

**EXPERIENCE INDUSTRIELLE  
DU RETRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES**

PAR

**M. DELANGE**

COGEMA (France)

**R E S U M E**

En ce moment et pour quelques années encore la France et l'Établissement de La Hague en particulier, possèdent le plus large éventail d'expérience industrielle du retraitement de combustibles irradiés, puisque cette expérience se réfère à trois filières, ou largement répandues (GCR et LWR) ou appelées à un grand développement (FBR).

C'est pourquoi la description des procédés et des technologies qui sont en ce moment mis en oeuvre ou développés en France et l'analyse des résultats obtenus tant sur le plan production que sur le plan sécurité, constitue une bonne approche de l'expérience industrielle actuelle en matières de Retraitement des combustibles irradiés.

**Z U S A M M E N F A S S U N G****INDUSTRIELLE ERFAHRUNG IN WIEDERAUFARBEITUNG  
DER BESTRAHLTEN BRENNSTOFFE**

Zur Zeit und noch für einige Jahre, Frankreich und besonders seine Einrichtung von La Hague beherrschen die grösste Industrielle Erfahrung für die Wiederaufarbeitung der bestrahlten Brennstoffelementen.

Diese Erfahrung bezieht auf drei Baulinien, weit verbreitet wie z.B. GCR und LWR, oder bald zur grösseren Wachstum bestimmt, wie FBR.

Das Beschreiben der Verfahrenen und der Technik, zur Zeit benutzt oder verbreitet, ebenso die erhaltene Ergebnisse der Analysen in Produktion oder Sicherheit, errichtet eine gute Annäherung der heutigen Erfahrung für die Wiederaufarbeitung der bestrahlten Brennstoffelementen.

**S U M M A R Y****INDUSTRIAL EXPERIENCE OF  
IRRADIATED NUCLEAR FUELS REPROCESSING**

At the moment and during the next following years, France and La Hague plant particularly, own the greatest amount of industrial experience in the field of reprocessing, since this experience is referred to three types of reactors, either broadly spread all through the world (GCR and LWR) or ready to be greatly developed in the next future (FBR).

Then, the description of processes and technologies used now in France, and the examination of the results obtained, on the production or on the security points of view, are a good approach of the actual industrial experience in the field of spent fuel reprocessing.

Presented at "Journées internationales d'étude des centrales électriques modernes, Liège, 26 - 30 October 1981"

S A M E N V A T T I N G

ERVARING, OPGEDAAN IN DE INDUSTRIE INZAKE  
REPROCESSING VAN BESTRAALDE BRANDSTOFELEMENTEN

Momenteel en voor meerdere jaren nog beschikt Frankrijk - en meer bepaald de instelling van La Hague - over de breedste industriële ervaringswaaier op het gebied van de opwerking van radioactieve brandstoffen vermits zij op drie systemen betrekking hebben die hetzij wijd verspreid zijn (GCR en LWR) hetzij tot een grote ontwikkeling geroepen zijn (FBR).

De beschrijving van de procédés en van de technologieën die momenteel in Frankrijk op punt zijn gesteld of uitgewerkt worden en de analyse van de resultaten die zowel op het gebied van de produktie als op dat van de veiligheid bekomen werden, is dan ook een leerrijke benadering van de huidige industriële verworvenheden inzake opwerking van radioactieve brandstoffen.

Ir  
p  
A  
h  
ti  
or  
ta  
Si  
m  
l'e  
ci

- I  
t  
a  
F  
r  
n  
c  
/ V  
M  
l  
- F  
a  
q  
P  
t  
r  
e  
d  
n  
t.  
l:  
t:  
P  
l'  
S  
P  
L  
a

## EXPERIENCE INDUSTRIELLE DU RETRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIES.

### Introduction.

Démarrées aux Etats Unis pendant la guerre, il y a près de quarante années dans le cadre du Manhattan Project, les activités industrielles en matière de retraitement des combustibles irradiés, ont connu depuis cette époque bon nombre d'avatars.

Si on essaie, en simplifiant à l'extrême de résumer ce qui s'est passé pendant cette période dans l'ensemble des pays occidentaux, on peut dire ceci :

- Dans les pays ayant développé un armement nucléaire, le retraitement des combustibles des réacteurs plutonigènes, irradiés dans la gamme de quelques centaines de MWJ/T, destinés à la production de plutonium militaire, a été maîtrisé sur le plan industriel dans des conditions satisfaisantes.  
C'est ainsi qu'aux Etats Unis, les Usines de Handford et Savannah River, en Grande Bretagne, l'Usine de Windscale et en France l'Usine de Marcoule ont parfaitement exécuté les importants programmes qui leur étaient demandés.
- Dès que le problème du retraitement de combustibles irradiés "commerciaux", s'est posé, c'est à dire de combustibles sortant des réacteurs de puissance électrogènes, certaines difficultés sont apparues avec l'augmentation des taux d'irradiation.  
Néanmoins, dans la gamme de quelques milliers de MWJ/T correspondant aux combustibles de la filière GCR et AGR (Gas Cooled Reactor et Advanced Gas Cooled Reactor), les usines de Windscale en Grande Bretagne, de La Hague et Marcoule en France, ont finalement maîtrisé à l'Echelle industrielle, les difficultés.
- Par contre, les problèmes les plus sérieux sont apparus dans la gamme des taux d'irradiation de quelques dizaines de milliers de MWJ/T correspondant aux combustibles de la filière des réacteurs à eau (PWR et BWR). Ces problèmes sérieux portant aussi bien sur les plans techniques et économiques que sur le plan sécurité, ont conduit après des périodes d'exploitation plus ou moins longues, à stopper définitivement les installations de West Valley aux USA, certains ateliers de Windscale en Grande Bretagne et l'installation expérimentale européenne de Mol en Belgique, et à interdire la mise en service de l'Usine de Morriss aux USA.

Si bien qu'aujourd'hui ne restent plus en lice pour ces types de combustibles, que l'usine de La Hague en France et l'Usine de Tokay Mura au Japon.

- Enfin pour ce qui concerne les taux d'irradiation encore plus élevés, c'est-à-dire de l'ordre de 70 000 à 100 000 MWJ/T correspondant aux combustibles de la filière des surgénérateurs à neutrons rapides, aucune usine spécifique n'existe encore. Seule l'Usine de La Hague grâce à un procédé particulier assure le retraitement normal des combustibles du Réacteur Phenix.

Il apparaît donc qu'actuellement la France en général et l'Usine de La Hague en particulier possèdent dans le domaine du retraitement des combustibles commerciaux, l'expérience industrielle la plus étendue puisqu'elle porte sur trois filières électrogènes, ou très répandues (GCR et LWR), ou appelées à un grand développement (FBR).

Et c'est pourquoi, la description des procédés et des technologies mis en oeuvre ou développés en France et l'analyse des résultats obtenus tant sur le plan production que sur le plan sécurité, constitue une bonne approche de l'expérience industrielle actuelle en matière de retraitement des combustibles irradiés.

A cet égard, nous allons examiner successivement

- 1 - le rôle de l'usine de retraitement,
- 2 - les caractéristiques des principaux types de combustibles irradiés des centrales de puissance,
- 3 - le procédé industriel de traitement des combustibles irradiés :
  - 1 - la chaîne de traitement principale
  - 2 - le traitement des effluents et les rejets
  - 3 - le traitement des déchets et le conditionnement final des résidus.
- 4 - les technologies développées et mises au point dans les usines de retraitement
- 5 - enfin à titre d'exemple, les résultats enregistrés dans l'usine de la Hague :
  - 1 - sur le plan production
  - 2 - sur le plan sécurité.

## 1 - LE ROLE DE L'USINE DE RETRAITEMENT.

Le dégagement d'énergie, produit par les réactions neutroniques sur les éléments "nucléaires" (uranium, plutonium), s'accompagne d'une série de transformation de ces éléments.

C'est ainsi que l'isotope 235 de l'uranium se scinde en produits de fission cependant que l'isotope 238 se transforme en plutonium, lequel à son tour peut se transformer en américium, curium, neptunium, etc.

Si l'on considère par ailleurs que l'enveloppe (acier inoxydable, zircalloy, magnésium) qui protège le matériau nucléaire s'est activée sous l'action des flux intenses de neutrons, on se trouve donc, dans tous les cas, quand on considère un combustible irradié, en présence de 4 constituants principaux en proportions variables :

- l'uranium plus ou moins appauvri en isotope 235,
- le plutonium à des concentrations variables de ses différents isotopes 239, 240, 241, 242...
- les produits de fission : 90 Sr, 137 Cr, 147 Pm etc., et les transuraniens : 237 Np, 241 Am, 242 Cm etc.
- les enveloppes des matériaux nucléaires.

Le rôle de l'usine de traitement des combustibles irradiés consiste à séparer puis à traiter et enfin stocker ou à livrer séparément ces quatre constituants.

Bien entendu, suivant les filières utilisées, les formes chimiques, métallurgiques ou géométriques sous lesquelles sont mis en oeuvre les matériaux nucléaires varient considérablement. En outre, le fonctionnement du réacteur apporte des transformations plus ou moins profondes ou plus ou moins complexes de ces matériaux.

L'Usine de traitement doit donc être conçue pour faire face à toutes les variantes des combustibles irradiés.

## 2 - LES COMBUSTIBLES DES CENTRALES DE PUISSANCE.

Un combustible nucléaire est caractérisé par les éléments suivants :

### - le matériau nucléaire,

Dans les principales filières mises en oeuvre, GCR, LWR, FBR, le matériau nucléaire peut être utilisé sous deux formes principales :

• métallique pour les combustibles de la filière Graphite Gaz où l'uranium naturel est employé en général à l'état d'alliages (U-Mo à 1,1 % de Mo, alliage Sicral, etc.)

• Oxyde pour les combustibles des filières eau ordinaire (AGR), eau lourde, surgénérateurs où l'oxyde d'uranium (naturel ou plus ou moins enrichi) et éventuellement mélangé avec de l'oxyde de plutonium (oxydes mixtes  $UO_2 - PuO_2$  de la filière rapide), est utilisé sous forme d'éléments frittés (pastilles).

### - Le matériau de gainage,

Les principaux matériaux de gainage utilisés ou pouvant l'être éventuellement sont :

• les alliages de magnésium pour les éléments de la filière Graphite-Gaz : alliage Magnox (Mg, Al) pour les éléments combustibles anglais ; alliages Mg-Zr pour les combustibles français,

• les alliages de zirconium pour les combustibles des surgénérateurs,

• l'acier inoxydable pour les combustibles des réacteurs à eau lourde et les surgénérateurs.

### - La forme des éléments combustibles,

Les éléments combustibles peuvent être utilisés sous deux formes principales dans un réacteur de puissance :

• en barreaux pleins ou en tubes creux (éventuellement remplis d'une âme de graphite) : filière graphite Gaz,

• en faisceaux d'aiguilles constituant des assemblages plus ou moins complexes : réacteurs à eau légère, à eau lourde ou surgénérateurs.

### - Les "chemises" et enveloppes,

Dans le cas de la filière GCR, les éléments combustibles sont logés à l'intérieur de chemises de graphite qui assument le rôle de support mécanique des éléments pendant leur séjour dans le réacteur.

Dans le cas de la filière FBR, les faisceaux d'aiguilles sont enveloppés dans une chemise en acier inoxydable à section hexagonale.

### - Les taux d'irradiation,

Les taux d'irradiation auxquels sont soumis les combustibles dans les différentes filières conduisent à des teneurs variables en produits de fission et en transuraniens, teneurs qui varient en outre avec le temps

de désactivation entre le déchargement du réacteur et la mise en traitement.

### 1 - LE PROCÉDE INDUSTRIEL DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIÉS.

L'ensemble des opérations menées dans une usine de retraitement peut globalement se décomposer en trois parties :

- la chaîne de traitement principale qui aboutit après élimination des enveloppes (gainés, chemises etc.) et des produits de fission et transuraniens, à la production de sels ou d'oxydes d'Uranium et de Plutonium purifiés dans des formes et des concentrations permettant de les expédier vers les usines de conversion et de fabrication ;
- le traitement des effluents gazeux et liquides qui permet d'effectuer les rejets dans l'environnement de gaz et eaux résiduaires dans les limites des autorisations ;
- le traitement des déchets et leur conditionnement sous forme de résidus en vue de réexpédition pour stockage définitif dans des installations appropriées.

#### 1 - La chaîne de traitement principale

La chaîne principale peut se décomposer en deux parties :

- la tête de l'usine (Head end) qui regroupe les installations allant de la réception des châteaux de transport à la clarification des solutions après dissolution.

Ces installations mettant en oeuvre des techniques en partie mécanique et en partie chimique, sont en général spécifiques aux diverses filières. Ceci impose par exemple une structure bicephale à une usine polyvalente comme La Hague, capable de retraiter à la fois des "petits" combustibles métalliques et des "grands" combustibles oxydes.

- le corps de l'usine qui regroupe : les installations chimiques de séparation des produits de fission et les installations de purification finales de l'Uranium et du Plutonium (Tail end), qui sont communes à tous les types de combustibles.

#### 1-1 - Réception des "châteaux" et stockage des combustibles irradiés.

Après un temps de désactivation plus ou moins long sur le site du réacteur, (une année minimum pour les combustibles LWR) les combustibles irradiés

sont transportés à l'usine de retraitement dans des châteaux de transport de formes, de conception et de poids variés, soit par route, par fer ou par mer.

Les engins ou véhicules de transport (remorques, wagons, bateaux) sont bien entendu adaptés à ces emballages et en particulier à leur poids (de 35 à 110 T).

A leur arrivée à l'Usine de retraitement, ces châteaux sont déchargés à distance soit sous l'eau, dans des fosses profondes, soit à sec, dans des cellules blindées étanches.

Les combustibles sont placés dans des "paniers" entreposés ensuite dans des piscines où ils séjournent plus ou moins longtemps suivant les cas (deux ans au minimum pour les combustibles LWR).

L'eau des piscines qui circule en circuit fermé, est traitée en permanence : filtration, refroidissement, décontamination par résines échangeuses d'ions.

A titre indicatif La Hague dispose aujourd'hui de trois piscines pour les combustibles GCR d'une capacité globale de 750 T et deux piscines pour les combustibles LWR et FBR d'une capacité globale de 2250 T.

#### 1-2 - Élimination des gainés et dissolution du combustible.

Lors de la mise en traitement, une première série d'opérations permet de séparer le matériau nucléaire des gainés et structures extérieures.

Pour les combustibles GCR toutes ces opérations généralement appelées "dégainage" s'effectuent avant la dissolution du barreau irradié proprement dit.

Dans un premier temps, on élimine d'abord par des procédés mécaniques les structures extérieures (chemises de graphite) ou intérieures (âme de graphite) des barreaux. Dans ce dernier cas, cette élimination s'effectue par forage mécanique avec récupération des boues suivi d'un rinçage à l'eau sous pression.

L'enlèvement de la gaine proprement dit s'effectue soit par voie chimique (dissolution par de l'acide dilué), soit par voie mécanique.

Après dégainage les barreaux métalliques sont intégralement dissous en continu dans l'acide nitrique concentré à l'ébullition et les solutions clarifiées par centrifugation.

Pour les combustibles oxydes (LWR et FBR) la séparation du matériau nucléaire et de la gaine métallique s'effectue après cisailage des aiguilles au cours de l'opération de dissolution proprement dite du combustible, en discontinu ou en semi continu. Les morceaux de gaine, insolubles dans l'acide, sont après rinçage et contrôles poussés, évacués du dissolvant et transférés automatiquement dans un silo de stockage. Les solutions de dissolution sont ensuite clarifiées par centrifugation.

### 1-3 - Séparation des produits de fission de l'Uranium et du Plutonium.

Après dissolution, on se trouve en présence d'une solution complexe de nitrate d'uranium, de plutonium, de transuraniens et de produits de fission.

Le principe du procédé, dit procédé Purex, est le suivant :

Pour séparer les produits de fission, on utilise la propriété qu'ont certains solvants organiques, comme le phosphate tributylrique (TBP) d'extraire sélectivement les nitrates d'éléments lourds tels que l'uranium et le plutonium aux valences respectives VI et IV, sans extraire les produits de fission.

Pour séparer uranium et plutonium on utilise ensuite la propriété du Pu à la valence III d'être insoluble dans le solvant. Une solution aqueuse réductrice, mise en contact avec le solvant riche en uranium et en plutonium, se chargera alors de plutonium tandis que l'uranium restera dans le solvant.

Pour purifier enfin les solutions d'uranium et de plutonium, on utilise également une extraction au TBP.

Ces opérations s'effectuent au cours de plusieurs cycles d'extraction.

Un cycle comprend l'extraction par le solvant, le lavage du solvant chargé, la réextraction par une phase aqueuse appropriée et une unité de traitement du solvant.

A La Hague, le nombre de cycle maximum possible est :

- . 3 cycles pour l'uranium
- . 3 cycles pour le plutonium.

Les solutions de produits de fission et de transuraniens séparés lors des deux premiers cycles sont transférées vers l'atelier de traitement des produits de fission.

### 1-4 - Purification et conditionnement final de U et Pu.

Après séparation, les solutions d'uranium et de plutonium subissent une ultime purification dans un nouveau cycle d'extraction par solvant au TBP.

Après purification l'uranium est concentré sous forme de nitrate à 400 g/l forme sous laquelle il est expédié, par container de 2 m<sup>3</sup>, vers les usines de raffinage et de conversion. Dans le futur, les usines de retraitement posséderont sans doute des installations de conversion des nitrates en oxydes, voire en fluorure UF 4 ou même UF 6.

Quant au plutonium après purification, il est précipité sous forme d'oxalate et calciné en PuO<sub>2</sub>, forme sous laquelle il est conditionné en boîtes étanches et transporté vers les usines de fabrication d'éléments combustibles au Plutonium.

### 2 - Le traitement des effluents et les rejets dans l'environnement.

La chaîne de traitement principale utilisant en grande partie des procédés chimiques par voie aqueuse produit des effluents gazeux et liquides.

#### 2-1 - Les effluents gazeux se dégagent lors de l'ouverture des gaines des combustibles (dégainage ou cisailage) ou lors des opérations de dissolution à l'ébullition (gaz occlus).

Parmi tous les gaz qui se dégagent, certains sont radioactifs et ne peuvent être rejetés ainsi dans l'environnement. C'est le cas en particulier de l'Iode (129 I et 131 I) dont les rejets sont strictement limités par les prescriptions des autorités de sécurité et de santé et qui doivent être impérativement piégés.

Cette opération s'effectue dans une installation de traitement des gaz grâce à des lavages par solutions basiques ou par des sels de mercure. Après piégeage de l'iode, les autres

gaz résiduels y compris certains gaz radioactifs comme le Krypton et le tritium sont pour le moment du moins, après contrôle en continu, rejetés dans l'atmosphère sans traitement particulier.

- 2-2 - Les effluents liquides regroupent essentiellement toutes les solutions de lavage, rinçage, décontamination provenant des installations chimiques de la chaîne principale. Ces effluents sont en général faiblement ou moyennement radioactifs. Ils sont alors en fonction de leur nature chimique et de leur activité, traités dans un atelier de Traitement des Effluents liquides sur des chaînes appropriées soit par échanges d'ions, soit par divers procédés de précipitation.

Après filtration des boues qui ont piégé le maximum de la radioactivité, les eaux résiduelles très faiblement radioactives sont après contrôles analytiques et radiologiques en service continu, rejetés dans l'environnement, dans la limite des spécifications imposées par les autorités de sécurité et de santé.

### 3 - Le traitement et le conditionnement des déchets.

La chaîne de traitement principale et les installations de traitement d'effluents gazeux ou liquides produisent des déchets qui doivent être à terme conditionnés sous forme de résidus destinés à être réexpédiés dans des installations de stockage définitif.

Lorsque les procédés de conditionnement ne sont pas encore complètement définis, les déchets, après éventuellement un premier traitement, sont entreposés provisoirement sur le site de l'Usine de retraitement dans des installations appropriées.

Les principaux déchets à prendre en compte sont :

#### 3-1 - Les gaines et matériaux de structure.

Ces déchets sont pour le moment entreposés en vrac dans des silos en béton étanches, soit à sec dans le cas des combustibles GCR (Graphite et Magnésium) soit sous l'eau dans le cas des combustibles LWR en raison du risque d'inflammabilité des alliages de Zirconium.

Le procédé de conditionnement retenu pour ces déchets dans le futur, est l'enrobage dans un coulis de béton.

#### 3-2 - Les produits de fission et les transuraniens.

Les solutions diluées de produits de fission sont concentrées par évaporation avant d'être entreposées dans des réservoirs en acier inoxydable, munis d'équipements complexes de refroidissement et d'agitations permanents, placés dans des silos enterrés.

Les solutions concentrées sont appelées à rester quelques années ainsi avant d'être traitées par le procédé de vitrification tel qu'il fonctionne actuellement à Marcoule depuis 1978. Ce procédé consiste essentiellement à amener à sec dans un four rotatif continu, les solutions concentrées, puis à mélanger les oxydes de produits de fission ainsi obtenus avec une fritte de verre dans un four à haute température. Le verre qui en résulte est ensuite coulé dans des bidons en inox réfractaire. Après solidification, les blocs de verre sont transférés dans une nouvelle installation d'entreposage sur le site de l'usine, constitué par des puits verticaux convenablement refroidis par ventilation.

Après quelques années supplémentaires de désactivation, les blocs de verre seront transférés vers un stockage définitif souterrain à grande profondeur dans des formations de sel ou de granit.

- 3-3 - Les boues résultant du traitement des effluents sont, soit entreposées temporairement pour désactivation et décantation dans des silos étanches, soit immédiatement enrobées dans du bitume et coulées dans des fûts pour être entreposés sous protection avant expédition vers les stockages définitifs.

#### 3-4 - Les déchets technologiques solides.

Les divers déchets solides produits par l'ensemble des installations de l'usine sont en fonction de leur nature ou de leur activité conditionnés soit dans des fûts étanches (déchets A) soit dans des blocs en béton préfabriqués (déchets B et C de Moyenne activité) soit entreposés en vrac en sacs étanches dans des tranchées en béton, pour attendre le conditionnement final en fûts ou blocs de béton après réduction de volume par incinération ou compactage.

#### 4 - Les technologies mises en oeuvre dans les usines de retraitement.

Le procédé qui vient d'être décrit est complexe en raison essentiellement des très hautes performances qu'il faut obtenir sur les qualités des produits

Son application est en outre rendue délicate du fait qu'il met en oeuvre en quantités importante de matières fissiles (risque de criticité) et radioactives (risques radiologiques) et qu'il doit garantir cependant à tout moment la sécurité des personnels d'exploitation et la protection des populations et de l'environnement.

L'industrie du retraitement a ainsi été amenée à développer et à mettre au point des techniques et des technologies très spécifiques, permettant d'obtenir :

- une fiabilité élevée des matériels,
- la télécommande des installations,
- des possibilités d'intervention et de réparation à distance.

En matière de fiabilité, des améliorations considérables par rapport aux habitudes de l'industrie chimique classique, ont été obtenues progressivement par une maîtrise de plus en plus sévère, des techniques de construction et des choix d'appareillages :

- alliages spéciaux utilisés après études très poussées de corrosion,
- qualification très stricte des méthodes d'installations et en particulier de soudure (contrôle à 100 % par gammagraphie de toutes les installations),
- élimination dans les circuits de transfert de solutions de haute activité, de dispositifs à joints, remplacés par des installations entièrement soudées ou à presse-étoupe (vannes, pompes) remplacés par des éjecteurs à vapeur, à eau ou à air et des siphons sous vide etc.

En matière de téléconduite et de télécommande, on est parvenu peu à peu à un contrôle presque complètement informatisé des usines mettant en oeuvre essentiellement des systèmes très sûrs même s'ils ne sont pas forcément de très haute performance en matière de capacités de calcul et de fonctionnement en temps réel compte tenu du temps de réponse relativement lent des phénomènes chimiques.

Enfin, dans le domaine de l'intervention à distance, beaucoup de dispositifs ont été imaginés permettant des réparations ou des changements d'appareillages sans participation rapprochée des personnels d'entretien.

Ces trois grandes exigences (fiabilité, télécommande, téléintervention) ont conduit à la mise au point d'appareillages très spécifiques susceptibles désormais de développements importants dans l'industrie classique :

- appareillages mécaniques fonctionnant sous eau sans lubrifiant
- appareillages de télémanipulations
- dispositifs de siphonnage et relevage sous vide
- transferts d'éjecteurs de toutes natures (vapeur d'eau ou air)
- conditionnement d'air et ventilations
- construction de silos, enceintes, piscines de grands volumes à étanchéité rigoureusement contrôlée
- dispositifs de traitement d'eau très poussés
- pompes sans presse étoupe et vannes à soufflets
- réacteurs chimiques (dissolveurs) discontinus ou semi-continus
- mesureurs de débit régulés sur données pneumatiques
- contacteurs en phase aqueuse à contre courant
  - . mélangeurs décanteurs
  - . colonnes pulsées
  - . extracteurs multiétages
- mélangeurs de poudres sous critiques
- chaînes de conditionnement de poudres entièrement automatisées etc.

En résumé, l'apport technologique de l'industrie de retraitement s'avère dès aujourd'hui et s'annonce chaque jour davantage, considérable au plus grand bénéfice de l'industrie chimique classique.



## 5 - les résultats enregistrés par l'usine de La Hague.

Si La Hague était une usine chimique classique, on se contenterait pour caractériser son fonctionnement et exprimer ses résultats de fournir les seules données de production (tonnages traités).

Mais étant une usine de retraitement de combustibles irradiés, les performances en matière de sécurité, et surtout de sécurité radiologique, sont tout aussi fondamentales qu'il s'agisse de sécurité des personnels d'exploitation ou de la sécurité des populations et de l'environnement.

C'est donc en définitive l'évolution comparative entre des résultats de production et des résultats de sécurité, qui permet le mieux d'apprécier les performances d'une usine de retraitement.

### 5-1 - Les quantités traitées.

Depuis son démarrage en 1966 et jusqu'au 31.12.80, l'Usine de La Hague a traité :

3864 T de combustibles GCR (5000 MWJ/T maximum) à partir de 1966

255 T de combustibles LWR (33 000 MWJ/T maximum) à partir de 1976

3, 6 T de combustibles FBR (70 000 MWJ/T maximum) à partir de 1979.

Actuellement et pour quelques années encore, les programmes de production concernent les trois types de combustibles ci-dessus, qui sont retraités successivement au cours de campagnes distinctes, séparées par des périodes de rinçage.

Pour caractériser par une unité commune ces divers tonnages de combustibles très différents, on utilise l'énergie d'irradiation produite par les combustibles considérés.

A titre d'exemple, en 1980, cette énergie d'irradiation s'est levée à 3 083 000 MW<sub>th</sub> .j soit 2815 MW<sub>e</sub> .an

Entre 1976 date du démarrage du traitement des oxydes et 1980, cette énergie d'irradiation des combustibles traités, a pratiquement quadruplé, passant successivement de 754 à 1405, 2075, 2325 et 2815 MW<sub>e</sub> .an

### 5-2 - La sécurité radiologique des personnels d'exploitation.

Cette sécurité s'exprime soit en doses moyennes individuelles, soit en doses

totales intégrées par l'ensemble des personnels COGEMA et Entreprises sous traitantes.

En 1980, les résultats ont été les suivants pour 12 mois/Organisme entier :

dose moyenne individuelle :  
285 mRem/an

dose totale :  
603 Hommes.Rem

Ici encore les progrès sont réguliers depuis plusieurs années.

Entre 1976 et 1980, les doses moyennes individuelles ont décliné de 472 mRem/an à 285 mRem/an cependant que les doses totales tombaient de 694 à 603 H.Rem, malgré une augmentation des effectifs passant de 1469 à 2119.

Si l'on rapporte ces doses totales à l'énergie d'irradiation produite par les combustibles retraités, on observe de 1976 à 1980, une décroissance de 0,94 HRem./MW<sub>e</sub> à 0,21 HRem./MW<sub>e</sub> .an

### 5-3 - La sécurité radiologique de l'environnement.

Cette sécurité est liée aux rejets radioactifs effectués et en particulier à ceux effectués dans le milieu marin sous forme liquide.

Si l'on rapporte ces rejets d'activité  $\alpha$  et  $\beta$  aux énergies d'irradiation, on constate encore une fois, une amélioration constante de 1976 à 1980 :

pour les émetteurs  $\beta$  de 25,6 à 9,0 Ci/MW<sub>e</sub> .an

pour les émetteurs  $\alpha$  de 13,1 à 4,9 mCi/MW<sub>e</sub> .an

En résumé, contrairement à une idée assez répandue, les performances tant de production que de sécurité de l'Usine de La Hague s'améliorent chaque année régulièrement, montrant par là, le bien fondé des options techniques et des politiques d'exploitation et de sécurité retenues pour cette usine.

## CONCLUSION.

Opération indispensable pour les uns, diabolique pour les autres, polluante pour certains, écologique pour d'autres, industrie de pointe pour celui-ci, ou bricolage pour celui-là, depuis quelques années, le retraitement des combustibles irradiés a cessé d'être le parent inconnu, sinon pauvre des opérations du cycle des combustibles pour atteindre la grande notoriété et déchaîner les passions dans la presse et dans l'opinion publique.

Ce qu'il faut retenir aujourd'hui, c'est que l'industrie du retraitement existe, qu'elle constitue un secteur technologique de pointe, dont les apports sur l'industrie chimique classique ne font que commencer, que ses performances ne cessent de s'améliorer, tant sur le plan production que sur le plan sécurité et que de ce fait, elle est d'ores et déjà en mesure d'assurer pleinement et économiquement les missions qui lui ont été confiées dans l'ensemble des opérations du cycle des combustibles nucléaires, à savoir :

- le recyclage de toutes les matières énergétiques indispensables,
- le confinement des matières diverses sans emploi,

dans le respect total de la sécurité des personnels d'exploitation et de la protection des populations et de l'environnement.