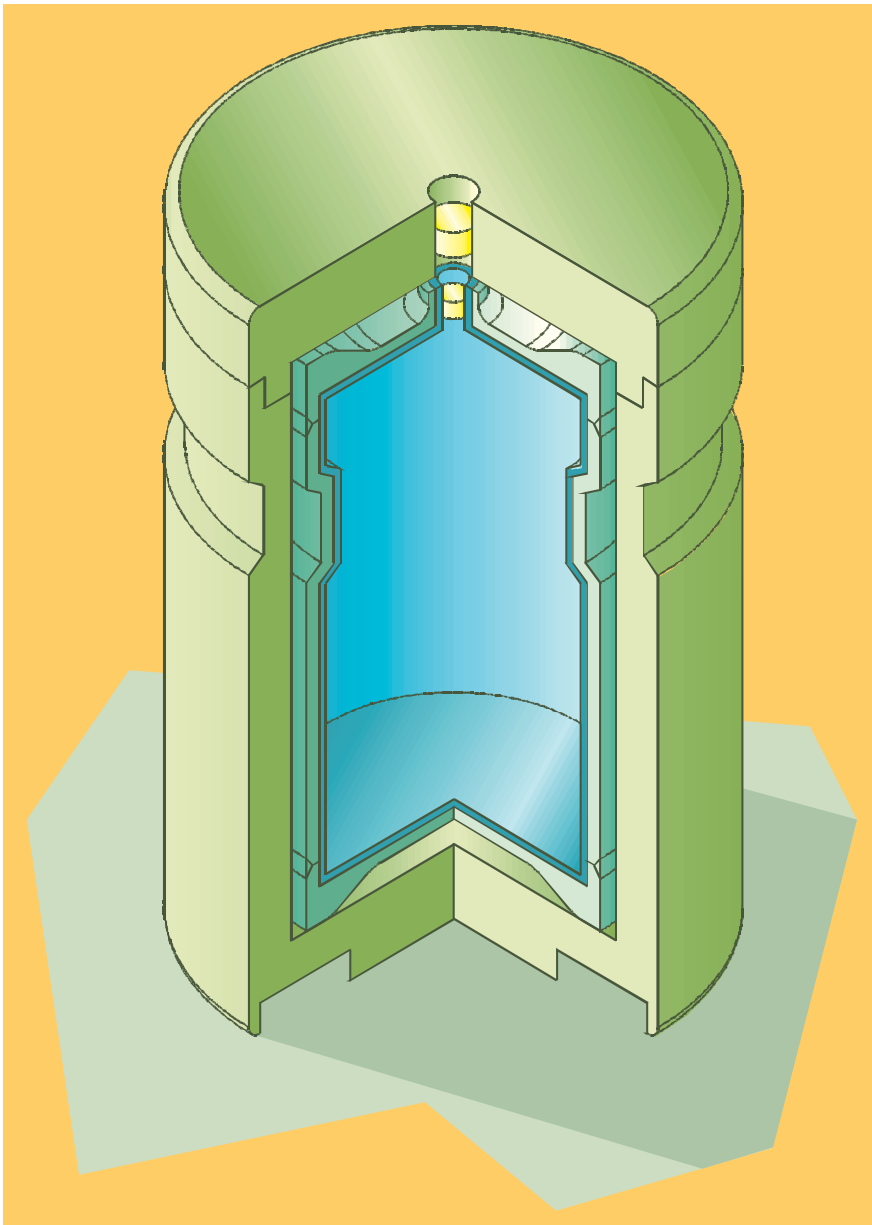


VERS UN CONTENEUR UNIVERSEL POUR LES DÉCHETS B

Les déchets de moyenne activité et à vie longue, dits de type B, représentent la plus grande masse des déchets à vie longue (> 90 %), mais ils ne contiennent qu'une part très faible de la radiotoxicité (< 10 %). Ils se présentent sous une forme extrêmement diversifiée. La première disposition à prendre consiste à les classer en un nombre réduit de familles et à définir pour chacune d'elles un mode de gestion standard. Les recherches visent donc à proposer une gamme de conteneurs universels pour les colis existants et les déchets encore à conditionner.



Une gamme de conteneurs universels pour déchets B capable de prendre en compte à la fois des déchets à conditionner présentant des caractéristiques physiques et chimiques extrêmement variées et des déchets déjà conditionnés est en cours de développement au CEA, avec pour objectif de réduire le nombre de types de colis et de rationaliser les différentes filières existantes.



⌋ Limiter la variété des colis

Les déchets B, qui ne produisent pas de chaleur, se caractérisent par leur grande variété physique et chimique (encadré A, *Qu'est-ce qu'un déchet nucléaire ?*). Environ la moitié est aujourd'hui **conditionnée** de façon sûre et durable dans de nombreux types

de **colis** (encadré G, *Le conditionnement, une étape essentielle*). En effet, la diversité des déchets a conduit au fil du temps à la conception et à la réalisation de **confinements** multiples, chacun d'entre eux étant adapté à une catégorie de déchets précise. Malgré cela, il reste encore, tant au CEA que chez les autres producteurs, de l'ordre de

30 000 m³ de déchets B indifférenciés ou à reconditionner. Poursuivre la démarche consistant à mettre au point autant de conditionnements qu'il y a de sortes de déchets augmenterait de façon notable le nombre de types de colis. Les études menées au CEA sur ce thème visent au contraire à développer des procédés de conditionnement qui prennent

CEA

en compte tous les déchets sans exutoire connu et complètent les filières existantes en les rationalisant, afin d'optimiser les coûts de gestion des déchets.

Un nouveau concept de cimentation à l'étude

Pour les déchets B, le procédé le plus couramment employé est la cimentation qui consiste à incorporer le déchet dans un matériau à base de liant hydraulique formé de silicates et d'aluminates de calcium. La composition précise du matériau est fonction de la solidité et de l'étanchéité recherchées. La **matrice** ciment présente de nombreux avantages qui expliquent son large usage : matériau bien connu, résistance mécanique élevée, mise en œuvre facile, coût modéré. En outre, grâce à l'utilisation d'additifs, ses propriétés chimiques peuvent être adaptées au déchet à conditionner. Toutefois, sa résistance à la dégradation par l'eau ne dépasse pas quelques milliers d'années.

Ces constats ont conduit à la définition d'un concept de matrice minérale où des particules céramiques sont elles-mêmes immobilisées dans un ciment. Ces particules sont constituées, d'une part, des éléments résultant de la stabilisation par traitement hydrothermal des composants solubles du déchet dans une structure confinante de type NZP⁽¹⁾, d'autre part des produits insolubles des **radionucléides**.

(1) Phosphate de zirconium et sodium de formule $\text{NaZr}_2\text{P}_3\text{O}_{12}$.

La faisabilité scientifique du concept a été prouvée sur des éléments simulés simples et est maintenant en cours de démonstration pour des déchets simulés complexes. Les travaux portent jusqu'en 2002 sur la **formulation** et l'élaboration de produits de stabilisation adaptés. En parallèle, des études d'altération sont menées sur ces particules NZP afin d'identifier et de quantifier les mécanismes de dégradation. Si les résultats sont positifs et si la mise en œuvre industrielle est possible à un coût raisonnable, les chercheurs pourront ainsi disposer à l'horizon 2006 d'un procédé de cimentation-céramisation améliorant d'un facteur 100 les performances de confinement et de **durabilité** de la cimentation seule.

Associer la technique d'incinération à celle de vitrification

Utiliser des procédés basés sur la cimentation est une solution possible mais elle engendre une augmentation du volume de déchets à stocker. De plus, la matrice et le procédé doivent être adaptés au cas par cas à la chimie du déchet à conditionner. Il est donc intéressant de disposer d'un procédé omnivore qui prenne en compte tous les types de déchets et les confine dans une matrice présentant de bonnes performances tout en réduisant le volume final.

Pour répondre à cet objectif, le CEA développe un procédé d'incinération-vitrification (voir *La vitrification des déchets ajoute des cordes à son arc*). L'incinération satisfait à la contrainte d'accepter des déchets de chimie variée et conduit à une réduction significative

de volume. Les matrices verre proposent de remarquables performances de confinement. C'est d'ailleurs le procédé de référence pour les déchets de haute **activité**. Le procédé d'incinération-vitrification est largement mis en œuvre pour le traitement de déchets ménagers et sa robustesse dans ces conditions a été démontrée.

La solution que les chercheurs veulent mettre au point combine deux techniques déjà bien développées au CEA : une torche à plasma assurant l'incinération et un creuset froid où s'effectue la vitrification. Ils sauront en 2002 si cette association est techniquement et économiquement réalisable. La diversité des espèces chimiques des déchets B est très large. Les chercheurs du CEA définissent un nombre limité, inférieur à 5, de formulations de verres pour couvrir l'ensemble de ces déchets B. Ils étudieront ensuite le comportement à long terme de chacune de ces matrices. En parallèle, ils effectuent des recherches sur le comportement des radionucléides qui seront émis en phase gazeuse et devront être capturés. En effet, la totalité des radionucléides contenus dans le déchet doit se retrouver dans la matrice vitreuse. Il faut donc piéger puis incorporer dans le verre les gaz résultant de l'incinération.

Le procédé d'incinération-vitrification est applicable aux concentrats d'évaporation, aux boues issues de stations de traitement d'effluents, aux divers déchets pulvérulents et éventuellement à la reprise de colis de déchets anciens nécessitant un reconditionnement. La mise en œuvre industrielle d'un tel procédé pourrait être envisagée à partir de 2006.

Installation Torche à plasma d'incinération-vitrification au CEA/Cadarache. Les déchets à traiter sont introduits avec de la fritte de verre dans le four pour y être incinérés par une torche à plasma. Les études réalisées sur cette installation, qui fonctionne avec des éléments non radioactifs, permettent d'établir la faisabilité du traitement de déchets variés et de vérifier le confinement des éléments chimiques dans le verre formé ou leur piégeage dans le traitement des gaz. Cette phase conduit à définir les essais qui seront menés avec des radionucléides dans l'installation MAP (Maquette de vitrification des déchets par plasma).



Emmanuel Joly/CEA

Développer une gamme de conteneurs universels

Le **conteneur**, c'est-à-dire l'enveloppe externe du colis, est un élément essentiel de tout concept d'**entreposage** ou de **stockage**. C'est l'élément primaire qui peut être manutentionné. Il joue le rôle (seul ou en tant que participant) de première barrière de confinement.

Toujours dans l'objectif de rationaliser les différentes filières de conditionnement, le CEA a entrepris le développement d'une gamme de conteneurs universels CUBE (Conteneur universel de déchets B), apte à prendre en compte à la fois des déchets déjà conditionnés et des déchets indifférenciés de chimie très variable (figure). Les chercheurs se basent sur une double **enveloppe**. L'enveloppe externe a pour première fonction de permettre la manutention du colis et donc d'en rendre possible la reprise. Dans certains cas, cette enveloppe est aussi capable d'améliorer les performances de confinement du colis. C'est sur cette partie que se portent les efforts de standardisation du CUBE en termes de géométrie et de choix de matériau. L'enveloppe interne, quant à elle, peut être un colis déjà existant nécessitant d'être "surconditionné" pour optimiser sa manutention, garantir sa reprise ou être acceptable en entreposage de longue durée ou en stockage géologique. Pour les déchets indifférenciés, elle peut être un étui spécifiquement conçu, au sein duquel les déchets sont bloqués. C'est l'ensemble des deux enveloppes qui assure la première barrière de confinement dans la durée.

Optimiser la géométrie

La géométrie retenue est une géométrie cylindrique qui optimise le volume final des colis après "surcolisage", car l'essentiel des colis existants est de forme cylindrique.



Vue du système de traitement des gaz d'incinération dans le four de la Maquette de vitrification des déchets par plasma (MAP). Cette maquette, implantée dans l'installation Chicade au CEA/Cadarache, est conçue pour l'étude de la répartition des radionucléides bêta-gamma entre le vitrifié et les émissions gazeuses lors du traitement de fusion plasma d'un déchet, dans des conditions représentatives de la réalité industrielle.

CEA

En outre, cette configuration favorise un bon comportement mécanique des matériaux. Les dimensions des colis devront être optimisées en fonction du type de déchets à conteneuriser, des limites admissibles en stockage, de la tenue mécanique du conteneur et des possibilités de surveillance de son évolution. Les valeurs maximales retenues sont de 3 m de hauteur et 3 m de diamètre.

Choisir les matériaux les mieux adaptés

Pour réaliser l'enveloppe externe, les chercheurs ont comparé trois matériaux de base : l'acier noir, l'acier inoxydable et les liants hydrauliques. L'acier noir est couramment employé et de comportement bien connu. Il n'est toutefois pas souhaitable d'en utiliser de grands volumes en stockage profond à cause de l'hydrogène engendré par la corrosion. L'acier inoxydable n'offre pas de garanties à long terme contre la corrosion. Les liants hydrauliques (ciments), qui représentent le meilleur compromis, ont conduit les chercheurs à retenir ce matériau pour l'enveloppe externe.

L'enveloppe interne n'est proposée que dans le cas de déchets non triés et indifférenciés. Son rôle est surtout de supprimer

toute interaction chimique entre le déchet à conditionner et l'enveloppe externe. Les matériaux étudiés sont la céramique massive, l'acier émaillé et les polymères à haute densité.

Du démonstrateur fonctionnel au conteneur

Les programmes de recherche et de développement ont essentiellement pour objet le vieillissement et la durabilité des matériaux ainsi que l'évaluation de leur résistance aux rayonnements **alpha** et **gamma**. Ces études se concrétiseront par la mise au point en 2002 de plusieurs démonstrateurs fonctionnels destinés à mettre à l'épreuve sur des bancs de tests spécifiques des modes de réalisation particuliers des fonctions critiques pour la longue durée. Ce programme vise plusieurs objectifs. Le premier est de garantir le comportement des conteneurs dans la durée en mettant en œuvre les tests de caractérisation comportementale étudiés par ailleurs. Les essais seront effectués sur des objets de taille représentative et en conditions réelles. Ils porteront principalement sur le comportement des matériaux retenus, les interfaces (fermetures) et les modalités de gestion des gaz. Le deuxième consiste à valider l'intégration de l'ensemble des composants du colis et des fonctions d'exploitation en entreposage de longue durée et en stockage géologique (remplissage, manutention, ouverture/fermeture, tenue à la chute, capacité à être surveillé). Le dernier est de vérifier la faisabilité industrielle du procédé de fabrication et des procédés de conditionnement dans les différents matériaux envisagés.

À partir des résultats obtenus sur ces démonstrateurs fonctionnels, le CEA produira pour 2004 des conteneurs complets destinés à qualifier l'ensemble des fonctionnalités.

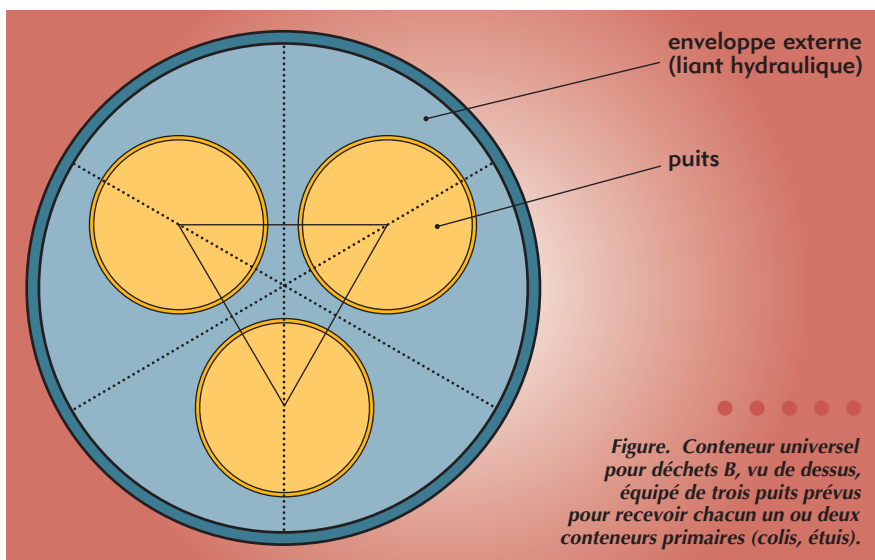


Figure. Conteneur universel pour déchets B, vu de dessus, équipé de trois puits prévus pour recevoir chacun un ou deux conteneurs primaires (colis, étuis).