Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 70 (1979)

Heft: 22

Artikel: Le cycle du combustible nucléaire

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905442

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

UNIPEDE-Kongress Warschau

11.–15. Juni 1979

Congrès de l'UNIPEDE à Varsovie

11 au 15 juin 1979

Der 18. UNIPEDE-Kongress fand auf Einladung des Panstwowa Dyspozycja Mocy (Nationale Kraftwerk-Betreiber) vom 11. bis 15. Juni 1979 im Palast für Kultur und Wissenschaften der polnischen Hauptstadt Warschau statt.

Anlässlich dieses Kongresses sind von den verschiedenen Studiengruppen der UNIPEDE rund 60 Berichte zur Diskussion vorgelegt worden. Zudem standen den Kongressteilnehmern noch weitere 30 vertiefende Studiendokumente zur Verfügung. Die nachstehend veröffentlichten Berichte stellen deshalb nur einen ganz geringen Anteil des vorgelegten Materials dar.

Le 18e Congrès de l'UNIPEDE s'est tenu du 11 au 15 juin 1979 à Varsovie, au Palais de la Culture et de la Science, sur invitation du Groupement national des exploitants de centrales électriques (Panstwowa Dyspozycja Mocy).

Une soixantaine de rapports ont été présentés pour discussion par les différents groupes d'études. 30 documents d'études approfondies ont en outre été mis à la disposition des participants. Les rapports publiés ici ne représentent donc qu'une infime partie de ce qui a été soumis au Congrès.

Comité d'études de l'énergie nucléaire

Le cycle du combustible nucléaire

Par le Groupe d'information sur les problèmes de combustibles nucléaires [1])

Der Kernbrennstoffkreislauf umfasst die Bereiche der Urangewinnung, der Urananreicherung sowie der Wiederaufbereitung. Alle diese Kreislauffunktionen müssen aufeinander abgestimmt sein, um eine optimale Bewirtschaftung des Kernbrennstoffes zu erreichen.

Le cycle du combustible nucléaire comprend l'extraction de l'uranium, son enrichissement et le retraitement du combustible usé. Tous ces stades doivent être adaptés les uns aux autres afin d'optimiser l'économie du combustible nucléaire.

1. Introduction

Le cycle du combustible nucléaire est constitué par l'ensemble des opérations de préparation, d'emploi et de traitement de ce combustible, tant avant que pendant et après son passage dans les réacteurs. Une description relativement détaillée de l'ensemble de ces opérations pour les réacteurs à uranium enrichi figure dans le rapport qui a été présenté sous le même titre au précédent Congrès de l'UNIPEDE tenu à Vienne en 1976. On se bornera donc à reproduire ici le schéma d'enchaînement de ce cycle d'opérations (Fig. 1), pour évoquer les événements marquants intervenus depuis 1976, avant de présenter les perspectives actuelles dans les trois domaines les plus sensibles: l'approvisionnement en uranium naturel, l'enrichissement de l'uranium, le retraitement des combustibles irradiés.

[1]) Composition du Groupe d'information: M.P. Nihoul, Président (Belgique); M. F. Dierkens, Secrétaire (Belgique); MM. U. Braatz (République Fédérale d'Allemagne), P. Goldschmidt (Belgique), P. Blanc Perez (Espagne), M. Durand (France), U. Belleli et M. de Felice (Italie), M. D. Dalebout (Pays-Bas), M. Townsend (Royaume-Uni), E. Svenske (Suède), E. Trümpy (Suisse).

Toutes les phases du cycle du combustible étant économiquement interdépendantes, une modification des conditions d'accomplissement de l'une d'entre elles peut avoir des répercussions sur toutes les autres: c'est donc l'ensemble de toutes les opérations du cycle qui doit être suivi en permanence pour une optimisation globale.

L'événement le plus important des trois dernières années dans ce domaine est sans conteste la décision du Gouvernement des Etats-Unis d'Amérique, prise dans le cadre d'une politique énergétique nouvelle, de suspendre le développement des réacteurs rapides et le retraitement des combustibles irradiés.

A la suite de cette prise de position, et sur l'initiative du Gouvernement des Etats-Unis, un organisme d'étude – International Nuclear Fuel Cycle Evaluation (INFCE) – a été créé fin 1977, avec la participation des gouvernements de la plupart des pays du monde, pour estimer les besoins relatifs au cycle du combustible nucléaire et les moyens d'y faire face, dans le souci de minimiser les risques de prolifération des armes atomiques. Les conclusions et recommandations qui se déga-

geront de cette étude, prévue pour se prolonger jusqu'à la fin de 1979, ne lieront pas les gouvernements participants; elles auront cependant une influence sur les règlements de sécurité qui seront adoptés par ceux-ci, et, eu égard aux importants aspects internationaux de ces activités, sur les modalités d'exécution des opérations liées au cycle du combustible nucléaire.

Les prix proposés pour de nouveaux contrats de fourniture d'uranium naturel ont, depuis trois ans, sensiblement augmenté. L'importance des gisements découverts en Australie a donc attiré l'attention sur les décisions d'ouverture prudente et progressive prises par ce pays en ce qui concerne sa politique d'exploitation de ces gisements et d'exportation de l'uranium. En 1977, le Canada a placé un embargo temporaire sur ses exportations d'uranium vers l'Europe; un accord intérimaire a permis de lever cet embargo, dans l'attente des résultats des consultations internationales en cours dans le cadre de l'INFCE.

A la suite du vote par le Congrès des Etats-Unis, en mars 1978, d'une loi sur la non-prolifération nucléaire (Non Proliferation Act), le gouvernement de ce pays a estimé nécessaire une renégociation des accords de coopération passés avec l'EURATOM, se réservant d'autoriser cas par cas le retraitement du combustible enrichi d'origine américaine et tout transfert d'un tel combustible après utilisation. Par ailleurs, les Etats-Unis ont offert un nouveau type de contrats de services d'enrichissement. Les contrats de ce type, substituables aux précédents contrats à long terme, ouvrent certaines facultés de modifier les quantités de travail de séparation à recevoir quand ces modifications sont justifiées par des retards ou des annulations de construction de centrales. Les projets américains de confier à l'industrie privée la construction et l'exploitation de nouvelles usines d'enrichissement n'ont pas abouti: la prochaine usine d'enrichissement sera construite par l'Administration et utilisera la technologie de l'ultra-centrifugation.

Le projet de construction par British Nuclear Fuel Limited (BNFL) d'une usine de retraitement à Windscale a été approuvé par le Gouvernement du Royaume-Uni sur le vu des résultats positifs de l'enquête publique à laquelle ce projet avait été soumis. En France, la COGEMA, poursuivant la mise en service de nouveaux équipements dans son usine de retraitement de La Hague, a passé des contrats à long terme avec plusieurs exploitants de centrales nucléaires.

D'une façon générale, l'opinion publique exerce sur les décisions une influence croissante, dans le sens d'un contrôle de plus en plus sévère de toutes les activités concernant le cycle du combustible nucléaire, depuis la mine jusqu'au dépôt éventuel des déchets.

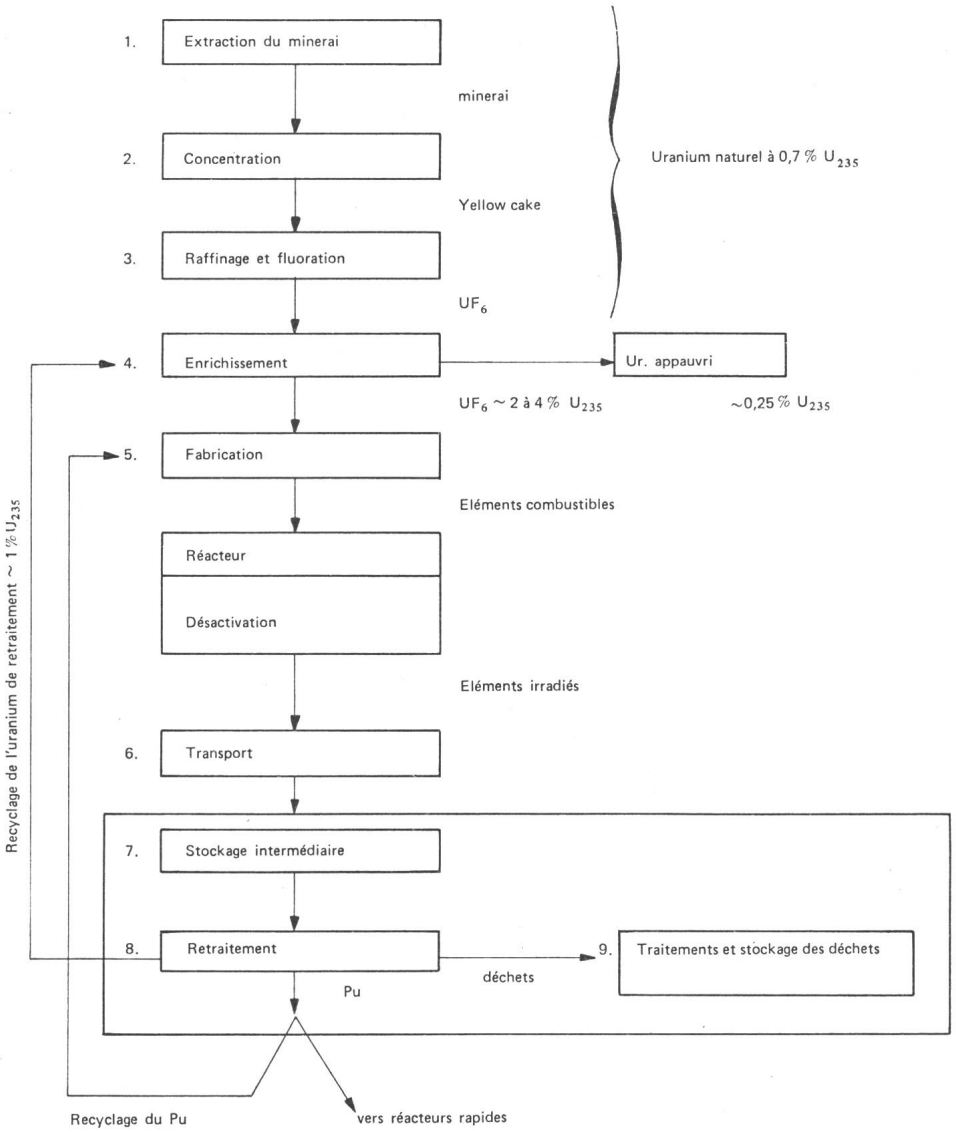

Fig. 1
Cycle de combustible pour réacteurs à eau avec recyclage de l'uranium

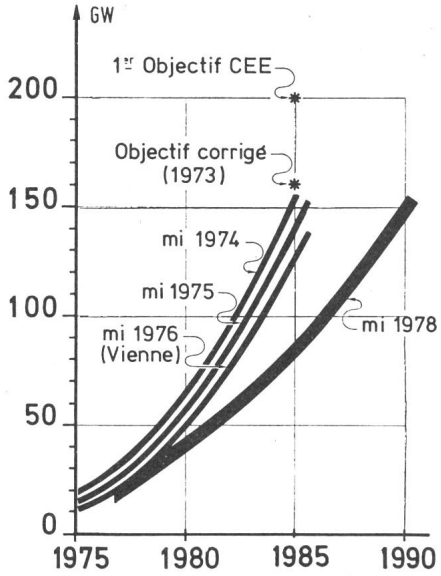

Fig. 2 Evolution des prévisions de puissance nucléaire installée pour la CEE

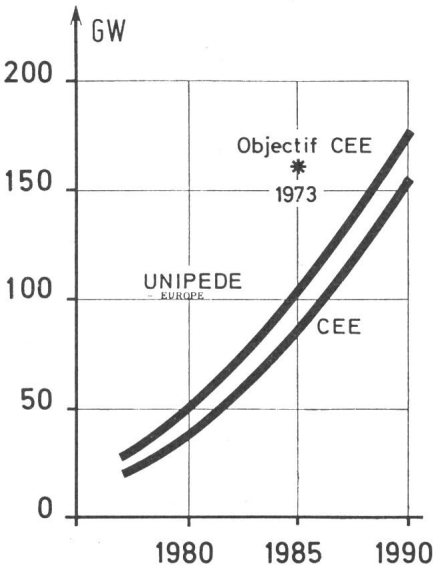

Fig. 3 Puissance nucléaire installée

2. Prévision de puissance nucléaire installée

A l'époque du Congrès de Vienne 1976, les projets de construction de centrales nucléaires totalisaient des puissances installées en 1980 et 1985 respectivement de 47,2 et 132,2 GW pour les pays de la Communauté Européenne et de 67 et 177,5 GW pour l'Europe Occidentale[2]). L'objectif fixé par la Commission des Communautés Européennes, primitivement de 200 GW pour 1985, avait été ramené en 1974 à 160 GW, puis en 1975 à 145,5 GW (voir Fig. 2 et 3).

Une enquête récente de l'UNIPEDE conduit aujourd'hui aux prévisions du tableau I.

3. Uranium naturel

3.1 Les besoins

Sur la base des prévisions précédentes, et aux termes d'une enquête effectuée au cours du premier semestre 1978, les besoins annuels en uranium naturel de la Communauté Economique Européenne et ceux de l'Europe Occidentale sont estimés comme indiqué au tableau II et à la Fig. 4.

La puissance installée des centrales nucléaires n'est pas le seul facteur déterminant de la demande en uranium naturel. D'autres éléments peuvent également intervenir, en particulier:

1) les engagements résultant des contrats de services d'enrichissement;
2) la politique de constitution de stocks d'uranium;
3) le choix de la teneur de rejet lors des opérations d'enrichissement;
4) le recyclage éventuel de l'uranium et du plutonium.

Les deux premiers de ces éléments tendront à accroître la demande pendant la première moitié au moins de la décennie 1980; leur incidence, qui peut, dans une certaine mesure, être réduite par le choix de faibles teneurs de rejet, devrait vraisemblablement s'estomper avant 1990. Un recyclage de l'uranium et du plutonium issus du retraitement des combustibles irradiés pourrait diminuer quelque peu la demande à moyen terme, mais dans des proportions et sous des délais qu'il est aujourd'hui difficile d'apprécier.

Au cours de la période considérée, le développement des réacteurs rapides sera trop faible pour avoir une incidence notable sur les besoins en uranium naturel: la même remarque s'applique à fortiori aux réacteurs à haute température et aux réacteurs au thorium.

Sur la base des données actuelles, les besoins en uranium de l'Europe Occidentale jusqu'en 1990 représentent environ 40 % de la demande cumulée totale du Monde Occidental au cours de la même période, demande estimée à quelque 600000 ou 700000 tonnes.

3.2 Les ressources

Au 1er janvier 1977, on estimait à plus de deux millions de tonnes les ressources raisonnablement assurées du Monde Occidental en uranium susceptible d'être extrait à un coût inférieur ou égal à 50 \$/livre d'U_3O_8, et à une quantité du même ordre les ressources supplémentaires estimées correspondant à la même plage de coût. Mais une faible fraction de la surface du globe a été sérieusement explorée jusqu'à présent et les techniques actuelles d'exploration et d'extraction sont suscep-

Puissance nucléaire installée (en GWe) — Tableau I

	1978	1980	1985	1990
CEE	23	42,5	80	150
UNIPEDE – Europe	31	55	100	175

Besoins annuels en uranium naturel (en tonnes) — Tableau II

	1978	1980	1985	1990
CEE	10 000	12 300	18 250	27 500
UNIPEDE – Europe	12 300	15 250	22 250	32 500

[2]) Nous rappelons que la Communauté Européenne groupe les neuf pays: République Fédérale d'Allemagne, Belgique, Danemark, France, République d'Irlande, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Royaume-Uni; pour l'UNIPEDE-Europe, s'ajoutent, en puissance nucléaire pour les années considérées, l'Autriche, la Suisse, l'Espagne, la Suède et la Pologne.

tibles de progrès: on peut donc espérer que les ressources réelles se révèleront supérieures aux quantités ci-dessus.

Toutefois les quantités d'uranium réellement disponibles dépendent des capacités d'extraction et des conditions susceptibles de limiter les cadences d'exploitation de ces capacités. Dans cette perspective, on peut considérer que les productions annuelles possibles sur la base des ressources connues sont de l'ordre de:

- en 1980 53 000 tonnes d'uranium/an,
- en 1985 92 000 tonnes d'uranium/an,
- en 1990 110 000 tonnes d'uranium/an.

La production cumulée d'ici à 1990 pourrait ainsi excéder 900000 tonnes.

Au-delà de 1990, la mise en service de nouvelles capacités d'extraction sera nécessaire pour répondre aux besoins des réacteurs existants et futurs. Les récentes augmentations du prix de l'uranium ont conduit à développer les recherches de nouveaux gisements: ces recherches devraient déboucher sur un accroissement des ressources économiquement exploitables.

3.3 Comparaison de la demande et des ressources

Il semble donc que, du moins jusque vers 1990, la capacité de production doive excéder sensiblement la demande, sous réserve toutefois des facteurs politiques ou économiques qui pourraient limiter le développement attendu de l'extraction minière. En dépit de cette situation apparemment favorable, il restera nécessaire de s'assurer de la poursuite de l'exploration et de la mise en exploitation de nouveaux gisements en fonction de l'évolution de la demande. Un large développement des réacteurs rapides demeure indispensable, dans une perspective à plus long terme, pour réduire l'accroissement de la demande face à une ressource totale limitée.

Même sur la base des contrats existants, les livraisons d'uranium naturel par les fournisseurs actuels ne sont pas toujours assurées: le récent embargo sur les exportations du Canada vers l'Europe illustre ce risque. L'Australie, les Etats-Unis, le Canada lui-même, restent susceptibles de restreindre leurs exportations, notamment dans l'hypothèse de l'absence d'un accord sur les mesures de «non-prolifération», ou de divergences sur les niveaux de prix. D'autres pays producteurs pourraient en outre être tentés de suivre un tel exemple.

Besoins en services d'enrichissement (en M UTS) Tableau III

	1978	1980	1985	1990
CEE	3,0	5,2	10,0	17,0
UNIPEDE – Europe	4,15	7,0	12,5	20,0

Un marché international de l'uranium restera sous l'influence des aspects politiques complexes attachés à la fourniture de cette matière première, ainsi que des graves dommages qu'entraînerait l'arrêt d'une centrale nucléaire faute de combustible. Une minimisation de ces risques implique notamment de la part des consommateurs des politiques raisonnées de stockages de sécurité, de diversification des sources (géologie et politique) d'approvisionnements, de prudence dans leurs prévisions. Ces préoccupations sont présentes à l'esprit des entreprises d'électricité: beaucoup s'orientent vers des contrats diversifiés à long terme, certaines prennent des intérêts dans l'exploration ou l'extraction de l'uranium.

Il est donc possible d'espérer pour le marché de l'uranium une évolution plus régulière dans l'avenir que dans le passé: une demande stable existe désormais, qui justifie pour les investissements dans la recherche et l'extraction de l'uranium, ainsi que dans les activités connexes, un développement parallèle à celui des centrales nucléaires.

4. L'enrichissement de l'uranium

4.1 Les besoins en services d'enrichissement

Les réacteurs nucléaires relevant des filières actuellement les plus répandues dans le monde utilisent un combustible à base d'uranium légèrement enrichi dans son isotope fissile U 235 (1,6 à 3,5 % au lieu de 0,7 % dans l'uranium naturel). Pour les pays européens, les besoins en services d'enrichissement correspondant aux prévisions de puissances installées présentées ci-dessus sont donnés par le tableau III et la Fig. 5; ces besoins sont estimés dans l'hypothèse d'une teneur de rejet de

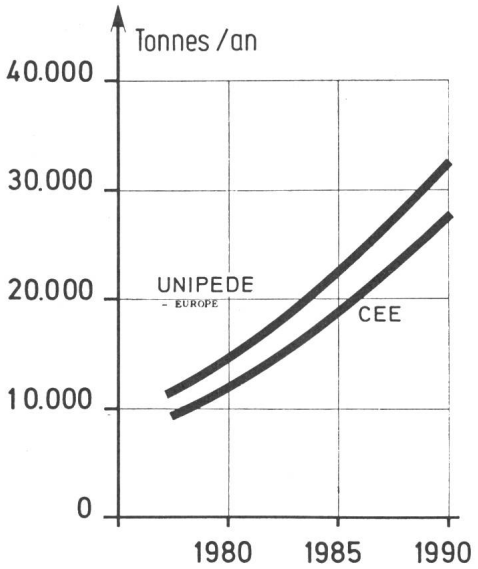

Fig. 4 Besoins annuels en uranium naturel

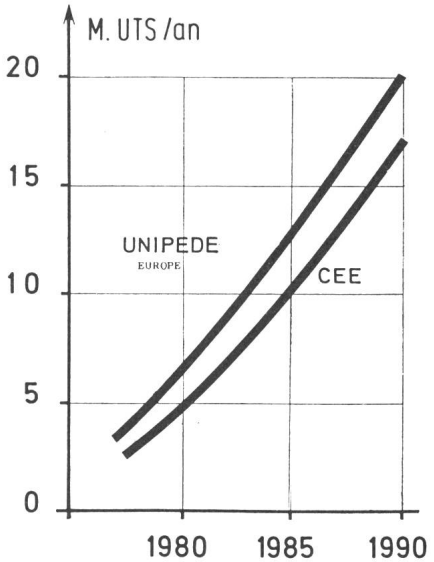

Fig. 5 Besoins annuels en services d'enrichissement

Capacités annuelles des installations d'enrichissement
(en M UTS) Tableau IV

	1978	1980	1982	1985	1990
USA (DOE)	13,0	19,9	22,4	25,2	25,3
URSS (Techsnabexport)	2,4	3,9	4,0	4,0	4,0
EURODIF	–	6,3	10,8	10,8	10,8
URENCO	0,3	0,9	1,5	2,0	2,0
BNFL (Capenhurst)	0,4	0,4	–	–	–
Total	16,1	31,4	38,7	42,0	42,1

0,25 %, en l'absence de tout recyclage, et hors constitution de stocks de sécurité; ils sont exprimés en M UTS (10^6 kg UTS), par an, pour les années considérées.

4.2 Les ressources actuelles et futures en services d'enrichissement

– *Situation actuelle*

Au niveau mondial, les capacités annuelles des installations d'enrichissement existantes ou en construction sont indiquées au tableau IV, selon les informations actuellement disponibles (elles sont également exprimées en M UTS).

Les quantités indiquées dans ce tableau pour l'URSS correspondent à celles qui, selon certains experts, seraient susceptibles d'être vendues à des entreprises du Monde Occidental; elles incluent celles qui ont fait l'objet de contrats.

Toutes ces installations d'enrichissement utilisent la technologie de la *diffusion gazeuse,* sauf celles appartenant à URENCO, qui sont basées sur la technologie de la centrifugation gazeuse.

– *Perspectives de développement des capacités d'enrichissement*

Divers projets de nouvelles installations d'enrichissement de l'uranium sont périodiquement évoqués. Deux d'entre eux ont fait l'objet d'une décision de principe, mais n'ont pas encore donné lieu à un début d'exécution:

– le projet de Portsmouth (USA), dont le principe a été annoncé par le Président Carter, utilise la technologie de la centrifugation gazeuse; selon certaines informations, l'installation démarrerait à capacité réduite (4,4 MUTS/an) au cours de la deuxième moitié de la décennie 1980...1990 pour atteindre ultérieurement sa pleine production de 8,8 MUTS/an;

– le projet de COREDIF, basé comme l'usine d'EURODIF sur la technologie de la diffusion gazeuse, concerne une installation de 10 MUTS/an dont la mise en service progressive pourrait s'effectuer de 1985 à 1990; toutefois le site de l'usine projetée n'est pas encore défini.

URENCO pourrait, au-delà de 1985, accroître chaque année de quelque 0,5 MUTS/an la capacité annuelle de production: sa technique de centrifugation gazeuse permettant de réduire à 4 ou 5 ans le délai d'exécution de l'extension d'une usine, les décisions correspondantes peuvent être adaptées à l'évolution des besoins.

Il convient également d'évoquer les projets d'installations à l'échelle commerciale en Afrique du Sud, au Brésil et au Japon.

Enfin, trois nouveaux procédés pourraient être susceptibles d'accéder à l'échelle industrielle avant la fin du siècle: le procédé de tuyères, mis au point en Allemagne Fédérale et en Afrique du Sud, le procédé par échanges chimiques développé en France par le CEA, et le procédé par laser, étudié dans de nombreux pays.

4.3 Situation des approvisionnements

Au niveau de l'ensemble du Monde Occidental, la comparaison annuelle des besoins et des ressources fait apparaître un excédent de ressources jusqu'aux environs de 1985, un déficit au-delà en l'absence de nouvelles capacités.

Pour établir des bilans analogues au niveau de l'Europe Occidentale, il faut comparer aux besoins les quantités spécifiées par les contrats souscrits par les producteurs européens d'électricité: la quasi totalité de la production des installations d'enrichissement existantes ou en construction a en effet donné lieu à des contrats. Sur la base des informations disponibles concernant ces contrats, et sous les hypothèses explicitées ci-dessus concernant l'estimation des besoins, les bilans européens évoluent comme les bilans mondiaux: les stocks d'uranium enrichi correspondant aux excédents cumulés jusqu'en 1985 pourraient être utilisés pour combler le déficit des années ultérieures; en l'absence de nouvelles ressources, ces stocks se trouveraient, aux environs de 1987, réduits à l'équivalent d'un an de consommation, Il est donc impératif que de nouvelles capacités d'enrichissement soient mises en service avant cette date, car il serait préjudiciable à la sécurité des approvisionnements de devoir amputer systématiquement ce stock minimum.

Cependant, au cours de la première moitié de la prochaine décennie, les stocks d'uranium enrichi que les électriciens seront ainsi amenés à constituer seront plus importants qu'il ne serait souhaitable et entraîneront de lourdes charges financières. L'importance de ces stocks résulte pour une part de l'allongement des délais d'exécution des centrales nucléaires et des procédures diverses qui précèdent toute ouverture de chantier. Le gonflement des stocks tient aussi à la rigidité des clauses contractuelles imposées par les fournisseurs de services d'enrichissement: ceux-ci ont, il est vrai, investi d'énormes capitaux pour réaliser les usines, et il est normal qu'ils assurent, par une garantie d'écoulement de leurs services, une juste rémunération de ces capitaux. Mais les capitaux investis dans les centrales nucléaires sont plus importants encore: toutes les souplesses dont celles-là sont capables devraient donc être utilisées au bénéfice de celles-ci. Cela est vrai en particulier en ce qui concerne les teneurs de rejet.

Les dispositions contractuelles à ce sujet sont différentes suivant les fournisseurs de services d'enrichissement, et certains contrats (notamment avec les fournisseurs européens) permettent une relative souplesse. Dans l'avenir, cette souplesse constituera, avec le prix des services, un élément d'appréciation important.

Bénéfique dans la conjoncture présente, cet abaissement de la teneur de rejet hâte quelque peu l'avènement de l'époque où de nouvelles capacités d'enrichissement seront nécessaires à la couverture des besoins. Nous avons constaté que les moyens existent, notamment au niveau de l'Europe, pour assurer l'adaptation des capacités d'enrichissement à l'évolution à moyen terme des besoins.

Les électriciens européens doivent cependant, comme ils l'ont fait avec succès dans le passé, s'intéresser de très près à

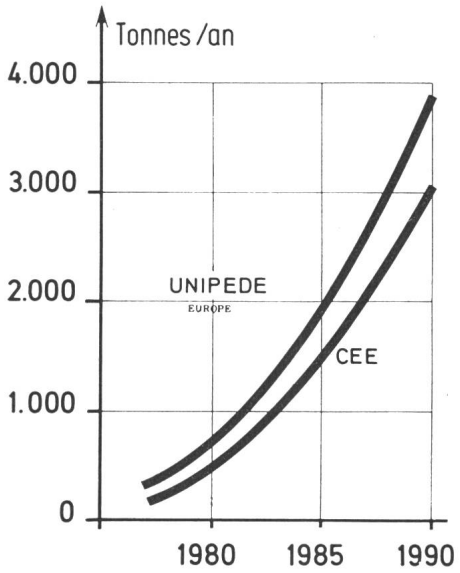

Fig. 6 Production annuelle d'éléments combustibles irradiés

cette question. Il est souhaitable, eu égard notament aux aléas d'ordre politique, que l'Europe ne soit pas importatrice nette de services d'enrichissement – ce qui n'exclut pas, bien au contraire, des échanges avec le reste du monde – mais dispose d'un léger excédent, dut-on en payer le prix. Il convient également que les souplesses techniques que présentent les procédés retenus pour les usines d'enrichissement soient utilisées au mieux pour pallier les aléas inhérents à la réalisation et à l'exploitation des centrales nucléaires.

5. Stockage et retraitement des combustibles irradiés

5.1 Les besoins

Les combustibles irradiés retirés après usage du cœur des réacteurs nucléaires sont d'abord stockés pendant au moins plusieurs mois dans des piscines de désactivation. Ils doivent ensuite être retraités. Cette opération, sur la nécessité de laquelle l'UNIPEDE a déjà pris ouvertement position, a un double objet:

– séparer les produits de fission radioactifs et les conditionner pour permettre sans danger leur transport et leur stockage;

– récupérer le combustible (uranium et plutonium) susceptible d'être réutilisé.

Cette récupération est nécessaire à la préservation d'une ressource globale d'uranium naturel qui reste limitée; elle est également indispensable au développement des réacteurs surrégénérateurs. Ceux-ci permettent d'extraire de l'uranium quelque 60 fois plus d'énergie que les réacteurs à eau légère actuels: leur développement doit donc être largement abordé avant la fin du siècle pour assurer la disposition de l'énergie nécessaire à long terme.

Aux prévisions concernant les puissances nucléaires installées dans les pays de l'UNIPEDE, on peut faire correspondre les tonnages de combustibles déchargés des réacteurs. En négligeant les combustibles de la filière graphite-gaz (à base d'uranium métal), les quantités annuelles de combustibles oxydes déchargés sont indiqués au tableau V et la Fig. 6 (en tonnes métriques annuelles d'uranium contenu).

5.2 Les capacités de retraitement

La capacité de retraitement de combustibles oxydes par des usines existant actuellement (tableau VI) est encore modeste:

Ces usines ont retraité des combustibles atteignant des taux d'irradiation de 30000 MWj/t d'uranium, taux caractéristique des réacteurs à eau légère. Leur exploitation a démontré la faisabilité du retraitement à l'échelle industrielle selon le procédé Purex. En outre l'expérience acquise dans le retraitement des combustibles métalliques (retraitement pratiqué depuis une vingtaine d'années, et dont la cadence a atteint 2500 t/an) peut-être extrapolée dans une large mesure au retraitement des combustibles oxydes.

Des réalisations d'usines de retraitement de grandes dimensions sont en projet ou en construction dans trois pays d'Europe:

– En Grande-Bretagne, BNFL engage à Windscale la construction d'une usine THORP-1 d'une capacité de 600 t/an (soit 6000 t d'uranium en 10 ans de fonctionnement), dont la mise en service devrait intervenir progressivement, au cours de la deuxième moitié de la décennie 1980...1990. Cette usine est destinée à retraiter pour moitié des combustibles britanniques et pour moitié des combustibles étrangers.

– En France, COGEMA portera progressivement, dans le courant de la décennie 1980...1990, la capacité nominale de l'usine UP2 de La Hague de 400 à 800 t/an. Il est ensuite prévu de construire sur le même site deux nouvelles usines (UP3A et UP3B) de 800 t/an de capacité nominale chacune. La première est destinée à traiter des combustibles étrangers; sa «capacité de base» (6000 t U en 10 ans) a déjà fait l'objet de contrats. La deuxième de ces usines est en principe destinée aux besoins français.

– En République Fédérale d'Allemagne, DWK envisage de construire, avec le concours de l'industrie allemande, une usine de 1500 t U/an, destinée au retraitement exclusif des combustibles oxydes, et dont la mise en service devrait avoir lieu vers la fin des années 1980.

5.3 Comparaison des besoins et des ressources

Ces usines permettront de retraiter, jusqu'au début des années 1990, une quantité cumulée d'environ 15000 t U de combustibles irradiés. Des tonnages importants de combustibles déchargés des réacteurs européens devront donc être

Quantités annuelles de combustibles oxydes déchargées des réacteurs (en tonnes d'U contenu) Tableau V

	1978	1980	1985	1990
CEE	280	460	1 410	3 040
UNIPEDE – Europe	380	640	1 940	3 780

Capacité de retraitement de combustibles oxydes Tableau VI

	Capacité tU/an	Volume global traité à fin 1978 tU
WAK, Karlsruhe (République Fédérale d'Allemagne)	35	85
COGEMA, La Hague (France)	400	80

stockés en piscine pendant des durées excédant le délai normal de désactivation. Une partie pourra être stockée dans les piscines des centrales: à cet effet, la capacité de celles-ci sera augmentée, par des mesures techniques appropriées, de quatre tiers de cœur jusqu'à dix tiers pour certaines. Le solde des combustibles irradiés en attente sera reçu dans de nouvelles piscines à construire soit dans les centrales elles-mêmes, soit en des lieux de regroupement à l'échelle nationale ou régionale, soit sur le site des usines de retraitement: ces dernières serviront alors de piscines de réception de ces usines. Les initiatives nécessaires sont prises pour réaliser ces piscines en temps utile, pour éviter toute incidence sur l'exploitation et la sûreté des réacteurs.

Les entreprises d'électricité demandent cependant aux autorités publiques compétentes de prendre les mesures qui leur incombent pour permettre la réalisation, dans les délais prévus, des installations de retraitement ainsi que des piscines de stockage.

Comité d'études de l'énergie nucléaire

Déclassement des centrales nucléaires à la fin de leur durée de vie

Par le Groupe d'experts sur le déclassement des centrales nucléaires à la fin de leur durée de vie [1])

Die Stillegung eines Kernkraftwerkes dürfte keine wesentliche technische Schwierigkeiten bieten. Bis hierüber praktische Erfahrungen vorliegen, bestehen naturgemäss noch gewisse Unsicherheiten in bezug auf die Abbruchkosten; alle Kostenuntersuchungen zeigen jedoch, dass die Kosten wahrscheinlich im Vergleich zu den Baukosten sehr niedrig sein werden, und noch viel mehr im Vergleich zum Wert der während der Lebensdauer der Anlage produzierten Energie.

Der Bericht zeigt die von den Elektrizitätsgesellschaften in Betracht zu ziehenden Lösungsmöglichkeiten für die Planung und Durchführung der Stillegungsarbeiten auf. Es dürfte notwendig sein, für die spezifische Radioaktivität der Materialien im Hinblick auf deren Wiederverwertung und für die uneingeschränkte Wiederverwendung des Geländes eines Kernkraftwerkes nach der Stillegung Kriterien aufzustellen und allgemein einzuführen.

Le rapport estime peu probable qu'il existe des difficultés techniques importantes en matière de déclassement des centrales nucléaires. Des incertitudes subsisteront inévitablement sur les coûts de démantèlement, jusqu'à ce qu'une expérience pratique ait été acquise, mais toutes les études de coûts montrent que ceux-ci seront vraisemblablement très petits par rapport au coût initial des installations et à plus forte raison par rapport à la valeur de l'énergie produite durant la vie de la centrale.

Le rapport évoque les solutions qui devraient être envisagées par les entreprises d'électricité pour programmer et réaliser les travaux de déclassement, et il attire leur attention sur les points à prendre en considération à cet égard. Il apparaît nécessaire que des critères soient fixés et acceptés pour l'activité spécifique des matériaux, en vue de leur réemploi, et pour la réutilisation sans restriction des sites de centrales nucléaires après déclassement.

1. Introduction

Le déclassement des centrales nucléaires conduit à des problèmes similaires à ceux occasionnés par le démantèlement de tout autre structure industrielle. La démolition des bâtiments et ouvrages périphériques, et lorsque cela est possible l'utilisation des matériaux récupérés, seront traités par des techniques de démolition et de démantèlement classiques. La manutention et le transport des matériaux radioactifs et contaminés contenus à l'intérieur des centrales nucléaires soulèvent cependant des problèmes particuliers.

La manutention et le transport de matériaux radioactifs et de déchets sont des opérations courantes dans le cadre de l'exploitation des centrales nucléaires, et les techniques afférentes sont désormais bien au point et considérées comme acquises.

La manutention des déchets provenant du déclassement doit être considérée sous un angle particulier, car ces déchets comportent une variété de matériaux différents de ceux résultant de l'exploitation des centrales nucléaires. De même, le volume important des déchets et la dimension des pièces élémentaires les constituant créent des problèmes nouveaux.

Les quantités et la nature des matériaux contaminés contenus à l'intérieur des structures du réacteur demanderont, comme il est exposé plus loin dans ce rapport, une évaluation précise. A titre d'exemple des quantités mises en cause, il a été évalué que l'activité des matériaux provenant des structures d'un réacteur graphite-gaz serait, après évacuation de tout le combustible, inférieure à celle contenue dans un seul château de transport de combustible irradié.

On estime quil y aura environ 36 réacteurs mis hors service dans les pays membres de l'UNIPEDE en l'an 2000, ce chiffre s'augmentant de 53 unités pour les années 2000–2015 (voir fig. 1). Ces estimations sont établies en supposant une durée de vie de 30 ans pour les réacteurs de la filière gaz-graphite et de 40 ans pour tous les autres réacteurs.

Les responsabilités des entreprises d'électricité en matière de déclassement des centrales nucléaires varient en fonction des termes de la réglementation en vigueur dans les différents pays, mais de toute manière il est nécessaire que des orientations sur le déclassement soient définies par les exploitants, avant qu'ils soient conduits à entreprendre de tels travaux sur une grande échelle. Il est possible que dans le futur certaines autorités de sûreté imposent aux exploitants de fournir un projet de déclassement avant de leur accorder l'autorisation de construction.

Etant donné l'attitude actuelle de certaines parties du public contre le développement de l'énergie nucléaire, il est important que les entreprises d'électricité adoptent une approche positive dans leurs relations avec le public en ce qui concerne leurs

[1]) Composition du Groupe d'experts: M. R.J. Weeks, Président (Royaume-Uni); M. M.J. Davis, Secrétaire (Royaume-Uni); MM. J. Essmann (République Fédérale d'Allemagne), P. Dozinel (Belgique), S. Mehlsen (Danemark), J. Suarez Gomes (Espagne), C. Reyx (France), S.F. Coakley (Irlande), C. D'Anna (Italie), E. Diesen (Norvège), C.J. Lobbezoo (Pays-Bas), M.A. Jarro (Portugal), A.C. Horne et J.N. Tweedy (Royaume-Uni), K.E. Sandstedt (Suède), J.P. Buclin (Suisse).

M. K.E. Hoejgaard a participé aux réunions à la place de M. Mehlsen, MM. B. Caffrey et C. O'Farrelly à la place de M. Coakley, et M. Forte à la place de M. Jarro.