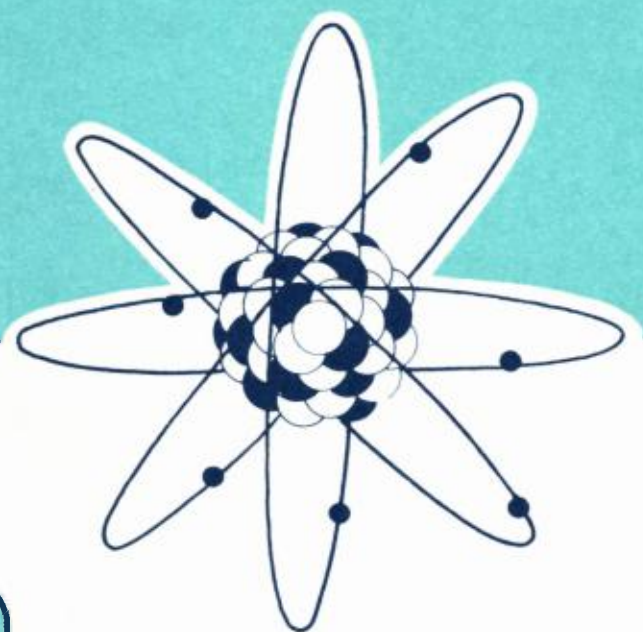


**SGDN
ANS**

DIFFUSION RESTREINTE



informations nucléaires

N° 14 - OCTOBRE 1978

PREMIER MINISTRE

S.G.D.N.

BUREAU DES AFFAIRES
NUCLEAIRES ET SPATIALES

DIFFUSION RESTREINTE

Paris, le 31 octobre 1978

N° 14 /SGDN/ANS/DR

INFORMATIONS

NUCLEAIRES

N° 14

OCTOBRE 1978

Les informations nucléaires contenues dans le présent recueil résultent d'une exploitation des renseignements d'origines très diverses parvenus au S.G.D.N. pendant la période considérée. Elles ont fait l'objet, avant diffusion, d'un échange de vues entre les représentants des différents ministères concernés (Affaires Etrangères, Défense, Industrie, C.E.A.).

DIFFUSION RESTREINTE

--- EVENEMENTS MARQUANTS ---

20 septembre - 20 octobre 1978

L'actualité nucléaire a été marquée par :

- la démission du Gouvernement suédois de coalition de Mr. Faellidin.

Celui-ci, élu en 1976 pour ses options anti-nucléaires, n'est pas parvenu à dégager une position commune sur la poursuite du programme électronucléaire lancé par le Gouvernement précédent et a dû démissionner.

- la décision argentine de construire une usine de retraitement des combustibles irradiés dans ses centrales à uranium naturel.

Cette décision, s'appliquant à un pays qui n'a pas signé le TNP, va à l'encontre d'une politique de non-prolifération.

DIFFUSION RESTREINTE

--- S O M M A I R E --- -----

I - AFRIQUE -

Page

1. LIBYE : Coopération nucléaire soviéto-libyenne.....

5

II - AMERIQUE DU NORD -

2. CANADA : Incertitude sur la poursuite de la construction de l'usine d'eau lourde de La Prade

6

3. ETATS-UNIS : En 1978, seules deux commandes étrangères de centrales nucléaires (sur 29) seront passées aux Etats-Unis

6

III - AMERIQUE DU SUD -

4. ARGENTINE : L'Argentine a décidé de construire une usine de retraitement

8

IV - EUROPE OCCIDENTALE -

5. FRANCE : Signature d'un accord de recherches en matière de sûreté des réacteurs avec l'Allemagne de l'Ouest

10

.../...

DIFFUSION RESTREINTE

6. FRANCE : Renouvellement du protocole d'accord nucléaire franco-soviétique 11
7. GRANDE-BRETAGNE : Démantèlement du D.F.R., premier réacteur britannique à neutrons rapides 12
8. GRANDE-BRETAGNE : Prochaine mise en route d'une installation de retraitement du combustible des réacteurs rapides à Dounreay 13
9. NORVEGE : Rapport du comité chargé d'étudier les questions relatives à la construction éventuelle de centrales nucléaires en Norvège..... 13
10. REPUBLIQUE FEDERALE ALLEMANDE : Lancement d'un important programme d'études sur la sûreté des réacteurs nucléaires.. 14
11. SUEDE : Faute d'une entente sur les questions nucléaires, le gouvernement de coalition démissionne..... 15
12. SUISSE : Accord du parlement helvétique pour la participation au programme JET. 16

V - EUROPE ORIENTALE -

13. U.R.S.S. : Le surrégénérateur soviétique de 1 600 MWe serait opérationnel vers la fin des années 80..... 18

.../...

DIFFUSION RESTREINTE

14. U.R.S.S. : Annonce de la mise au point d'un
nouveau procédé d'enrichissement
de l'uranium..... 19

VI - MOYEN-ORIENT -

15. IRAK : L'Italie va participer au dévelop-
pement nucléaire de l'Irak..... 20

16. IRAN : Démission du directeur de l'organi-
sation de l'énergie atomique..... 21

- VII - APERCU : sur l'enrichissement de l'uranium. 22

DIFFUSION RESTREINTE

PRESENTATION DES INFORMATIONS

Les informations sont présentées sous la forme suivante :

2. FRANCE : SIGNATURE DE CONTRATS DE RETRAITEMENT (Synthèse)

(DR)	
(1)	(TEXTE).....
	
	<u>Valeur de l'information :</u>
	1 - information sûre, d'origine officielle,
	2 - information recoupée, en provenance de plusieurs sources dignes de foi,
	3 - information estimée valable, mais en provenance d'une seule source non officielle.
	<u>Classification de l'information :</u>
	DR - Diffusion Restreinte
	CD - Confidentiel Défense
	<u>Numéro d'ordre de l'information</u>
	<u>Elaboration de l'information :</u>

Le terme "synthèse" indique que l'information traitée présente une vue d'ensemble sur un sujet ou un pays et qu'elle a été élaborée à partir d'une plus large documentation.

DIFFUSION RESTREINTE

I.- AFRIQUE

1. LIBYE : Coopération nucléaire soviéto-libyenne.

(1) Mr. Petrossiantz, président du comité d'Etat de l'U.R.S.S. pour l'utilisation de l'énergie atomique, a annoncé à Paris à l'occasion des travaux de la grande commission franco-soviétique l'aboutissement des négociations soviéto-libyennes dans le domaine de la coopération nucléaire.

L'U.R.S.S. va édifier en Libye un complexe nucléaire comprenant un centre de recherches, des laboratoires et une centrale. Cette dernière aura une puissance électrique de 300 MW et servira également au dessalement de l'eau de mer.

Selon des informations en provenance d'Helsinki, la société finlandaise Imatran Voima Oy qui a déjà travaillé avec le groupe soviétique Atomergo export à la construction de la centrale finlandaise de Loviisa (gros oeuvre et équipements) pourrait participer au projet libyen.

x

x x

Il est à noter que les installations prévues par le nouvel accord avaient déjà été inscrites dans les accords soviéto-libyens de coopération pour l'utilisation pacifique de l'énergie atomique de mai 1975 et décembre 1976.

Jusqu'à présent, un réacteur de recherche de 10 MW avait été fourni par les Soviétiques et son installation se poursuit près de Tripoli.

.../...

DIFFUSION RESTREINTE

II - AMERIQUE DU NORD

2. CANADA : Incertitude sur la poursuite de la construction de l'usine d'eau lourde de La Prade.

(2) Dans le cadre des mesures d'économie décidées par le Gouvernement fédéral canadien, Mr. Alistair Gillespie, ministre de l'énergie, a demandé à l'A.E.C.L. (Atomic Energy of Canada, Ltd) de négocier avec la compagnie d'électricité Hydro Québec l'interruption de la construction et la "mise en cocon" de l'usine d'eau lourde de La Prade.

Selon Hydro Québec, cette décision pourrait compromettre le développement de l'énergie nucléaire au Québec après 1985, en particulier la construction de la centrale Gentilly 3 de 600 MWe actuellement à l'étude.

3. ETATS-UNIS : En 1978, seules deux commandes étrangères de centrales nucléaires (sur 29) seront passées aux Etats-Unis.

(1) D'après le groupement des industries nucléaires américaines A.I.F. (Atomic Industrial Forum), 43 pays dans le monde, en dehors des Etats-Unis, ont décidé la mise en oeuvre de programmes électronucléaires.

Selon les mêmes sources, les commandes de centrales nucléaires attendues en 1978, s'élèveraient à 29 contre 12 l'année précédente et concerneraient sept pays. (a)

.../...

(a) Les commandes fermes s'élèvent actuellement à 14.

DIFFUSION RESTREINTE

L'A.I.F. souligne à cette occasion que seulement deux de ces commandes intéressent l'industrie américaine.

Cette désaffection pour les réacteurs américains serait en grande partie imputable, selon le président de l'A.I.F., à la politique nucléaire actuelle du Gouvernement des Etats-Unis, qui tendrait à décourager la clientèle étrangère.

III - AMERIQUE DU SUD -

4. ARGENTINE : L'Argentine a décidé de construire une usine de retraitement.

(1)

L'Amiral Castro Madero, président de la commission argentine de l'énergie atomique, a annoncé que son pays allait se doter d'une usine de retraitement des combustibles irradiés.

L'usine sera construite selon une technologie purement nationale et érigée au centre nucléaire d'Ezeiza, près de Buenos-Ayres. Elle devrait être opérationnelle au début des années 80.

L'Argentine entend ainsi maîtriser toutes les étapes du cycle du combustible : une usine de fabrication de combustibles pour réacteurs à eau lourde est actuellement en cours de construction et une usine expérimentale de production d'eau lourde doit être lancée très prochainement.

La décision de l'Argentine risque de se heurter à une vive opposition de la part des Etats-Unis.

La filière à uranium naturel et eau lourde adoptée par l'Argentine est en effet particulièrement proliférante et le retraitement du combustible irradié pourrait permettre à Buenos-Ayres de disposer d'un plutonium de qualité militaire.

DIFFUSION RESTREINTE

L'Argentine n'a signé ni le traité de non-prolifération, ni le traité de Tlatelolco sur la dénucléarisation de l'Amérique latine. Toutefois, pour la plupart de ses installations, elle a accepté cas par cas le contrôle de l'A.I.E.A. Selon l'Amiral Castro Madero, elle serait prête à l'accepter également pour cette usine.

DIFFUSION RESTREINTE

IV - EUROPE OCCIDENTALE -

5. FRANCE : Signature d'un accord de recherches en matière de sûreté des réacteurs avec l'Allemagne de l'Ouest.

(1)

Le secrétaire d'Etat Ouest-Allemand auprès du ministère fédéral de la recherche et de la technologie et l'administrateur général du commissariat à l'énergie atomique ont signé le 28 septembre à Paris un accord sur les études et recherches de sûreté des réacteurs à eau ordinaire.

Electricité de France, qui coopère avec le C.E.A. dans le cadre d'un protocole de collaboration dans le même domaine, est associée à la mise en oeuvre de l'accord.

Cet accord se situe dans le cadre de la politique de coopération nucléaire entreprise entre les deux pays et fait suite à la conclusion d'importants accords dans le domaine des réacteurs avancés.

Il facilitera notamment :

- l'échange d'informations techniques au moyen de documents, de réunions spécialisées et de visites,

- la coopération en matière de calculs scientifiques,

.../...

DIFFUSION RESTREINTE

- les échanges d'appareillage de mesure ou d'échantillons pour la comparaison des méthodes de contrôle ou de mesures,

- enfin l'harmonisation de programmes d'essais de sûreté, permettant ainsi une meilleure utilisation des moyens déjà importants consacrés à de telles recherches dans chacun des deux pays.

6. FRANCE : Renouvellement du protocole d'accord nucléaire franco-soviétique.

(1)

La grande commission franco-soviétique s'est réunie à Paris les 2 et 3 octobre et a procédé à l'examen des domaines couverts par la coopération scientifique et technique entre les deux pays.

A l'occasion de cette réunion, a été signé entre le C.E.A. et le G.K.A.E. (comité d'Etat de l'U.R.S.S. pour l'utilisation de l'énergie atomique) un protocole biannuel qui prévoit l'ensemble des échanges dans le domaine nucléaire pour les deux années à venir.

Les domaines déjà couverts par le précédent protocole, et qui ont été repris dans le nouveau, concernent les réacteurs à neutrons rapides, les réacteurs à eau, la fusion thermonucléaire, le dessalement de l'eau et la physique nucléaire.

Le protocole a entériné, en outre, l'élargissement, intervenu en 1977 (a), de la coopération à deux nouveaux domaines, le retraitement et les réacteurs calogènes.

.../...

(a) voir RIN n° 2, page 21.

DIFFUSION RESTREINTE

7. GRANDE-BRETAGNE : Démantèlement du D.F.R., premier réacteur britannique à neutrons rapides.

Précédant sur le site de Dounreay le prototype surrégénérateur de 250 MWe (P.F.R. - Prototype Fast Reactor) aujourd'hui en fonctionnement, le D.F.R. (Dounreay Fast Reactor), premier prototype britannique de réacteur rapide, a été définitivement arrêté début 1977 ; il fournissait 13 MWe au réseau depuis juillet 1963.

(2)

Les opérations de démantèlement en cours ont permis de retirer du coeur les composants dont les taux d'irradiations sont les plus élevés de ceux atteints jusqu'à présent dans le monde. La décontamination et la vidange du sodium ont été effectuées sur le circuit primaire. Ces opérations doivent démontrer la faisabilité du démantèlement des installations nucléaires et permettre d'en évaluer le coût.

Dans cinq ans, le D.F.R. sera probablement transformé en musée destiné à montrer au public le fonctionnement d'un réacteur rapide.

x

x x

Des travaux de démantèlement comparables sont en cours sur le réacteur français Chinon 1 (filière uranium naturel graphite-gaz ; puissance 70 MWe) à l'arrêt depuis 1973.

.../...

DIFFUSION RESTREINTE

8. GRANDE-BRETAGNE : Prochaine mise en route d'une installation de retraitement du combustible des réacteurs rapides à Dounreay.

(2) La mise en route d'une installation de retraitement capable de prendre en charge tout le combustible du prototype surrégénérateur de 250 MWe de Dounreay (P.F.R.) est prévue pour la fin de l'année.

Cette installation a été construite sur l'emplacement de l'unité pilote de retraitement de Dounreay, qui traitait le combustible irradié du réacteur rapide prototype D.F.R. (Dounreay Fast Reactor) aujourd'hui à l'arrêt.

Les opérations devraient commencer en fin d'année avec un reliquat du combustible du réacteur D.F.R. et au printemps prochain avec celui du réacteur P.F.R. dont le taux d'irradiation est nettement plus élevé.

9. NORVEGE : Rapport du comité chargé d'étudier les questions relatives à la construction éventuelle de centrales nucléaires en Norvège.

Le comité chargé depuis deux ans et demi d'évaluer les questions de sécurité relatives à la construction éventuelle de centrales électronucléaires en Norvège vient de remettre son rapport au gouvernement.

- (1) La majorité des membres du comité est favorable à l'installation de centrales électronucléaires en Norvège. Elle considère les risques d'accident comme minimes et recommande l'établissement de plans d'urgence pour éviter tout incident majeur.

Le comité recommande que la question du transfert à l'étranger des résidus radioactifs ou de leur stockage en Norvège soit réglée avant le début de la construction.

x

x x

Cependant le feu vert du comité ne semble pas devoir entraîner l'adoption prochaine par la Norvège d'un programme électronucléaire. Gouvernement et parlementaires de toutes tendances sont en effet unanimes pour estimer que la décision ne presse pas, la Norvège possédant d'autres ressources énergétiques. Le choix nucléaire est ainsi reporté à la prochaine législature (1981).

La population, quant à elle, n'est pas défavorable au nucléaire (53 % de voix pour, 26 % contre lors d'un récent sondage).

10. REPUBLIQUE FEDERALE ALLEMANDE : Lancement d'un important programme d'études sur la sûreté des réacteurs nucléaires.

- (1) Le Gouvernement Ouest-Allemand a décidé de consacrer un milliard de marks à l'amélioration de la sûreté de ses centrales nucléaires.

Mr. Volker Hauff, ministre de la recherche, a annoncé que cette somme couvrirait un programme de recherche de quatre ans, destiné à doter l'Allemagne des "réacteurs les plus sûrs au monde".

Les recherches porteront sur la réduction des risques d'exposition du public et du personnel des centrales. Des expériences simulant les effets de la chute d'un avion sur un réacteur nucléaire sont prévues.

L'effort de la France dans ce domaine est du même ordre de grandeur. En 1978 le chapitre du budget du C.E.A. concernant les problèmes de protection et de sûreté a atteint le niveau de 421 millions de francs.

11. SUEDE : Faute d'une entente sur les questions nucléaires le gouvernement de coalition démissionne.

(1) Le gouvernement de coalition regroupant centristes, conservateurs et libéraux, a démissionné le 5 octobre à la suite de la décision du Premier ministre, Mr. Thorbjørn Faelldin, de reporter à une date ultérieure la mise en service des réacteurs Ringhals 1 et Forsmark 3, dont la construction venait d'être achevée.

Mr. Faelldin, chef du parti centriste, avait remporté les élections parlementaires de 1976 sur un programme remettant en cause le développement de l'industrie électronucléaire (a).

(a) voir RIN n° 8, page 11.

Cependant, les trois partis de la coalition étaient profondément divisés sur ce problème.

Si le parti de Mr. Faellidin restait résolument antinucléaire, les partis libéral et conservateur étaient moins catégoriques et n'admettaient pas, en particulier, l'arrêt du programme nucléaire de 1975.

Le 29 septembre, après trois semaines de vaines discussions au sein de la coalition gouvernementale, Mr. Faellidin, arguant que le problème du stockage des déchets radioactifs n'était pas encore résolu de façon satisfaisante, reportait la décision du gouvernement, malgré l'opposition des libéraux et des conservateurs.

Le nouveau gouvernement constitué le 18 octobre, aura à se prononcer sur la poursuite du programme nucléaire en tenant compte de la validité des solutions apportées au problème du stockage des déchets.

12. SUISSE : Accord du parlement helvétique pour la participation au programme JET.

(1) Le conseil national helvétique a donné à la confédération son accord pour la participation de la Suisse au programme de fusion de la communauté européenne.

.../...

La participation suisse s'élèvera à 34 millions de francs suisses en cinq ans. De son côté, l'Euratom versera deux millions de francs suisses par an au centre de recherches sur la physique des plasmas, rattaché à l'école polytechnique fédérale de Lausanne.

DIFFUSION RESTREINTE

V - EUROPE ORIENTALE -

13. U.R.S.S. : Le surrégénérateur soviétique de 1 600 MWe serait opérationnel vers la fin des années 80.

(2) Le Dr. N.V. Krasnoyarov, vice-directeur de l'institut de l'énergie atomique soviétique, a déclaré à Bâle, à l'occasion de l'exposition NUCLEX 78, que le surrégénérateur commercial BN 1 600 (de 1 600 MWe) serait mis en service vers 1985 (1).

Dans le domaine des surrégénérateurs, les Soviétiques disposent d'un réacteur en fonctionnement le BN 350 et d'un autre, en construction, le BN 600.

Le BN 350, fournissant à la fois de l'énergie électrique (120 MWe) et 70 000 m³ d'eau douce par jour, fait vivre la ville minière de Chevchenko, créée en 1963 dans un site désertique sur le bord de la mer Caspienne.

Le BN 600, de 600 MWe, qui est du même type que le futur BN 1 600 (surrégénérateur à neutrons rapides, refroidi au sodium), est en construction à Beloyarsk (Oural), et devrait entrer en service dans un an.

.../...

(1) 1988-89 selon d'autres sources.

DIFFUSION RESTREINTE

14. U.R.S.S. : Annonce de la mise au point d'un nouveau procédé d'enrichissement de l'uranium.

(1)

Mr. Petrossiantz, président du comité d'Etat de l'U.R.S.S. pour l'utilisation de l'énergie atomique, a annoncé, lors d'une conférence de presse à Paris, que l'U.R.S.S. avait mis au point un nouveau procédé d'enrichissement de l'uranium, qui donnerait d'excellents résultats et fonctionnerait déjà au stade d'une usine pilote.

Aucune précision n'a été apportée sur la nature du procédé, si ce n'est qu'il fait l'objet de recherches dans d'autres pays.

DIFFUSION RESTREINTE

VI - MOYEN-ORIENT -

15. IRAK : L'Italie va participer au développement
(DR) nucléaire de l'Irak.

La société italienne SNIA-TECHINT a signé avec la commission irakienne pour l'énergie atomique un contrat de 50 millions de dollars pour la fourniture, d'ici novembre 1980, de quatre laboratoires de recherche.

- (2) Le premier laboratoire sera destiné à la production de radio-isotopes. Les autres seront consacrés à des recherches sur la fabrication des combustibles nucléaires et sur la tenue des matériaux utilisés dans les réacteurs.

Ce premier succès italien sur le marché nucléaire irakien pourrait ouvrir la voie à une coopération plus large entre les deux pays.

En effet, la société italienne A.M.N. du groupe Finmeccanica paraît actuellement très bien placée pour obtenir la commande de réacteur à eau légère de 600 MWe, pour lequel l'Irak a lancé un appel d'offres international. L'Italie serait disposée à accepter, pour le financement de la centrale et de son combustible, une formule de compensation en pétrole.

La France qui fournit déjà à l'Irak le réacteur de recherche Osirak, est également intéressée à cette commande.

DIFFUSION RESTREINTE

Framatome, qui avait soumissionné pour une centrale de plus de 900 MWe, du type standard français, doit présenter un nouveau projet de 600 MWe.

16. IRAN : Démission du directeur de l'organisation de l'énergie atomique.

(1) Mr. Akbar Etemad, directeur de l'organisation de l'énergie atomique iranienne (A.E.O.I.) a démissionné début octobre.

Mr. Etemad, qui était considéré comme l'une des personnalités iraniennes les plus compétentes en matière atomique, avait joué un rôle important dans la définition de l'ambitieux programme électronucléaire en cours. Sa démission ne paraît être qu'une concession du régime à une opposition politique qui aurait accusé le directeur de l'A.E.O.I. de corruption et de mauvaise gestion.

Mr. Etemad a été remplacé par Mr. Ahmad Sotoodehnia qui occupait le poste de sous-directeur de l'A.E.O.I. avant d'être chargé, il y a six mois, des questions nucléaires au ministère de l'énergie.

Aucune modification au programme nucléaire n'a encore été annoncée officiellement, bien que la presse iranienne fasse état de profonds bouleversements concernant les commandes en suspens.

Les milieux diplomatiques Ouest-Allemands restent convaincus que les quatre tranches allemandes qui ont fait l'objet d'une lettre d'intention ne seront pas remises en cause, mais tout au plus retardées.

DIFFUSION RESTREINTE

VII - A P E R C U -

sur l'enrichissement de l'uranium

La position dominante de la filière à eau légère dans le parc des réacteurs électronucléaires en service dans le monde (77 %) et en construction ou en commande (89 %) pose encore pour de nombreuses années, avec une acuité particulière, le problème de l'enrichissement sous son triple aspect technique, économique et politique.

Aspect technique

Deux techniques d'enrichissement sont actuellement en compétition : la diffusion gazeuse et l'ultracentrifugation. Toutes les deux exploitent la faible différence de masse entre les isotopes de l'uranium.

La première a été utilisée par les puissances atomiques pour obtenir l'uranium très enrichi nécessaire aux armes. Seuls les Etats-Unis, l'U.R.S.S. et la France en ont tiré des applications industrielles. Ce procédé exige des usines de grande capacité impliquant des investissements lourds. Il est par ailleurs grand consommateur d'électricité. Mais c'est le seul procédé qui a fait ses preuves jusqu'à présent dans des réalisations à grande échelle.

.../...

DIFFUSION RESTREINTE

La seconde technique en cours de développement aux Etats-Unis et en Europe dans le cadre du consortium URENCO (G.B. - R.F.A. - P.B.) nécessite une moindre consommation d'électricité et offre une plus grande souplesse d'emploi. Cependant certaines difficultés subsistent au plan industriel. Ces avantages ont conduit néanmoins d'autres pays à s'y intéresser : Japon et Australie.

Fondés également sur les différences de propriétés physiques les procédés aérodynamiques ont fait l'objet de réalisations originales en République Fédérale Allemande et en Afrique du Sud. Le procédé par tuyère du professeur Becker devrait être mis en oeuvre dans la première usine d'enrichissement brésilienne prévue par l'accord nucléaire germano-brésilien. Peu différent du précédent, le procédé UKOR a déjà été testé dans la première unité pilote d'enrichissement sud-africaine.

D'autres procédés aux perspectives prometteuses font appel aux différences de propriétés électroniques (séparation par laser) ou chimiques (séparation par échanges chimiques). L'un n'en est encore qu'à l'étape du laboratoire dans les pays nucléaires les plus avancés (Etats-Unis, U.R.S.S., France, Israël, Japon et Grande-Bretagne). L'autre mis au point en France dans la perspective de technologies non proliférantes devrait déboucher prochainement sur une première usine de démonstration dans le cadre d'une coopération internationale.

Le tableau I récapitule ces différents procédés en les classant selon leur principe.

.../...

DIFFUSION RESTREINTE

Aspect économique

Au stade actuel de l'évolution des techniques d'enrichissement, l'ampleur des efforts industriels et financiers à fournir, autant que la complexité des problèmes technologiques à résoudre, interdit encore à de nombreux pays de se doter de leurs propres installations d'enrichissement.

Avantagés par l'exportation de leur technologie de réacteurs à eau légère, les Etats-Unis ont pu bénéficier jusqu'à présent d'une position privilégiée sur le marché des services d'enrichissement, encore que depuis ces dernières années les ventes soviétiques hors des pays du C.A.E.M. aient pris quelque importance.

Dès 1980, la concurrence des capacités européennes d'enrichissement interviendra progressivement notamment avec la mise en service d'Eurodif. Toutefois, jusqu'à la fin de la décennie prochaine, les Etats-Unis et l'Europe se partageront presque seuls le marché de l'enrichissement. Au-delà de 1990 de nouveaux pays tels le Japon, l'Afrique du Sud et le Brésil seront peut-être en mesure de satisfaire partiellement leurs besoins à défaut de pouvoir intervenir sur le marché mondial.

Les études et réalisations de nouvelles usines d'enrichissement exigeant des délais d'environ dix ans, il est possible de prévoir, dans une certaine mesure, jusqu'en 1990, l'évolution des capacités d'enrichissement dans les pays à économie de marché.

Indiquant le bilan des besoins et des capacités dans les deux hypothèses d'expansion de la puissance électronucléaire installée, le tableau II fait apparaître, au cours de la prochaine décennie, un excédent important d'unités de séparation qui se résorbera rapidement après 1985, dans l'hypothèse haute, et s'amplifiera en revanche dans l'hypothèse basse si les capacités en projet sont effectivement réalisées avant 1990.

DIFFUSION RESTREINTE

Aspect politique

L'analyse des perspectives précédentes demande toutefois à être nuancée à la lumière du problème politique de l'enrichissement. A ce titre deux tendances dont les effets sont contradictoires, interfèrent simultanément dans le développement des capacités d'enrichissement.

D'une part, les puissances nucléaires militaires encore seules maîtres de la technique de l'enrichissement et conscientes de leurs responsabilités en matière de prolifération se concertent pour éviter le transfert de cette technologie sensible, encore qu'elles soient conduites à distinguer les niveaux de risques encourus selon la nature du procédé. A cet égard, l'ultracentrifugation, de même que le procédé par laser, présente des caractéristiques qui la rendent beaucoup plus proliférante, comme l'indique le tableau III.

L'action de ces pays vise à empêcher la dispersion des installations au gré des besoins nationaux et à réaliser le regroupement de moyens d'enrichissement fondés sur les procédés les moins proliférants, tels celui par échanges chimiques, ou gérés par des organisations multinationales du type Eurodif.

D'autre part, les pays industrialisés à programme électronucléaire important s'efforcent d'acquérir leur autonomie en matière d'enrichissement de peur de devoir supporter des contraintes inacceptables de la part de leurs fournisseurs d'uranium enrichi.

C'est le cas du Japon et même de l'Allemagne de l'Ouest qui, au sein du groupe Urenco, marque quelque impatience en vue de reprendre sa liberté d'action.

.../...

DIFFUSION RESTREINTE

D'autres pays dont les programmes nucléaires ne font que débiter, adoptent des attitudes identiques. Il en est ainsi de l'Afrique du Sud et du Brésil qui disposent, dans leurs propres sous-sols, de richesses suffisantes en uranium.

La tendance de ces pays ne peut conduire qu'à une dissémination des installations d'enrichissement et à un accroissement des capacités de production en dépit des excédents.

S'il est encore trop tôt pour prévoir l'évolution des capacités d'enrichissement au-delà de 1990, on peut néanmoins constater l'importance du coefficient d'incertitude qu'introduit, dans les estimations de cette dernière décennie, le poids relatif des deux facteurs politiques signalés.

C'est sans doute dans le cadre d'une réflexion au niveau international que le problème de l'enrichissement trouvera une solution harmonieuse répondant à la fois aux besoins des programmes de centrales à eau légère et au souci de non-prolifération proclamé par les principales puissances nucléaires.

TABLEAU I

PRINCIPAUX PROCÉDES D'ENRICHISSEMENT DE L'URANIUM	
PRINCIPE	DESCRIPTION SOMMAIRE
<u>Diffusion gazeuse</u> (D.G.) vitesses de diffusion différentes	<u>Diffusion à travers une paroi poreuse du gaz UF 6 (hexafluorure d'uranium)</u> La théorie cinétique des gaz indique qu'à une température déterminée, la vitesse moyenne des molécules est inversement proportionnelle à la racine carrée de leur masse moléculaire. Il en résulte que les molécules légères (U 235) allant plus vite, frappent "la barrière" plus souvent que les molécules lourdes (U 238). Elles ont donc tendance à traverser plus facilement la paroi poreuse. L'écoulement du gaz maintenu à haute température est assuré par des compresseurs.
<u>Ultracentrifugation</u> (U.C.) accélérations centrifuges différentes	<u>Rotation à très grande vitesse du gaz UF 6 contenu dans un "bol"</u> La centrifugeuse tourne à très grande vitesse (400 à 850 m/s en périphérie, selon le type de matériau utilisé). Les molécules lourdes (U 238) ont tendance à se concentrer en périphérie alors que les autres (U 235) tendent à rester près de l'axe.
<u>Procédé aérodynamique</u> <u>Par Tuyères</u> (BECKER) accélérations centrifuges différentes	<u>Détente d'un gaz très léger constitué d'UF 6 et de H 2 le long d'une paroi courbe</u> Par détente à travers un orifice placé à proximité d'une paroi courbe, les molécules du gaz atteignent de grandes vitesses et suivent des trajectoires courbes, les plus lourdes (U 238) ayant tendance à se coller à la paroi, alors que les autres (U 235) sont plus nombreuses à distance de la paroi. Le flux de gaz est divisé en bout de trajectoire par une lame ("ecorceur") réalisant une répartition de part et d'autre en gaz pauvre et en gaz enrichi.
<u>Procédé aérodynamique</u> UKOR	Ce procédé développé par Uranium Enrichment Korporation (UKOR) en Afrique du Sud n'est pas connu. Il serait dérivé du procédé ouest-allemand du professeur Becker. A Salzbourg en mai 1977, le professeur Roux a décrit principalement la mise en cascade réalisée selon la "technique de l'helicon".

TABLEAU I (suite)

PRINCIPE	DESCRIPTION SOMMAIRE
<u>Procédé photochimique</u> Excitation sélective des électrons	L'excitation sélective des électrons est réalisée par laser. On sait que les niveaux d'énergie des électrons d'un atome et par conséquent les fréquences des photons d'excitation de l'atome, dépendent de la masse du noyau. En particulier ces niveaux sont légèrement différents pour deux isotopes. Il est donc possible de n'exciter qu'un seul des isotopes de l'uranium en envoyant, à l'aide d'un laser, des photons de fréquence suffisamment pure. Lorsque cette technique sera définitivement mise au point, elle permettra de récupérer seul coup tous les atomes d'uranium 235 et d'obtenir ainsi un enrichissement maximal.
<u>Procédé par échanges chimiques</u>	Etablissement d'équilibres thermodynamiques réversibles en faisant appel à deux composés de l'uranium tels qu'à l'équilibre leurs compositions isotopiques soient légèrement différentes.

Remarques :

- 1.- Tous ces procédés font appel à la propriété de différence légère de masse entre les deux isotopes.
- 2.- Hormis le procédé par laser, tous ces procédés ont un facteur de séparation très voisin de 1. Pour obtenir un enrichissement significatif il faut donc réaliser un grand nombre d'opérations successives de séparation. Les éléments de séparation ou "étages" sont regroupés en série, constituant ainsi des "cascades" multipliées en grand nombre.
- 3.- Un "étage" comprend une entrée et deux sorties, l'une pour la phase enrichie et l'autre pour la phase appauvrie. Si N désigne la concentration en U 235, celle d'U 238 est $1 - N$ et on appelle richesse le rapport $R = \frac{N}{1 - N}$. Le facteur de séparation d'un "étage" est le rapport des richesses de la phase enrichie et de la phase appauvrie. Ce facteur a est supérieur à 1. Le coefficient de séparation est $b = a - 1$.

DIFFUSION RESTREINTE

A P P E N D I C E

au tableau II

Remarques sur les données fournies

(1) - Notion d'unité de travail de séparation.

La capacité d'une usine d'enrichissement est caractérisée par le nombre d'unités de travail de séparation par an (UTS/an).

Cette unité correspond au travail nécessaire à l'enrichissement de l'uranium naturel (0,7 %) dans des conditions données qui sont déterminées par le taux d'enrichissement de l'uranium produit et le taux d'appauvrissement de l'uranium rejeté.

Cette unité est homogène à une masse, d'où parfois les expressions de kilogramme UTS ou tonne UTS.

Il faut connaître les correspondances suivantes :

$$1 \text{ M UTS} = 10^6 \text{ UTS} = 10^6 \text{ kg UTS} = 10^3 \text{ tonnes UTS}$$

Si le taux de rejet est de 0,25 %, il faut environ :

4 UTS pour produire 1 kg d'uranium à 3 %

200 UTS pour produire 1 kg d'uranium à 90 %

Pour alimenter annuellement un réacteur PWR de 1 000 MWe en uranium enrichi à 3 % avec rejet à 0,25 %, il faut environ 120 000 UTS/an.

- (2).- Le programme ultracentrifugation de Portsmouth est prévu pour 2,2 M UTS en 1988 et 8,8 en 1993. La valeur affichée de 4,4 en 1990 est approchée.
- (3).- Le programme URENCO prévoit 10 M UTS en 1990 mais il faut considérer que seulement 2,6 M UTS seront réalisés en 1990.
- (4).- Ces estimations sont des ordres de grandeur donnés sous toute réserve. Les projets correspondants peuvent être en effet infléchis en fonction de la conjoncture internationale.
- (5).- Sources A.I.E.A. et O.C.D.E.

TABLEAU III

CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX PROCEDES D'ENRICHISSEMENT DE L'URANIUM					
PROCEDE	FACTEUR DE SEPARATION	NOMBRE D'ETAGES POUR URANIUM A 3 % ET REJET A 0,2 %	TEMPS DE MISE A L'EQUILIBRE POUR URANIUM A 3 %	CONSUMMATION SPECIFIQUE KWH/UTS	INVESTISSEMENT FF/UTS.AN
Diffusion gazeuse	1,0020 (1)	1 272 (1)	25 jours (2)	2 300 (1) (2)	1 050 (1) (2)
Ultracentrifugation	1,4 à 2 (3)	10 (3)	2 heures (2)	200 à 320 (1) (2)	1 300 à 2 400 (1) (2)
Aérodynamique	1,01 à 1,03 (3)	500 (3) (4)	2 jours (2)	2 500 à 3 000 (1) (2)	950 à 1 500 (1) (2)
Echanges chimiques	1,001 à 1,003 (2)		0,4 à 10 ans (2)	800 (5)	
Classement selon caractère proliférant -					
1/ - ULTRACENTRIFUGATION - 2/ - PROCEDE AERODYNAMIQUE - 3/ - DIFFUSION GAZEUSE - 4/ - ECHANGES CHIMIQUES -					
Références :					
(1) - Enrichment Technology Assesment - Professeur Manson Benedict - MIT - 1977.					
(2) - Evolution des procédés de séparation des isotopes de l'uranium en France - Communication du C.E.A. à la conférence de Salzbourg - Mai 1977.					
(3) - STATUS of The Urenco/Centec centrifuge project and advantages of the process. D. Aston et E. Roetz - Conférence de Salzbourg - Mai 1977.					
(4) - THE SEPARATION NOZZLE PROCESS FOR URANIUM ISOTOPE ENRICHMENT - Communication du Professeur Becker - Conférence de Salzbourg - Mai 1977.					
(5) - Enrichissement de l'uranium : procédé chimique Français - Revue défense nationale - Octobre 1977					

