

N° 234 - AOUT 1966
REVUE MENSUELLE
PRIX : FRANCE 2,50 F
BELGIQUE 30 FR. B.
ESPAGNE 38 PTS

SCIENCES et Avenir

A LA HAGUE, UNE USINE GÉANTE FABRIQUE LE COMBUSTIBLE DE L'AVENIR

A partir de 500 kilos de combustible nucléaire « usé », on peut récupérer 1 kilo de plutonium et d'autres produits de fission moins précieux. C'est le rôle de l'usine de La Hague qui vient de démarrer et s'apprête à satisfaire pendant 20 ans à tous nos besoins et à ceux de nos voisins.



A La Hague le gigantesque côtoie le minuscule. Une usine de 400 millions de francs de colossale construction de béton pour fabriquer finalement de précieux lingots de quelques centimètres cubes.

Sur cette photo on voit — à côté d'une vue partielle des grands bâtiments — le petit « pavillon » à gauche qui sert au stockage du plutonium ; c'est vers celui-ci que converge toute l'activité de l'usine.

DÉPUIS le mois d'avril dernier, d'étranges véhicules ont fait leur apparition sur les routes de l'ouest de la France. Il s'agit de semi-remorques capables de résister à tous les accidents ; voici d'ailleurs quelques-unes de leurs performances : ils peuvent résister à une chute libre de quinze mètres sans pour autant libérer leur précieuse cargaison ; ou encore tenir plus d'une demi-heure dans un incendie atteignant jusqu'à 800°.

Toutes ces précautions étaient indispensables ; il fallait que ces poids lourds d'un nouveau genre soient invincibles car ils transportent une cargaison infiniment dangereuse ; des barreaux d'uranium irradié, extrêmement radioactifs.

En effet, le combustible nucléaire est différent des combustibles conventionnels. Il ne brûle pas en laissant quelques cendres comme le charbon. Il ne part pas en fumée comme le pétrole. Dans le cœur de la centrale nucléaire, le barreau d'uranium au sein duquel se déroulent les réactions énergétiques s'empoisonne. Il arrive un moment où il doit être extrait car il est saturé de produits de fission qui se sont créés au cours de la réaction.

Fort heureusement, même lorsqu'il a cessé de servir dans le réacteur, il garde une grande valeur. Car ces mêmes produits, responsables de sa brève carrière, sont extrêmement recherchés et peuvent en être extraits. En particulier le plutonium.

A la limite, on peut même dire que certaines piles doivent leur existence à cette production au second degré. On sait en effet que le plutonium, qui n'existe pas dans la nature, est néanmoins un des matériaux-clé de l'industrie nucléaire,

qu'il s'agisse des applications militaires (bombes au plutonium), ou — et ce sera de plus en plus vrai à l'avenir — qu'il serve de combustible à une nouvelle famille de réacteurs nucléaires : les breeders, encore appelés réacteurs surrégénérateurs. Ces réacteurs, qui représentent dans nos programmes actuels l'étape la plus évoluée en matière de production d'énergie à partir de la matière fissile.

LE COMBUSTIBLE EMPOISONNÉ

C'est ainsi qu'à Marcoule, le C.E.A. a commencé par construire des piles G 1, G 2, dites plutonigènes et pour lesquelles il a aussi créé une usine appelée UP1, autrement dit Usine de Plutonium n° 1, destinée justement à extraire le dangereux mais précieux métal.

Aujourd'hui, le programme civil commence à prendre de l'ampleur et, à proximité des châteaux de la Loire, trois centrales nucléaires fonctionnent déjà : EDF 1 EDF 2, EDF 3, bientôt quatre, puis cinq avec les réacteurs de Saint-Laurent des Eaux, puis de Bugey ; il fallait donc construire une usine capable de traiter les barres de combustible irradié dans les centrales de l'EDF, pour en extraire le plutonium tout d'abord et ensuite un certain nombre de produits de fission intéressants eux aussi.

Ne serait-ce que pour éviter une trop longue circulation de ces attelages d'un type nouveau que nous décrivions plus haut, il était nécessaire que la nouvelle usine soit implantée dans l'ouest de la France. Mieux encore, il fallait qu'elle

soit au bord de la mer puisque — nous le verrons — cette « récolte » de plutonium s'accompagne d'une production considérable de déchets radioactifs qu'il faut évacuer. Et, jusqu'à présent, on ne connaît d'autre solution que de les rejeter à la mer. Là encore, le choix était relativement limité car, fort heureusement, on est conscient aujourd'hui du fait que l'océan, malgré son immensité, ne peut absorber, sans en être quelquefois dangereusement modifié, les multiples rejets que lui destine journellement notre monde industriel. Pour que les effluents radioactifs puissent être jetés à la mer sans danger, il fallait qu'ils le soient relativement loin des côtes, dans un système océanographique tel qu'ils ne risquent pas d'être ramenés vers le rivage. Il fallait encore qu'il existe là un courant assez violent pour disperser presque instantanément les produits rejetés dont, précisons-le tout de suite, le taux de radioactivité est d'ailleurs relativement faible.

Toutes ces considérations, associées à celles qui sont chaque fois nécessaires à l'implantation d'une usine classique de taille importante, ont désigné une localité située à 20 km de Cherbourg et à six kilomètres de la pointe de la Hague, à l'extrémité de la presqu'île du Cotentin. C'est au bout de ce promontoire où se termine la terre normande, que s'achèvera aussi le cycle maintenant très complet de notre industrie nucléaire commencé dans les mines granitiques du Massif Central ou de Vendée et continué sur les bords de la Loire.

Si l'on est souvent tenté, en admirant les immenses voûtes de béton qui abritent les réacteurs, d'évoquer les « cathédrales de l'âge nucléaire », on devra au sujet de

l'usine de La Hague parler de forteresse, « d'Escorial de l'atome ». En effet, ici le béton est roi. La Hague partage avec Pierrelatte le record du colossal. Les bâtiments sont immenses, élevés, les murs incroyablement épais. Mais si protection il y a, elle n'a pas à faire face à un ennemi extérieur mais plutôt à un ennemi intérieur. En effet, la chaîne de fabrication qui doit finalement donner naissance aux lingots de plutonium est extrêmement active. Et, à La Hague, plus qu'ailleurs, les exigences de la sécurité commandent.

Cette prudence, nous l'avions déjà rencontrée sur la route avec les transports blindés dans lesquels les éléments combustibles, sertis deux par deux à l'intérieur d'un container en aluminium, sont disposés par groupe de huit sur des plateaux spéciaux. Ceux-ci sont également empilés par groupes de huit, le tout enfermé dans un cercueil en plomb placé à l'intérieur d'une cuve, et refroidi par circulation d'eau. Dès son arrivée à l'usine l'engin de transport est dirigé vers une piscine de stockage qui est en quel-



que sorte l'antichambre de la Hague. En permanence, on vérifie que cette eau n'est pas contaminée et alors la cuve est ouverte, le cercueil soulevé par un pont roulant, descendu dans la piscine pour être ouvert à son tour. On enlève l'empilement des plateaux et des gerbes, selon des coordonnées précises de repérage dans la piscine. Au cas, extrêmement improbable, où le contrôle aurait décelé une contamination, la cuve de transport serait abondamment rincée et le cercueil descendu dans une autre fosse spéciale indépendante de la piscine.

LE DÉSHABILLAGE DES BARREAUX

Avant de pénétrer dans l'usine avec les barreaux de combustible, rappelons brièvement comment celui-ci se présente. En dehors du container d'aluminium qui a servi à son transport, l'uranium se trouve emprisonné — du moins lorsqu'il est originaire des centrales EDF — dans une double gaine de carbone et de magnésium. Il faudra donc le déshabiller, le débarrasser de ses corsets successifs et ce sera la première étape de la longue chaîne de traitement. Toutes ces opérations qui permettent de mettre à nu le métal irradié se font, elles aussi, au fond d'une piscine. Un piston extrait le bar-

reau de son emballage en aluminium ; au poste suivant, c'est la gangue de graphite qui est brisée et enfin, toujours automatiquement, de puissantes lames découpent longitudinalement l'écorce de magnésium qui constituait la gaine proprement dite. On peut dire que le barreau de combustible est épluché un peu à la façon d'une banane. Toutes ces opérations qui se déroulent dans cette usine immergée peuvent être observées à travers les quelques mètres d'épaisseur d'eau.

A ce propos, il nous faut dire qu'un dispositif de pompe à chaleur divise cette eau en deux couches horizontales non miscibles. La couche inférieure qui est la plus froide: 18°C, où restent les déchets et où s'effectuent les opérations, et la couche supérieure plus chaude, 20°C, dont l'importance est d'un mètre. Cette couche supérieure est soigneusement épurée. Ce dispositif évite la remontée de particules actives en surface.

Après avoir été déshabillé, le barreau devra être nettoyé. En effet, après le dégainage, il peut encore rester dans les



rainures des parcelles de magnésium qui doivent être éliminées. Cette fois-ci, ce ne sont plus des procédés mécaniques qui sont employés, mais une composition chimique. Pour cela, les barres d'uranium sont placées dans une cuve de pelage où une solution nitrique est introduite. Des essais de laboratoire ont permis de fixer les conditions d'acidité et de température qu'il faut respecter pour limiter l'attaque du barreau lui-même tout en conservant à l'ensemble une vitesse de dissolution acceptable.

A ce moment de la chaîne, on peut dire que le barreau est prêt à subir le traitement proprement dit. Celui-ci est simple dans son principe: il s'agit tout d'abord de dissoudre le barreau puis d'en extraire grâce à des solvants appropriés l'uranium d'abord et le plutonium ensuite. Cette dissolution, c'est encore une solution d'acide nitrique qui en est chargée. A la sortie de l'unité de dissolution, l'uranium et le plutonium ainsi que les produits de fission sont réduits à l'état de nitrate. Le nitrate d'uranium, pour sa part, passe dans un pot de barbotage où il est maintenu à 100° et agité par un courant d'oxygène. La solution obtenue est ensuite refroidie à environ 30° et, avant d'aller plus avant dans le traitement, l'ensemble est filtré. Ceci afin d'arrêter les particules solides en suspension. Les filtres employés sont de simples filtres à sable.

La solution ainsi obtenue n'est pas

encore suffisamment « propre » pour que l'extraction proprement dite puisse commencer. A côté du plutonium et de l'uranium cohabitent dans la solution une certaine quantité d'autres produits de fission. C'est pourquoi la solution brute de dissolution est mise en contact avec un solvant qui extrait préférentiellement l'uranium et le plutonium tout à la fois. Les produits de fission autres restant eux en phase liquide. Ensuite, l'uranium et le plutonium seront à leur tour ramenés en phase liquide et c'est alors seulement qu'ils seront soumis à un deuxième cycle d'extraction.

DES FUITES DE PLUTONIUM

Le solvant utilisé sera une solution de tributyl-phosphate dans un dodécane. Le volume de la solution sera ensuite réduit de six fois, ce qui allégera autant l'appareillage nécessaire à la suite de la chaîne. Cette concentration se fait tout

Ci-contre la piscine: c'est l'antichambre de l'usine de La Hague, c'est là que sont stockés les barreaux d'uranium, en provenance des centrales de l'E.D.F., avant d'être introduits dans les chaînes de traitement proprement dites.

A gauche: ce véhicule peu conventionnel sillonne les routes de l'Ouest de la France depuis le mois d'avril. C'est celui, en effet, qui transporte les combustibles irradiés entre Chinon et l'usine de La Hague. Cette cargaison est dangereuse, aussi toutes les protections sont-elles prises. Il peut résister à une chute libre de 15 mètres et à un incendie de plus d'une demi-heure.

simplement en faisant circuler la solution diluée dans un bac à niveau constant, associé à un évaporateur sous vide. La solution y est recyclée tant que la densité n'a pas atteint la valeur prévue.

Au cours de toutes ces opérations, le solvant a subi une certaine dégradation due à l'hydrolyse acide d'une part mais aussi à l'irradiation. En particulier, le tributyl-phosphate, sous l'action des rayonnements et des ions nitreux, donne naissance à certains sous-produits comme le dibutyl-phosphate, le monobutyl-phosphate et le butane. Les deux premiers de ces composés forment très facilement des complexes avec l'uranium et le plutonium. On devait donc craindre que leur accumulation dans le solvant conduise à faire disparaître avec les déchets une certaine quantité d'uranium et surtout de plutonium. Ceci nuirait finalement à l'économie de l'opération; aussi, parallèlement à la chaîne proprement dite il existera toute une série d'opérations annexes destinées au traitement des produits utilisés. En ce qui concerne le solvant, on le débarrasse de toutes ses impuretés par des lavages alcalins à chaud. Ensuite, il est filtré pour à nouveau être recyclé et resservir à l'extraction.

C'est à ce stade seulement que pour la première fois l'on va séparer l'uranium du plutonium. Pour cela, on met le solvant dans lequel l'uranium et le plutonium sont en solution en contact avec une solution aqueuse réductrice, d'acidité suf-

fisante pour maintenir l'uranium en solution organique, tandis que le plutonium, lui, passe en phase aqueuse. Le plutonium est lavé au diluant, alors que le solvant qui ne contient plus que de l'uranium est dirigé vers l'étape suivante où il subira une nouvelle concentration par évaporation. Cet uranium appauvri est stocké sous forme de nitrate hexahydraté. Ce composé a été retenu parce qu'il permet une réduction de volume acceptable (une tonne d'uranium dans un mètre cube environ) et que sa reprise pour tout traitement ultérieur se fait très aisément, puisqu'il suffit d'y ajouter de l'eau chaude directement dans le réservoir de stockage.

Pour le plutonium, le chemin qui reste à faire est plus long. Les nitrates de plutonium devront être purifiés et concentrés. Ceci grâce tout d'abord à un bain de nitrate de trilylamine. Ce produit est d'ailleurs une des particularités de l'usine de la Hague, lorsqu'on la compare avec les autres usines de production de plutonium connues dans le monde, car l'emploi de trilylamine, outre le fait qu'il permet de travailler en continu, offre aussi la possibilité d'extraire et de concentrer tout à la fois le plutonium.

Le plutonium est ensuite transformé en sulfate de plutonium grâce à une solution sulfo-nitrique, pour être envoyé dans trois réservoirs où il attendra d'être précipité sous forme d'oxalate de plutonium, toutes ces opérations étant d'ailleurs effectuées en continu. L'oxalate décanté est prélevé pour être dirigé sur un poste de séchage continu, à partir duquel on charge ce que l'on appelle des godets d'oxalate. Chaque godet est d'un diamètre suffisamment faible pour que la quantité de plutonium qui y est placée n'atteigne pas la taille critique qui pourrait être bien sûr à l'origine d'un grave accident. Ces godets contiennent à peu près un poids d'oxalate correspondant à 500 grammes de plutonium.

ON CHANGE D'ÉCHELLE

Il restera à calciner l'oxalate dans une atmosphère oxydante, puis à le fluorer grâce à un courant d'acide fluorhydrique à 600°, puis enfin à se débarrasser du fluorure par calciothermie, pour obtenir enfin le lingot.

Pour le visiteur qui, tout au cours de la visite, a été impressionné par l'importance et l'immensité des installations, ce dernier stade de la fabrication est certainement le plus étonnant. Car, après avoir vécu tout au long de la chaîne dans le gigantesque, on s'aperçoit que la montagne, en quelque sorte, accouche d'une souris dans la mesure où le local final de cette gigantesque machine qu'est l'usine de la Hague n'est en fait qu'une petite — on est même tenté de dire minuscule — pièce dans laquelle le plutonium est recueilli dans un moule de quelques centimètres cubes. D'ailleurs, à quelques dizaines de mètres de là, se tient un petit bâtiment, pas plus gros qu'une modeste maison de week-end. Cette construction discrète, écrasée par les buildings géants qui l'entourent, est pourtant l'unité la plus précieuse de l'usine car c'est là que le plutonium produit à la Hague est stocké. Et, là encore, le visiteur est frappé par la disparité qu'il y a entre l'usine elle-même et ses fruits.

Le stockage du plutonium c'est tout simplement, dans un mur épais, une cinquantaine de petites niches, profondes de cinquante centimètres environ et d'un diamètre d'une vingtaine de centimètres. Chacune de ces niches, fermée par une petite porte grillagée, fait penser aux petits coffres qu'abritent souvent les sous-sols d'une banque. Elles peuvent contenir deux lingots de plutonium. Une barrière, située à plus d'un mètre de cette précieuse muraille, empêche que l'on approche imprudemment un chariot chargé de plutonium. En effet, cela suffirait pour que la masse critique soit atteinte et qu'un accident survienne.

Si produire du plutonium est la principale mission de l'usine de la Hague, ce n'est peut-être pas pour autant la plus difficile. Le problème le plus ardu reste peut-être en effet le traitement des effluents radioactifs. Nous avons pu constater que, à chaque étape de l'extraction d'uranium et de plutonium appauvri, il y a des produits de traitement qui sont contaminés. Il faut s'en débarrasser.

Il y a tout d'abord les déchets solides: ce sont les gaines de magnésium des barreaux irradiés, les containers vides ayant servi au transport et les scories de la métallurgie du plutonium proprement dite. Seules les gaines présentent des risques d'irradiation externe pour le personnel. Acheminées depuis le dégainage dans un chapeau de plomb, elles sont déversées dans des puits en béton munis d'un revêtement en acier doux d'une capacité de 400 m³. On estime que, pour mille tonnes d'uranium irradié traité, la quantité de gaines à stocker représente une masse de 125 tonnes, un encombrement de 250 m³ et une radioactivité totale au moment du stockage de 2,7 10⁵ curies.

Au contraire, les containers en aluminium ayant servi au transport des barreaux sont normalement inactifs. Ils subissent simplement un laminage et, liés par gerbes de 100, sont déchargés dans une tranchée ouverte. Les couvercles de containers sont stockés en vrac dans des paniers en tôle mince déposés dans la tranchée. Pour mille tonnes d'uranium irradié traité, les containers à stocker représentent une masse de 150 tonnes, donc un encombrement de 150 m³.

Enfin, les scories, dans la métallurgie du plutonium, sortent de l'atelier sous des emballages en matière plastique, dans des fûts de tôle mince d'une capacité de 100 litres. En raison du risque de contamination alpha, ces fûts reçoivent un conditionnement définitif dans des fûts de 200 litres cimentés.

En ce qui concerne les effluents liquides, produits dans les divers ateliers, ils s'écoulent dans des stockages situés sous les ateliers, pour être refoulés ensuite par un réseau de collecteurs. A chaque collecteur est imposé un type d'effluent donné. Pour les recevoir, il y a dix réservoirs d'une capacité totale de 2 300 m³. Trois réservoirs pour les effluents de radioactivité moyenne, trois pour les effluents de faible activité, deux pour les effluents douteux et deux réservoirs pour les effluents dits «de blanchisserie».

Ils sont traités chimiquement puis filtrés avant évacuation. Le plus souvent, la neutralisation chimique est obtenue par

adjonction de lait de chaux ou par une précipitation de carbonate de calcium.

De l'ensemble de ces traitements sont issues des boues radioactives. Dans l'attente d'une solution définitive ultérieure, ces boues sont reçues dans des réservoirs souterrains en béton dont les parois sont revêtues d'acier inoxydable. Quant aux eaux de traitement, leur volume est tel qu'il n'est pas question de les conserver. Elles sont provisoirement placées dans des réservoirs d'une capacité unitaire de 400 m³ afin d'y être contrôlées; puis elles sont rejetées à la mer grâce à une conduite longue de 7 km 5 dont 5 km pour le tronçon marin. Cette canalisation permet un débit maximum de 100 m³/heure et débouche en mer par 20 à 30 m de fond. Les eaux actives sont rejetées avec un débit de 50 m³ par heure et les eaux suspectes à un débit de 20 m³ par heure.

Il y a à la Hague un laboratoire de radioécologie marine qui, depuis plus de deux ans, a étudié les conditions océanographiques des rejets. Non seulement ceux-ci se font dans le cadre des normes qui ont été considérées comme non dangereuses, mais on peut dire que les taux atteints sont très inférieurs au niveau critique. Il n'y a donc pas à craindre, comme cela est arrivé dans d'autres pays, que des algues comestibles, ou des espèces de crustacés deviennent radioactifs.

POUR TOUTE L'EUROPE

Il n'y a que quelques mois que l'usine de la Hague est en fonctionnement et encore peut-on dire qu'elle ne l'est que partiellement. Elle a été prévue pour recevoir deux chaînes de fabrication. Actuellement, une seule est installée, mais bien qu'on ne connaisse pas exactement sa production, on peut affirmer que cette première chaîne suffit aux besoins du traitement des combustibles de l'EDF jusqu'en 1972. Après cette date il faudra bien sûr que la deuxième chaîne soit installée et mise en fonctionnement, ce qui devrait permettre à la Hague de ne pas être saturée avant les années 1980.

Non seulement, lorsqu'elle sera sous le régime du plein emploi l'usine de la Hague devrait pouvoir satisfaire tous les besoins nationaux, mais encore les responsables du C.E.A. espèrent bien qu'elle sera en mesure de faire face à une part extrêmement importante des besoins européens. On peut dire à ce sujet qu'actuellement l'usine normande n'a guère en Europe de concurrent. Ceci est important car, dans un proche avenir, les usines de fabrication de plutonium devraient jouer le premier rôle. En effet, rappelons que les réacteurs surgénérateurs, exigeant une première charge de plutonium, risquent de faire monter brutalement l'importance des besoins. Cette situation est d'ailleurs préoccupante. Car si le programme nucléaire doit s'accélérer rapidement, la matière première, c'est-à-dire les barreaux d'uranium issus des piles de l'EDF, ne suffisent peut-être pas pour alimenter à la fois le programme militaire et le démarrage d'un important programme civil fondé sur les réacteurs surgénérateurs.