;
  - du risque associé à la formation d'hydrogène par radiolyse des déchets en cas d'immobilisation prolongée des déchets dans le four.

2. Etude du CEA relative aux colis MAVL destinés au stockage géologique profond

- a. Le CEA devra compléter son estimation des taux de dégazage des colis MAVL de déchets technologiques contenant de la matière organique et contaminés en émetteurs alpha en y ajoutant une estimation de l'hydrogène provenant de la radiolyse de l'eau interstitielle du béton de conditionnement des colis.
- b. Le CEA devra transmettre les résultats des campagnes de mesures de dégazage des colis en cours ainsi que la comparaison des nouvelles données obtenues avec les résultats de la modélisation.
- c. Le CEA devra réaliser un inventaire des complexants susceptibles d'être produits au sein des colis MAVL de déchets technologiques contenant de la matière organique et contaminés en éléments émetteurs alpha qu'il détient.

Annexe 2 à l'avis IRSN/N° 2012-00277 du 22 juin 2012

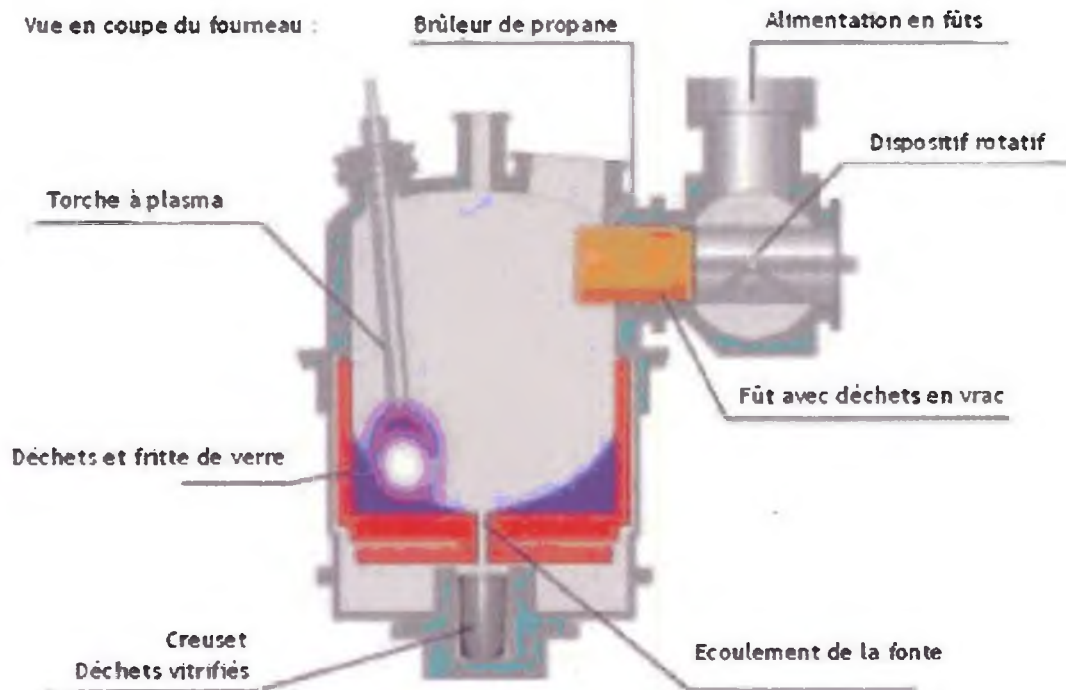


Figure 1 : Schéma du four du type PACT

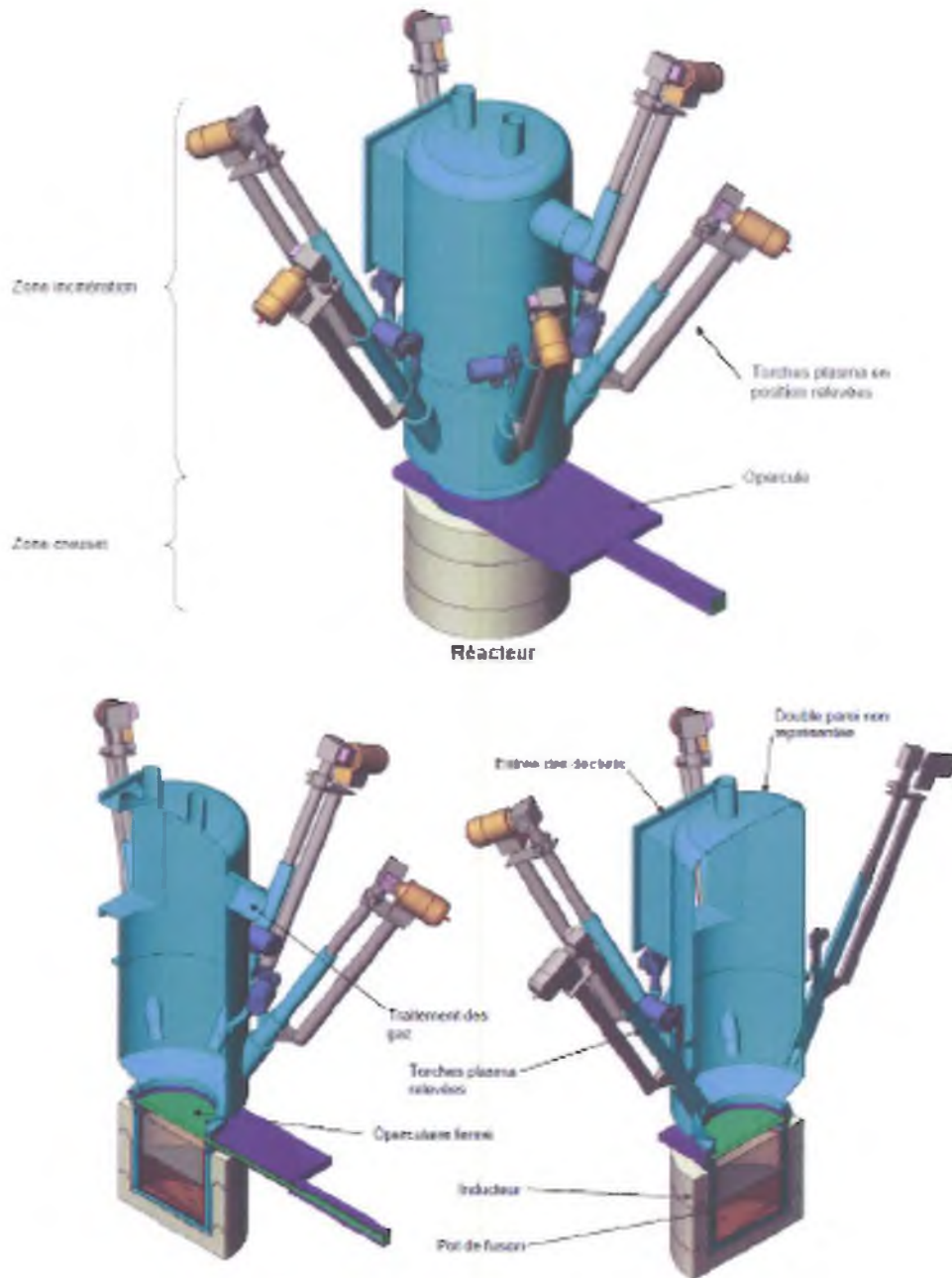


Figure 2: Schémas du cœur de procédé IN CAN