

Rapport CEA présentant la typologie de l'ensemble des combustibles usés détenus issus des réacteurs expérimentaux, les développements à réaliser pour permettre leur valorisation, ainsi que l'intérêt des propriétés des matières séparées en vue de leur réutilisation

Inventaire des combustibles usés détenus par le CEA

L'inventaire des combustibles usés détenus par le CEA contenant des matières civiles et n'ayant pas encore fait l'objet d'un contrat de traitement se décompose en 3 grandes familles :

- Les combustibles métalliques des réacteurs de la filière Uranium Naturel – Graphite – Gaz (UNGG) et des réacteurs expérimentaux de la filière à eau lourde EL2 et EL3,
- Les combustibles de type « caramel » en provenance du réacteur expérimental OSIRIS,
- Les combustibles ou tronçons de combustibles expérimentaux provenant de nombreux types de réacteurs, avec des compositions et de géométries diverses.

1- Combustibles métalliques des réacteurs de la filière UNGG et eau lourde

Les combustibles à base d'uranium métallique ont été utilisés dans les réacteurs de la filière UNGG ainsi que dans les réacteurs expérimentaux EL2 et EL3 de la filière à Eau Lourde.

Ces deux réacteurs, utilisant l'eau lourde comme modérateur, étaient implantés sur le site de Saclay. Le réacteur EL2 a fonctionné entre 1952 et 1965 et EL3 entre 1957 et 1979, avec l'utilisation d'éléments combustibles à base d'uranium métallique dans le premier cœur d'EL3 jusqu'en 1965.

Les éléments combustibles de la filière Uranium Naturel Graphite Gaz (années 1960 et 70), irradiés soit dans les réacteurs de puissance, soit dans l'ancien réacteur expérimental Pégase ont subi à Cadarache des examens au LECA, Laboratoire d'Examen de Combustibles Actifs. A ce stock se rajoutent des cartouches ruptées en cours de fonctionnement dans les réacteurs UNGG.

L'installation CASCAD accueille la majeure partie du combustible à base d'uranium métallique, ceux-ci ayant été au préalable conditionnés en conteneurs C1 ou C2 au sein de l'installation STAR.

L'installation CASCAD entrepose 228 colis C1 ou C2. L'INB 72 dispose d'éléments combustibles à base d'uranium métallique qui seront eux aussi conditionnés en conteneurs C1 ou C2 sur STAR. D'après les prévisions actuelles en termes de conditionnement dans l'installation STAR, ces éléments représenteraient environ 20 conteneurs de type C1 ou C2.

Cet inventaire de combustibles métalliques des réacteurs de la filière UNGG et des réacteurs expérimentaux EL2 et EL3 est de 14,2 t d'uranium et d'environ 45 kg de plutonium et avec une masse globale intégrant celle des étuis et des conteneurs d'environ 37,6 t. Leur taux de combustion est relativement faible, de l'ordre de quelques milliers de MWj/t et toujours inférieur à 10.000 MWj/t.

2- Combustibles de type « caramel » en provenance du réacteur OSIRIS

OSIRIS est un réacteur expérimental de type piscine à cœur ouvert, où l'eau joue le rôle de modérateur, de fluide caloporteur et de protection biologique. Il est situé à Saclay et sa puissance est de 70 MW. Construit à partir de 1963, sa divergence a eu lieu en 1966 et il a été mis à l'arrêt définitif en 2015. Il a été conçu pour réaliser des irradiations technologiques de matériaux de structure et de combustibles pour différentes filières de réacteurs, notamment les réacteurs à eau sous pression.

Le cœur compact (57 cm x 57 cm x 60 cm) est composé de 44 éléments combustibles à plaques. Le réacteur OSIRIS a fonctionné de 1967 à 1980 avec du combustible à plaques en alliage UAl (aluminium et uranium enrichi à 93 %). Il a ensuite été chargé d'éléments appelés «Caramel», dans lesquels le combustible est présent sous forme de petites plaquettes d'UO₂ gainées de Zircaloy. Pour ce combustible l'uranium était faiblement enrichi (7,5 %). A partir de 1995, ce combustible Caramel a lui-même été remplacé par un combustible constitué d'U₃Si₂ contenant de l'uranium enrichi à 20 %.

Les combustibles en alliage UAl ou constitué d'U₃Si₂ sont directement solubles dans l'acide nitrique ; ils ont donc tous été traités ou sont destinés à l'être dans le cadre d'un contrat de traitement passé avec AREVA.

Les combustibles «Caramel» ne sont pas directement traitables dans l'acide nitrique car chaque « caramel » est gainé par du zircaloy. Ils sont entreposés sur le site de Cadarache dans les installations CASCAD et dans le canal 2 du REacteur d'Essai RES (depuis fin 2006), à concurrence de 475 éléments combustibles entreposés au RES et 64 éléments conditionnés en conteneurs et entreposés à CASCAD.

Cet inventaire de combustibles « caramel » contient 4,2 t d'uranium et environ 32 kg de plutonium et présente une masse globale d'environ 9,7 t. Leur taux de combustion est de l'ordre de quelques 10.000 MWj/t et inférieur à 43.000 MWj/t.

3- Combustibles ou tronçons de combustibles expérimentaux provenant de réacteurs divers

Cette catégorie regroupe des combustibles provenant de différents types de réacteurs : réacteurs rapides au sodium, réacteurs à eau pressurisée (REP), réacteurs d'essais de type piscine, réacteurs de la propulsion navale, réacteurs de sûreté, réacteurs à eau lourde.

Certains combustibles étaient utilisés pour tester des configurations de cœur ou de durée d'irradiation sans expertise alors que d'autres ont subi des examens suite à leur irradiation, afin de vérifier les caractéristiques de la structure ou du combustible. Ces expertises ont été réalisées dans des laboratoires tels que le LECI à Saclay, le LAMA à Grenoble ou l'AMI à Chinon, laboratoire EDF.

La quasi-totalité de ces combustibles est de type oxyde, mais la matrice peut être de type nitrure, carbure ou encore métallique dans quelques cas limités.

Une partie de l'inventaire décrit dans ce paragraphe est déjà conditionné en conteneurs et entreposé dans l'installation CASCAD. D'autres sont encore présents à Pégase, au LECA-STAR, dans la piscine et les puits de l'INB 72 ainsi que dans le canal 2 du RES.

L'inventaire de ces combustibles ou tronçons de combustibles expérimentaux provenant de réacteurs divers contient environ 3,6 t d'uranium et la masse de plutonium est évaluée à 180 kg pour une masse globale d'environ 9,5 t. Leur taux de combustion est très disparate et peut dépasser les 200.000 MWj/t pour les tronçons les plus irradiés.

Développements à réaliser pour permettre la valorisation des matières contenus dans les combustibles usés

Il ressort de l'analyse technique du CEA les éléments suivants :

- pour la grande majorité (91 % en masse de noyaux lourds) des combustibles civils examinés, la faisabilité technique de leur traitement a été démontrée dans les années 50 à 90 à l'APM (Atelier Pilote de Marcoule) et à l'usine UP1 de Marcoule. Tous ces combustibles doivent donc pouvoir être traités dans des ateliers de La Hague, moyennant quelques adaptations qui sont à l'étude. En effet, l'industriel AREVA mène des études sur l'unité de Traitement des Combustibles Particuliers (TCP), à même de pouvoir traiter ces types de combustibles. Le début de traitement des combustibles dans ce nouvel atelier n'est pas envisageable avant 2028 au mieux. Les sujets de R&D complémentaires traités dans ce cadre sont :
 - o les techniques de cisailage/perçage des différents types de gaines des combustibles,
 - o les techniques de dissolution chimiques des éléments combustibles cisailés, associées à des performances accrues des protocoles d'oxydation des particules insolubles dans le milieu d'attaque acide, appliquées dans le même équipement,
 - o les techniques ou protocoles opératoires capables de gérer les petites quantités de matériaux particuliers neutrophages (Gadolinium, matière hydrogénée, thorium).
- pour le reste des combustibles civils examinés (9 % en masse de noyaux lourds), un certain nombre de sous-lots très spécifiques contiennent des matières qui les rendent actuellement difficiles à traiter dans les référentiels actuels de fonctionnement des usines de recyclage. Il reste à examiner au cas par cas, pour éliminer les matières non traitables ou adapter des conditions particulières de traitement nécessitant vraisemblablement, pour leur mise au point, des études de R&D. Ces lots sont toutefois peu importants en masse (1,9 t) ;

Intérêt des matières séparées en vue de leur réutilisation

La valorisation envisagée par le CEA est en premier lieu la récupération du Pu pour ses propres activités (ASTRID par exemple). L'uranium de retraitement à très faible enrichissement n'est pas considéré comme l'objectif prioritaire à ce stade. Il est resté néanmoins valorisable dans la filière REP ou dans un contexte de déploiement des réacteurs à neutrons rapides en cohérence avec le PNGMDR 2016-2018.