Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 104 (1978)

Heft: 3

Artikel: Etat actuel des tendances et de la technique concernant l'élimination des déchets radioactifs

Autor: Buclin, Jean-Paul

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73512

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Etat actuel des tendances et de la technique concernant l'élimination des déchets radioactifs (suite) [1]

par JEAN-PAUL BUCLIN, Lausanne

Le plutonium et les bombes

Le plutonium n'est pas un déchet radioactif, mais une matière fissile ou fertile très précieuse pour les futures filières des réacteurs surgénérateurs (11). En attendant la construction des premières centrales de ce nouveau type, le plutonium peut aussi être recyclé dans les réacteurs actuels. Vu sa valeur et aussi en raison de sa toxicité (6), il est récupéré lors du retraitement du combustible avec beaucoup plus de soin encore que l'uranium. Le but final consiste bien à le « brûler » complètement, sous forme de combustible nucléaire, plutôt qu'à le stocker indéfiniment sous forme de combustible de haute valeur, mais non utilisé.

Le retraitement étant un procédé continu, les diverses charges de combustibles traitées se mélangent entre elles à raison de quelques pour-cent de leurs masses respectives. Chaque « client » ne peut donc pas recevoir en retour exactement la composition du plutonium contenue dans l'uranium qu'il avait fait raffiner, mais il recevra une matière qui correspondra partiellement à la qualité des charges précédentes et suivantes. Ceci ne veut pas dire, comme il a été prétendu bien souvent, que ces quelques pour-cent soient des pertes (12) et deviennent des déchets radioactifs particulièrement gênants. La quantité de plutonium se trouvant finalement parmi les déchets issus d'une usine de retraitement représente 5 ‰ environ de la quantité traitée. Mélangées aux produits de fission, ces traces ne peuvent pas être récupérées, ni intentionnellement ni frauduleusement. Elles ne contaminent pas, par voie aérienne, les alentours des usines de retraitement : les particules même les plus fines contenant du plutonium sont arrêtées par une série de filtres absolus utilisés dans les circuits de ventilation. En cas de défectuosité totale et bien peu probable du système de filtration, les particules se déposeraient rapidement sur les détecteurs placés encore à l'intérieur du point de relâchement, donc sur le site même de l'usine. La ventilation serait automatiquement arrêtée et aucun relâchement n'aurait lieu à l'extérieur.

Au cours des dernières années, la toxicité du plutonium a souvent été surestimée dans l'ignorance de sa difficulté d'assimilation par les organismes vivants. Rappelons, en passant, que le plutonium n'est pas une matière nouvelle, créée par l'homme. Il en a été produit des quantités importantes dans les piles naturelles fossiles, telle celle d'Oklo, en Afrique, qui a fonctionné il y a environ 1,8 milliard d'années. A cette époque, la teneur en U 235 de l'uranium naturel était de 3,07 %, soit environ 4,5 fois supérieure à la teneur actuelle, et égale à la teneur en U 235 enrichi utilisée dans les réacteurs actuels à eau légère. Le réacteur d'Oklo a fonctionné durant environ 600 000 ans, à une température d'environ 150°C. La mobilité dans le terrain des produits de fission à longue durée de vie, ainsi que des actinides, a pu être déterminée, même lorsque ces substances avaient complètement décru, grâce à l'analyse de la répartition des substances stables ou quasi stables (par exemple Sm 147, demi-vie 130 milliards d'années ; Th 232, demi-vie 14 milliards d'années, etc.) (15) formées à cette occasion. Il est remarquable que la majorité des produits de fission et des actinides, dont en particulier l'uranium et le plutonium, sont bien restés en place dans les terrains sédimentaires où la réaction en chaîne a eu lieu, même après une durée de « stockage » aussi longue. Ceci est d'autant plus tranquillisant qu'aucune précaution n'avait été prise par la nature pour conditionner ou enrober ces substances, mais qu'elles ont été en contact permanent avec les eaux de surface ou d'infiltration. C'est bien la meilleure preuve que l'uranium, le plutonium et la plupart des produits de fission peuvent être considérés, à l'échelle géologique des temps, comme insolubles et peu mobiles.

C'est l'isotope Pu 239 *pur* qui a été utilisé pour les armements nucléaires. Sa production n'est possible que dans des réacteurs d'un type spécial, très différents des réacteurs à eau légère qui sont utilisés aujourd'hui pour la production économique d'énergie électrique.

Les réacteurs construits pour la production de Pu 239 pur dans des buts militaires s'apparentent aux réacteurs modérés au graphite ou à l'eau lourde. Encore ne doivent-ils pas exposer l'U 238, matière fertile de base (11), plus longtemps qu'un mois. Force est alors de retraiter le combustible 50 fois plus souvent que nécessaire lorsqu'on désire seulement éliminer les produits neutrophages (8), ce qui rendrait le coût du kWh produit de cette façon prohibitif. C'est pourquoi, pour ne pas arrêter continuellement ces réacteurs afin de les « défourner » très partiellement, il faut encore les équiper d'appareils de déchargement en marche (similaires à ceux qui ont été repris lors de la construction des réacteurs à eau lourde canadiens du type CANDU, ou à graphite-gaz dits Magnox, de la France ou de la Grande-Bretagne). Ce sont de tels réacteurs, optimisés pour la production de plutonium, et qui n'ont fourni de l'énergie électrique qu'en guise de sous-produit, qui ont été à la base des programmes militaires des nations équipées d'armes nucléaires.

Pour produire une bombe, il faut encore transformer le Pu 239 en une forme chimique appropriée. Sous cette forme, le plutonium a la particularité de prendre feu spontanément (cf. incendie dans l'usine militaire de Rocky Flats, Colorado). Cette forme chimique n'est jamais employée dans les programmes d'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

En contrepartie, tout plutonium produit, transformé ou recyclé, originaire des réacteurs à eau légère qui forment la majeure partie des programmes nucléaires pacifiques, a séjourné quelques années dans les réacteurs « convertisseurs » (11). Il contient alors un mélange indissociable de ses divers isotopes, soit approximativement :

Pu 236	traces
Pu 238	2,5 %
Pu 239	42 %
Pu 240	27 %
Pu 241	15,5 %
Pu 242	13 %

soit une fraction fissile d'environ 60 % et une fraction fertile d'environ 40 %. La fraction fertile absorbe les neutrons, mais surtout elle en émet de façon spontanée, de sorte à empêcher la détonation franche d'engin.

[1] Voir *Bulletin technique de la Suisse romande*, nº 1 du 12 janvier 1978.

Un tel mélange ne conviendrait donc *pas* à la fabrication de bombes puissantes pour diverses raisons physiques et pratiques. Toutes les publications simplistes prétendant qu'il serait facile de « construire » une bombe postulent l'entrée en possession de Pu de qualité adéquate, mais ne parlent pas des difficultés réelles qui y sont liées ou qui en découlent, ni ne précisent par quelle voie le bricoleur obtiendrait la substance nécessaire ! Ce n'est certes pas en retraitant des masses de déchets fortement actifs, contenant d'infimes traces de plutonium, d'ailleurs inutilisables, qu'il y parviendra ! La construction de l'usine de séparation chimique télécommandée risquerait de lui coûter fort cher, certainement plus cher que la production et l'achat de quelques dizaines de tonnes d'eau lourde et d'uranium naturel, qui représentent la voie qu'ont suivie les nations possédant l'arme nucléaire. La seule façon de fabriquer une bombe au plutonium reste alors assez visible et très coûteuse, donc à la seule portée d'une nation ou d'une organisation qui veut et peut y consacrer le temps et les finances nécessaires. Les stocks existants de plutonium de qualité militaire sont certainement assez bien gardés pour qu'un vol puisse être exclu. Rappelons dans ce contexte qu'à l'heure actuelle les quantités de déchets fortement actifs issues des programmes militaires des nations dotées d'armes nucléaires dépassent celles qui sont issues des applications pacifiques d'un facteur 1000, si ce n'est plus. Il conviendrait alors de se préoccuper d'abord de ce risque, plutôt que du faible volume (environ 500 m^3) qui correspondrait aux blocs vitrifiés résultant de toute la production électrique nucléaire mondiale au cours des 20 dernières années.

Désactivation des déchets ?

La question est souvent posée de savoir si d'autres méthodes n'existeraient pas pour détruire, au lieu d'éliminer hors de contact avec la biosphère, les déchets fortement actifs ou à longue durée de vie. Il serait théoriquement possible de détruire, par bombardement à haute énergie, les produits plus gênants qui auraient été isolés et concentrés. Voilà la seule méthode possible, mais qui rencontre encore bien des difficultés pour être exploitable (13). En plus, aucune nécessité n'existe actuellement, qui exigerait que de tels procédés passent plus vite du laboratoire à l'usine, pour autant que ce passage soit un jour jugé indispensable.

Ceci n'empêche pas que des recherches de solutions encore plus complètement satisfaisantes se poursuivent activement.

Complément

11. Les isotopes à nombre de masse pair (par exemple Th 232, U 238, Pu 238, Pu 240) sont fertiles, c'est-à-dire se transforment en éléments fissiles après absorption d'un neutron :

Th 232 devient U 233
U 238 devient Pu 239...

Seuls le Th 232 et l'U 238 sont présents en grande quantité dans la croûte terrestre. Les premiers réacteurs fonctionnent avec de l'U 235, seul isotope fissile présent en faible quantité dans la nature (0,7 % de l'U nat, les 99,3 % en sont de l'U 238). En plus de l'énergie thermique fournie, ces réacteurs convertissent une partie de la matière fertile qu'ils contiennent en matière fissile.

Les réacteurs à eau légère (BWR et PWR) qui fonctionnent seulement avec de l'uranium enrichi (à environ 3 %) peuvent produire de l'énergie pour une « durée » environ quatre fois supérieure par comparaison avec les réacteurs à uranium naturel. Cette durée est assez longue pour que le Pu 239 soit d'abord engendré, puis « brûlé » à raison d'environ 30 % à l'endroit même où il a été engendré, ce qui augmente l'utilisation des matières fissiles. Le plutonium non « brûlé » se transforme aussi en isotopes supérieurs du plutonium. Les réacteurs à eau légère présentent, de ce point de vue, un triple avantage :

— meilleure utilisation des matières fissiles ;
— moindre production de plutonium lors du retraitement du combustible ;
— production d'une composition de plutonium inutilisable dans le but de construire des bombes nucléaires efficaces.

Ces avantages, parmi d'autres, compensent largement la pénalité économiquement très supportable de l'enrichissement. Mais les réacteurs à eau légère sont de mauvais « convertisseurs » pour ce qui est de la production de plutonium.

Les réacteurs à eau lourde, par contre, sont de bons convertisseurs et libèrent environ deux fois plus de Pu 239 que les réacteurs à eau légère. Un réacteur dont le cœur, en Pu (réacteur à neutrons rapides), est entouré d'un manteau en U 238 convertit dans ce manteau plus de Pu fissile qu'il n'en consomme dans le cœur : c'est un surgénérateur. Ce type de réacteur utilise l'uranium naturel avec un rendement environ 70 fois meilleur. A long terme, l'approvisionnement en combustible nucléaire ne représente alors plus de problème majeur. Les inconvénients de l'énergie nucléaire, dont l'élimination des déchets semble être le plus ressenti aujourd'hui par la population, doivent alors être mis dans la balance *avec* ses avantages, dont le principal est d'être la seule possibilité reconnue à l'heure actuelle qui permette de remplacer les ressources fossiles déclinantes (pétrole, gaz), l'énergie solaire ne représentant qu'un appoint mineur qu'il importe cependant de développer dans la mesure du possible. Le recours au charbon n'est pas acceptable ni possible pour un pays comme la Suisse, qui ne dispose pas d'un réseau de transport fluvial.

12. La raison de ce mélange découle des dépôts inévitables à l'intérieur des tuyaux et réservoirs, et des vitesses d'écoulement plus faibles le long des parois par rapport à la vitesse au centre des tubulures. Les appareils sont bien nettoyés à intervalles réguliers et les substances qui se sont déposées sont récupérées à cette occasion. S'il y a « perte », celle-ci n'est que temporaire. C'est pourquoi, dans les bilans, les quantités non comptabilisées (MUF, Material Unaccounted For) varient régulièrement. Les dépôts restant, après nettoyage, à la surface interne d'équipements constituent un déchet, qui sera conditionné au moment de la rénovation de l'équipement en question.

13. Cette méthode nécessite un très haut flux de neutrons lents, donc de très grands réacteurs. Un tel réacteur, d'une puissance électrique de min. 3000 MWe, soit deux fois et demie plus puissant que ce qui existe aujourd'hui, permettrait de détruire les déchets (surtout Cs 137 et Sr 90) de cinq réacteurs d'une puissance de 1200 MWe, en plus de ses propres déchets.

(à suivre)

Postes à pourvoir

Poste	Référence	Lieu de travail	Renseignements
Chef du projet de satellite européen de télécommunications (ECS) au Département des satellites de communications	1/78	Noordwijk (Pays-Bas)	[1]
Chef du projet de satellites maritimes (M-SAT) au Département des satellites de communications	2/78	Noordwijk (Pays-Bas)	[1]
Chef du projet de satellite expérimental de radiodiffusion (H-SAT) au Département des satellites de communications	3/78	Noordwijk (Pays-Bas)	[1]
Assistant de l'Inspecteur technique		Paris (France)	[1]

[1] Chef de la gestion du personnel, ASE/ESA, 8-10, rue Mario Nikis, 75738 Paris Cedex 15 (France).