

P

C

M

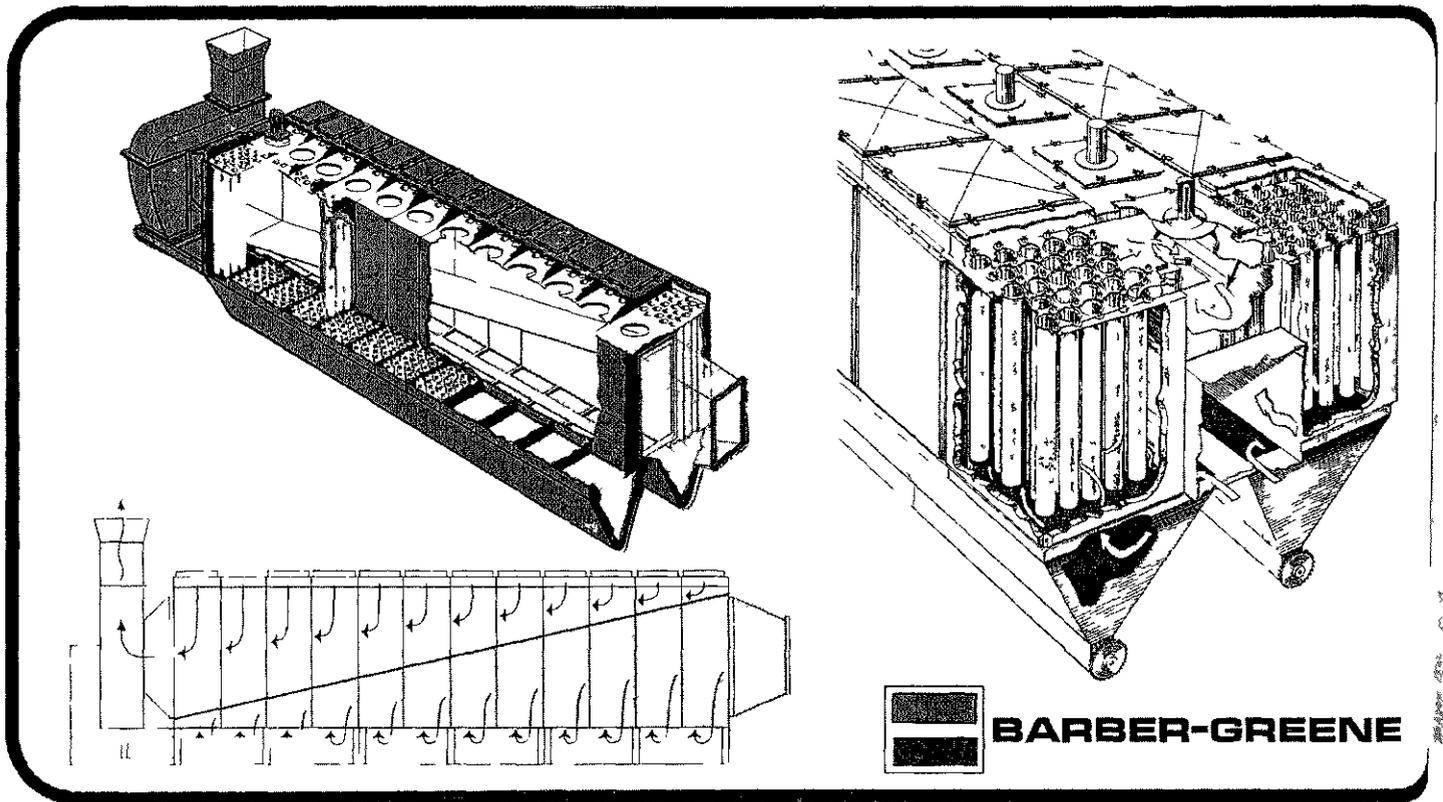
PONTS ET CHAUSSÉES ET MINES

n°2

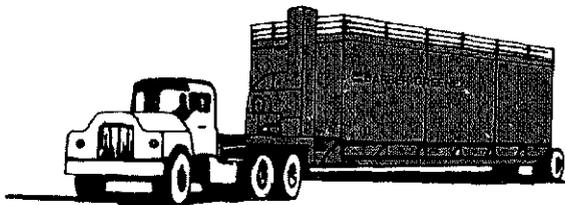
énergie nucléaire

- table ronde
- comment devient-on constructeur de chaudières nucléaires en France
- la sûreté des réacteurs nucléaires
- le cycle du combustible nucléaire ou l'industrie de l'uranium
- l'avenir de la production d'électricité d'origine nucléaire en France
- **RÉALISATION** : la centrale nucléaire de Fessenheim
- **CORRESPONDANCE** : A PROPOS D'HONORAIRES

le seul filtre à manches conçu spécifiquement pour les postes d'enrobage



ensembles de dépoussiérage
fixes et mobiles
adaptables à tous les postes
continus ou discontinus
de 30 à 500 t/h



Sommaire

P c m

mensuel

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e

Photo de couverture : Centrale
nucléaire de Fessenheim

Directeur de la publication :

René MAYER,
Président de l'Association

Secrétaire général de rédaction :

Pierre PLOUGOULM.

Promotion et Administration :

Hubert de LANNURIEN
Secrétariat du P.C.M. :
28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e
Tél. 548 25 33 et 222 98 39

Publicité :

Société Pyc-Editions :
254, rue de Vaugirard
Paris-15^e
Tél. 532 27 19

Revue éditée par l'Association
professionnelle des Ingénieurs des
Ponts et Chaussées et des Mines,
avec la collaboration de l'Asso-
ciation des Anciens Elèves de
l'Ecole des Ponts et Chaussées,
28, rue des Saints-Pères, Paris-7^e

Abonnements :

— France 100 F.
— Etranger 100 F. (frais de
port en sus)
Prix du numéro : 10 F.

L'Association Professionnelle des Ingé-
nieurs des Ponts et Chaussées et des
Mines n'est pas responsable des opinions
émises dans les conférences qu'elle
organise ou dans les articles qu'elle
publie.

Dépôt légal 1^{er} trim. 1973, N° 1484
Commission Paritaire n° 33.087

L'IMPRIMERIE DE L'ANJOU
21, Boul. Gaston-Dumesnil
49-ANGERS

DOSSIER

Table ronde : l'industrie de l'atome	17
Le cycle du combustible nucléaire ou l'industrie de l'uranium, par P. TARANGER	34
Comment devient-on constructeur de chaudières nucléaires en France, par J.-C. LENY	39
La sûreté des réacteurs nucléaires, par J. BOURGEOIS ..	52
L'avenir de la production d'électricité d'origine nucléaire en France, par I. CHERET	59

RUBRIQUES

Réalisation	
— La centrale nucléaire de Fessenheim	66
Correspondance	
— A propos d'honoraires	70
Périscope	72
Carnet de l'Association	73

ÉNERGIE NUCLEAIRE



BITUME

Confort 100 %

Sécurité 100 %

Silence 100 %

**Ce sont les garanties offertes
par le revêtement bitume.**



GRUPEMENT PROFESSIONNEL DES BITUMES

Siège Social : 16, avenue Kléber - 75016 PARIS

Bureaux : 68, bd Malesherbes - 75008 PARIS — Tél. : 522-25-71

Table ronde

l'industrie de l'atome

M. COUTURE. — Notre débat de ce soir va porter sur les problèmes de structures industrielles dans le secteur de l'énergie nucléaire en France. Je pense que l'importance du sujet pourrait mieux être située grâce à un rappel de quelques données sur l'économie de l'énergie.

Nous avons tout récemment reçu du Commissariat au Plan une première esquisse du bilan énergétique français de l'an 2000 ou plus précisément de l'année où l'énergie consommée en France sera de 750 millions de tonnes d'équivalent de charbon, année qui se situerait à l'an 2000 si un certain nombre d'hypothèses que l'on considère comme raisonnables se trouvent réalisées.

On suppose que l'électricité représenterait 40 % de la consommation d'énergie, ce qui représente 900 TWh dont 750 TWh seraient produits par des centrales nucléaires.

Cette hypothèse implique avant l'an 2000 la mise en service de l'équivalent de 160 centrales de 1.000 MW et l'engagement de 200 unités au total.

Je précise d'ailleurs que cette hypothèse représente un niveau

relativement modeste. Si une certaine divergence de coût au profit de l'énergie nucléaire apparaissait, la part de l'électricité dans la consommation d'énergie augmenterait en proportion ; si cette part atteignait 45 %, il faudrait produire 1.000 TWh dont 850 nucléaires.

M. ROZENHOLC. — Au regard de ces perspectives glorieuses nos problèmes d'aujourd'hui, aussi pesants soient-ils, paraissent extrêmement petits, et cependant, j'ai peur qu'ils n'orientent la conversation ou des discussions d'une façon moins libre que si la même table ronde avait lieu dans cinq ans.

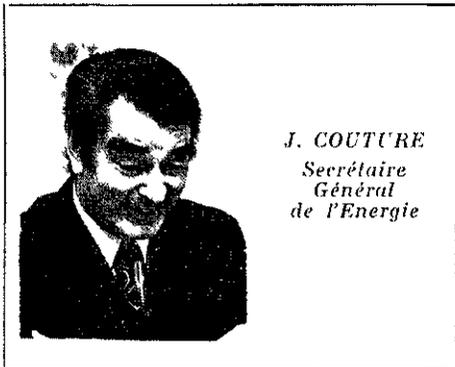
M. COUTURE. — Il est vrai que nous sommes à un moment où les événements ont ou auront une portée très significative.

M. PECQUEUR. — Vous avez traité du problème de l'électricité, mais on peut aussi se demander si l'énergie nucléaire ne parviendra pas un jour à sortir du domaine de l'électricité, le complément du secteur énergétique est supposé ne pas être couvert par l'énergie nucléaire. Si ce fait est acquis pour une



partie des carburants, la propulsion des avions, des voitures, l'énergie nucléaire peut s'étendre à certaines applications industrielles comme le chauffage industriel. D'aucuns ont parlé de la possibilité de produire massivement grâce à l'énergie nucléaire des gaz synthétiques ou de l'hydrogène susceptibles d'être brûlés en guise de carburant comme substitut de gaz naturel. Une telle application est très incertaine à l'heure actuelle, mais si elle devait voir le jour, cela pourrait constituer un complément non négligeable du développement de la puissance nucléaire à installer.

M. COUTURE. — Comme toujours les prévisions de ce type sont forcément à la fois un peu myopes dans les dérivées et assez glorieuses dans les perspectives. Je pense qu'il y a à peu près autant de raisons de se tromper par excès que par défaut. Les raisons que vous donnez sont des raisons par défaut,



J. COUTURE
Secrétaire
Général
de l'Énergie

d'autres porteront par excès en particulier l'amélioration des rendements, l'utilisation des pompes de chaleur, des basses calories, etc...

M. PECQUEUR. — Jusqu'à présent, nous avons été très prudents au Commissariat à l'Énergie atomique

sur les applications marginales à des fins non électrogènes, mais on peut se poser la question de savoir si on porte tout l'effort nucléaire sur la production d'électricité ou si on songe à certaines applications non électrogènes mais qui peuvent avoir quand même des applications importantes dans le domaine énergétique.

M. GIRARD. — Le problème n'est-il pas de connaître l'évolution du prix de revient de l'énergie sous forme nucléaire ou sous forme classique ? Il est évident que si le nucléaire se maintient au niveau de prix actuel et si le prix de l'énergie classique monte, on observera non seulement une extension de l'électricité, mais également une incitation extrêmement grande à produire de la chaleur, sous forme nucléaire. Au fond, la clef du problème consiste à savoir si le prix de l'énergie classique va croître de façon considérable en fonction des ressources et si en parallèle le prix du nucléaire restera à peu près stationnaire. Mais si le nucléaire se contente de suivre la thermie classique de façon très marginale pour pouvoir rester compétitif, je crains qu'on ne trouve pas d'autres amplifications aux programmes de récupération de l'énergie « fatale ».

M. PECQUEUR. — Le problème de la taille des installations joue également un rôle important. Dans les applications non électrogènes de l'énergie nucléaire, on se heurte au fait que les besoins ne correspondent pas à des tailles suffisamment grandes pour que le nucléaire puisse donner toutes ses possibilités économiques. Très souvent on parle de besoins en calories, en vapeur, etc... On aboutit à des puissances relativement modestes, et

par conséquent où la pénalisation du nucléaire est assez grande puisque sa rentabilité n'est démontrée que pour des tailles unitaires assez grandes.

Il faut à la fois qu'il y ait une différence importante et notable entre le coût des deux thermies et en plus de cela, une concentration de besoins en calories suffisamment grande pour qu'effectivement on puisse envisager une compétitivité du nucléaire dans les domaines non électrogènes.

M. KERVERN. — N'y a-t-il pas la possibilité d'utiliser pour les besoins industriels en calories des projets à double effet comme on a vu avec le procédé classique ? Les sites où doivent s'implanter les centrales produiraient à la fois des calories à haute température et de l'énergie électrique et ceci permettrait, avec une centrale de dimension déterminée d'atteindre un bilan économique.

M. GIRARD. — Les études qui ont été faites dans le domaine des basses températures, c'est-à-dire des 300,400, ouvrent des possibilités très limitées. Cela représente, au mieux, 10 % du programme de production en électricité. Il faut réellement atteindre des températures vraiment élevées de 900 à 1.000° pour voir s'ouvrir des applications radicalement nouvelles et suffisamment importantes.

M. KERVERN. — C'est l'activité des centres de recherche et de développement et des industries qui permettra de progresser dans ces domaines non électrogènes. S'il n'y a pas un certain effort de recherche et de développement, quelle que soit par ailleurs l'évolution des paramètres dans le domaine pure-

ment électrique, il n'y aura relativement que peu de réalisations. C'est un problème d'impulsion et un problème de recherche et de développement qui mérite d'être étudié, et je dois dire que la première réaction des chimistes et des métallurgistes est assez favorable.

M. BOULIN. — Je voudrais rappeler que la taille unitaire des grou-



P. BOULIN
Directeur
Général
de Creusot-Loire

pes électriques conventionnels a pratiquement doublé tous les dix ans dans la période qui nous sépare de la guerre. J'ai connu les groupes de 60 MW, ensuite 120, 220 et 600 MW et très vite, les 600 MW sont devenus 700 MW et ceci revient à dire que le nombre de groupes commandés chaque année n'a pas changé. Quand on recherche l'impact industriel d'un tel programme, il faut bien réaliser qu'après tout le mécanicien ne fabrique pas de KW mais des unités de mécanique. Savoir quel sera finalement le nombre d'unités à fabriquer aura au moins autant d'importance sur nos programmes à long terme que les utilisations secondaires de l'énergie.

M. KOCH. — Nous n'avons évoqué jusqu'ici que le programme français. Au moment où se fait

l'Europe, il faudrait aussi regarder l'aspect européen du problème, car je ne crois pas qu'on puisse parler de programme industriel, sans envisager la question sous l'angle européen.

Il faudrait donc connaître aussi les besoins d'énergie européens car c'est à cela qu'on aura à faire face dans la période qui vient.

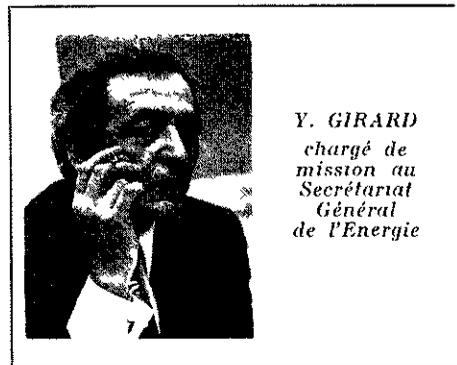
M. GIRARD. — Il faut bien voir qu'on se demande ce qu'est l'Europe, sous un certain aspect. L'Europe c'est un concept extrêmement élastique parce que nous avons connu l'Europe des 6, puis l'Europe des 9, on parle de l'Europe occidentale, on a tenu des réunions européennes avec le Canada et même le Japon... ; le terme d'Europe est devenu (mais effectivement je crois que c'est à l'échelle de l'Europe qu'on doit voir le problème) un peu flou, et quand il faut prendre des références précises nous sommes contraints de nous replier sur le concept France pour inscrire sur des documents des données bien vérifiées. Dans l'Europe actuelle, l'Espagne n'est pas comprise et c'est une anomalie au sens économique du terme, d'autant plus qu'elle joue un rôle de plus en plus important en matière d'implantation de centrales nucléaires. Il faudrait pour les mêmes raisons y ajouter la Suède.

M. COUTURE. — Venons-en aux problèmes posés par la structure du secteur industriel.

Observation étant faite que si la capacité de l'industrie à répondre aux commandes de l'E.D.F. est certainement un des éléments du problème, inversement, le volume des commandes d'E.D.F. a incontestablement une certaine vertu structurante sur l'industrie, ou tout au moins peut encore en avoir une.

Il est évident que la taille du programme conditionne, dans une certaine mesure, ne fût-ce que la possibilité d'une concurrence réelle entre les fournisseurs. Si le programme est tel qu'un fournisseur puisse survivre péniblement, même en le doublant à l'exportation, les choses ne sont pas pareilles que si on a un programme qui puisse gaillardement permettre à un certain nombre de fournisseurs de se placer. Il y a les deux effets en sens inverse : l'action de la structure de l'industrie sur l'optimisation de notre programme n'est pas négligeable. Le Gouvernement a réservé la décision de principe d'une deuxième commande en 1973 de l'E. D.F., cette réserve devant être levée selon l'orientation des structurations industrielles. Il est clair aussi que le volume des commandes d'E. D.F. — en sens inverse — a une action sur la structure de l'industrie.

M. GIRARD. — La structure de l'industrie influe sur la taille du programme, mais dans une mesure



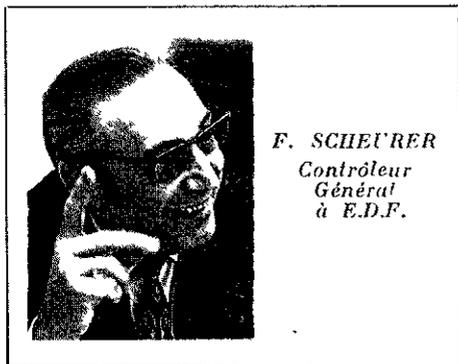
Y. GIRARD
chargé de
mission au
Secrétariat
Général
de l'Energie

relativement limitée. Imaginons que nous disposions de quatre groupes en France parfaitement structurés, qui réclament chacun trois tranches par an, quel que soit le désir de faire des cadeaux, je

vois mal E.D.F. commander douze tranches par an : le programme n'est donc pas strictement lié par l'industrie, il peut être modulé, mais certainement pas fixé en volume.

M. SCHEURER. — Même si toute la croissance de la consommation énergétique se faisait en électricité nucléaire, il y aurait un plafond aux besoins, par conséquent au nombre de megawatts que pourrait être amené à commander E. D.F.

Il n'est pas question que les commandes d'E.D.F. soient décidées ou refusées en fonction des capacités de l'industrie.



F. SCHEURER
Contrôleur
Général
à E.D.F.

L'effet de taille est prépondérant et la croissance des puissances unitaires qui s'est manifestée dans la thermique classique se poursuivra sans doute vers le domaine nucléaire. Le taux de croissance de la consommation et le taux de croissance des puissances unitaires, par suite des effets de taille qui se manifesteront dans le nucléaire, peut-être même à une échelle plus importante, devraient rester sensiblement identiques. Je pense donc que le nombre d'unités commandées chaque année restera à peu près constant voire ira en diminuant comme

cela a été le cas pour les thermiques classiques.

Dans la mesure où E.D.F., compte tenu de ses propres impératifs de gestion, est amené à indiquer quelques règles de jeu et nous l'avons vu à l'occasion du VI^e Plan, nous pensons que pour qu'existe une certaine concurrence, une certaine émulation, il faut qu'il y ait au moins deux partenaires ou deux fournisseurs pour pouvoir maintenir une émulation, non pas tant commerciale que technique.

Un autre élément, c'est celui de la taille sur le plan industriel, élément extérieur qui ne dépend pas du seul marché national. C'est en fonction de ces termes-là qu'il faudrait poser le problème. Dire quelle est la taille, l'importance du marché national avec la fourchette suivant les hypothèses les plus favorables et les moins favorables, la puissance commandée chaque année et le nombre d'unités correspondantes et rapprocher ces besoins de la capacité industrielle qui permet d'assurer la compétitivité vis-à-vis d'autres constructeurs, d'autres groupes sur le plan national et international, voilà comment E.D.F. voit le problème.

M. CARLE. — Il est important et toujours très difficile de travailler à l'extérieur quand on n'a pas commencé à travailler chez soi, bien sûr, mais que nous le voulions ou non, nous allons être obligés de bâtir des groupes qui par eux-mêmes dépasseront les frontières, et par conséquent s'appuieront et devront s'appuyer eux-mêmes sur des marchés qui sont, soit européens, soit même mondiaux.

Donc, je crois qu'il y a une deuxième considération à avoir à l'esprit, c'est le nombre de groupes en France qui peuvent prétendre se placer sur le marché mondial.

M. SCHEURER. — Il semble a priori qu'il y a incompatibilité entre la taille du marché national, même dans les hypothèses les plus vastes, et les tailles optimales pour l'industrie.

M. BOULIN. — A travers ce que vous dites, est posée implicitement la notion d'une taille critique pour les constructeurs.

Il faut raisonner dans le temps, c'est-à-dire avoir de cette notion de taille critique, une notion dynamique. Par l'amélioration des méthodes, par leur simplification, on peut faire le pronostic que, les unités grossissant ainsi que les investissements nécessaires pour les faire, la taille critique exprimée en nombre d'unités par an ira en croissant.

On révèle plus ou moins implicitement cette notion de taille critique par une vague courbe qui ressemble à une hyperbole dans laquelle il y a des charges fixes. A la limite, cette courbe ne présentant pas un minimum, il n'y a pas moyen de dire où est la taille critique. A partir d'un certain moment, on a l'impression que le prix ne baisse pas beaucoup, on a l'impression dans nos métiers, que des écarts faibles en pourcentages sont très importants.

La notion de taille critique ne se pose plus en termes de position absolue sur la courbe, mais en termes de position relative. Où est-on par rapport aux autres ? C'est la seule véritable manière de parler de taille critique, par comparaison avec les concurrents, internationaux bien sûr, avec deux idées, la première, c'est qu'il faut voir où est l'ennemi, et en second lieu savoir où est l'allié.

La taille critique, on peut la rejoindre par une approche internationale, par la création de familles,

etc., et inversement, c'est en voyant ce que donnent les familles contre lesquelles on se bat qu'on peut savoir si on a ou pas la taille critique. Là-dessus, il faudrait peut-être mettre des chiffres.

M. KOCH. — Si on veut se représenter ce que va devenir l'industrie nucléaire, il ne serait peut-être pas mauvais de regarder ce qui s'est passé dans le domaine plus classique des turbo-alternateurs, ou des turbines. Il faudrait un peu démystifier le nucléaire : une chaudière nucléaire peut, dans une certaine mesure, se comparer industriellement à ce qu'on fait pour des turbines ; c'est peut-être un peu plus gros, plus compliqué, mais c'est un problème industriel analogue.

Si on regarde comment le problème s'est posé pour les turbines, on voit que là aussi, il y avait des masses critiques signalées dans les rapports de l'O.C.D.E. On a dit que les sociétés qui subsisteraient dans le futur, devraient avoir une base critique de 6.000 à 10.000 MW.

Dans le domaine des turbines, on voit que petit à petit s'éliminent un certain nombre de constructeurs et que ceux qui restent se rassemblent autour de quelques techniques mondiales qui dominent le monde, qui sont relativement peu nombreuses et dont le nombre va en décroissant chaque année. Il se formera un certain nombre de pôles mondiaux de techniques.

Sur le plan nucléaire, la décanatation est déjà presque faite, il y a un certain nombre d'entreprises mondiales qui sont relativement peu nombreuses et dont le nombre rediminuera après avoir augmenté un certain temps. Il y aura quelques pôles techniques qui justifieront des dépenses considérables, et qui seront encore bien plus considérables dans le domaine nucléaire

que dans le domaine des turbines.

Je pense que cette organisation de construction sera pour nous une organisation européenne. Il faut regarder les choses sur le plan français, mais c'est à partir de ce schéma que l'on peut essayer de raisonner et de voir quel est le nombre de constructeurs de centrales nucléaires qui, dans l'avenir subsistera en Europe.

M. LENY. — On parle beaucoup de l'Europe. Effectivement, c'est inévitable, mais pour vendre des



centrales sur le plan européen, encore faudrait-il surmonter un certain nombre de barrières invisibles et valables que la Commission de Bruxelles a signalé maintes fois. Lorsqu'on essaye de se placer en Allemagne, on s'aperçoit véritablement que les conditions de sécurité qui sont demandées sur le marché nucléaire allemand sont très nettement différentes de celles qu'on rencontre en France par exemple. En France même — d'ailleurs on élève aussi des barrières — il n'y a aucun doute que les réacteurs que nous construisons actuellement sont construits sur des modèles américains, mais avec des différences, et quelquefois même notables. Celles-ci s'accroissent de semaine en semaine.

M. PECQUEUR. — La sûreté est une chose à laquelle nous devons tous penser compte tenu des incidences que les accidents nucléaires pourraient avoir. Mais il faut bien voir que simultanément, c'est la meilleure arme, bien meilleure que n'importe quelles barrières douanières, qu'on ait pour éliminer une technique. Les critères de sûreté, qu'il s'agisse des différents types de réacteurs, sont décidés sur le plan national, bien entendu aux Etats-Unis, mais en Europe aussi. Tant qu'il y aura des critères de sûreté, ou des méthodes d'analyse, même de sûreté qui seront différentes en Angleterre et en France, en Allemagne et en Suisse ou en Italie, on aura toutes les peines du monde à pouvoir essayer de vendre les mêmes produits sur les différents marchés. Ce ne sera pas un marché unique, ce sera un certain nombre de marchés conditionnés par des obligations et des critères qui peuvent être absolument déterminants.

On voit bien la facilité avec laquelle on peut démolir le réacteur de M.A. ou le réacteur de M.B en mettant judicieusement un petit critère, en apparence absolument anodin, mais qui gêne tel producteur, ou qui gêne tel constructeur. Par conséquent, je crois que ce biais de la sûreté, c'est très important, délicat, parce que cela touche aux responsabilités les plus importantes que les gouvernements et les autorités de sûreté ont à prendre. Mais tant qu'il n'y aura pas une certaine harmonisation des critères de sûreté, on peut craindre qu'il ne continue à y avoir une certaine compartimentation des marchés.

M. AUSSOURD. — Inversement, certains pays peuvent rechercher par ce biais une influence de leur



P. AUSSOURD
 Direction
 du Gaz,
 de l'Électricité
 et du Charbon

marché national sur le marché extérieur. Et justement, cette course aux critères de sûreté qu'on peut remarquer dans plusieurs pays répond parfois à un désir un peu contradictoire avec la sûreté d'essayer de faire de ces critères une espèce de bannière pour dire aux autres pays : ce que nous faisons chez nous, nous le faisons bien, donc achetez-le nous.

M. PECQUEUR. — Effectivement, il y a un certain risque de surenchère. Celui-là est certain, évidemment. Mais on peut espérer que les gens sont suffisamment raisonnables au moins à partir d'un certain temps, pour ne pas faire une surenchère bête. Il y a aussi un autre aspect qui est la simple méthodologie d'approche du problème. Je rappelle qu'aux États-Unis, il y a une philosophie de sûreté qui est basée sur l'accident maximum croyable. En Angleterre et en Europe en général, la tendance est plutôt vers une estimation probabiliste d'un arbre de défaillances et une espèce de défense en profondeur correspondant à une analyse des risques d'accidents avec une probabilité d'enchaînement. Les Américains reviennent un peu sur leur philosophie de l'accident maximum croyable pour reprendre une approche probabiliste de l'accident.

Voilà deux méthodologies différentes et inconciliables.

Un réacteur qui est analysé suivant le mode de l'accident maximum croyable n'est pas forcément bon sur le plan de l'analyse probabiliste et réciproquement.

Bien entendu, tout ceci, ce sont des nuances. Mais il y a une question de méthodologie importante, si la méthodologie n'est pas la même entre les différents pays, où va-t-on ?

M. KOCH. — Cela fait partie de ce qu'on appelle « les obstacles techniques aux échanges », bien connus dans le marché commun.

Mais il ne faut pas oublier que bien qu'on ait ces obstacles techniques aux échanges pour l'ensemble des produits que fabrique l'industrie française et étrangère, les échanges européens augmentent de 15 à 20 % par an. Petit à petit les marchés s'ouvrent malgré les obstacles, il devrait en être de même pour l'industrie nucléaire au cours des années 1980-2000.

M. CARLE. — Il me paraît qu'il s'agit d'une volonté d'autarcie, et la sécurité est pour beaucoup l'idée de cette volonté de rester chacun chez soi.

Malheureusement, le nucléaire n'en est pas encore à vendre des machines à laver ou des automobiles. En fait, on n'arrive pas à vendre deux fois le même réacteur et je crois que ce qu'il faut retrouver au niveau d'un tel secteur industriel, c'est la connaissance profonde de son système qui lui permet de répondre à des desiderata différents. Je crois qu'il ne faut pas maximiser ce problème, c'est à mon avis un problème politique.

Ceci étant donné, il faut tout faire pour unifier en matière de sûreté.

M. BOULIN. — Ce problème pourrait se poser d'autant plus qu'on aura créé des structures industrielles qui amèneront les gens à défendre et à bloquer les frontières.

M. SCHEURER. — Dans le domaine des matériels classiques, il y a espèce de collusion entre constructeurs, Pouvoirs Publics, sociétés d'électricité d'un même pays, où on élabore un certain nombre de règles techniques et de spécifications qui ont pour effet de maintenir les habitudes et de faire vivre en circuit fermé. En matière nucléaire, il y a un autre participant, c'est l'opinion publique. Finalement, je crois que tous les problèmes qui se sont posés ont été soulevés par l'opinion publique beaucoup plus que par les discussions entre organismes officiels, constructeurs, utilisateurs. Nous avons la preuve que l'intervention de l'opinion publique peut avoir un effet bénéfique sur l'ouverture des frontières. L'opinion publique est très sensibilisée en Suisse et en Allemagne et l'industrie française aurait pu établir cette performance remarquable qu'on n'aurait certainement pas osé espérer, de vendre quelques centrales, clefs en mains y compris leur exploitation à des producteurs suisses ou allemands. Ce sera à mon avis un élément qui permettra de leur montrer les avantages qu'il peut y avoir à prendre une autre technique que la leur, de même que d'autres collaborations bilatérales dans d'autres domaines non nucléaires permettent de mieux se connaître, et font disparaître un certain nombre de barrières techniques.

M. de BUYER. — Dans ce problème de sûreté, il y a un aspect des problèmes des codes de calcul

en général. Si l'on s'en réfère au domaine des chaudières conventionnelles, par exemple, quand un industriel français veut exporter 40 % de sa production, il se heurte aux différents codes des différents pays. Il n'y a rien de plus semblable à une chaudière à mazout qu'une autre chaudière. Le code indien, par exemple, pour ne nommer que celui-là, par rapport au code coréen ou au code argentin, offre des différences qui ne sont pas résorbées, et pourtant, dans le domaine du conventionnel on a l'impression qu'on est arrivé jusqu'au bout de l'asymptote.



*P. de BUYER
Directeur
Général-Adjoint
de Babcock-
Atlantique*

En fait, le problème de la sûreté est un aspect du problème des codes, et je pense que le problème de l'harmonisation des codes relève d'une certaine forme de collusion des fournisseurs et des clients que sont les producteurs d'électricité en Europe. Il semble qu'on servirait la cause des groupes européens, pour les marchés tiers, en obtenant une harmonisation rapide des codes : car, en fait on va se trouver dans quelques années devant trois grandes zones industrielles, le Japon, l'Amérique du Nord et l'Europe, et les marchés tiers. Si l'Europe aborde les marchés tiers en ordre dispersé, elle se fera tailler en pièces par les deux groupes,

déjà monolithiques que sont les Etats-Unis et le Japon.

Donc, le problème du code européen unique me paraît un des problèmes les plus difficiles et des plus urgents à traiter. S'ils ne sont pas traités de façon volontaire, la résorption se fera de façon extrêmement lente, avec une asymptote qui ne sera jamais égale à zéro.

M. PECQUEUR. — Il y aurait un intérêt extrêmement grand à ce qu'en France et si possible en Europe, nous mettions sur pied un certain nombre de codes et de contrôles de qualité qui soient susceptibles ensuite d'être repris en compte dans des critères de sûreté plus généraux.

Je crois que c'est une des choses — qui est assez modeste au départ — que l'on peut peut-être faire dans une espèce de consensus général, indépendamment de cet aspect des problèmes que posent les structurations industrielles et qui pourrait être positif pour effectivement progresser dans la voie de l'internationalisation de nos travaux, d'une part, et d'autre part, donner également aux instances de sûreté et de bases assez solides de discussion en France.

M. ROZENHOLC. — Pensez-vous qu'aussi bien dans le domaine de la sûreté que dans le domaine des codes, la simple puissance de notre persuasion suffise à imposer notre raison, notre sentiment, notre conviction à des pays étrangers dotés de structures industrielles notablement plus puissantes que les nôtres ?

M. PECQUEUR. — La question est d'être réaliste en fonction de ce qui existe.

Ce qui ne veut pas dire obligatoirement d'adopter les choses tel-

les qu'elles sont, mais éventuellement négocier et discuter, c'est le cas où la discussion en Europe peut être utile.

Il est peut-être moins disproportionné qu'avec des interlocuteurs américains.

M. COUTURE. — Si vous adoptez les codes américains, vous ne pensez pas que vous donneriez à ces constructeurs des avantages considérables sur des problèmes aussi bêtes que des nuances d'acier ?

M. CARLE. — Je pense que nos fabricants d'acier savent que si nous avons besoin d'acier de type américain, ils sont capables de le faire. Que ceci soit un avantage, au moins sur le plan psychologique, c'est évident, mais peut-être faut-il partir de là pour faire un travail de développement. Les codes ne sont jamais fixés une fois pour toutes et il y a là un très gros travail à faire qui risque de nous dépasser.

M. MAYER. — Les Japonais se sont alignés sur les Américains,



*R. MAYER
Président
du P.C.M.*

done, parmi les trois du groupe évoqué tout à l'heure, deux sont déjà en concordance ?

M. SCHEURER. — Je ne pense

absolument pas que les codes américains aient la moindre arrière-pensée de protéger une industrie qui travaille très peu à l'exportation. Ils ont fait des codes extrêmement programmatiques, concrets, avec un sens pratique certain. Ces codes n'ont pas été établis par le constructeur seul et je ne pense absolument pas que les codes américains constituent une entrave ou une menace. Il faut bien le dire, nous avons une normalisation en France très en retard par son étendue, et non seulement par rapport à la normalisation américaine mais également par rapport à la normalisation allemande, et vouloir peut-être par excès de chauvinisme et de rationalisme cartésien faire notre propre normalisation, ce serait perdre du temps.

M. de BUYER. - - Le code allemand serait à étudier. Les conditions des normes de qualité allemandes sont beaucoup plus sévères sur certains produits que les normes américaines. Le prix d'une cuve, 100 construite sur les normes américaines, est égal à 110 ou 155 selon les normes allemandes. Si on pense aux marchés tiers, il ne faut pas se placer sur un niveau de qualité, il faut faire attention aux codes.

Si on se réfère toujours aux centrales conventionnelles, l'avantage du système conventionnel, c'est qu'il existe un code européen, il existe un organisme européen qui étudie ces questions de code. Dans ce domaine de la technologie, on peut faire des codes acceptés par certains pays étrangers qui sont moins sévères que les codes américains. Il faut être compétitif tout en respectant le critère de sûreté minimum. L'énergie nucléaire n'est pas assez élaborée pour qu'on puisse faire ce choix, mais le choix d'un

type de code aura une influence considérable sur l'évolution des activités des industriels européens dans les marchés tiers.

M. COUTURE. — Supposons pour un moment que ces problèmes d'entrave technique soient éliminés, vers où devons-nous tendre si nous imaginons ce que sera l'industrie électro-nucléaire dans quelque dix ans, vers quoi devons-nous tendre pour répondre à la fois aux impératifs de développement tel que nous le voyons dans notre hexagone, et à toutes les conditions très justement mises en évidence sur son caractère international ?



D. QUENIAKT
Direction de la
Technologie de
l'Environnement
Industriel
des Mines

M. BOULIN. — L'énergie nucléaire est justifiable d'une analyse de coûts ou frais fixes et frais variables, mais qui doit être complétée d'autres éléments.

La durée du cycle de fabrication est un élément actuel. Pour fabriquer un réacteur, il faut en France dans l'ordre de 60 mois, c'est-à-dire cinq ans ; aux Etats-Unis on voit cette durée passer à 7, 8 ans, parfois, compte tenu des problèmes d'autorisation d'implantation, et la fourchette est entre ces chiffres. Ceci conduit à des intérêts intercalaires considérables et tout ce qui permettra de réduire ce temps de construction tout en assurant les

mêmes respects des contraintes extérieures, finalement trait dans le sens de l'économie.

A cet égard, il est certain qu'une fabrication industrialisée, je dirai une fabrication non artisanale, donne une garantie évidente. On ne peut pas, dans des métiers difficiles comme ceux-là, respecter des plannings de fabrication comme si on fabriquait des bas en nylon. Il est bien entendu que la moindre difficulté sur un composant nucléaire ou un élément de ce composant se répercute au niveau final sur la construction.

M. SCHEURER. — Actuellement, vous pouvez voir qu'en matière essentiellement de centrales classiques, et aussi en centrales nucléaires, nous considérons que les essais des séries et d'apprentissages sont prépondérants sur les essais techniques et nous commandons trois ou quatre unités identiques car tous les avantages globaux qu'on en retire sont supérieurs à ce qu'on pourrait retirer d'un perfectionnisme et une amélioration des qualités des performances.

M. COUTURE. — La notion de paliers devrait être un peu plus rigoureusement observée, elle n'est pas opposée au progrès, bien au contraire.

Mais il vaut mieux se tromper par excès que par défaut.

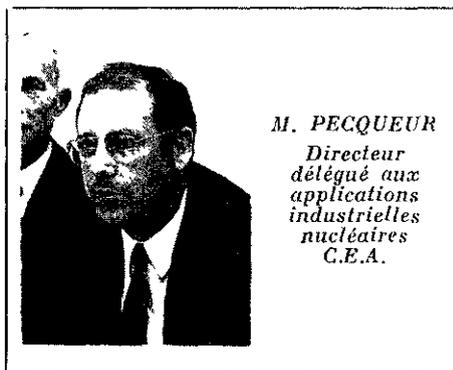
M. BOULIN. — Il faut cesser de planter des drapeaux sur les techniques comme autrefois on le faisait sur les fromages. Le perfectionnement de toute technique est ouvert à tous et en particulier, il est clair qu'une collaboration peut et doit s'établir en France entre l'industrie qui travaille actuellement sur les réacteurs nucléaires et le C.E.A. qui a une expérience

évidente, des moyens considérables qui n'ont pas d'équivalents dans l'industrie.

M. PECQUEUR. — Le nucléaire a quand même un certain nombre de caractéristiques : c'est un domaine dans lequel la nouveauté, la technique et l'évolution sont assez rapides ; c'est un domaine dans lequel les tailles unitaires d'intervention sont considérables ; c'est par conséquent un domaine dans lequel le coût de la recherche et du développement est particulièrement élevé.

La mise au point d'une nouvelle filière, se chiffre en plusieurs milliards de francs. Même si nous parlons simplement de l'assimilation ou d'adaptation de techniques déjà connues, on est tout de suite à l'échelle de dizaines de millions de francs. L'intervention d'un organisme d'Etat qui a à la fois la possibilité de rassembler un certain nombre de moyens en hommes et en matériel avec une certaine pérennité et d'être financé par les deniers publics, c'est une nécessité qui s'impose si on désire jouer un rôle sur le plan de l'invention et de la progression des connaissances dans le domaine nucléaire.

D'ailleurs, cette constatation n'est pas particulière à la France, elle existe dans tous les pays du monde. Même quand on regarde les pays de tradition libérale, qu'il s'agisse de l'Allemagne ou des Etats-Unis, sans parler de l'Angleterre qui a une structure assez comparable à la nôtre, on s'aperçoit qu'au moins au début, les sommes dépensées pour les premières mises au point des techniques le sont sur des crédits d'Etat par l'intermédiaire de moyens qui sont des moyens comme les centres d'études en Allemagne ou comme un cer-



M. PECQUEUR
*Directeur
délégué aux
applications
industrielles
nucléaires
C.E.A.*

tain nombre de centres qui ont joué un rôle aux Etats-Unis.

Le problème de fond qu'il faut se poser, c'est de savoir quel est l'objectif qu'il faut qu'on se propose en dépensant l'argent des contribuables à de telles études. Cet objectif est évidemment de pouvoir mettre au service de l'économie du pays les meilleures techniques avec les conditions les meilleures, de transfert et d'échanges de connaissances et d'information pour que les choses soient les plus efficaces possibles.

Pour cela, il faut définir d'abord les objectifs que l'on poursuit, ensuite, la répartition des tâches entre les uns et les autres, enfin les processus d'information et de transfert.

Sur les objectifs, on peut citer des exemples qui sont la réalité de notre pays : sur les réacteurs à neutrons rapides, nous nous sommes donné de mettre au point une technique originale qui puisse être valorisée autant que faire se peut sur le plan international. Sur le plan de réacteur à eau ordinaire, actuellement il y a un certain nombre de réacteurs qui ont été commandés par E.D.F., commandés à nos amis de Creusot-Loire, et il y a une nécessité pour le bien économique de la France que ces réacteurs marchent bien. Et puis au-

delà, il y a certaines idées que l'on peut se faire, en cours de discussion actuellement, sur ce qu'on peut faire de plus ?

Dans le domaine des réacteurs à haute température, nous avons pris certaines dispositions, avec un groupement industriel français le G.H.T.R. pour établir avec une société américaine, Gulf General Atomic un certain contrat d'échanges d'informations de développement industriel dans lequel il a été défini avec autant de précision qu'on l'a pu, le rôle de ce groupement industriel et le rôle du Commissariat à l'Energie atomique dans cette affaire.

Sur la suite des opérations dans le domaine de l'eau ordinaire, le problème fait encore l'objet d'un certain nombre de discussions.

Les objectifs étant définis, il est important de se répartir les rôles. Dans le domaine des neutrons rapides, nous avons un certain nombre d'industriels qui y participent, nous avons essayé de définir les rôles respectifs des uns et des autres pour la promotion de cette technique. Dans le domaine des H.T.R. nous avons fait la même chose, et dans le domaine de l'eau ordinaire également.

Ensuite, il faut avoir des processus d'échanges. Je crois qu'à partir du moment où les rôles sont bien définis les problèmes des processus d'échanges sont plus simples. En effet, les méthodes de processus d'échanges sont bien connues, elles ont existé bien des fois dans le passé. Entre le C.E.A. et l'industrie, il y a la collaboration sur le plan des équipes d'engineering ; il y a là une symbiose qu'il est, je crois, souhaitable de continuer. D'autre part, il y a le processus des contrats d'études. Il arrive souvent que pour développer tel ou tel aspect d'une technique, il y ait des colla-

borations sous forme de contrats d'études financés, je dirai en général par le Commissariat et les derniers publics, mais dans un certain nombre de cas cofinancés par le Commissariat et l'Industrie. Et il y a également les moyens que nous avons mis en place, et en particulier la Société Technicatome qui a été mise en place et qui peut constituer un moyen de transfert de connaissances et permettre précisément d'associer des équipes qui connaissent particulièrement bien ce qui se fait au Commissariat avec des équipes industrielles sous une forme de contrats d'association. Toutes les formes sont possibles et l'existence de cette société doit permettre précisément la mise en place des solutions les plus souples possibles. Par conséquent, je crois que si nous arrivons à résoudre bien les trois problèmes que j'ai indiqués : objectifs, définition des rôles et problème moyen des transferts, nous aurons à peu près résolu le problème qui nous est posé. Par conséquent, aussi bien au sein du Commissariat qu'au sein de l'industrie où les gens réalisent volontiers qu'il faut que l'argent du contribuable soit bien utilisé, je crois qu'il sera possible de faire quelque chose de satisfaisant.

M. PIKETTY. — La mise au point d'une filière, depuis l'origine est quelque chose de très coûteux, qui se chiffre par plusieurs milliards de francs.

Je rapproche ceci des propos précédents, sur l'ampleur du marché français d'une part, et d'autre part, sur les phénomènes d'entraves techniques aux échanges qui font qu'il y aura quand même pour chaque technique mise au point des difficultés assez considérables pour trouver des débouchés extérieurs à nos frontières. Je me demande s'il



G. PIKETTY
Conseiller
Technique
auprès du
Ministre du
D.J.S.

n'y a pas au point de vue intellectuel, une évolution dans les objectifs de la politique de recherche et de développement et si, pour l'avenir, plutôt que de penser à mettre au point de nouvelles techniques, pratiquement dès l'origine, nous ne sommes pas maintenant orientés vers une assimilation intelligente de techniques mises à point sur des marchés a priori qui ont des chances d'offrir un débouché suffisant avec une politique d'amélioration intelligente de ces techniques.

Autrement dit, pour parler brutalement, si nous avions à prendre la décision, faut-il faire une technique française à neutrons rapides ? Je ne suis pas certain que nous prendrions la décision comme nous l'avons prise il y a cinq ou dix ans.

M. PECQUEUR. — Il est indispensable que nos ambitions soient à la mesure de nos moyens. Il serait dangereux de se lancer dans 36.000 actions, si nous ne sommes pas en mesure techniquement de les mener jusqu'à leur fin. Par conséquent, il faut dimensionner nos objectifs aux moyens dont nous disposons. Mais ceci ne veut pas dire pour autant que les choses soient bien définies, elles ne sont pas blanc ou noir et je reprends l'exemple d'une discussion tripartite,

négociation menée par les industriels français, industriels américains et C.E.A. qui a permis d'aboutir à une situation qui n'est pas mauvaise... les H.T.R. sont l'exemple d'une bonne politique et qui a permis d'aboutir, ayant eu une ambition limitée, partant d'une technique existante, par conséquent limitée au point de vue impact (et de limiter ne veut pas dire totalement renoncer). Dans chacun des cas, il s'agit de savoir ce que l'on cherche à obtenir, de dimensionner les moyens en conséquence et essayer d'obtenir une situation ou des avantages qui sont dimensionnés à l'importance des crédits que nous affectons à cette affaire.

M. TARANGER. — Je voudrais insister sur l'aspect des objectifs, des rôles de chacun, ayant eu le privilège de servir dans l'industrie privée pendant longtemps, j'ai comme religion que le client a toujours raison.

Par conséquent, je crois que les objectifs et les rôles de chacun doivent être avant toutes choses approuvés par le client final : Electricité de France. Il me paraît que les moyens de l'établissement public C.E.A. peuvent lui permettre d'inventer, sinon des filières, du moins des types de réacteurs. Quand il a affaire au client Défense Nationale, là, il n'a pas le choix, il faut l'inventer, chez soi, on ne peut pas l'acheter. Et on a pu montrer qu'avec des moyens dont l'ordre de grandeur est comparable à ceux avec lesquels ASEA-ATOM a inventé en Suède un réacteur à eau bouillante, le Commissariat a fait un moteur sous-marin. Mais encore faut-il qu'on admette au départ, et là-dessus l'E.D.F. a le dernier mot, que même si le C.E.A. a inventé un type original et particulièrement sensationnel de

réacteur, comme par exemple les Canadiens qui ont un type de réacteur à eau lourde (CANDU) dont ils sont très contents, l'E.D.F. n'en voudrait à aucun prix parce que, et nous le comprenons, ce n'est pas facile d'être seul à avoir mis au point un procédé. On ne peut pas se faire éventuellement aider par d'autres qui y auraient contribué.

Par conséquent, la notion objective du rôle de chacun n'est pas une vue de l'esprit, c'est fondamental, et le dernier mot est à E.D.F.

M. CARLE. — Le C.E.A. essaye de mettre les choses au point, développer des choses un peu nouvelles, et un client qui dit : « j'en veux, ou je n'en veux pas » pour fermer le triangle, encore faut-il qu'il y ait un industriel qui ait en-



R. CARLE
*Directeur
 de la Division
 de Construction
 des réacteurs
 C.E.A.*

vie de vendre l'appareil, qui se sente le goût, les possibilités d'en faire un objet commercialisable.

M. BOULIN. — Notre ami SCHEURER est ce soir un client, mais il est aussi un peu notre référence internationale, et il a une autre tâche, c'est d'être, en tant qu'électricité nationale, une sorte de modèle de client international. C'est la réponse qu'il doit faire à la question posée par M. TARANGER : il ne peut pas être un égoïs-

te forcené à l'intérieur d'un hexagone.

M. SCHEURER. — Je pense que les choses ne sont pas séparées. Si nous restons sur le plan du client qui a des responsabilités de gestion, ces responsabilités, nous les assumons au niveau de la nation, et nous avons à arbitrer entre des propositions techniques que nous avons à essayer de juger. Mais nous sommes obligés de nous référer à un contexte international et de ne pas nous enfermer dans une vision hexagonale des choses. Nous sommes au courant de ce qui se fait à l'étranger, aussi bien au point de vue de la technique que des prix. Et nous jugeons, sur ces deux aspects en nous disant, bien sûr, que telle technique prometteuse sur le papier a besoin d'être développée par un organisme industriel puissant qui en a les moyens et donne une certaine garantie de chance de succès. Une fois que nous avons cette appréciation, nous disons : on ne peut pas avoir raison contre tout le monde, nous ne sommes pas plus malins, ce serait une erreur de penser que tout le reste du monde se trompe et, par conséquent, nous nous référons à ce qui se fait ailleurs et nous disons qu'à partir du moment où l'ensemble des pays industriels, les pays qui ont fait leurs preuves par une certaine efficacité industrielle s'engagent dans certaines voies, nous avons là des références sûres de technique, de fiabilité, de prix, qui nous permettent de faire une appréciation en coût total et pas seulement en coût d'investissement ou en attrait technique. Au contraire nous pouvons prendre un risque, en disant : Nous avons une espérance de gain à long terme, et par conséquent nous prenons ce risque ; nous n'avons pas le droit de faire un tel pari : nous

jugeons sur des éléments concrets, et nous ne pouvons pas nous permettre de mettre en équation dans le modèle de choix de nos décisions des éléments aussi aléatoires que les retombées, mais il est bien certain également que si la technique est assise sur une puissance industrielle, sur une organisation industrielle valable, sur des moyens de recherche et sur des moyens de soutien tels que ceux qu'apporte le C.E.A., si en plus, nous considérons le surplus de gain que peut apporter à l'industrie française le débouché ou la percée sur les marchés étrangers, appuyé sur des éléments non négligeables quoique difficiles à chiffrer, telle la référence « E.D.F. » appréciée au niveau international par son importance, c'est très bien, mais ce qui peut survenir à la suite de décision qui puisse profiter à l'industrie française, c'est le bénéfice, c'est le gain : ce n'est pas un élément déterminant de notre décision. Nous sommes désireux que les choses réussissent parce que nous en recevront les retombées et cet effet supplémentaire nous sera bénéfique, mais ce n'est pas l'élément fondamental de notre décision.

M. BOULIN. — La question la plus difficile me semble être celle de la fixation des objectifs. Il y a un énorme potentiel au C.E.A. qui peut appliquer ce potentiel appuyé par une force financière importante à des objectifs en nombre très supérieur aux moyens dont il dispose, il faut sérier ces objectifs et trouver un critère de choix.

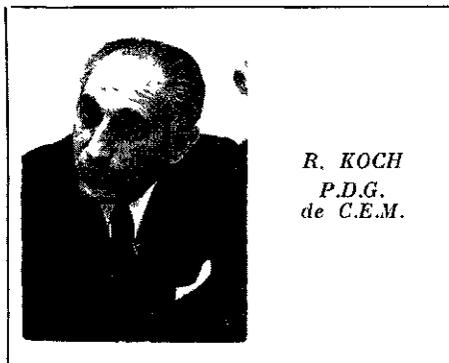
Quand nous faisons notre petit métier quotidien, on a des règles de comptabilité qui permettent de mettre une barrière. E.D.F. dans son univers a aussi un certain nombre de règles de ce genre. Quand on aborde un monde aussi com-

plexe et projeté sur l'avenir et la transformation que le nucléaire, je ne pense pas que la clef du choix soit aussi simple que cela, et forcément, elle me semble reposer sur des éléments nombreux et variés, économiques pour certains, d'autres politiques.

M. PECQUEUR. — Le problème de la recherche dans le domaine nucléaire à l'échelle européenne est en général bloqué par le fait que la recherche nucléaire est quand même une recherche appliquée, par conséquent, une recherche dont le but est de définir des techniques qui a priori ont une valeur commerciale. Et ce qui est assez notable, c'est que l'un des domaines dans lesquels les efforts conjoints européens sont les plus fructueux et les plus faciles, c'est précisément le domaine de la recherche fondamentale. Si on parle de C.E.R.N., de la fusion, de la biologie, etc... il est plus facile de mettre sur pied un programme commun. Il y a une certaine coordination des efforts à l'échelle internationale. Par contre, lorsqu'on arrive au domaine de la recherche appliquée, c'est-à-dire quelque chose qui a une chance de voir une application industrielle dans un délai de cinq à dix ans maximum, le système se bloque, parce qu'évidemment, dans chaque pays on voit d'un mauvais œil sa contribution mise dans un pot commun dont on ne sait pas très bien par quel canal industriel il sera exploité, et par conséquent, il y a immédiatement le réflexe d'auto-défense qui consiste à dire : je dépense de l'argent, il faut que ça serve à mon industrie ou à l'économie de mon pays et a priori, je ne veux pas en faire cadeau aux autres. A ce moment-là, les programmes se referment sur le plan national au lieu de s'ouvrir sur la colla-

boration internationale. Il y a là une difficulté intrinsèque liée au fait que les crédits sont fournis par les Etats, que les organismes de recherche communautaires sont étatiques et que les exploitations sont, ensuite, industrielles. Par conséquent, le système se bloque.

On cite souvent l'Allemagne comme étant un pays dans lequel très libéralement un grand nombre de crédits vont directement du Ministère à l'industrie. Il est notoire que le total des effectifs et des crédits dépensés dans les centres de recherche allemands sont d'un ordre de grandeur comparable, et même supérieurs à ceux qui sont dépensés dans les centres de recherche et dans les équipes du Commissariat.



R. KOCH
P.D.G.
de C.E.M.

M. COUTURE. — Il en va différemment peut-être en France, mais on constate quelquefois des circuits qui tournent en sens inverse, c'est-à-dire de l'Etat aux organismes de recherche puis à l'industrie. Il serait intéressant de connaître dans ce volume global des budgets des centres de recherche, quelle est la proportion qui vient de l'industrie elle-même, subventionnée directement.

M. PECQUEUR. — On peut noter qu'il y a aussi des cas où effec-

tivement les choses se passent de façon telle en France, dans lesquels il est considéré et reconnu que l'industrie a vraiment un rôle de leader, et je reconnais que lorsqu'il s'agit de certaines applications, assez souvent les crédits passent directement de l'Etat au Commissariat, mais ils sont en fait affectés et dépensés sur des opérations qui sont pilotées de l'extérieur.

M. CARLE. — Cette situation allemande reflète une situation générale dans laquelle la politique industrielle est parfaitement pré-déterminée puisqu'on donne de l'argent à un certain nombre de gens dont on sait qu'ils ont telle ou telle vocation. La situation n'est pas tout à fait similaire en France.

M. ROZENHOLC. — Quelles que soient les techniques et quels que soient les pays, le problème de l'industrialisation et de la commercialisation de l'énergie nucléaire se pose. Nous sommes en France, nous avons à accepter les conditions françaises, que les techniques soient importées, achetées aux Américains, ou que ce soient des techniques que nous essayons de faire déboucher en France. Il me semble qu'il y a deux aspects qui n'ont pas été évoqués jusqu'à maintenant :

D'abord, l'industrie nucléaire est une industrie jeune. Et en plus nous sortons d'un virage très traumatisant pour l'industrie. Les structures et les cadres qui existaient ne sont plus ceux utilisés, il faut en bâtir d'autres.

Nous sortons d'un virage, et cependant, de tout le passé nucléaire français, il reste dans beaucoup de domaines des capacités extrêmement importantes de développement. Le C.E.A. possède des moyens très importants. En fabrication, les



M. ROZENHOLC
 Directeur
 Général
 de G.A.A.A.

sociétés de construction possèdent une expérience nucléaire très grande. En engineering également, il existe des capacités qui ont fait leurs preuves sur des réalisations passées. Tous ces moyens disposent de ce qu'on peut appeler un « métier nucléaire ».

Un métier nucléaire, c'est une notion très importante. On constate que quel que soit le pays, les organismes qui se sont lancés dans la réalisation nucléaire et qui n'ont pas prêté suffisamment d'attention aux précautions qu'exige le métier nucléaire ont eu d'importantes difficultés (comme les Etats-Unis).

Un bon exemple du métier nucléaire français est la réalisation de la Centrale espagnole de Vandellòs qui fonctionne assez bien et qui a été réalisée vite.

Il est très difficile aujourd'hui de savoir ce que sera l'industrie nucléaire future, comment elle sera faite. Les capacités nombreuses qui existent en France ne peuvent pas être bien mises en œuvre parce que le cadre d'ensemble n'existe pas. Je crois qu'une des tâches des années à venir c'est d'essayer de bâtir ce cadre ou ces cadres.

M. BOULIN. — Existe-t-il une recherche internationale qui ait obtenu les résultats qui soient en rap-

port avec les moyens qui la concernent ? Je me demande si l'activité de recherche n'est pas une des plus difficiles à motiver qui soit, dans laquelle il est plus difficile de créer la motivation des gens qui s'y adonnent. Au fur et à mesure qu'on évolue vers des structures de plus en plus désincarnées, la motivation est de plus en plus difficile à obtenir. Sur le plan privé, si un patron se trompe, il n'engage que son entreprise. Sur le plan national (et nous avons l'exemple de difficultés qui se sont produites au C.E.A.) on y arrive. Sur le plan international, cela me semble une gageure.

M. COUTURE. — Nous constatons une difficulté assez fondamentale dans le fait que les programmes de recherche et développement, forcément, à cause de la dimension même des industries européennes, ne peuvent guère faire autrement que provenir de fonds publics, et ces fonds publics sont distribués par des Etats alors que les industries souhaitent avoir pour vocation de devenir transnationales.

Il y a une espèce d'articulation qui n'a pas trouvé vraiment une solution générale.

M. PECQUEUR. — Je pense qu'il faut distinguer entre la recherche internationale, c'est-à-dire l'organisme international de recherche qui rassemble dans un certain lieu un certain nombre de savants qui se disent : « Maintenant, qu'est-ce qu'on va pouvoir faire d'intéressant pour l'Europe », et certaine coordination des activités de recherche sur le plan international. Je vais prendre un exemple brûlant, l'idée qu'actuellement il y a trois réacteurs de grande puissance à neutrons rapides qui sont en train de se préparer, l'un en France, en as-

sociation avec l'Italie et de façon marginale avec l'Allemagne, le second en Allemagne et le troisième encore en Angleterre. Cela ne paraît pas raisonnable, et on peut penser qu'il y a peut-être — je dis bien peut-être parce que ce n'est pas facile de trouver une solution — un moyen d'éviter qu'on fasse à peu près simultanément trois réacteurs dont la gamme est celle des 1.200 à 1.500 MW en Europe, dans trois pays différents. Cela me paraît être un problème qu'on peut aborder, mais pour le résoudre, on voit tout de suite que ce n'est pas par le biais des organismes internationaux ou gouvernementaux qu'on le résoudra, mais par le biais de l'industrie. Je suis assez pessimiste sur la recherche internationale par des organismes internationaux dans le domaine de la recherche appliquée. Par contre, une certaine rationalisation des recherches nationales sur un plan international ne me paraît pas désespérée.

Il est intéressant de noter que l'un des secteurs dans lequel la coordination internationale a fonctionné, c'est le « reprocessing » sur lequel on était relativement près des industriels, et sur lequel on a pensé établir une coordination des activités allemandes, anglaises et françaises, sur le plan en particulier des études qui sont à faire pour améliorer ou pour faire fonctionner le retraitement des combustibles.

M. TARANGER. — L'United Re-processors, c'est une société qui a un nom anglais, qui a son siège social à Francfort, qui dépend de la loi allemande et dont le président est français.

Elle a comme objet de centraliser le commerce du retraitement des combustibles irradiés et répartir les commandes qu'elle prend entre les usines existantes en Angle-

terre et en France, à construire dans peu d'années en France, et ultérieurement en Allemagne, dissuadant ainsi les Allemands de construire trop tôt car chaque pays voulait « son usine » de retraitement de ces combustibles irradiés.

Cet accord n'est qu'un accord de répartition de commandes, bien entendu sans discrimination, avec le même prix pour tous les Européens. De plus, la porte reste ouverte, si une quatrième partie veut venir s'asseoir, à la table commune : on se rend compte que ça ne peut pas en rester là. On a appris incidemment que BNFL (British Nuclear Fuel Ltd) et Saint-Gobain assis sur les techniques du C.E.A. et B.N.F.L. veulent faire une proposition en Corée ou au Japon. Comme ils veulent employer, l'un la technique an-



P. TARANGER
Directeur
des Productions
C.E.A.

glaise, l'autre la technique française ou allemande, on s'est dit qu'il fallait proposer aux Japonais la meilleure technique européenne pour avoir plus de chances de l'emporter.

Donc, tout doucement, on arrive inévitablement en même temps qu'à un accord commercial à des échanges de techniques, et peut-être même un jour, à des usines communes.

Ce petit maillon du cycle des combustibles, n'est qu'une très fai-

ble partie du chiffre d'affaires. Mais c'est de tout le cycle probablement, par rapport au chiffre d'affaires qu'il représente, celle qui exige les plus lourds investissements.

On cite un prix de 400 millions de francs pour une usine de 1.500 tonnes (80 millions \$) et 1.500 tonnes de combustibles irradiés, c'est l'équivalent de 10.000 tonnes d'uranium naturel par an. Il est probable qu'une capacité de 10.000 tonnes d'uranium naturel par an représente un investissement supérieur, mais du même ordre de grandeur.

L'enrichissement de l'uranium est la pièce maîtresse du cycle. Je ne sais pas si nous avons la chance ou la malchance d'avoir avec l'industrie française, bâti une industrie de tétrafluorure d'uranium complète de la mine à la concentration des minerais et à la fluoration. Nous avons en réserves et en capacité de production de dix à quinze pour cent de la capacité du monde occidental, c'est-à-dire beaucoup plus que les besoins français. Et ceci ne se présente pas mal sur le marché mondial.

Après l'enrichissement, qui ne peut être une fin en soi, vient la fabrication des éléments combustibles qui sont, dans une certaine mesure inséparables du cœur de la centrale dans laquelle ils rentrent, notamment en raison des garanties. Qui tiendra le marché des combustibles de la fabrication des combustibles nucléaires ? Est-ce que ce seront dans dix ou quinze ans ceux qui tiennent le marché des centrales nucléaires, ou bien est-ce que ce seront ceux qui tiennent le marché des mines d'uranium et d'enrichissement et d'uranium, je n'en sais rien. Actuellement, les plus puissants abordent le problème par

les deux faces. On voit aussi bien Westinghouse déclarer vouloir intégrer tout, depuis la mine d'uranium jusqu'à la construction de la centrale en passant par tous les intermédiaires, et de la même manière des industries américaines, encore, dont la puissance ne cède en rien à celle de Westinghouse, par exemple Standard Oil of New Jersey qui part à la conquête d'un cycle combustible sans construire de centrales.

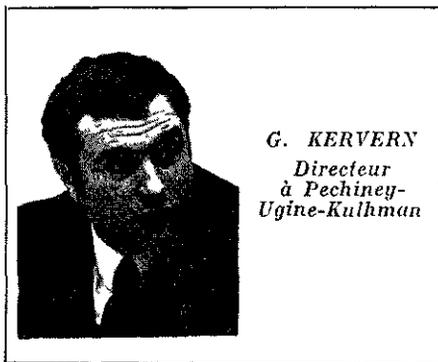
M. KERVERN. — La présence d'acteurs, comme Westinghouse et New Jersey, qui ont des styles très différents et recherchent une action intégrée sur le cycle, pose un problème de concurrence important. Dans les premières années du développement nucléaire que nous vivons, je crois que le succès ou l'échec français en matière nucléaire sera un petit peu le succès de la confiance ou l'échec de la confiance.

Une confiance sur trois plans : au niveau de la recherche et développement d'abord, au niveau de la production ensuite, au niveau de la vente enfin.

Au niveau de la Recherche et Développement d'abord, il faut qu'il y ait une confiance très grande et réciproque entre l'organisme public chargé des impulsions en matière de recherche et développement, c'est-à-dire le C.E.A. et l'industrie qui s'est engagée dans les opérations de production quotidienne. C'est en effet un climat de confiance qui permettra l'assimilation active et intelligente des techniques acquises aussi bien dans le domaine des réacteurs que dans celui du cycle des combustibles.

Le second niveau de confiance, c'est la confiance entre le producteur de réacteurs et le producteur de combustible. Pendant un certain nombre d'années, compte tenu de

l'évolution technologique des réacteurs qui provoque une évolution technologique parallèle des combustibles,



G. KERVERN
 Directeur
 à Pechiney-
 Ugine-Kuhlman

tibles, des liens au niveau des marchés existent entre le réacteur et le combustible. Il existe certainement une voie, efficace qui est d'essayer dans nos structures industrielles de favoriser l'établissement de liens stables de coopération technique et commerciale, basée sur la confiance entre le fabricant français de réacteurs et le fabricant français de combustibles. Il y a là un niveau de confiance générateur d'efficacité.

Le troisième niveau de confiance, c'est la confiance entre l'organisme concevant la politique nucléaire et l'organisme compétent pour la fonction commerciale. Il existe en France une sorte d'organisme de définition de la politique nucléaire qui peut comprendre aussi bien l'action des Pouvoirs Publics au sens traditionnel du terme, c'est-à-dire les autorités de politique industrielle pour ce secteur, que l'action du C.E.A., organisme intervenant dans la définition d'une politique nucléaire. Je crois qu'il est tout à fait souhaitable que la confiance qui existe ne fasse que renforcer entre cet organisme de définition politique et les organismes qui sont des organismes de vente les plus crédibles. Ces orga-

nismes de vente sont les sociétés françaises qui ont fait un effort de déploiement à l'étranger, et qui ont bâti un réseau commercial au prix de plusieurs années d'efforts. Si l'organisme de définition de la politique nucléaire française fait confiance aux organisations de vente qui existent pour les laisser agir et essayer de développer la production française sur une base internationale, nous aurons là un facteur d'efficacité remarquable.

J'ai été un peu gêné dans la discussion tout à l'heure par le mot « critique », tel qu'il a été utilisé dans la notion de « taille critique ». Il n'a pas été défini, et je me demande si notre objectif était d'avoir une industrie française dont la taille soit critique et la situation aussi, ou si notre objectif est d'avoir une industrie française qui ait une taille au-delà de la taille critique et qui ait une dimension qui lui permette de regarder ses éventuels concurrents avec une certaine sérénité.

M. BOULIN. — On peut se poser la question de savoir si l'industrie des réacteurs nucléaires et l'industrie du combustible divergeront ? L'industrie automobile n'a plus rien à voir avec l'industrie du pétrole, et il y a belle lurette que cette image est un peu éculée et qu'elle a été récusée et cependant...

M. TARANGER. — Je ne pense pas que la séparation ou le maintien d'étroites connexions puisse avoir une extrême importance. Par contre, je pense que ce qui est clair, c'est l'intégration du cycle du combustible. Je veux dire par là que le constructeur de chaudière nucléaire qui voudra avoir une position mondiale, si les deux industries restent liées, s'intéressera à toute l'industrie. Il est possible qu'on

voit des isolés dans la chaîne qui fassent de belles affaires sur un seul maillon. Dans le cycle lui-même, il y aura une succession probable de périodes de pénurie et d'abondance, je vois mal survivre celui qui n'aura qu'une mine ou celui qui n'aura que l'autre extrémité de la chaîne ou un maillon du milieu.

M. PECQUEUR. — Les capacités existantes de production et d'enrichissement de l'uranium, qui sont situées principalement aux Etats-Unis, vont se trouver saturées vers 1981. Ceci implique qu'un certain nombre de décisions soient prises sur la construction de nouvelles capacités avant 1975. Quand je dis décision, les Américains pensent que le processus préalable à la décision sera long, surtout à cause de la nécessité d'accès à des techniques qui font l'objet de secret, en particulier aux Etats-Unis, à tel point que les industriels américains pensent que les premiers pas vers ces décisions doivent être faits dès maintenant.

Le problème se pose de savoir où seront situées ces nouvelles capacités. Les Américains sont déchirés par des tendances opposées. Certains pensent que l'enrichissement de l'uranium est une source importante d'activités économiques. D'autre part, qu'il constitue une clef, à la fois stratégique et économique sur le développement de l'énergie nucléaire, et ils souhaitent que les nouvelles capacités soient constituées essentiellement aux Etats-Unis.

D'autres pensent que c'est une attitude déraisonnable, et seraient plus ouverts à une politique internationale, visant à la construction d'usines en dehors des Etats-Unis. Il semble que ce soit la première tendance qui l'emporte, et on voit

en particulier se constituer un certain nombre de groupements industriels aux Etats-Unis pour la construction de nouvelles usines.

On retrouve là toutes les sociétés intéressées à la construction des réacteurs : Westinghouse, General Electric, d'une part, et les sociétés intéressées au cycle de combustible ou d'une manière générale à l'énergie, et on retrouve New Jersey, c'est-à-dire la filiale de la Standard Oil, et d'autre part, Gulf qui sont déjà très fortement implantées dans le domaine du cycle au combustible. Il y a également les sociétés américaines qui sont les opérateurs des usines américaines qui appartiennent au Gouvernement.

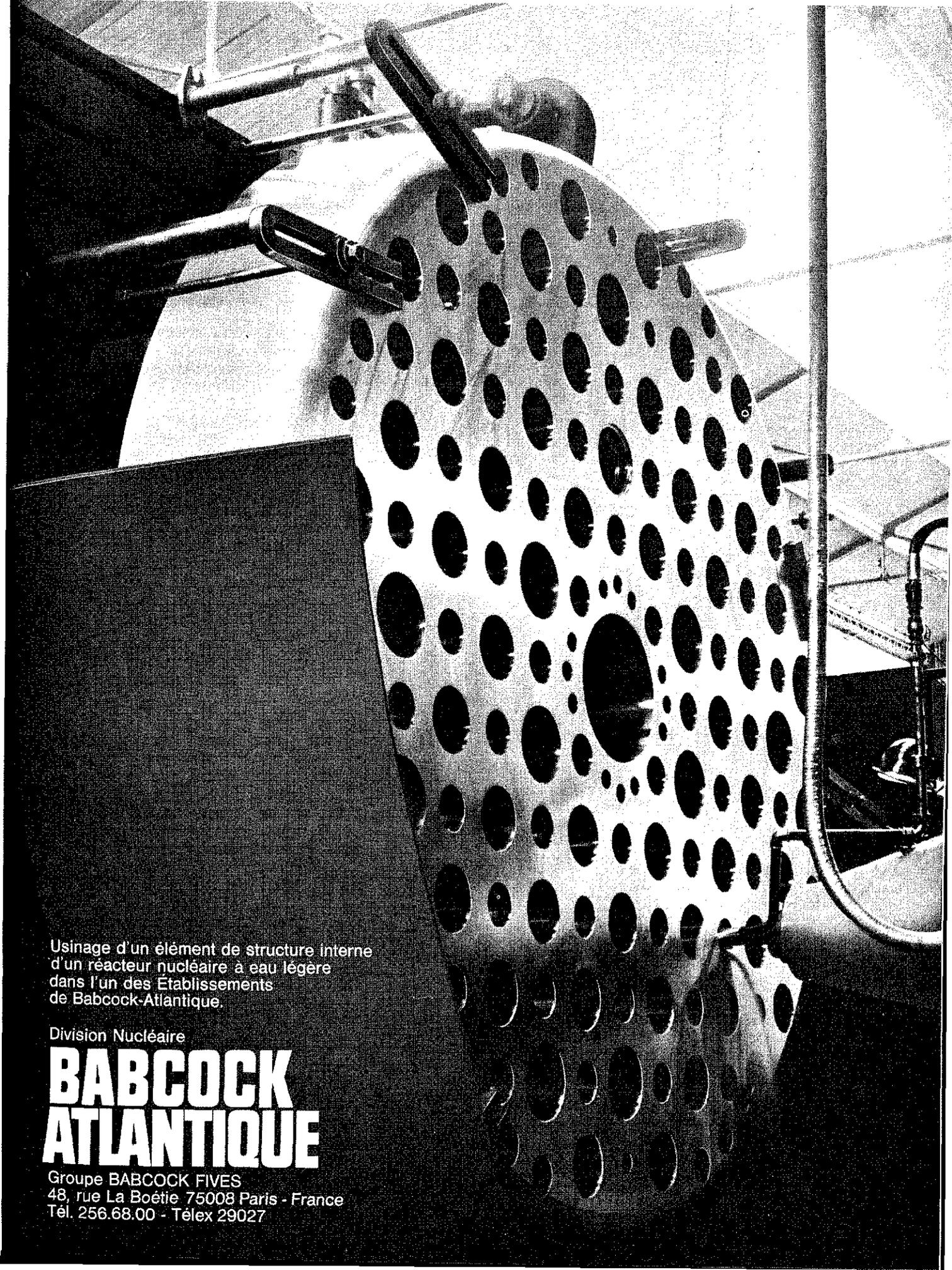
En dehors de cette poussée qui existe aux Etats-Unis, il y a des tentatives de diversification qui existent, sur deux procédés : d'une part sur la diffusion gazeuse, à l'initiative française, et d'autre part sur la centrifugation, procédé concurrent dont l'intérêt est certain mais dont la mise au point est relativement incertaine, et demandera encore un certain nombre d'années. Cette diversification, nous la tentons en France, comme sur le plan européen pour savoir si des partenaires seraient prêts à lancer une opération sur la construction d'une grosse usine en Europe. Nous la jouons aussi sur des zones géographiques où le prix de l'énergie est très bas, c'est-à-dire en particulier sur l'Australie, pays dans lequel les perspectives nous paraissent assez bonnes.

Il y a les tentatives de diversification « diffusion gazeuse » et aussi les tentatives de diversification « centrifugation », qui sont en partie menées par une association tripartite, Angleterre, Allemagne, Pays-Bas. Nous pensons qu'elle est

intéressante, mais qu'elle aura un impact limité pendant encore un certain nombre d'années, et en particulier limité vis-à-vis d'une apparition de forts besoins entre 1980 et 1985 et qui nécessiteront la mise en place de quantités massives de capacités de travail de séparation isotopique au cours de cette période.



M. COUTURE. — Nous qui suivons ces questions avec attention, que ce soit comme activité principale ou comme une partie de nos soucis, nous sommes tous d'accord sur le fait que l'affaire n'est pas jouée entre le problème des combustibles, et l'intégration complète entre l'industrie de la chaudière nucléaire et celui de son combustible, car les mots sont trompeurs, ce sont deux pièces d'une même mécanique. Qu'elles soient interchangeables ou pas ?... C'est l'avenir qui nous le dira. ■



Usinage d'un élément de structure interne
d'un réacteur nucléaire à eau légère
dans l'un des Etablissements
de Babcock-Atlantique.

Division Nucléaire

**BABCOCK
ATLANTIQUE**

Groupe BABCOCK FIVES
48, rue La Boétie 75008 Paris - France
Tél. 256.68.00 - Télex 29027

le cycle du combustible nucléaire ou l'industrie de l'uranium

S'agissant de la production d'électricité d'origine nucléaire, la presse spécialisée a concentré ses études au cours de ces dernières années sur certains grands problèmes comme la concurrence entre le pétrole et l'atome, les réserves disponibles pour le futur, la construction des centrales nucléaires, etc... laissant au second plan la naissance et le développement de l'industrie du cycle du combustible, c'est-à-dire de l'ensemble des structures industrielles liées à l'approvisionnement des centrales nucléaires et au traitement des combustibles irradiés. Or, cet ensemble forme une seule industrie dont l'intervention représente environ le tiers du prix de revient du kWh nucléaire. Il est donc utile de mieux connaître les diverses étapes du cycle du combustible et d'apprécier le rôle qu'y joue et doit y jouer l'industrie française.

Le cycle complet comprend la *prospection* et la *production* d'uranium, sa *conversion*, son *enrichissement*, la *fabrication* des combustibles proprement dite, puis le *retraitement* après irradiation dans le réacteur.

La *prospection* de l'uranium utilise largement les facilités offertes par la radioactivité des minerais mais également tous les procédés classiques de la recherche géologique et minière.

La *production* est assurée par les ensembles miniers comprenant des mines souterraines ou à ciel ouvert et des usines de traitement des minerais. Les exploitations portent en général sur des corps minéralisés de dimensions modestes contenant quelques centaines de milliers de tonnes à quelques millions de tonnes, et ne se distinguent des autres mines métalliques que par les contraintes apportées par la radioactivité ambiante et la présence du radon qui se dégage du minerai.

La teneur des minerais étant relativement faible, de l'ordre de 1 à quelques kg par tonne il est né-

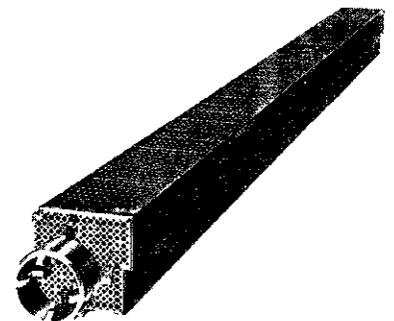
cessaire de les traiter sur les lieux mêmes de production pour obtenir un concentré marchand facilement transportable.

Ce traitement utilise des techniques hydrométallurgiques, à savoir : broyage du minerai, attaque par un réactif approprié, en général de l'acide sulfurique, quelquefois un carbonate alcalin, une purification grossière des liqueurs obtenues, soit par un passage sur des résines échangeuses d'ions, soit par un passage sur solvants. Le produit marchand est le plus souvent un sel d'uranyle (yellow cake) contenant environ 70 % d'uranium mais peut être aussi une liqueur fortement concentrée (nitrate d'uranyle contenant environ 40 d'uranium).

La phase suivante dite de *conversion* a pour but, à partir des concentrés, de purifier et de transformer l'uranium soit en métal pour les réacteurs à uranium naturel du type graphite-gaz soit en hexafluorure (UF_6) destiné après enrichissement à la fabrication d'éléments combustibles pour réacteurs à eau légère.

Les opérations effectuées dans ces usines comprennent : la dissolution nitrique des concentrés solides, la purification du nitrate d'uranyle, la préparation d'un trioxyde d'uranium pur et sa transformation en tétrafluorure (UF_4). L' UF_4 est ensuite réduit par magnésiothermie pour obtenir du métal qui est alors expédié directement aux usines de *fabrication* sous forme de lingots. Il peut être également transformé par combustion en milieu fluoré en UF_6 destiné à être enrichi.

Les procédés d'*enrichissement* actuellement utilisés traitent, en effet, ce produit gazeux qu'est l' UF_6 . En général après enrichissement jusqu'à 2 à 3 % en isotope 235 (la teneur dans l'uranium naturel étant de 0,720 %), l' UF_6 est transformé en poudre d'oxyde d'uranium (UO_2) qui entre ensuite dans la fabrication proprement dite des éléments de combustible : cette poudre est transformée par compactage et frittage, en pastilles cylindriques lesquelles, après usinage, sont empilées dans des gaines mé-



Élément combustible SENA (filière eau légère) (CERCA)

lalliques étanches. Les crayons ainsi obtenus sont alors assemblés en faisceaux constituant les éléments combustibles proprement dits.

Lorsque les combustibles sont retirés des réacteurs après y avoir été irradiés ou « brûlés », ils contiennent des matières de valeur tels que le plutonium, de l'uranium encore un peu enrichi et d'autres, plutôt gênantes que sont les produits de fission.

Les opérations de *retraitement* ont pour but de séparer ces produits sous une forme chimique bien définie (nitrate de plutonium, oxyde de plutonium ou nitrate d'uranyle) avec un degré de pureté adapté à leur réutilisation dans le cycle du combustible (transformation en tétrafluorure d'uranium et en hexafluorure d'uranium, puis réenrichissement). Elles doivent aussi confiner, avec un degré de sûreté très élevé et dans les conditions les plus économiques, sous forme liquide ou solide, les déchets radioactifs constitués par les produits de fission.

Naturellement des opérations accessoires interviennent tout au long du cycle, telles celles du transport qui peuvent poser des problèmes de sécurité particulièrement complexes et nécessitent le recours à des organes spécialisés.

Telles sont les différentes étapes du cycle du combustible. On a déjà dit qu'il représente environ le tiers du prix de revient du kWh nucléaire : ses phases les plus coûteuses sont celles de la production des concentrés de l'enrichissement et de la fabrication qui interviennent pour près de 10 % chacune.

La construction d'une centrale nucléaire prend cinq à six ans, et les programmes d'équipement s'établissent suffisamment à l'avance,



NIGER ARLII (SOMAIR) - Novembre 1971
(Changement des morts-terriens dans la carrière)

pour que l'on puisse apprécier, sans grande erreur possible, le marché du cycle du combustible en 1980, 1985 et 1990 : pour l'ensemble du monde non communiste, il représentera à ces dates des chiffres d'affaires d'environ 15, 30 puis 50 milliards de francs.

Ces ordres de grandeur traduisent l'importance économique de l'industrie de l'uranium. Elle est par ailleurs d'un haut niveau de technicité et il serait regrettable que les industriels français n'y aient pas une place de choix.

La *prospection* de l'uranium fut entreprise par le CEA dès 1948 et

porta d'abord sur le territoire national. Elle devait aboutir entre 1948 et 1955 à la mise en évidence de trois districts miniers. A partir de 1954, un certain nombre de sociétés privées (les sociétés CFMU et SIMURA du groupe Penarroya Le Nickel, la SCUMRA et la Société Dong-Trieu) ont à leur tour entrepris des recherches et mis à jour des réserves appréciables. L'ensemble des réserves métropolitaines actuelles s'élève à environ 50 000 t d'uranium.

A partir de 1955, le CEA a commencé à prospecter l'uranium à l'étranger en s'orientant plus spé-

cialement sur la recherche dans les terrains sédimentaires. Il a mis en évidence en Afrique les importants gisements du Gabon (25.000 t d'U) et du Niger (60.000 t d'U).

Le retard des programmes nucléaires dans le monde a provoqué une certaine surcapacité de production d'uranium qui a provoqué une très forte baisse des cours de l'uranium (ceux-ci sont en effet passés de \$ 8 à \$ 10, à moins de \$ 6 la livre d'U₃O₈) soit respectivement de 104 F à 130 F, à moins de 78 F le kg d'uranium (\$ 1 = 5 FF), d'autant que le principal marché, celui des Etats-Unis est actuellement réservé aux seuls producteurs américains.

Cette situation jointe à l'existence d'un stock mondial évalué à environ 100.000 t d'uranium a incité certains producteurs à ralentir leur prospection. Mais cette attitude paraît être reconsidérée actuellement : compte tenu de l'évolution prévisionnelle des besoins et du délai moyen (6 à 10 ans) qui s'écoule entre le moment où la prospection commence et où les concentrés sont produits. Dans cette perspective, les groupes français maintiennent une politique active de recherche en Afrique, en Indonésie, au Canada, en Australie et aux Etats-Unis.

La production française de concentrés provenant des mines métropolitaines et des mines situées à l'étranger, que contrôlent les groupes français, s'est élevée en 1971 à un surplus de 2.000 t d'U (la production mondiale d'uranium pour la même année s'est élevée à 18.700 t d'uranium).

Pour améliorer l'efficacité de leurs services commerciaux sur le marché international la Société minière Péchiney Mokta (33 %), la Société CFMU (33 %) du groupe

Penarroya et le CEA (34 %) ont créé URANEX en octobre 1969. Ce groupement d'intérêt économique a maintenant une activité comparable à celle de ses grands concurrents internationaux (la société canadienne Denison Mines, Rio-Tinto-Zinc, ou encore la société sud africaine Nuclear Fuels Corporation) tant par la qualité de son réseau commercial que par les quantités d'uranium qu'il est susceptible d'offrir.

Au total, l'effort important et persévérant du CEA a abouti à faire de la France la première réserve uranifère en Europe occidentale et compte tenu des intérêts qu'elle détient dans différentes sociétés minières à l'étranger, un producteur mondial de tout premier plan, disposant d'environ 12 à 15 % des réserves et de la capacité de production du monde occidental.

La société COMURHEX (Société des Usines Chimiques de Pierrelatte : 51 % ; CEA : 29 % ; Société Azote et Produits Chimiques : 10 % ; Société St-Gobain-Techniques Nouvelles : 10 %) créée en décembre 1970 assure la conversion des concentrés d'uranium en tétrafluorure d'uranium (UF₄) puis en métal ou en hexafluorure (UF₆), dans ses usines de Malvézi et de Pierrelatte dont la capacité, 1.700 t d'uranium métal et bientôt 6.000 t d'uranium sous forme d'UF₆ par an, est comparable à celle des grandes unités étrangères. Elle dépasse donc les besoins français et a permis à COMURHEX de prendre position sur le marché mondial.

Sur le marché international, le travail d'enrichissement est vendu exclusivement par l'US Atomic Energy Commission (USAEC). Seule, la France confie à l'URSS une part de son approvisionnement.

Mais l'USAEC ne pourra plus répondre aux besoins du marché à partir de 1980 : il y faudra une nouvelle usine de taille mondiale au moins tous les deux ans. Il importe donc que la France détienne dans ces nouveaux moyens de production, une place à la mesure de celle qu'elle occupe dans les autres chaînons du cycle.

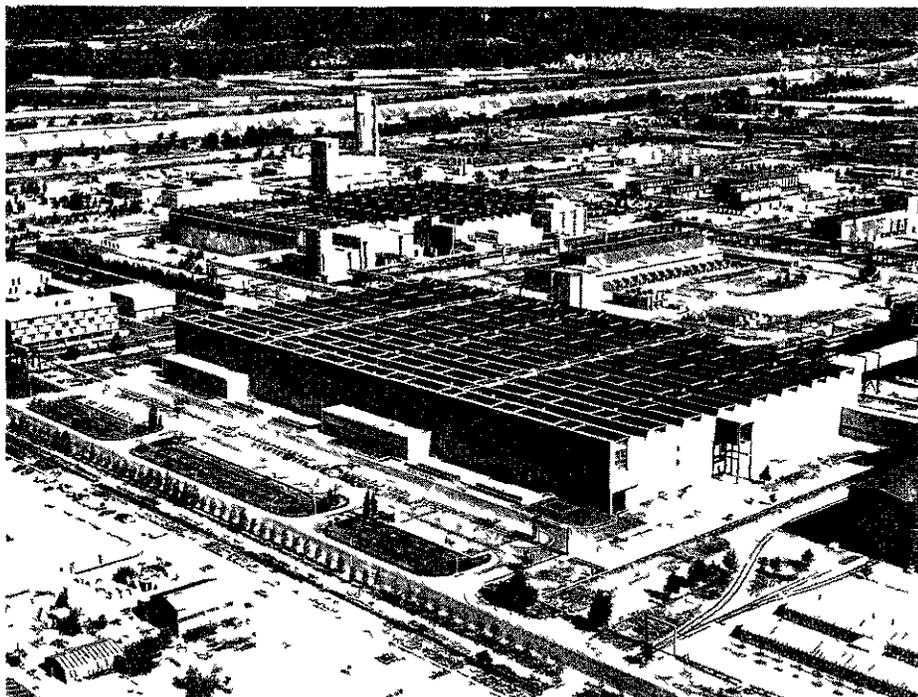
Le CEA, s'appuyant sur la réussite technique de l'usine de Pierrelatte, ainsi que sur un programme d'expérimentations spécifiques commencé dès 1968, a entrepris en 1971 de promouvoir dans un cadre européen la réalisation d'une usine d'enrichissement pour laquelle compte tenu des délais de construction (environ 5 à 6 ans) une décision devra être prise fin de 1973. Le 26 février 1972, un protocole créant EURODIF, association pour la réalisation d'une usine de diffusion gazeuse en Europe, était signé avec des industriels allemands, anglais, belges, hollandais et italiens. L'Espagne et la Suède se sont récemment jointes à cette association, confirmant ainsi son intérêt.

Enfin deux groupes de travail ont été formés avec les Japonais d'une part, et avec les Australiens d'autre part, pour l'étude de projets d'usine de diffusion gazeuse dans le Pacifique.

La fabrication des combustibles destinés aux centrales de type graphite-gaz est assurée par la Société Industrielle des Combustibles Nucléaires (Sté Alsacienne de Participation Industrielle : 48 % ; Lille-Bonnières-Colombes : 27 % ; Péchiney-Ugine-Kuhlmann : 25 %).

Pour les autres types de centrales (essentiellement du type eau légère) :

— une société française : la Compagnie pour l'Etude et la Réalisation de Combustibles Atomiques



PIERRELATTE — Usine d'enrichissement - Vue partielle

ques (Creusot-Loire : 26 %, St-Gobain Techniques Nouvelles : 26 % ; Péchiney : 26 % ; Sylvania Electric Products : 22 %), licenciée de Westinghouse, est d'autre part capable de réaliser les combustibles en plaques utilisés dans les réacteurs de recherche ;

— une autre est en voie de formation par le groupe Péchiney-Ugine-Kuhlmann, les sociétés Westinghouse, Creusot-Loire et Framatome dont les participations respectives seraient de 51, 35 et 14 % ;

— par ailleurs, à l'initiative du CEA, une nouvelle société de fabrication de combustibles a été créée en octobre 1972, la SICREL, Société Industrielle de Combustibles pour Réacteurs Electrogènes (CEA : 34 % ; St-Gobain Pont-à-Mousson : 22 % ; Société Le Nickel : 22 % ; Société Alsacienne de Participation Industrielle : 22 %). Elle doit être l'instrument de la mise en œuvre des techniques françaises, notamment dans le domaine des combustibles pour centrales à eau pressurisée.

Le potentiel français en matière de retraitement est représenté par les 2 usines que le CEA a construites à Marcoule et à La Hague avec l'aide technique de St-Gobain Techniques Nouvelles. La capacité de ces 2 usines est élevée (environ 2 000 t d'uranium métal par an) et correspondait à la satisfaction sûre des besoins en plutonium du programme militaire français, et d'autre part, au développement que l'on escomptait de la filière graphite-gaz (combustible uranium naturel).

Le choix fait par la France en 1969 d'adopter la technique des

réacteurs à eau légère (combustibles oxydes) a nécessité une adaptation de ces usines : il a été décidé de préparer La Hague au traitement des nouveaux combustibles moyennant l'adjonction d'un atelier supplémentaire dénommé « lête à haute activité oxydes », HAO, qui sera achevé en 1975 et permettra de traiter 800 t/an de combustibles des centrales à eau légère ainsi que ceux des réacteurs surrégénérateurs.

Enfin pour rationaliser les investissements, entre le CEA, British Nuclear Fuels Ltd et KEWA (société allemande qui regroupe Farbenfabriken Bayer AG, Farbwerke Hoeschst AG, Gelsenberg AG et Nukem AG). Un accord du 12 octobre 1971 a permis la création d'une nouvelle société, UNITED REPROCESSORS (CEA : 1/3, BN FL : 1/3, KEWA : 1/3).

Cette société vendra sans aucune discrimination entre les divers clients européens, les services de retraitement des usines de La Hague et de Windscale jusqu'à ce que celles-ci aient atteint leur pleine capacité. Alors et probablement vers 1980, une troisième usine sera mise en service par KEWA.

Il paraît utile de terminer ce rapide tour d'horizon en signalant que la société française spécialisée dans le transport des matières nucléaires TRANSNUCLEAIRE, vient de s'associer, elle aussi, avec Transnuklear GmbH et British Nuclear

Fuels Ltd pour assurer le transport des combustibles irradiés en provenance des différents réacteurs européens dans les conditions économiques les plus favorables.

La compétition internationale s'annonce sévère : les plus grands constructeurs américains de centrales tels Westinghouse, General Electric et Gulf, cherchent déjà à contrôler l'approvisionnement en combustibles et comme d'autres groupes encore plus puissants, tel celui de la Standard de New Jersey, élaborent une stratégie d'intégration verticale de l'ensemble du cycle analogue à celle que l'on connaît dans le pétrole.

On vient de voir que l'industrie française dispose de moyens puissants, notamment dans les secteurs de la production d'uranium, de la conversion, de l'enrichissement et du retraitement. Pour valoriser ces actifs elle doit viser au renforcement des liens dans un cadre multinational. La meilleure façon d'assurer aux consommateurs français la sécurité d'approvisionnement et le niveau des prix du marché international est bien de mettre les industriels français en position compétitive sur le marché international.

P. TARANGER

Directeur des productions
Commissariat à l'Energie Atomique



* l'eau... c'est la vie!

- Adduction et distribution d'eau potable.
- Réseaux d'assainissement.
- Eaux agricoles et industrielles.
- Captages, forages et sondages.
- Traitement de l'eau potable.
- Génie civil et ouvrages spéciaux.
- Fonçages horizontaux
- Entretien et gestion des réseaux.
- Pipe-lines et feeders.

sade



Compagnie générale
de travaux d'hydraulique

28, rue de La Baume, 75364 Paris Cedex 08
Téléphone : 359/61.10

ES



Paris - Bd Peripherique - Bois de Boulogne



Capital 7 000 000 F
Tél. 828-87-69 +

TRAVAUX ROUTIERS - PROCÉDES
« TAPISABLE » - « ENDUISABLE »
TRAVAUX HYDRAULIQUES
REVÊTEMENTS DE BERGES
EMULSIONS L B - FLUXEL B
MATIÈRES PLASTIQUES

Société Anonyme des
Etablissements

LASSAILLY & BICHEBOIS

37, BOULEVARD BRUNE, 75 - PARIS (14)

comment devient-on constructeur de chaudières nucléaires en France

Cet article a été écrit à la demande du Président de l'Association Professionnelle des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines, qui en a proposé le titre, donc l'objet, afin d'illustrer la table ronde présidée par Monsieur le Secrétaire Général à l'Energie, sur les problèmes industriels français en matière de construction de centrales nucléaires.

Qu'est-ce qu'une chaudière nucléaire ?

L'habitude a été prise de parler de « chaudière nucléaire », la simplicité de l'expression est séduisante, mais il faut préciser ce qu'elle recouvre exactement.

L'îlot nucléaire dans la centrale nucléaire (Fig. 1) :

- Une centrale nucléaire se compose de deux parties principales :
- le système producteur de vapeur, qui inclut le réacteur, son contrôle et tous les auxiliaires qui sont nécessaires à son fonctionnement, à sa sécurité, au traitement des effluents, et les bâtiments correspondants (enceinte étanche en particulier)
 - le système qui transforme la vapeur en électricité ; il inclut le turbo-alternateur, le transformateur, le poste d'eau, la prise d'eau, et les bâtiments correspondants
 - à ces deux parties, il faut ajouter l'installation du site, qui est généralement du ressort du maître de l'œuvre.
- Dans la terminologie consacrée,

le système producteur de vapeur tel qu'il est défini plus haut s'appelle « l'îlot nucléaire ». Il forme un tout homogène et autonome, et son raccordement avec le système qui transforme la vapeur en électricité (appelé « conventionnel ») se fait par une interface assez facile à définir.

La division de la centrale entre l'îlot nucléaire et partie conventionnelle est utilisée par plusieurs sociétés productrices d'électricité, mais E.D.F. ne suit pas ce schéma.

Le « NSSS » (Nuclear Steam Supply System) :

● On entend fréquemment parler de NSSS : cette désignation, évidemment américaine, recouvre en fait le matériel et les procédés nécessaires pour constituer un réacteur et ses dispositifs de contrôle-sécurité et sauvegarde, mais elle n'inclut pas le montage et l'installation de ces matériels et systèmes. Cette notion, qui était d'usage courant aux Etats-Unis depuis 1967-68, début du décollage de l'eau légère, tend progressivement à être abandonnée. Elle impliquait en effet que le matériel soit monté et installé par un Architecte Industriel. Mais le développement extrême-

ment rapide des études de sécurité, sur lequel nous reviendrons plus loin, a obligé le constructeur à intervenir de plus en plus dans la mise en place de son matériel, si bien qu'actuellement, les grandes Sociétés américaines reviennent à une notion beaucoup plus intégrée qui tend vers la « chaudière nucléaire » telle qu'on la conçoit en France.

La chaudière nucléaire, type E.D.F. (Fig. 1) :

Elle comprend le réacteur, son contrôle et ses systèmes de sécurité principaux, avec leur installation. Par rapport à l'îlot nucléaire défini précédemment, la chaudière nucléaire laisse de côté :

- le génie civil des bâtiments nucléaires, et tout particulièrement de l'enceinte du réacteur
- une série de circuits auxiliaires et les fluides de service
- le traitement des effluents.

En termes de marché, le prix de la chaudière nucléaire représente approximativement les 3/5 de celui de l'îlot nucléaire.

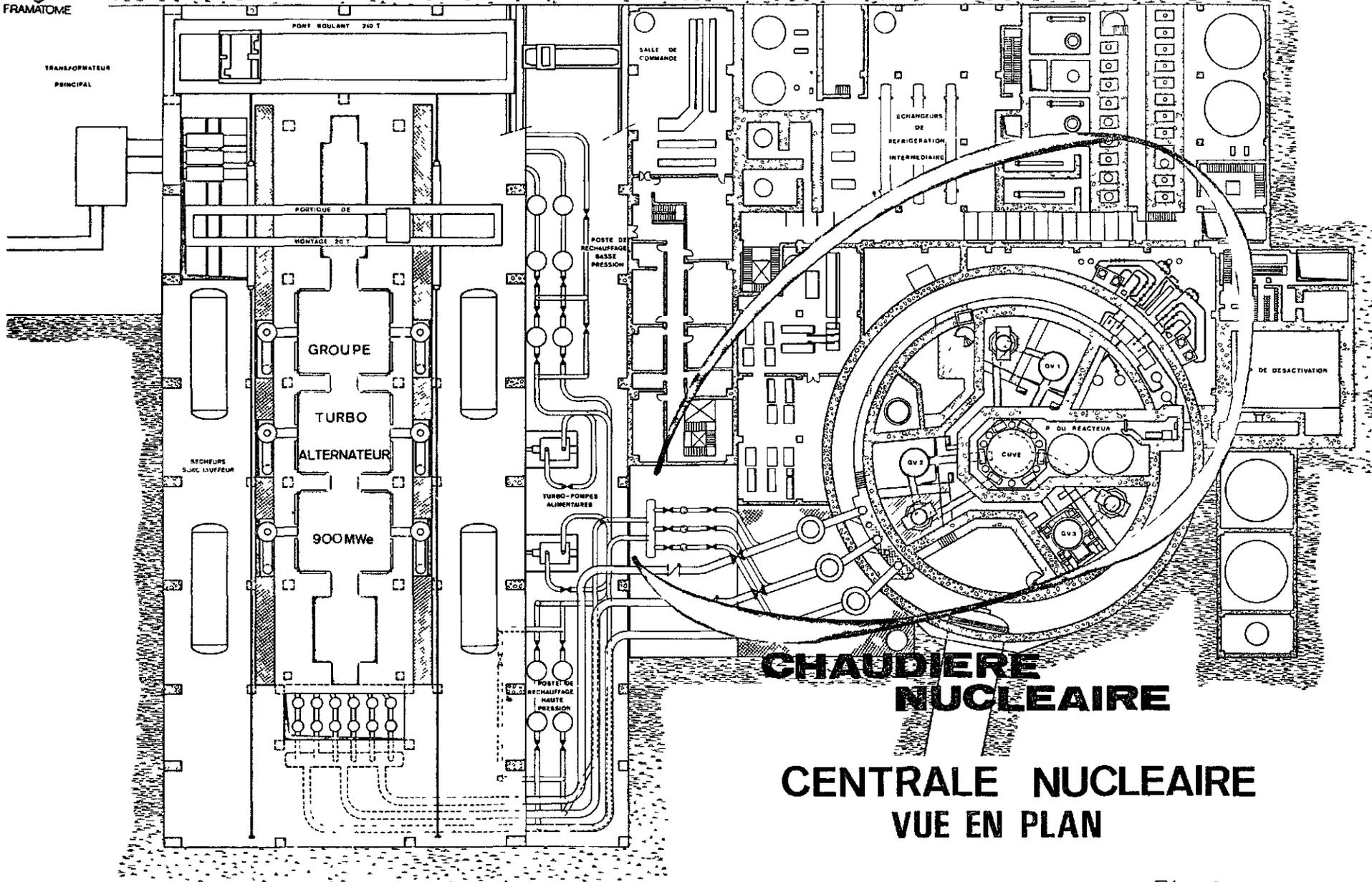
Par rapport au « NSSS », la « chaudière nucléaire » inclut en plus le montage, l'installation et la mise en service du matériel.

PARTIE CONVENTIONNELLE

(TRANSFORMATION DE VAPEUR)

ILOT NUCLEAIRE

(PRODUCTION DE VAPEUR)



**CHAUDIERE
NUCLEAIRE**

**CENTRALE NUCLEAIRE
VUE EN PLAN**

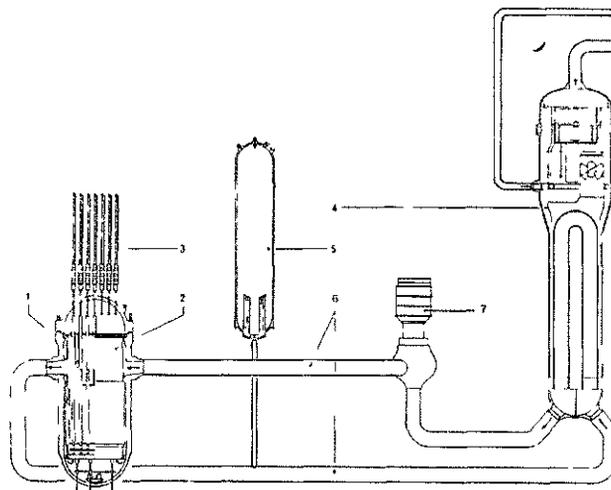
Fig. 1

RÉACTEUR A EAU SOUS PRESSION

SCHÉMA DU SYSTÈME PRIMAIRE

- cuve de réacteurs sous pression 1
- équipements internes de la cuve 2
- mécanismes de commande de barre de contrôle 3
- générateurs de vapeur 4
- pressuriseur 5
- tuyauteries primaires principales 6
- pompes primaires 7

Fig. 2



Description plus détaillée de la "chaudière nucléaire" que FRAMATOME construit pour E. D. F.

La standardisation des composants :

Un des objectifs poursuivis par W a été de standardiser sa conception de manière à obtenir des effets de série jouant non seulement sur le prix, mais sur la qualité.

C'est ainsi qu'a été définie une « boucle standard » (Fig. 2) comprenant des tuyauteries, 1 pompe, 1 générateur de vapeur, chacune capable de 300 MWe environ.

A partir de cette boucle, on définit trois paliers de puissance :

2 boucles	600 MWe
3 boucles	900 MWe
4 boucles	1200 MWe

Les composants principaux :

La cuve est le composant essen-

tiel autour duquel s'agence la réalisation de la chaudière, dont elle gouverne en particulier le délai de réalisation. Réalisée en acier faiblement allié recouvert d'un revêtement épais en acier inoxydable, son importance est telle sur le plan de la sécurité que sa réalisation doit être effectuée avec un soin extrême. Quelques chiffres fixeront les ordres de grandeur :

	Cuve	Poids Couvercle	Ø int.	Epaisseur max.
Cuve pour 2 boucles (600 MWe)	185 T	40 T	3,30 m	170 mm
3 boucles	260 T	55 T	4 m	230 mm
4 boucles	320 T	75 T	4,40 m	275 mm

Les équipements internes (Fig 3) :

On appelle équipements internes les pièces en acier inoxydable qui supportent le combustible et guident les barres de contrôle, dans le torrent d'eau qui les parcourt, sans vibrer ni subir de déformation à 300° C et 140 bars. Les équipements internes d'un réacteur PWR FRAMATOME comprennent plusieurs centaines de pièces dont les plus grandes sont constituées par des viroles de diamètre moyen 3,50 M et d'épaisseur 50 mm, qui doivent être usinées avec une très grande précision.

Le poids total des équipements internes d'un réacteur 3 boucles 900 MWe, montés, est de 145 tonnes.

Leur réalisation est un travail de mécanique à la fois lourde et précise qui doit être effectuée parfaitement pour assurer la bonne marche du réacteur.

Les générateurs de vapeur (Fig. 4) :

Ils sont de type vertical, à tube en U, sans surchauffe.

Toutes les parties en contact avec l'eau de réfrigération du réacteur sont soit en Inconel 600 (tubes en U, cloison de la boîte à eau), soit en acier faiblement allié recouvert d'acier inoxydable (boîte à eau, plaque tubulaire).

Chacun d'entre eux mesure 20,60 mètres de haut, a un diamètre extérieur de 4,50 m et pèse 310 tonnes.

Les pompes primaires (Fig. 5) :

Chaque groupe molo-pompe, de type vertical à un seul étage et joint mécanique à fuite contrôlée se compose d'une partie hydraulique en acier inoxydable massif (volute : poids 28 T), et d'un moteur d'entraînement de 4.500 kW. Chaque pompe débite 20.100 m³/h sous 85 mètres.

Le groupe molo-pompe entièrement monté a une hauteur de 8,20 mètres et pèse 88 tonnes. Le poids de l'hydraulique seule est de 20 tonnes.

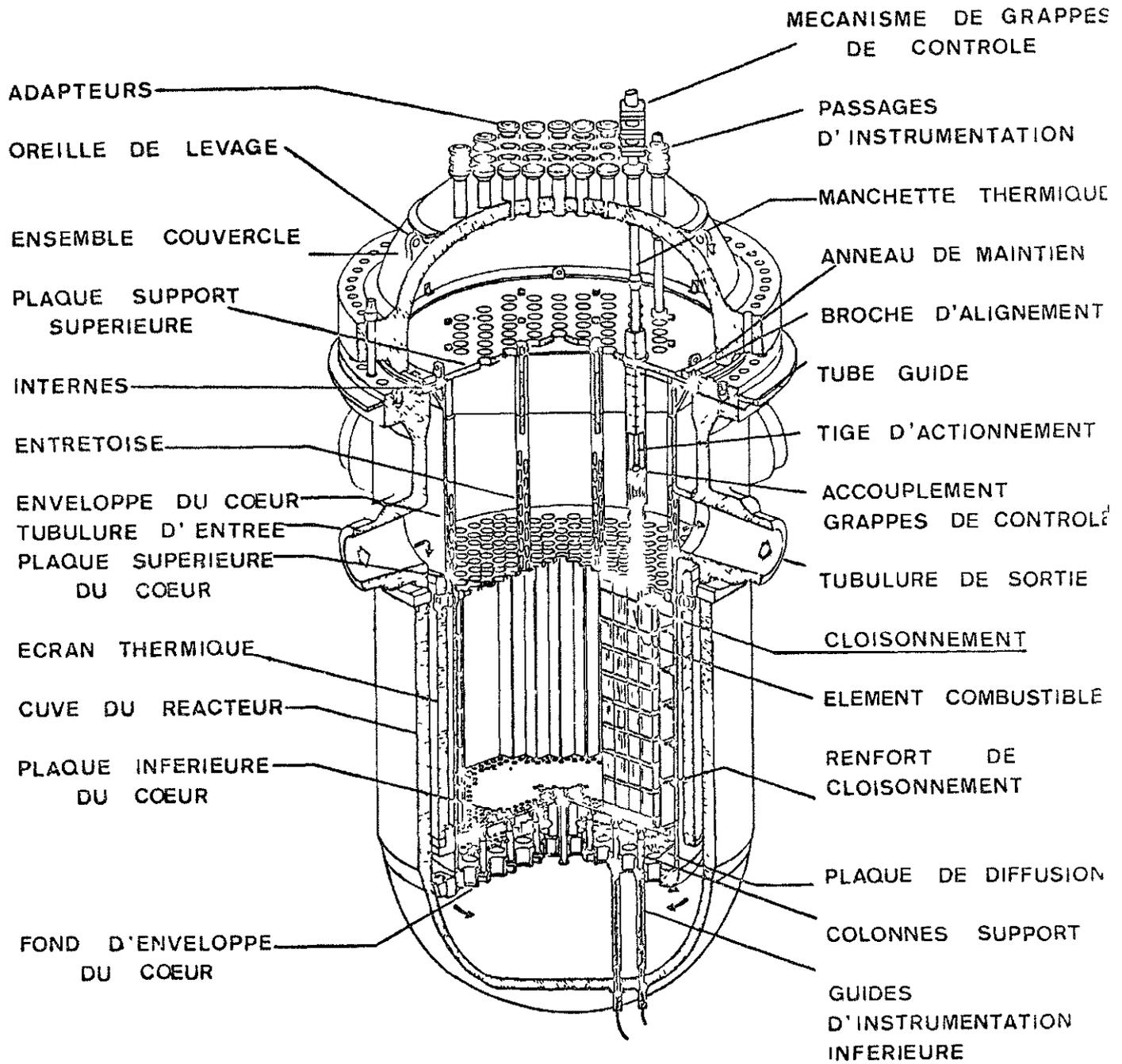
Le moteur et la pompe sont reliés par un joint mécanique à trois barrières d'étanchéité dont la conception et la réalisation posent de délicats problèmes.

Les mécanismes de commande des grappes :

Un réacteur du type FESSENHEIM ou BUGEY contient 48 grappes de crayons absorbants longs, actionnées par des mécanismes du type à encliquetage magnétique (Fig. 6) et 5 grappes de crayons absorbants courts actionnés par des mécanismes du type vis-écrou.

Les tuyauteries des boucles :

Il s'agit de tuyaux en acier inoxydable dont le diamètre intérieur



ENSEMBLE DU REACTEUR

Fig. 3

RÉACTEUR A EAU SOUS PRESSION TYPE WESTINGHOUSE

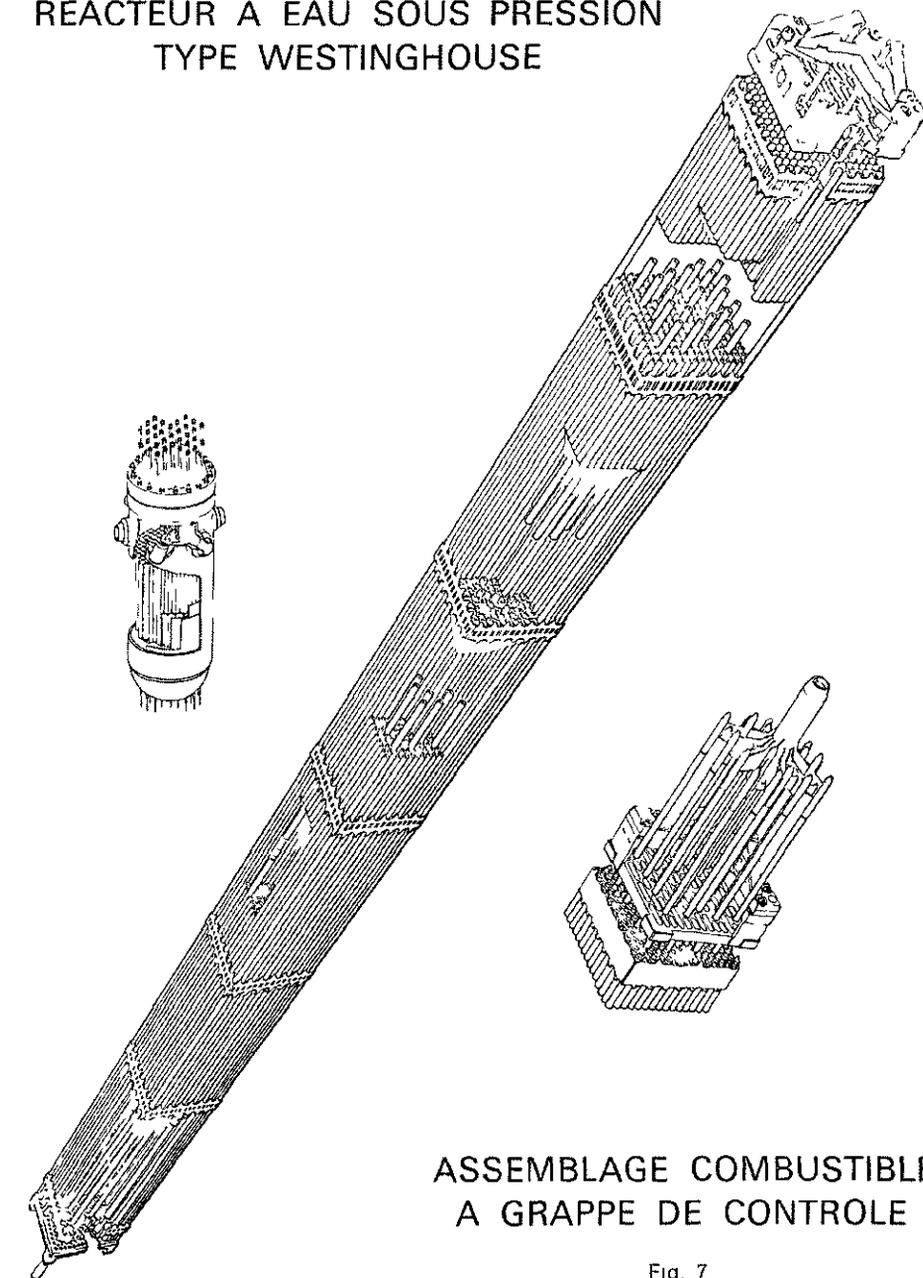
minimum est de 70 cm et l'épaisseur de l'ordre de 7 cm. Leur réalisation, qui pose de difficiles problèmes de soudure, ainsi que celle des coudes, nécessite d'autant plus de soin que l'accident majeur pris en compte sur la chaudière est justement la rupture complète d'une de ces tuyauteries.

Il entre d'autres équipements dans la constitution de la chaudière : citons les supportages des gros équipements et les systèmes auxiliaires principaux, qui sont étroitement liés à la sécurité et aux garanties de performance de la chaudière.

Le contrôle-commande :

Les équipements de contrôle-commande, dont le rôle est vital pour assurer le bon fonctionnement de l'installation, sont étudiés et réalisés pour répondre aux exigences de sécurité et de fiabilité auxquelles doivent satisfaire les centrales nucléaires. De ces exigences dépend l'organisation du contrôle-commande qui, en fonction de la conception des circuits, doit agir efficacement et à coup sûr dans tous les cas de fonctionnement normaux ou accidentels. La conception du contrôle-commande (diversité des paramètres contrôlés, redondance des chaînes, séparation physique et électrique de ces chaînes, possibilités de test en fonctionnement, etc...) en découle.

Il faut souligner que l'ensemble des équipements qui composent ce contrôle-commande, équipements de mesure, de régulation, d'automatisme et de protection forment un tout très lié électriquement et fonctionnellement et que la première garantie de sécurité pour la chaudière réside dans un bon fonctionnement de la régulation, que



ASSEMBLAGE COMBUSTIBLE
A GRAPPE DE CONTROLE

Fig. 7

seule une conception d'ensemble homogène de la chaudière peut assurer.

Les études du système, le montage et les essais, l'assurance qualité :

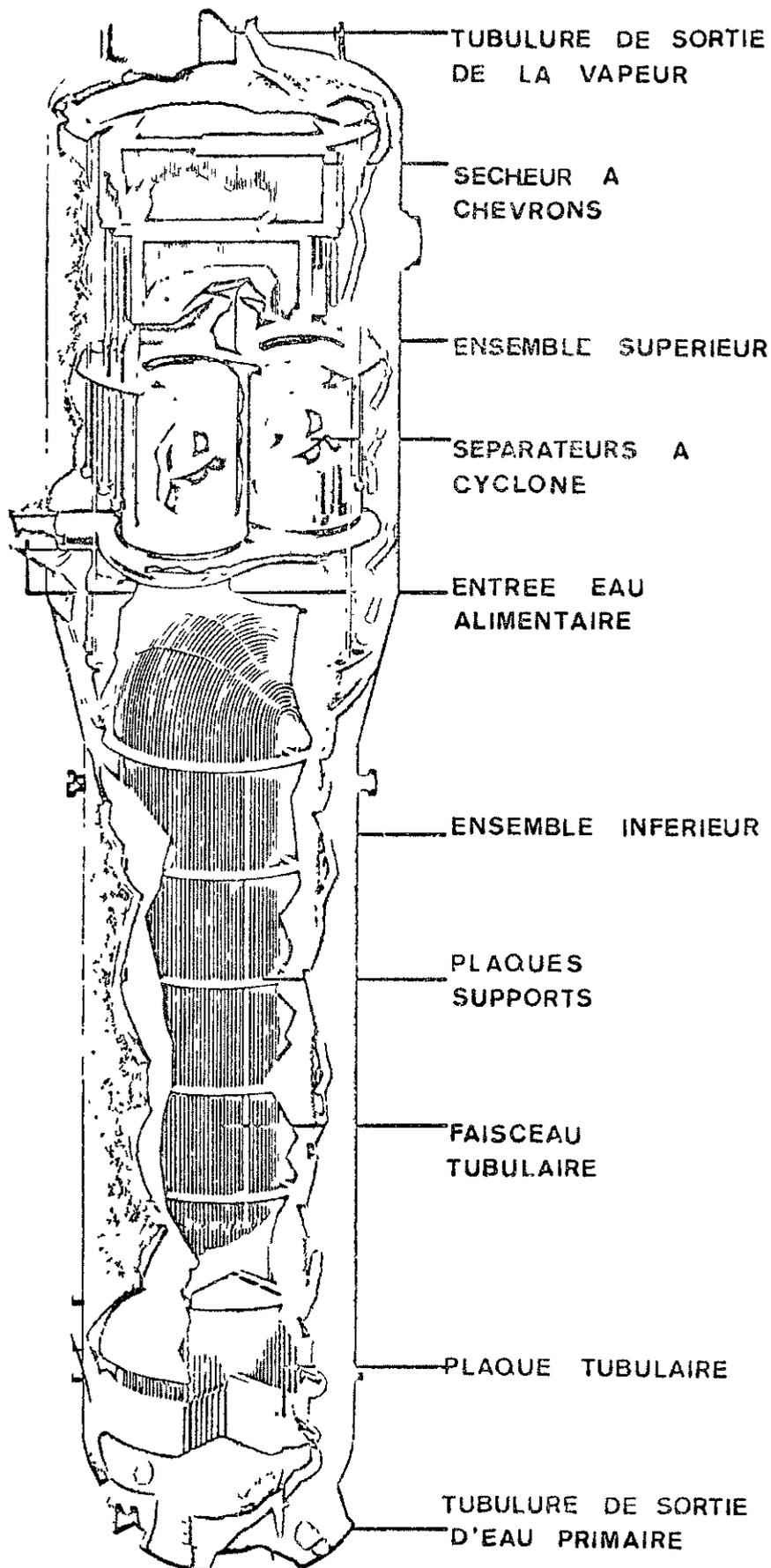
● En soi, le schéma d'une chaudière nucléaire est simple. Mais, d'une part, son fonctionnement est complexe et nécessite des études approfondies et variées ; d'autre part, les exigences croissantes des organismes de sécurité entraînent une multiplicité de vérifications, études et expérimentations qui nécessitent un bureau d'études étoffé et entraîné, disposant de spécialistes divers et d'un centre de calcul bien équipé.

● De même l'« Assurance qualité » doit veiller en permanence à maintenir sur tous les composants, aussi bien les grands que les petits (vannes, robinets, par ex.), le niveau de qualité le plus élevé de manière à ce que le système dans son ensemble soit à la fois sûr et fiable.

● Enfin, la coordination de la construction, la préparation et la réalisation des essais de démarrage, y compris les essais nucléaires, jusqu'à la mise en service industrielle de l'installation nécessitent une équipe nombreuse et spécialisée.

Le combustible (Fig. 7) :

Sa conception est inséparable de



GÉNÉRATEUR DE VAPEUR (GV)

ORGANIGRAMME DE PRINCIPE DE FRAMATOME

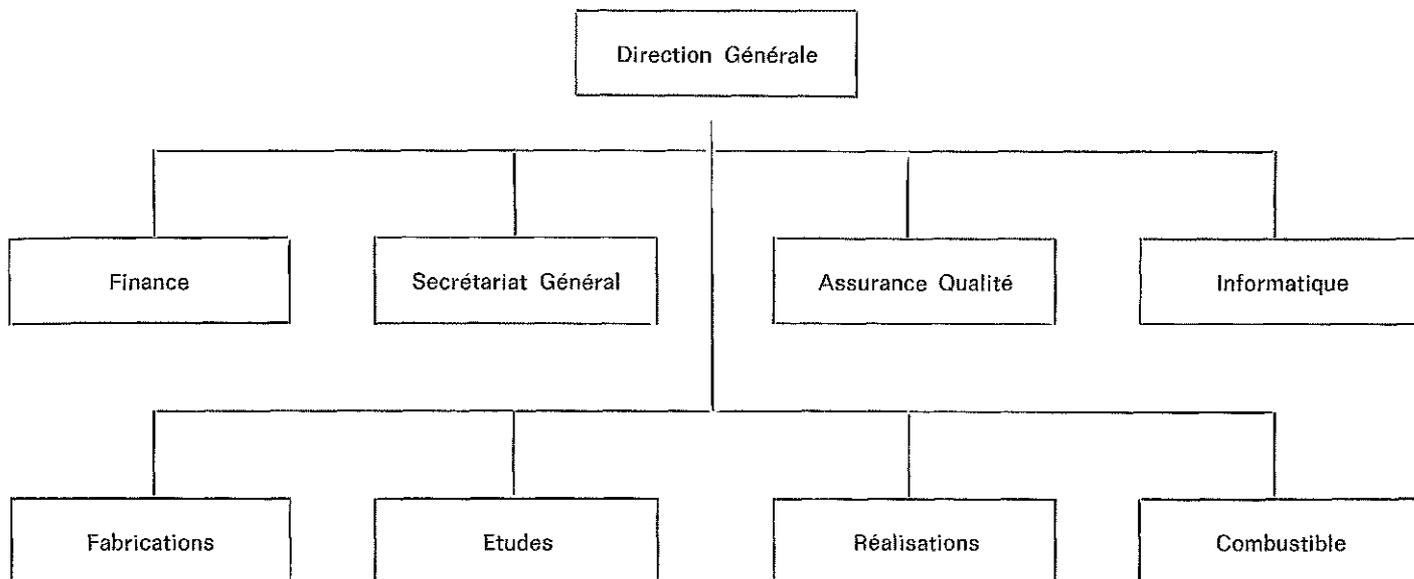


Fig. 8

celle de la chaudière car la sécurité, les performances et la fiabilité de l'installation en dépendent. Ceci est abondamment prouvé par les développements en cours aux Etats-Unis où, à partir d'une situation considérée comme la plus grave possible, la cessation de la réfrigération du réacteur par rupture totale de canalisation, se trouvent soumises à révision détaillée les données du cœur, du combustible, des systèmes de sécurité, des circuits. On a vu dans les derniers mois GENERAL ELECTRIC et WESTINGHOUSE proposer des types nouveaux de combustible, qui se situent d'ailleurs dans la ligne d'une évolution continue. Rappelons que, dans le cas de WESTINGHOUSE, il y a eu plusieurs changements fondamentaux depuis la Centrale des Ardennes, qui a été mise en service en 1968 : disparition du boîtier pour faire place à un assemblage à carcasse ; passage du gainage en acier inoxydable au gainage en Zirconium ; pressurisation interne des crayons ; élévation de la densité de l'oxyde utilisé. Chacun de ces changements s'est accompagné d'une modification du dessin des chaudières et d'une modification des performances.

Il est certain que l'avenir apportera d'autres changements, car la technique des réacteurs à eau légère, si elle a atteint sa maturité, n'a certainement pas atteint son plafond.

Dans un réacteur de 900 MWe, la charge combustible se compose de 157 assemblages. Le rechargement s'effectue annuellement en 3 régions dont les enrichissements sont au départ de 2 %, 2,7 %, 3,35 %. Le poids d'une charge complète est de 80 tonnes d'UO₂.

L'organisation de FRAMATOME, constructeur de chaudières nucléaires (Fig. 8)

La description succincte de la chaudière que nous venons de donner explique l'organisation de la Société, qui s'articule autour de l'engineering des fabrications, des constructions et mises en service, et du combustible.

- La Division des Etudes a la responsabilité d'ensemble des études du système PWR ; elle se subdivise en départements dont les désignations indiquent les fonctions : nucléaire, systèmes, mécanique, électrique, sécurité, développement, métallurgie et corrosion.
- La Division des Fabrications est chargée de l'approvisionnement des composants et matériels, soit ceux que FRAMATOME fabrique elle-même (cuves, générateurs de vapeur, instrumentation interne du cœur), soit ceux qu'elle achète.

Elle a autorité sur les ateliers de fabrication.

- La Division des Réalisations a la responsabilité des projets en cours, y compris le montage sur site et la mise en service.

- La Division du Combustible est responsable du combustible. Elle en étudie la conception, en surveille la qualité, et travaille en liaison avec la Société de fabrication EUROFUEL dont FRAMATOME est actionnaire avec PECHINEY-UGINE-KULHMANN, WESTINGHOUSE et CREUSOT-LOIRE.

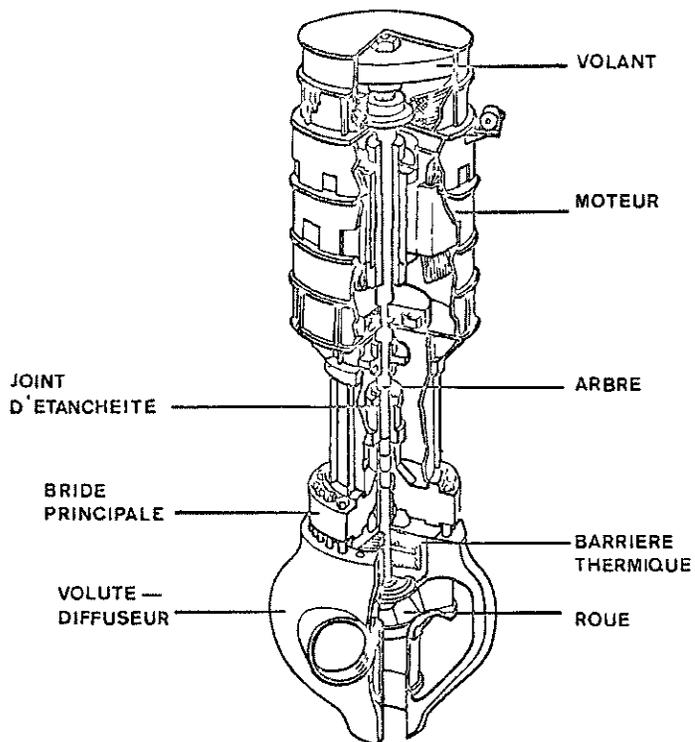
- L'Assurance de la Qualité :

L'importance de ce sujet dans l'industrie nucléaire nécessite qu'un service étoffé s'y consacre. Il dépend directement de la Direction Générale de la Société et a entière latitude pour s'assurer de la qualité des fabrications de FRAMATOME et de celle des matériels achetés. En ce qui concerne les fabrications FRAMATOME, il peut, sous sa seule autorité, suspendre une fabrication qui lui paraîtrait défectueuse.

Les problèmes que pose la constitution d'une société comme FRAMATOME

Le Bureau d'engineering installé à COURBEVOIE :

Son effectif actuel, fabrication exclue, approche 500 personnes, dont 250 Ingénieurs et Cadres.



POMPE PRIMAIRE (PP)

JOINT
D'ETANCHEITE

BRIDE
PRINCIPALE

VOLUTE —
DIFFUSEUR

VOLANT

MOTEUR

ARBRE

BARRIERE
THERMIQUE

ROUE

ALIMENTATION ELECTRIQUE
(COURANT CONTINU)

ENSEMBLE - GAINÉ DE TIGE DE
COMMANDE

MECANISME DE LEVEE

ENVELOPPE DES BOBINES
MECANISME DE TRANSFERT

BOBINES MAGNETIQUES
MECANISME DE MAINTIEN

GRAPPINS
CARTER ETANCHE SOUS PRESSION

ADAPTEUR

TIGE DE COMMANDE

TIGE DE MANOEUVRE DU MANDRIN

MANDRIN

MÉCANISME DE COMMANDE
DE GRAPPES DE CONTROLÉ

La constitution ex nihilo d'une telle équipe aurait été impossible dans les délais requis. En réalité, l'expérience de FRAMATOME a pris naissance à l'occasion de la réalisation de la Centrale des Ardennes. Dès 1958, FRAMATOME recevait la licence WESTINGHOUSE et en 1960 devenait le chef de file d'un Groupement réunissant ses associés français, les ATELIERS de CHARLEROI et WESTINGHOUSE pour construire, *clé sur porte*, une centrale de 250 MWe. C'est à l'occasion de cette réalisation exceptionnelle, puisqu'il s'agissait d'une centrale complète, que se sont formés les éléments d'une équipe ayant une connaissance approfondie du système et des composants.

Après un incident sur les parties internes qui a immobilisé la centrale pendant 26 mois, mais a permis d'acquérir une précieuse expérience en matière de manutention et de réparation de parties irradiées, la Centrale est répartie en mars 1970 et marche depuis ce temps avec une remarquable régularité (1).

FRAMATOME a pratiqué, depuis 1958, une politique systématique de formation de ses cadres aux Etats-Unis, chez WESTING-

HOUSE, ce qui fait qu'actuellement, 40 Ingénieurs ont reçu cette formation.

Nous avons d'autre part bénéficié de l'appoint de quelques ingénieurs ayant fait leur expérience nucléaire au C.E.A., ou à E.D.F., ainsi que d'un plus grand nombre venant de SOCIA, où ils avaient en particulier participé à la réalisation de EL 4 et VANDELLOS.

La fabrication des grands composants :

En matière de cuve, FRAMATOME a pris la suite de CREUSOT-LOIRE où une compétence dans la fabrication des cuves de réacteurs s'est développée à l'occasion de la réalisation de la cuve de la Centrale des Ardennes commandée en 1961, suivie de plusieurs autres commandes pour des réacteurs construits par WESTINGHOUSE. Comme les installations existantes devenaient insuffisantes, CREUSOT-LOIRE décida de bâtir un atelier lourd spécialisé pour la réalisation des cuves de PWR de toutes dimensions.

Cet atelier d'une superficie de 9.000 m², équipé de ponts roulants de puissance 350 T, dont la hauteur sous le crochet des ponts est de 23 m, outillé avec les matériels les plus modernes, sera capable de produire 6 cuves par an dans les conditions requises par les manuels d'assurance de la qualité. La technique utilisée consiste à réaliser les cuves par soudage de viroles forgées, ce qui permet de réaliser des cuves sans soudure le long de génératrices qui recouperaient les soudures circonférentielles. Les pièces forgées proviennent de la forge voisine de CREUSOT-LOIRE, qui est — comme on le sait — la seule « Grosse forge » qui subsiste en

France, et l'une des quatre « Grandes forges » européennes. L'intégration avec la métallurgie est une originalité de notre Groupe et une carte extrêmement importante dans la recherche de la meilleure qualité des matériaux.

En matière de *générateurs de vapeur*, FRAMATOME a également repris la fabrication de CREUSOT-LOIRE qui a bâti à cet effet, dans ses chantiers de CHALON-SUR-SAONE un atelier lourd spécialisé, de grandes dimensions (3.000 m² en première phase, 6.000 m² en 2^e phase, hauteur sous crochet du pont de 350 T : 23 m), capable de 6 générateurs/an en 1^{re} phase et dont la capacité peut être doublée, moyennant des investissements limités.

Cet atelier est spécialisé dans le montage final des générateurs de vapeur à partir des éléments constitutifs fabriqués par CREUSOT-LOIRE, opération qui nécessite beaucoup de précautions et une grande propreté.

Les développements récents en matière de sécurité ont montré l'importance que revêt la connaissance aussi précise que possible de la carte du flux dans le cœur. FRAMATOME a, depuis plusieurs années, développé un système de mesure du flux dans le cœur dérivé des techniques W, qui est en cours d'installation sur la centrale de TIHANGE et sera installé ensuite sur d'autres centrales.

Les équipements internes dont la réalisation nécessite un puissant atelier de mécanique et une maîtrise parfaite de la fabrication pour tenir des tolérances extrêmement serrées, sont réalisés dans les ateliers de CREUSOT-LOIRE, qui ont toute l'expérience requise pour ce genre de travail.

(1) Selon son Directeur d'Exploitation (cf NUCLEX 1972 - BALE), le facteur de disponibilité de la chaudière, supérieur à celui de la centrale, s'est maintenu au-dessus de 80 %. La puissance de la chaudière initialement de 825 MWth a été portée à 905 MWth et va être élevée à 950 MWth. Une étude économique décidera du bien-fondé du passage à 1040 MWth qui nécessitera seulement certains travaux sur le circuit secondaire. L'augmentation serait alors de 26 % par rapport à la puissance initiale, ce qui montre l'importance des marges qui se trouvent dans la conception des chaudières.

Par ailleurs, JEUMONT-SCHNEIDER a effectué les investissements nécessaires pour se mettre en mesure de réaliser 10 à 12 groupes moto-pompes par an. Il a fallu en particulier bâtir une station permettant l'essai en température et pression des joints d'arbre.

En matière de mécanismes de commande de barres, JEUMONT-SCHNEIDER a réalisé une station d'essai d'endurance ; la chaîne de production, capable actuellement de 150 mécanismes/an pourrait être aisément développée.

Pour conclure sur les grands composants, on peut dire que la mise sur pied dans des délais rapides de capacités de fabrication capables de produire les quantités nécessaires pour le programme E.D.F. n'a été possible que grâce à l'expérience acquise au cours des douze années antérieures et également aux compétences métallurgiques et mécaniques fondamentales existant dans notre groupe : élaboration et mise en œuvre des aciers alliés et inoxydables, techniques de soudage, usinage de précision des grandes pièces, méthodes de contrôle... Ceci ne signifie pas qu'aucun problème ne se soit posé, loin de là. Mais si tous les problèmes s'étaient posés, il n'aurait pas été possible de les résoudre en même temps.

La comparaison de nos moyens et de ceux de WESTINGHOUSE

Une autre conclusion que nous tirons de notre expérience est que la construction des chaudières nucléaires ne peut pas être traitée d'une manière artisanale, car cela conduirait à des coûts extrêmement élevés.

Pour faire des chaudières nucléaires au niveau de qualité et de prix mondial, il faut les construire en série, ce qui nécessite des investissements importants et spécialisés.

A titre d'illustration, voici quelques chiffres relatifs à WESTINGHOUSE. Cette Société a 80 centrales en marche, en cours de réalisation ou en commande. Elle a reçu 20 commandes en 1971 et 16 pendant les 10 premiers mois de 1972.

Sa division des PWR comprend 3.500 personnes au seul titre de l'engineering ; s'y ajoutent :

- une usine spécialisée dans la production des générateurs de vapeur (23 à 27/an)
- une usine spécialisée dans la production des équipements internes (15/an)
- une usine spécialisée dans la production du combustible (1.000 T/an)
- une usine spécialisée dans la production des groupes moto-pompes primaires, d'où 260 sont déjà sortis. La capacité est de 40 groupes/an.
- une usine spécialisée dans la production des tubes en alliages spéciaux : inconel pour les générateurs de vapeur, Zircaloy 4 pour les gaines combustibles (2)
- un important centre de recherches, un centre de calculs, et une puissante infrastructure.

Au total, 7 à 8.000 personnes se concentrent sur un seul type de réacteur, en s'appuyant d'une part sur des moyens hautement spécialisés et d'autre part sur des orga-

nisations communes à l'ensemble de la Société telles que le centre de recherche ou le centre de calculs.

Le niveau auquel se situe FRAMATOME est évidemment moindre, mais il permet de réaliser de 3 à 4 chaudières/an, taille au-dessous de laquelle il n'existe plus d'industrie nucléaire qui puisse subsister en pratiquant des prix compétitifs sur le plan mondial.

Les quelques chiffres ci-dessous illustrent notre propos :

Production annuelle	Prix de vente
6 cuves	100 (base)
3 cuves	150
2 cuves	200
1 cuve	350
6 G.V.	100 (base)
3 G.V.	120
12 G.V.	82,5
6 pompes	100
3 pompes	120
12 pompes	85

L'effet cumulatif sur les différents composants, ainsi que sur l'équipe d'engineering conduit très rapidement, sur une chaudière complète, à un écart de prix de 25 % entre une fabrication au coup par coup et une fabrication en série.

On voit donc apparaître, pour le constructeur de chaudières, la nécessité d'investir pour pouvoir produire en série et par suite le besoin d'un marché qui lui permette de rentabiliser ses investissements. Or, le programme français prévoit un peu moins de deux chaudières/an jusqu'en 1975, un peu plus de 2 ensuite. C'est seulement vers la fin de la décennie qu'on peut envisager 3 chaudières/an.

Il est donc nécessaire de se tourner vers l'exportation.

(2) Récemment, WESTINGHOUSE vient de décider de construire une usine de retraitement des combustibles.

L'exportation

Les commandes passées par la plupart des producteurs d'électricité ont des limites de fournitures modulées autour de certains castypes. Aux Etats-Unis, le NSSS et le groupe turbo-alternateur sont fréquemment passés au même constructeur (WESTINGHOUSE et GENERAL ELECTRIC sont comme on le sait, fabricants de groupe T.A.), mais ils sont également commandés à des constructeurs différents.

D'autres producteurs d'électricité, et en particulier ceux d'Allemagne Fédérale, commandent la Centrale complète à un seul constructeur dont ils attendent qu'il mène la réalisation à son terme en faisant son affaire de tout, y compris des aspects relatifs à la sécurité.

D'autres producteurs se limitent à diviser la centrale en deux lots et commandent l'îlot nucléaire à un constructeur, la partie conventionnelle à un autre, les deux travaillant en consortium.

Pour exporter, la première condition à remplir est de se faire consulter, et il faut pour cela des références reconnues. Il faut alors être capable de faire une offre à un prix compétitif, ce qui implique qu'existent des moyens de production analogues à ceux décrits précédemment. Il faut également disposer de financements ; dans de nombreux cas, il s'agit même d'un préalable. Le niveau auquel il faudrait se situer est fixé par les conditions de l'Eximbank, qui pratique une politique extrêmement active en faveur des constructions américaines.

Si toutes ces conditions sont remplies, et ce n'est pas encore le cas en France du point de vue du

financement, il reste à s'imposer au sein d'une concurrence qui regroupe les constructeurs américains, allemands, japonais et de nombreux outsiders qui proposent des systèmes divers.

Conclusion

Récapitulons ce que nous avons voulu illustrer dans cet article :

- Une chaudière nucléaire est un système complexe dont aucun élément ne peut être dissocié, sans que des risques sérieux soient pris vis-à-vis de la sécurité de l'installation, et dont le niveau de qualité doit être élevé et homogène. Ceci nécessite un engineering connaissant à fond le procédé appuyé sur un groupe industriel intégré, fondé essentiellement sur la mécanique.
- Le haut degré de qualité exigé dans les constructions nucléaires, associé au niveau de prix pratiqué au plan international exclut tout artisanat et impose la mise sur pied de capacités de production des chaudières *en série*.
- FRAMATOME et CREUSOT-LOIRE ont dû affronter ce problème et l'ont résolu en réalisant des investissements importants, dont la rentabilisation implique un programme national minimum et un effort déterminé pour exporter.
- Ce faisant, CREUSOT-LOIRE et FRAMATOME ont marqué leur volonté de persévérer dans l'orientation nucléaire, qui est une option fondamentale pour leur Groupe, poursuivie avec opiniâtreté depuis 20 ans et qui reste un élément de base de leur plan à long terme. Il n'est pas, en effet, de type de réacteur réa-

lisé en France (graphite-gaz, eau lourde, rapides, eau légère, haute température) où CREUSOT-LOIRE et ses associés n'aient joué un rôle important ; dans le cas de l'eau légère, avec la réalisation de la centrale de CHOOZ, c'était même un rôle de précurseur.

- Mais le métier de constructeur de chaudière n'est viable que dans la mesure où les pouvoirs publics désirent réellement qu'il subsiste. Ils tiennent en effet la clé des deux marchés possibles, le marché intérieur, et celui de l'exportation, par le biais des crédits. Le succès des constructeurs américains à l'exportation est dû non seulement à l'existence d'un marché intérieur abondant qui leur permet d'atteindre à la qualité technique et au bas niveau de prix, mais au soutien déterminant que leur apporte l'Eximbank. ■

J.-C. LENY

Directeur Général
de la Société FRAMATOME.

feu rouge...

feu vert !



Setep

avec le détecteur MK 15, les feux rouges deviennent toujours verts...

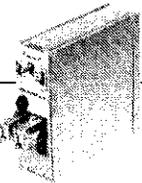
Fini les feux mal synchronisés et les attentes exaspérantes aux feux rouges dans les embouteillages.

Avec les détecteurs MK 15 à boucle magnétique, les feux de signalisation deviennent plus efficaces, plus « intelligents ».

Il n'est plus possible actuellement de concevoir une régulation du trafic sans un bon détecteur de véhicules à boucle magnétique.

Le MK 15 détecte avec précision les véhicules réellement présents à proximité d'un carrefour (y compris les bicyclettes). Notre département trafic et stationnement

met à la disposition des Municipalités et des Ponts-et-Chaussées une gamme complète de détecteurs de véhicules à boucle inductive (détecteurs directionnels, sélectifs ou portables). D'autres versions du MK 15 résolvent les problèmes de comptage dans les parkings, la fermeture des barrières automatiques, etc.



documentation sur demande à C.F.E.E., 90, rue Danton - 92300 Levallois - tél. 757.11.90

Nom _____

Adresse _____

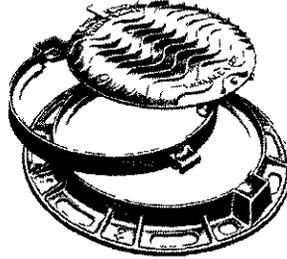
tél. _____

C.F.E.E.

90, rue Danton
92300 Levallois
tél. : 757-11-90

NUM 2

Regard GT 2.
Ouverture utile : 600 mm
Masse du tampon : 30 kg
Résistance à la rupture supérieure
à 30.000 daN
Verrouillage breveté du tampon
sur le cadre
Insonorisation assurée par
joint spécial



rehaussable

Breveté S.G.D.G.
Marque et modèle déposés

regardez bien ce regard, il s'appelle GT 2.

Il est en fonte ductile
(label Fontfranc FGS).
Maniable, robuste et silencieux,
il est adapté à la vie moderne.
Pont-à-Mousson en a livré 10.000
en 1968, 25.000 en 1969, 80.000
en 1970 et 120.000 en 1971.

Au delà de ce regard
s'étendent les réseaux
complets d'assainissement
que Pont-à-Mousson fournit
également
(en fonte, amiante-ciment
ou plastique).


PONT-A-MOUSSON S.A.
S.A. au capital de 331.480.000 F
91, avenue de la Libération
54-NANCY - 01
tél. : (28) 53.60.01
télex : 85003 - Pontam Nancy

la sûreté des réacteurs nucléaires

L'auteur rappelle la nature et l'importance des risques potentiels liés à l'implantation d'un réacteur nucléaire qui ont justifié l'élaboration d'une réglementation spécifique. Il précise le rôle des différentes autorités qui interviennent en France dans la procédure d'autorisation. Il indique les principes de base de l'examen technique de sûreté qui permet de garantir que l'exploitation d'un réacteur nucléaire n'entraîne pas de risque inacceptable pour le public et l'environnement, grâce à l'interposition de plusieurs barrières étanches entre les produits de la réaction nucléaire et l'extérieur des bâtiments du réacteur. Il souligne en conclusion l'excellent bilan de sûreté présenté par l'industrie nucléaire, grâce à l'effort important entrepris dans tous les pays, effort qu'il importe de ne pas relâcher dans l'avenir.

L'utilisation industrielle de l'énergie nucléaire a soulevé une controverse passionnée. Aux craintes des détracteurs de « l'atome pacifique » s'opposent les espoirs des producteurs d'énergie soucieux de la bonne utilisation d'une ressource nouvelle. La nécessité apparaît donc de tenter de faire objectivement le point d'une question dont l'importance est reconnue de tous.

Toute réalisation industrielle, comme toute entreprise humaine, ne peut pas être entièrement à l'abri de tout risque et l'utilisation de l'énergie contenue dans l'atome ne saurait échapper à cette règle générale. Le problème est alors de définir le degré de risque que le maître d'œuvre responsable, l'Etat et la communauté sont disposés à encourir et de prendre les mesures nécessaires pour garantir que le risque réel reste toujours inférieur à la limite acceptée. Il faut reconnaître que le phénomène nucléaire présente cependant un aspect totalement nouveau par rapport aux autres branches industrielles et que ce caractère de nouveauté, privant les jugements de leurs bases traditionnelles, a profondément désorienté un public qui par ailleurs ignore souvent les précautions

vraiment exceptionnelles associées à toute réalisation d'installations nucléaires.

Les risques nucléaires

Le coût de l'atome « militaire », la difficulté de réalisation des engins sont maintenant connus de tous et personne ne pense plus « exploser » comme une bombe. L'importance des risques potentiels, l'étendue possible des dommages susceptibles d'être causés et surtout la nature du danger sont toutefois mis en avant par les défenseurs de l'environnement et sont particulièrement redoutés du public. Une diffusion considérable a été donnée aux documents scientifiques traitant des possibilités de dégagement rapide d'énergie dans les réacteurs, de la nature et de la quantité des corps radioactifs produits ainsi que des conséquences biologiques de l'irradiation et de la contamination. Ces documents sont utilisés dans les campagnes menées contre le développement de l'énergie nucléaire mais ces mêmes documents sont également connus des tenants de ce développement et

l'on sait moins quelles conséquences en ont été tirées par les autorités responsables de la protection du public.

Nous ne traiterons pas ici de l'effet biologique des rayonnements qui est spécifiquement du domaine médical. Nous soulignerons seulement deux points importants :

— le caractère un peu paradoxal de l'inquiétude du public vis-à-vis des effets des rayonnements ionisants. Le globe terrestre a été soumis de toute éternité à ces rayonnements et la population ne paraît pas en avoir souffert. Une variation de leur niveau, à condition qu'elle soit légère, ne justifie pas, logiquement, une grande inquiétude. Par contre l'utilisation de produits chimiques nouveaux, sur lesquels l'expérience est inévitablement beaucoup moins grande, n'amène pas de réaction de ce même public, sauf en cas de catastrophes manifestes ;

— de toute façon, d'éminents savants de toutes les nationalités ont déterminé les irradiations et les contaminations acceptables sans dommage pour l'homme et leurs conclusions sont prises, comme bases de travail par les techniciens.

Reste maintenant à indiquer quelles sont les précautions prises pour « discipliner » les dégagements d'énergie dans les réacteurs et contenir les produits dangereux qu'ils engendrent. Reste surtout à préciser quel contrôle existe pour s'assurer que ces précautions sont suffisantes.

Les bases d'une réglementation

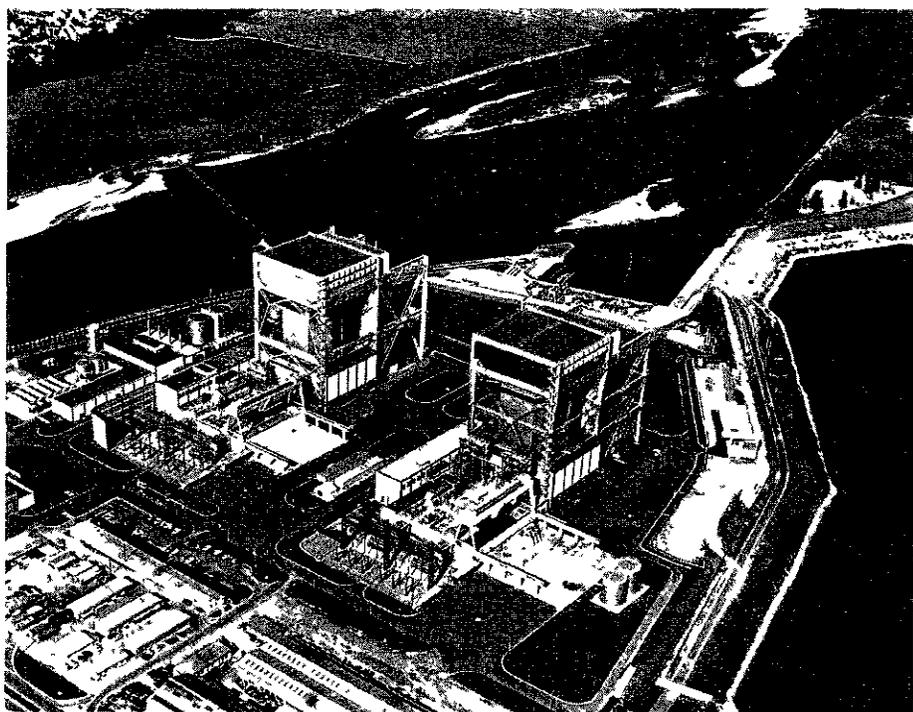
Compte tenu de ce qui précède, un certain nombre de principes gé-

néraux sur lesquels s'appuie la sûreté nucléaire ont été établis :

— en raison de l'importance des dommages potentiels pour le public qui pourraient résulter d'un accident dans l'exploitation d'une centrale nucléaire, les Etats ne peuvent laisser à l'initiative privée la construction de telles installations sans l'assortir d'un contrôle et d'une réglementation particulièrement stricts : les centrales nucléaires seront donc, dans tous les pays, placées sous un régime d'autorisations ;

— les dommages potentiels étant très supérieurs aux coûts des installations en cause, et pouvant s'étendre dans certains cas au-delà des frontières nationales, l'exploitant ne peut assumer la complète responsabilité civile de son installation, et, au-delà d'un certain niveau de dommages, l'Etat est obligé de prendre sa relève.

Il en résulte que l'Etat, qui dans la majorité des pays a été à l'origine du développement nucléaire, reste directement concerné par son exploitation industrielle, sous l'angle de la sûreté. C'est lui, et lui seul, qui peut délivrer les autorisations en matière de construction et d'exploitation, autorisations qui doivent s'insérer dans un cadre plus vaste de dispositions réglementaires comprenant la définition des normes pour la protection — des travailleurs et des populations — contre les rayonnements ionisants et la mise en œuvre d'un système d'inspection et de contrôle garantissant que la construction et l'exploitation s'effectuent conformément aux prescriptions contenues dans les actes d'autorisation. Quant à ces prescriptions, elles doivent être fondées sur une analyse



La Centrale de SAINT-LAURENT

Elle comporte deux unités identiques, du type uranium naturel - graphite-gaz. On voit sur la photo le caisson en béton précontraint qui assure un confinement efficace de tous les produits radioactifs.

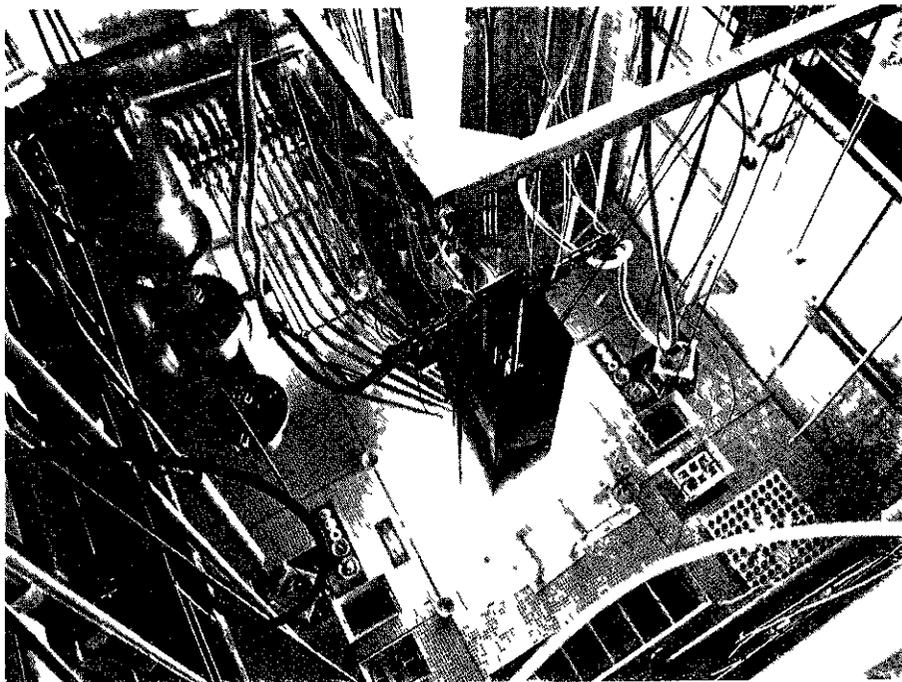
technique qui a pour but de juger si les dispositions prévues par le constructeur et l'exploitant permettent effectivement d'empêcher que les produits radioactifs puissent affecter les travailleurs et les populations avoisinantes.

Avant d'entrer dans le détail de cet examen technique, qui constituera l'essentiel du présent exposé, il faut rappeler brièvement les différentes autorités qui, sur ce plan spécifique, interviennent en France dans la procédure réglementaire : — tout d'abord le Ministre du Développement Industriel et Scientifique, délivre les autorisations, conformément au décret de 1963 relatif aux installations nucléaires de base, et dispose des inspecteurs des établissements classés prévus par la loi de 1917 relative aux établissements « dangereux, insalubres et incommodes ». Ces inspecteurs ont pour tâche de veiller à l'application de la réglementation et notamment au respect des prescriptions techniques lors de la construction et de l'exploitation. Auprès du Ministre est placée une Commission Interministérielle des Installations Nucléaires de Base (C.I.I.

N.B.) qui donne son avis sur la demande d'autorisation de construction présentée par l'exploitant. Par ailleurs le Ministre a prescrit l'établissement de rapports de sûreté pour chaque installation et mis en place, près de lui, des organismes techniques chargés d'étudier pour son compte ces rapports et d'établir les prescriptions techniques nécessaires ;

— le Ministre de la Santé Publique et de la Population, doit donner un avis conforme au décret d'autorisation, et est responsable du contrôle de la pollution radioactive à l'extérieur des bâtiments de la centrale. Ce contrôle est assuré par les agents du Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (S.C.P.R.I.) ;

— le Ministre de l'Intérieur enfin, intervient au premier stade, celui de l'enquête locale « de commodo et incommodo » effectuée par le Préfet avec consultation des collectivités locales et des diverses autorités publiques, et au dernier stade, celui de la mise en œuvre éventuelle du plan ORSEC-RAD dans le cas d'un accident.



Le réacteur OSIRIS

Le cœur du réacteur est placé dans une piscine dont l'eau assure une protection efficace contre les rayonnements.

L'examen technique de sûreté

Différents protagonistes : constructeur, exploitant et organisme technique de sûreté participent à l'examen technique et il importe de préciser leur position.

● Le constructeur doit réaliser un compromis entre l'aspect économique de l'installation — coût d'investissement et prix de revient du kWh minimaux — et la recherche de la meilleure sûreté possible. Si l'un des facteurs qui joue un rôle important dans l'évaluation économique prévisionnelle, l'obtention d'une bonne fiabilité de l'installation, est également un facteur favorable sous l'angle de la sûreté, par contre d'autres dispositions propres à améliorer la sûreté, telles que la redondance des systèmes de détection et de surveillance ou la multiplicité des contrôles de fabrication, viennent incontestablement grever le prix de revient de l'énergie. Il est donc nécessaire que la tendance normale du constructeur à resserrer ses prix soit contrebalancée par l'obligation qui lui est faite de respecter un certain nombre de règles, normes et critères de sûreté et d'apporter la preuve que l'installation à construire ne présente pas de risques *sérieux* pour les travailleurs et l'environnement. A cette fin, le constructeur présente un rapport dit « de sûre-

té », dans lequel il doit démontrer qu'en toutes circonstances, marche normale, transitoires normaux ou accidentels, et accidents *matériels*, le confinement des produits radioactifs créés dans le réacteur reste assuré.

● L'exploitant a lui aussi un compromis à réaliser entre le coût de production et la sûreté. Il lui est donc imposé en premier lieu de respecter pendant toute la vie de la centrale des dispositions prises par le constructeur pour garantir la sûreté de l'installation, en maintenant la centrale en conformité rigoureuse avec les spécifications du rapport de sûreté, et en assurant avec une fiabilité suffisante l'exécution des opérations dont dépend la sûreté de la centrale : surveillance des paramètres critiques, manœuvres de contrôle, etc... Il doit en outre prévoir dans le détail les modalités d'exécution des actions à entreprendre dans les cas accidentels envisagés. L'exploitant traduit ces diverses exigences dans la rédaction de consignes d'exploitation dans lesquelles il reprend à son compte tous les impératifs de sûreté.

● L'organisme technique de sûreté est composé d'experts dont les compétences doivent couvrir la totalité des techniques mises en jeu qui peuvent avoir une répercussion sur la sûreté de l'installation.

Il ne lui appartient pas de dicter au constructeur ou à l'exploitant les mesures propres à garantir la sûreté, mais il doit porter un jugement, sous l'angle de la sûreté, sur les propositions contenues dans le rapport de sûreté et les consignes d'exploitation. Au terme de son examen, il émet un avis, auprès de l'autorité chargée de la délivrance des autorisations.

Lors des discussions qui ont lieu entre les trois protagonistes, le constructeur peut être amené à apporter des modifications à l'installation prévue pour tenir compte de l'examen de sûreté. Il importe donc que ces contacts aient lieu le plus tôt possible et se maintiennent jusqu'à la mise en service définitive de la centrale, afin que les modifications éventuelles se fassent de la façon la plus économique et que leurs incidences sur le planning soient minimisées. Réciproquement, il est nécessaire que le constructeur — et ses sous-traitants — connaissent, dès le début de l'entreprise, les impératifs de sûreté et les critères qui seront retenus lors de l'examen du rapport de sûreté.

Les modalités d'examen technique de sûreté varient suivant les pays. Une première raison vient de ce que les critères et normes réglementaires ne peuvent être fixés indépendamment de la structure et des habitudes de l'industrie du pays constructeur. Par ailleurs, chaque pays a un passé et des traditions concernant l'organisation de la sûreté : ainsi les États-Unis se réfèrent toujours à des codes établis généralement par les diverses associations professionnelles et dont le célèbre code ASME pour les caissons sous pression est un exemple caractéristique ; en France, dans le même domaine, la réglementation établie par le Service des

Mines pour les appareils à pression relève d'un esprit tout différent.

Des éléments spécifiquement nucléaires entrent également en ligne de compte :

● Certains pays ont concentré leurs efforts sur un seul type de centrale. Dès lors qu'ils estiment avoir acquis suffisamment d'expérience, ils peuvent établir des critères détaillés, bien adaptés au type réalisé, et en couvrant la quasi-totalité des aspects techniques. Cette procédure simplifie dans une certaine mesure la tâche des constructeurs. Il faut cependant tenir compte de ce que, même pour un type de centrale bien éprouvé, la technique ne reste pas figée, ce qui peut entraîner une modification des critères de sûreté en fonction de l'évolution de la technique. En outre, lorsque des constructeurs essaient d'implanter un nouveau type de centrale, on peut avoir tendance à vouloir appliquer à ces nouvelles techniques les critères existants qui ne leur sont pas nécessairement adaptés, ce qui peut ne pas être une bonne ligne de conduite.

● D'autres pays au contraire entreprennent simultanément la construction de plusieurs types de réacteurs. Ils sont donc *conduits à définir* des critères généraux, et d'autre part d'adopter une méthode qui s'efforce d'être indépendante du type de réacteur choisi.

Schématiquement, on peut dire que les Etats-Unis, avec leur quasi-monopole des réacteurs à eau ordinaire, sont représentatifs de la première catégorie, et que la France, qui engage un programme de réacteurs à eau après avoir construit des réacteurs graphite-gaz, et qui poursuit un développement actif des surrégénérateurs à neutrons rapides, se place plutôt dans

la deuxième catégorie. C'est la méthode d'examen utilisée en France, dite méthode « des barrières », qui va être présentée dans le chapitre suivant.

On doit souligner que cette disparité des critères utilisés pour l'analyse de la sûreté dans les différents pays ne peut être considérée comme satisfaisante. Certes, il serait absurde de croire qu'il n'existe qu'une seule méthode pour obtenir la garantie d'une bonne sûreté, mais il est incontestable que la situation actuelle entraîne un certain gaspillage d'efforts, et constitue une gêne à l'exportation de centrales nucléaires ou à la collaboration internationale. C'est pourquoi on doit tendre vers une harmonisation des critères, ce qui sera facilité au fur et à mesure que s'accumulera l'expérience d'exploitation.

Il est enfin important d'attirer l'attention sur un point essentiel, commun à toutes les méthodes d'analyse de sûreté : au moment où le constructeur dépose sa demande d'autorisation à l'autorité compétente, il n'est généralement pas en mesure de fournir à l'organisme de sûreté tous les détails qui lui sont nécessaires pour juger complètement de la sûreté de l'installation. C'est ainsi par exemple que les dispositions à prendre pour le contrôle de fabrication ou de montage de certains équipements essentiels ne sont pas définies, d'autant que le fabricant n'est généralement pas encore désigné. En outre, durant les 5 années qui séparent l'autorisation de construction de la mise en service, les études se poursuivent et apportent des enseignements dont les constructeurs et plus généralement les protagonistes de l'examen de sûreté doivent tenir compte. En conséquence, généralement de façon réglementaire,

sinon de fait, les centrales nucléaires font l'objet de deux autorisations successives, elles-mêmes prises après deux examens complets de la sûreté : le permis de construire et le permis de mise en exploitation. Dans certains cas, on distingue pour ce dernier deux stades : un permis provisoire qui permet le démarrage et les essais, un permis définitif dans lequel on tient compte des enseignements apportés par le fonctionnement initial.

La méthode des barrières

La protection des populations contre les conséquences d'un relâchement accidentel des produits de fission repose sur l'interposition en série de « barrières » étanches entre le cœur du réacteur et le public. L'analyse de sûreté consiste donc à s'assurer de leur validité et de leur fonctionnement correct dans les conditions de fonctionnement normal ou accidentel.

Ce type d'analyse présente l'avantage de faire ressortir le caractère progressif de la sûreté pour lequel on distingue 3 étapes successives mais non indépendantes :

- la prévention : la validité de chaque barrière doit être démontrée par le choix des matériaux qui la composent, par l'adaptation de ces matériaux aux conditions de fonctionnement et par le maintien rigoureux dans le temps des caractéristiques imposées ou des marges requises. Il est essentiel d'autre part de bien mettre en évidence les limites technologiques, de manière à définir, en toute connaissance, les marges entre les conditions de fonctionnement et ces limites ;
- la surveillance : elle est destinée à détecter toute entrée à

l'intérieur de la marge précédemment définie afin d'être en mesure, dans ce cas, de déclencher à temps une action correctrice, automatique ou manuelle, pour revenir aux conditions normales ;

- l'action de sécurité : elle a pour but, en cas de dépassement accidentel des limites technologiques, d'effectuer une action correctrice en vue de prévenir l'émission des produits de fission ou d'en limiter l'ampleur et de permettre une reprise du fonctionnement normal après restauration éventuelle de la barrière défaillante.

L'examen de chaque barrière est conduit sous trois aspects principaux :

- les conditions de fonctionnement normal, cas le plus simple et le mieux défini, qui, après le constat des connaissances des limites technologiques de la barrière et des incertitudes qui demeurent, aboutit à la fixation de caractéristiques ayant des conséquences économiques majeures comme celle de la fixation de la puissance maximale de l'installation. Tout progrès dans les connaissances peut amener ensuite à une réduction des marges ;
- les transitoires normaux de fonctionnement (démarrages, montées en puissance, variations de charge) : leur examen doit être spécialement attentif (ce point a quelquefois été négligé dans le passé et a conduit à des *incidents* sérieux), et l'on doit s'efforcer de définir la marge du fonctionnement permanent de telle sorte qu'elle absorbe les transitoires normaux sans nécessité de déclenchement d'actions correctrices ;
- les transitoires accidentels, pro-

voqués par des défaillances matérielles ou des erreurs humaines. L'examen des divers cas est délicat et l'on est souvent conduit, à ce niveau, à des analyses qualitatives. L'établissement des diverses chaînes accidentelles permet de sélectionner les points critiques pour en améliorer la fiabilité ou la surveillance, de choisir les types de parades et d'orienter le cas échéant des études spéciales.

Pour chaque type de réacteur, les barrières réputées à la fois étanches et résistantes sont au nombre de trois ou quatre. Ce sont généralement : la gaine, le circuit primaire, le confinement primaire et éventuellement le confinement secondaire. Chacune d'elles est séparément examinée en détail suivant les modalités qui viennent d'être exposées.

Pour synthétiser l'examen des barrières ainsi effectué, et pour évaluer en particulier leur indépendance les unes par rapport aux autres, ce qui est essentiel dans un bilan de sûreté, une description d'accidents types de grande ampleur est ensuite établie. Cette démarche finale garde un certain caractère conventionnel, mais elle a le mérite de permettre une estimation du comportement dynamique des produits dangereux au cours de leur transport possible depuis le cœur jusqu'à l'enceinte extérieure et de fournir ainsi un ordre de grandeur des conséquences radiologiques pour le site, si l'intégrité de toutes les barrières devait être atteinte.

La probabilité d'un accident nucléaire

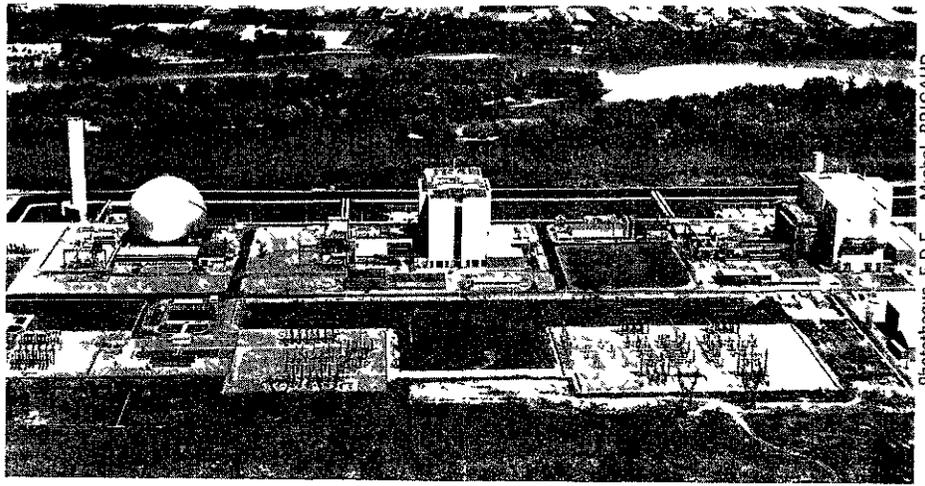
On ne peut arriver à une appréciation correcte des risques impli-

qués par l'utilisation de l'énergie nucléaire que dans la mesure où on est capable de compléter l'évaluation des conséquences d'un accident par une estimation, de préférence par excès, de la probabilité de cet accident. Or il est très difficile de chiffrer les probabilités extrêmement faibles qui sont celles des graves accidents nucléaires. La référence à l'expérience déjà acquise dans les quelques dizaines d'installations qui existent dans le monde n'est pas d'un grand secours, car cette expérience ne peut être statistiquement représentative lorsqu'on s'intéresse à des événements dont la probabilité est évaluée par les experts à 1 chance sur 100.000 ou sur 1 million par an et par réacteur. Par ailleurs, le fait qu'il n'y ait eu jusqu'ici qu'un nombre très limité d'accidents, tous de faible ampleur, bien que rassurant en soi et donnant confiance nous incite à rester vigilants pour l'avenir, car on peut craindre que le vieillissement des installations, la routine de l'exploitation ou la pression de la concurrence commerciale n'agissent dans un sens défavorable. En sens inverse, il faut signaler que l'expérience acquise quotidiennement dans les centrales nucléaires en service et les résultats des recherches en cours viennent accroître la somme des connaissances disponibles pour l'amélioration générale de la sûreté.

Pour essayer de tourner cette difficulté, certains organismes de sûreté ont introduit le concept d'« accident maximal croyable » (maximum credible accident), voulant indiquer par là qu'au-delà d'une séquence accidentelle donnée, toutes les autres séquences qui pourraient être théoriquement envisagées et qui conduiraient à des dommages plus graves n'ont pas à être prises en considération dans

La Centrale de CHINON

Première Centrale nucléo-électrique d'Electricité de France, elle comporte trois unités du type uranium naturel - graphite-gaz carbonique. L'analyse de sûreté a montré qu'il n'était pas nécessaire de reconduire sur les deux unités suivantes la sphère métallique de confinement qui avait été installée à titre expérimental sur CHINON 1 (à gauche sur la photo).



Photothèque E. F. - Michel BRIGAUD

l'analyse de la sûreté, car leur probabilité est si faible qu'on peut pratiquement la tenir pour nulle.

Ce concept présente des avantages pratiques incontestables mais peut être critiqué. En toute rigueur, il est impossible de différencier entre « croyable » et « incroyable », et la conséquence est que généralement pour se mettre autant que possible à l'abri des critiques on a tendance à imposer la prise en compte d'événements extrêmement peu probables. Ceci entraîne la mise en œuvre de précautions et de marges de sécurité exagérées, sans pouvoir affirmer en toute certitude que l'on n'a pas laissé échapper de combinaison d'événements, qui pris individuellement peuvent être relativement fréquents, et dont la coïncidence fortuite, peut-être plus probable que l'accident maximum croyable, conduirait à des conséquences finalement plus désastreuses.

C'est pourquoi, tenant compte de l'expérience accumulée depuis plusieurs années sur de nombreux matériels et des progrès réalisés dans l'analyse des comportements accidentels des réacteurs, nous envisageons une approche plus rationnelle, dont le but est d'associer à chaque séquence accidentelle étudiée dans le rapport de sûreté une évaluation quantitative de sa probabilité. C'est incontestablement, à moyen et à long terme, la bonne approche. Son emploi est cependant actuellement limité sur trois plans :

- données de fiabilité encore incomplètes sur les gros matériels ;
- connaissance insuffisante de certains phénomènes accidentels ;
- difficulté de définir rigoureusement le niveau de risque (conséquences \times probabilité) acceptable compte tenu du contexte

psychologique attaché aux dangers nucléaires.

Nous restons donc fidèles en France à la méthode qualitative exposée plus haut, mais nous nous efforçons de la compléter, lorsque c'est possible, par une évaluation quantitative de la fiabilité de certains ensembles ou sous-ensembles, qui permet en particulier de faire apparaître les points faibles sous l'angle de la sûreté, points faibles sur lesquels il est nécessaire de faire porter l'effort.

Conclusion

La Commission de l'Energie Atomique américaine a récemment présenté ses prévisions de dépenses en matière de sûreté nucléaire pour la prochaine année fiscale. Le personnel affecté à la réglementation (analyses de sûreté, contrôles et inspections) s'élèvera à plus de 800 personnes, pour un budget de 26.500.000 \$. En outre 53.300.000 \$ seront dépensés sur les études de sûreté dans les laboratoires américains. En France, les dépenses sont évidemment moindres, le programme nucléaire national étant quantitativement beaucoup plus modeste que le programme américain : le C.E.A. n'en dépensera pas moins en 1972 de l'ordre de 40 millions de francs sur la sûreté nucléaire (analyses et études de sûreté).

Ces chiffres sont une preuve de l'importance attachée par les Etats à leur mission de sûreté nucléaire. On peut affirmer que dans aucune autre branche industrielle, la sûreté n'aura été regardée aussi profondément. En outre, les préoccupations de sûreté dans l'industrie nu-

cléaire sont présentes dès le stade de l'avant-projet d'une installation, et ne viennent pas seulement se rajouter au moment de la mise en exploitation. Ceci explique sans doute que jusqu'à présent, le bilan présenté par les réacteurs nucléaires en service soit excellent sous l'angle de la sûreté : une revue américaine rappelait qu'il n'y a pas eu encore aux Etats-Unis une seule réclamation pour dommages aux biens ou aux personnes pour tous les réacteurs autorisés en service. A notre connaissance, il en est de même dans les autres pays. Ceci peut être considéré comme une réussite remarquable pour une industrie nouvelle et en pleine expansion.

Cette réussite ne doit pas cependant faire croire qu'il n'y a plus de problème de sûreté nucléaire. Tous les phénomènes pouvant conduire à des conditions accidentelles ne sont pas encore connus avec suffisamment de détails pour qu'on ne puisse pas craindre que l'accélération des constructions de centrales nucléaires et l'augmentation de leurs performances n'accroissent le risque d'accident. Il est donc indispensable de ne pas relâcher l'effort actuel en matière de sûreté, si l'on veut que le public puisse bénéficier de tous les avantages liés à l'implantation de centrales nucléaires — en particulier une moindre pollution atmosphérique — tout en ne courant que des risques très inférieurs à ceux qui sont liés aux autres activités industrielles. ■

J. BOURGEOIS

Directeur chargé
de la Commission de Sûreté des Piles,
Commissariat à l'Energie Atomique.

**une entreprise
à vocation
européenne
au service
des
routes**

**et des
aérodromes**



BEUGNET

l'avenir de la production d'électricité d'origine nucléaire en France

La situation énergétique de la France

La consommation d'énergie sous toutes ses formes croît rapidement en France comme dans les autres pays industriels. L'électricité, grâce à un certain nombre d'avantages spécifiques, se développe plus fortement encore et sa part, qui représente actuellement un peu moins du quart de l'ensemble de l'énergie livrée au consommateur final, semble devoir atteindre la moitié vers l'horizon 2000. Le rythme de progression de l'électricité est de l'ordre du doublement en dix ans, ce qui contraint à installer tous les dix ans une puissance supplémentaire équivalente à celle qui existait antérieurement.

Parmi les innombrables problèmes posés par ce rythme effréné, le choix du mode de production de l'électricité est l'un des plus passionnants — houille blanche des montagnes, force des marées, charbon, pétrole, gaz — autant d'énergies primaires utilisables et utilisées. Où en sommes-nous aujourd'hui ?

La France ne peut plus compter sur un grand nombre de nouveaux équipements hydro-électriques ; il ne reste que peu de sites intéressants et l'essentiel de l'effort en ce domaine s'orientera sans doute vers la création de centrales de pompage qui stockeraient l'énergie des heures creuses pour la rendre au moment de la pointe. Sur le plan des centrales thermiques, on ne peut compter que très marginalement sur les unités brûlant du charbon, le coût de production de ce combustible ayant crû très for-

tement par rapport à ses concurrents. Depuis quelques années déjà et pour le 6^e Plan en particulier, l'essentiel de l'effort est orienté vers les centrales au fuel dont la part sera très nettement prépondérante dans la production pendant de longues années.

Cette évolution ne présente pas que des avantages. Alors que les ressources nationales (hydraulique, nucléaire et thermique ou combustibles nationaux) ont couvert 78 % des besoins français d'électricité en 1970, cette proportion tombera à 55 % en 1975 et à des valeurs encore plus faibles en 1980. Pour l'ensemble des formes d'énergies, la situation au regard du commerce extérieur est encore moins bonne. Notre déficit en énergie qui était déjà de 40 % en 1960 est passé à 65 % en 1970 et pourrait atteindre 80 % vers 1980.

C'est dans ce contexte général qui est, à quelques nuances près, valable pour l'ensemble de l'Europe occidentale, qu'il faut examiner les efforts faits depuis la dernière guerre mondiale en faveur de l'utilisation pacifique de l'énergie atomique et tout particulièrement l'accélération donnée récemment aux programmes français de production d'électricité par des centrales nucléaires.

Les premiers programmes de centrales nucléaires 1956-1968

Les premiers programmes de centrales nucléaires, en France comme en Grande-Bretagne, ont été fondés sur la filière à uranium na-

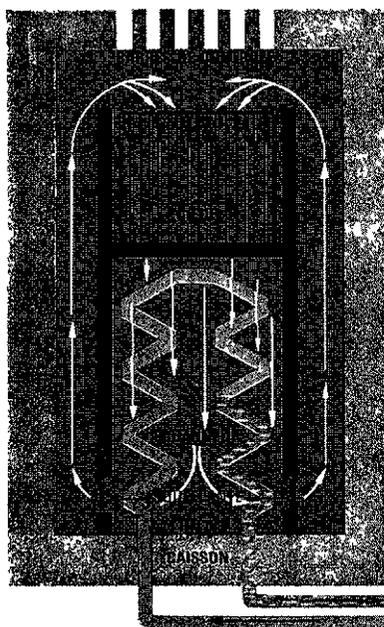
turel — graphite — gaz carbonique ainsi dénommées pour les trois raisons suivantes :

- le combustible utilisé est l'uranium dans sa composition naturelle où l'isotope actif (U 235) représente 0,7 % de la masse ;
- le graphite sert à ralentir les neutrons afin de favoriser la réaction en chaîne ;
- le gaz carbonique évacue la chaleur du réacteur vers les turbo-alternateurs qui la transforment en électricité.

A l'époque de ce choix, cette filière était la seule orientation possible compte tenu des problèmes que posait l'enrichissement de l'uranium ou la disposition d'eau lourde pour les autres filières. La filière « gaz-graphite » n'apparaissait d'ailleurs pas moins séduisante que les autres sur les plans technique et économique.

Le programme français à uranium naturel-graphite-gaz est bien connu. Il a commencé avec les trois premières piles plutonigènes réalisées pour les besoins militaires par le C.E.A. à Marcoule. Ces unités ont été équipées par Electricité de France d'échangeurs (gaz carbonique - eau) pour tirer parti de la chaleur produite par ces piles et surtout pour familiariser les électriciens avec cette technique. Le premier kwh d'origine nucléaire a été produit dès 1956.

Les étapes suivantes virent le rôle principal échoir à Electricité de France, conseillé par le Commissariat à l'énergie atomique. La taille des unités a crû rapidement pour tendre aussi vite que possible, malgré les risques que cela comportait, vers la compétitivité avec le



■ CO
■ eau

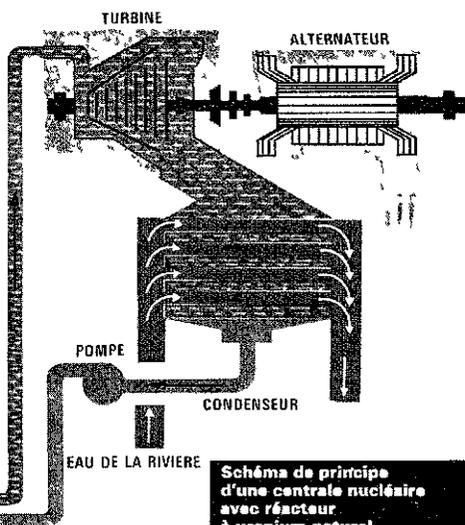
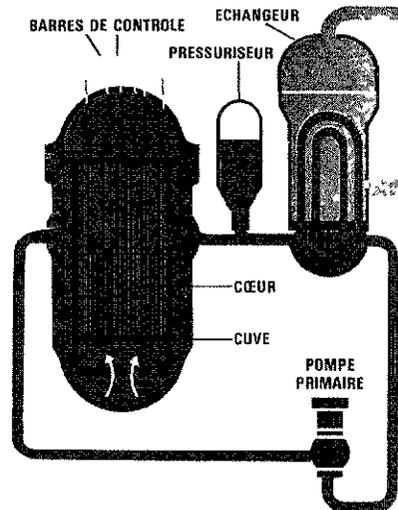


Schéma de principe d'une centrale nucléaire avec réacteur à uranium naturel



thermique classique, l'effet de taille sur le coût kwh étant très important. Ces étapes furent matérialisées par les unités suivantes :

	Puissances	Mise en service
Chinon I	70 Mwe	1963
Chinon II	200 Mwe	1965
Chinon III	480 Mwe	1966
St-Laurent-des-Eaux I	480 Mwe	1969
St-Laurent-des-Eaux II	515 Mwe	1971
Bugey I	540 Mwe	1972

Les deux centrales de Saint-Laurent-des-Eaux présentaient pour la première fois à quelques détails près le caractère d'une duplication. Dans les conditions économiques existant à l'époque de la décision (1963) il apparaissait en effet que ces centrales devaient être compétitives avec les centrales au fuel. La recherche de nouveaux progrès était cependant poursuivie, notamment dans le domaine des combustibles grâce à une nouvelle disposition géométrique qui a été mise en œuvre lors de la construction d'une centrale encore plus performante près de Lyon, la centrale du Bugey. Il fut également établi un projet de centrale extrapolant Bugey pour une puissance de l'ordre de 1.000 Mw.

Parallèlement aux efforts essentiels qui étaient développés sur la filière uranium naturel - gaz - gra-

phite, deux expériences étaient tentées dans des filières différentes, l'une à la centrale EL 4 des monts d'Arrée (Finistère) de 70 Mwe utilisant une technique de modulation des neutrons à l'aide d'eau lourde, le refroidissement restant assuré par du gaz carbonique, l'autre à la centrale de Chooz (Ardennes) réalisée en commun avec la Belgique (266 Mwe) et faisant appel à la filière uranium enrichi - eau ordinaire (technique eau pressurisée).

Une filière nouvelle très prometteuse était également expérimentée avec la mise en service en 1967 de Rapsodie, réacteur expérimental de faible puissance à neutrons rapides refroidi au sodium implanté dans le Centre de Cadarache du Commissariat à l'énergie atomique.

La nouvelle orientation des programmes vers la filière uranium enrichi-eau ordinaire

Les étapes et les raisons de cette nouvelle orientation.

Un certain nombre d'événements nouveaux ont paru dès 1968 susceptibles de remettre en cause l'orientation générale vers la filière uranium naturel - graphite - gaz carbonique (UNGG) qui avait été définie par le 5^e Plan : l'abandon de cette filière par les Anglais qui adoptaient la filière uranium enri-

chi - graphite - gaz (AGR), l'accroissement rapide aux Etats-Unis des contrats de construction de centrales de la filière uranium enrichi - eau ordinaire, la baisse des prix des fuels alimentant les centrales classiques.

La Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire, dite Commission PEON, fut alors chargée de faire le point, puis ultérieurement de mettre à jour ses études pour tenir compte de l'évolution de la situation ; enfin elle fut invitée à formuler son avis sur les dispositions que devait comporter le 6^e Plan.

Dans son premier rapport d'avril 1968, la Commission recommande d'engager immédiatement une centrale de la filière uranium enrichi - eau ordinaire qui apparaissait, à la suite d'études approfondies, présenter des avantages économiques certains tant en coût d'investissement par kw qu'en coût de kwh dans la mesure où l'approvisionnement en combustible est réalisé aux conditions existant aux Etats-Unis. Elle envisageait pour le début du 6^e Plan un programme admettant la coexistence de deux filières.

En mai 1969 un groupe de travail restreint de la Commission prenait en considération un programme de quatre à cinq centrales à engager avant 1975 et envisageait en ce qui concerne les filières

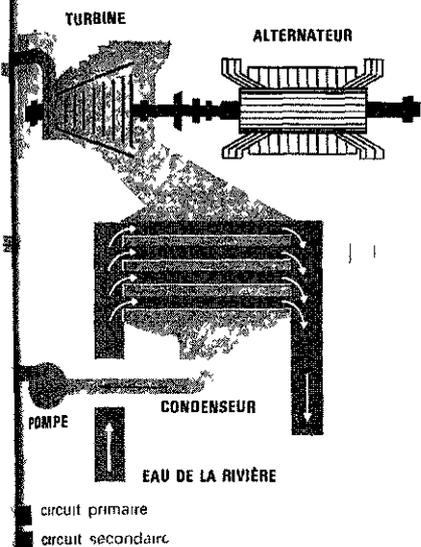


Schéma de principe d'une centrale nucléaire avec réacteur à uranium enrichi et eau sous pression

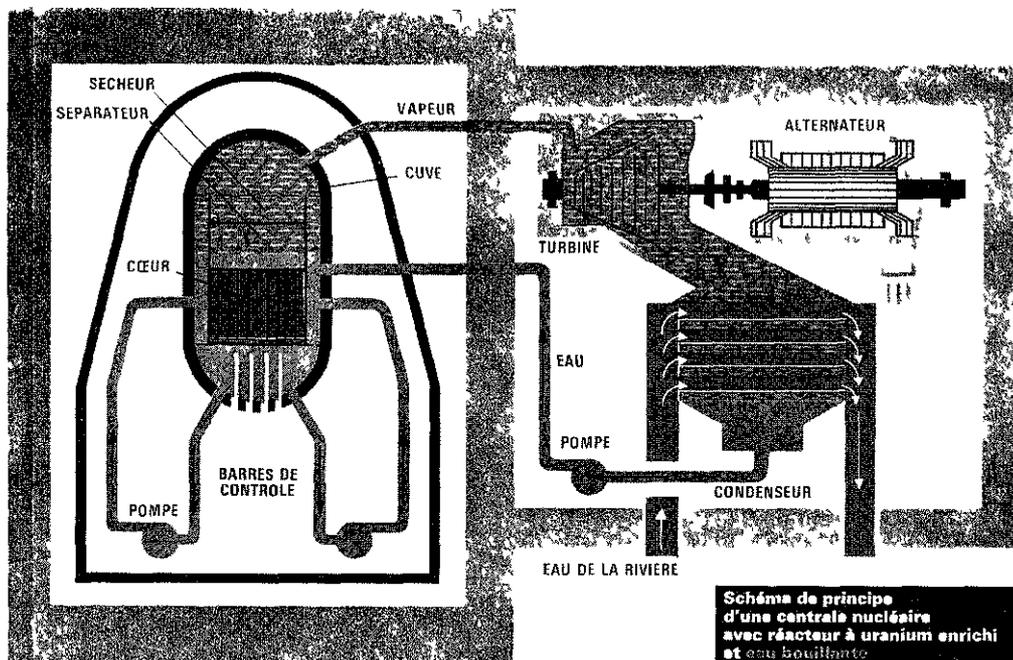


Schéma de principe d'une centrale nucléaire avec réacteur à uranium enrichi et eau bouillante

à uranium naturel d'apprécier ultérieurement les mérites respectifs des filières en eau lourde et à graphite (UNGG). Un programme de diversification était alors retenu par un Conseil restreint en novembre 1969 et la décision était prise de construire à Fessenheim une première centrale à uranium enrichi - eau ordinaire qui se substituait à celle du type UNGG dont l'engagement, prévu à la fin de 1967, avait été différé.

Les nouvelles études effectuées pour la préparation du 6^e Plan confirmèrent l'intérêt de la filière uranium enrichi - eau ordinaire. Dans son rapport de novembre 1970, la Commission PEON compare les centrales de ce type aux centrales thermiques constituées de deux unités de 600 Mw alimentées en fuel à 0,6 ou 0,7 c/th (ce qui est un prix sensiblement dépassé actuellement) en déterminant les coûts de kwh actualisés à 10 % sur les durées de vie des centrales. En admettant, ce que l'expérience a vérifié depuis, que le coût d'investissement par kw du nucléaire ne dépasse pas de plus de 35 % celui du thermique, les coûts du kw devraient être équivalents pour du fuel à 0,7 c/th pour une mise en service en 1975 et à 0,6 c/th, compte tenu du progrès technique attendu, pour une mise en service en 1980.

Outre les perspectives économi-

ques favorables, la Commission a souligné que de puissants arguments renforcent l'intérêt d'un programme substantiel. Dans le tableau d'ensemble de l'approvisionnement énergétique français et européen, une part prépondérante et croissante y est tenue par les combustibles liquides importés ; le nucléaire est le meilleur moyen d'atténuer les charges et les risques d'une telle évolution ; la prudence commande d'aller franchement de l'avant.

Parallèlement l'accélération corrélatrice qu'elle suppose dans les industries d'équipement devrait permettre à celles-ci d'accroître leurs forces et de prétendre au succès dans la compétition internationale.

Après quatre années consécutives sans engagement de nouvelle centrale nucléaire, la Commission a estimé que l'évolution des choses lui enjoignait de recommander un programme minimal de 8.000 Mw qui a été retenu dans le Plan approuvé par le parlement : « Le programme d'engagement de centrales à eau ordinaire pour le 6^e Plan sera établi sur la base de 8.000 Mw ; il sera accru si les capacités de l'industrie française le permettent. La première tranche comporte l'engagement de trois unités de 800 Mw d'ici la fin de 1972. Des études seront également entreprises pour apprécier la possibilité d'étendre le champ d'utilisation du

nucléaire à d'autres applications énergétiques ».

La réalisation du 6^e Plan et les développements à prévoir.

La construction de la centrale de Fessenheim inscrite au programme 1970, dernière année du 5^e Plan, fut confiée à la fin de l'année au groupement Creusot-Loire-Framatome qui proposait une chaudière du type à eau sous pression (PWR) sous licence Westinghouse et qui était nettement moins chère que l'offre de chaudière à eau bouillante (BWR) sous licence General Electric présentée par le groupement Alsthom-Sogerca. Deux unités de 890 Mw ont fait l'objet de contrats, l'option pour la deuxième ayant été levée au début de 1972.

L'année 1971 a été consacrée à de nouvelles consultations qui ont en définitive porté sur deux nouvelles chaudières nucléaires et sur deux autres chaudières en option. Commencées avec Alsthom-Sogerca, elles ont été étendues à l'autre groupement et des offres furent également remises par un troisième candidat, Babcock-Atlantique, pour des chaudières utilisant une autre technique à eau sous pression. Après de longues négociations qui aboutirent à des offres beaucoup plus voisines les unes des autres que pour Fessenheim,

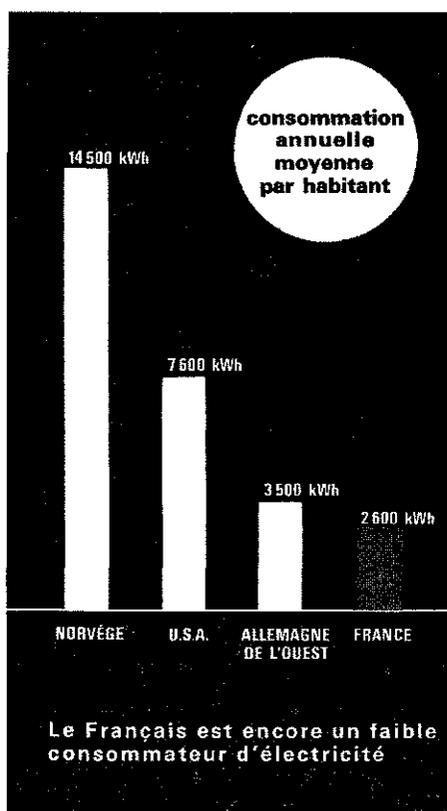
E.D.F. décida de confier deux nouvelles chaudières à Creusot-Loire-Framatome dont l'offre était à nouveau la moins chère ; ces unités sont destinées à être implantées à Bugey sur le Rhône.

Ces diverses consultations ont montré que les prix français étaient très satisfaisants par rapport aux prix étrangers et elles ont confirmé les prévisions économiques faites antérieurement.

Toutes ces unités ont une puissance de l'ordre de 900 Mw. On passera certainement à des unités de 1.200 avant 1975. Pour atteindre les 8.000 Mw prévus, les commandes à passer au titre des trois dernières années du Plan devraient sembler-t-il porter sur cinq sinon six nouvelles chaudières. Le choix des techniques et des puissances unitaires dépendra des propositions et des références des groupes industriels qui seront en présence. Ce sera l'une des tâches de l'année 1973.

Approvisionnement en combustibles nucléaires.

Le cycle de combustible, c'est-à-dire l'ensemble des opérations concernant l'élaboration et la mise en œuvre des combustibles, intervient pour un tiers environ du coût total du kwh. Il comporte des étapes successives, dont la première est celle de l'exploitation minière qui a été largement développée ; grâce aux efforts du C.E.A., nous disposons de ressources en uranium naturel dépassant largement les besoins français. Mais le problème essentiel est de disposer d'un approvisionnement sûr et à bas prix en uranium enrichi. Les installations de Pierrelatte, conçues pour les besoins militaires, ne sont pas adaptées à l'importance des besoins et, pour les premières charges des



centrales à eau ordinaire, on devra recourir à l'enrichissement à l'étranger, c'est-à-dire aux Etats-Unis ou en U.R.S.S. comme cela sera le cas pour la première unité de Fessenheim. Les autres pays européens étant dans la même situation que nous, la solution d'avenir est évidemment de construire une usine européenne d'enrichissement, c'est-à-dire de séparation des isotopes de l'uranium.

Deux techniques de séparation sont en présence :

— la diffusion gazeuse qui est la seule à avoir fait l'objet de réalisations industrielles et permettrait la construction rapide d'une usine de grande dimen-

sion, l'effet de taille étant important. Pour l'étude de cette solution, un accord a été passé le 25 février 1972 entre le C.E.A. et d'autres organismes des pays de la Communauté européenne et de la Grande-Bretagne ;

— l'ultracentrifugation qui donne lieu à des recherches-développement dans de nombreux pays et en particulier au sein d'une association anglo-germano-hollandaise. Cette technique présente certains aspects très positifs, en particulier une faible consommation d'électricité.

Enfin, l'uranium une fois enrichi, se pose un problème de fabrication des éléments dont la composition exacte, la forme, l'adaptation aux conditions de fonctionnement exigent des soins particuliers. Le développement en France d'une industrie spécialisée dans cette activité est l'une des préoccupations actuelles des pouvoirs publics.

Les autres filières en développement

Les orientations qui ont été retenues ont tenté d'éviter deux écueils, la dispersion des efforts qui conduirait à n'atteindre aucun objectif, et l'excès de concentration qui pourrait interdire une évolution devenue souhaitable.

Pour prendre le relais de la filière à eau ordinaire, la filière à neutrons rapides est la plus prometteuse à long terme. Son avantage majeur est en effet de permettre la transformation d'une grande part de l'uranium 238 non fissile, qui constitue plus de 99 % de l'uranium naturel, en plutonium réutilisable dans les centrales du même type. Le facteur de régénération, c'est-à-dire le rapport entre le combustible consommé et le

nouveau combustible produit est voisin de un sinon supérieur à l'unité. La filière à neutrons rapides devrait ainsi décupler les possibilités énergétiques de l'uranium et même, en diminuant l'incidence du coût de l'uranium sur le prix du kwh, multiplier le nombre de gisements économiquement exploitables.

La France est relativement en avance dans ce domaine. Le premier réacteur expérimental à neutrons rapides refroidi au sodium, Rapsodie, qui a été réalisé par le C.E.A. à Cadarache a été un succès. Une première centrale de 250 Mw, Phénix, est en construction avec la participation d'E.D.F. et doit être mise en service en 1973. L'étape suivante, un 1.000 ou un 1.200 Mw, est déjà en cours d'études. Sa réalisation par E.D.F. devrait commencer en 1974 en association avec les Allemands et les Italiens, et il est envisagé que les mêmes partenaires construisent deux ou trois ans plus tard une centrale analogue en Allemagne. Le développement de cette filière en concurrence avec celle à eau ordinaire dépendra de l'économie de ses réacteurs et de la disponibilité en plutonium.

L'eau ordinaire étant la base de nos prochains programmes et les neutrons rapides assurant le grand avenir, faut-il prévoir d'autres types de centrales pour une période intermédiaire ? Une réponse nette ne peut encore être donnée à cette question, mais deux filières paraissent envisageables :

- la filière à uranium naturel - eau lourde développée par les Canadiens dont les résultats sont suivis avec intérêt ; elle aurait pu constituer un recours au cas où se feraient jour des craintes motivées sur le prix ou la sécurité d'approvisionnement en uranium enrichi ;

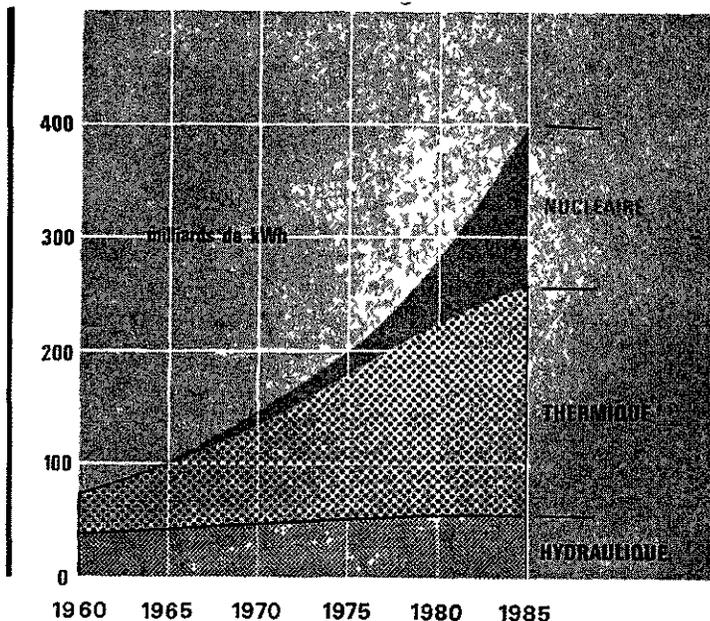
- la filière à haute température qui utilise comme combustible soit le thorium et de l'uranium très enrichi, soit l'uranium légèrement enrichi (comme pour la filière à eau ordinaire), et le refroidissement par l'hélium à 7 ou 800°. Cette filière est prônée aux Etats-Unis par la Société Gulf General Atomic qui a obtenu au cours des derniers mois la commande de plusieurs centrales de grande puissance et qui a passé des accords avec le C.E.A. en vue du développement de la filière. Les Allemands s'y intéressent également ; une première centrale doit être engagée prochainement par la firme HKG. Une association (Euro-HKG) a été créée récemment entre divers

producteurs européens d'électricité, parmi lesquels E.D.F., dans le but de procéder à des échanges d'information. Comme l'avait envisagé la Commission PEON, il est possible qu'E.D.F. soit amené à prendre une participation dans une centrale européenne. Divers contacts sont actuellement en cours dans cette perspective.

Energie nucléaire et environnement

L'énergie nucléaire n'apporte pas seulement une réponse satisfaisante au problème de notre approvisionnement en énergie sur le plan de l'économie et de la sécurité, elle présente également des avantages

production française d'électricité de 1960 à 1985



Durant la vie d'un homme, la consommation d'électricité est multipliée par 100.

certains en matière d'environnement.

A la différence des centrales thermiques dont les fumées contiennent des composés sulfureux, les centrales nucléaires ne créent pas de pollution atmosphérique. La radioactivité due à leur présence n'est, même dans leur voisinage, que de l'ordre d'un pour cent de la radioactivité naturelle qui elle-même varie du simple au triple ou même plus selon les régions. Un habitant proche d'une centrale reçoit de ce fait moins de 1 millirem par an alors que les doses correspondant aux autres sources de radioactivité sont de 50 millirems pour les rayons cosmiques ou pour les examens radiologiques, 10 pour la télévision, 2 pour le cadran d'une montre lumineuse et même 25 pour le corps humain.

L'opinion publique parfois inquiète des risques de radioactivité due aux centrales nucléaires, rapproche inconsciemment ces installations des bombes atomiques qui ont été la première manifestation publique de l'énergie nucléaire. Il est en réalité physiquement impossible qu'une centrale puisse exploser comme une bombe quelles que soient les circonstances. Les dispositions prises pour éviter la dissémination des produits radioactifs que sont les combustibles irradiés ou les matériaux activés par les neutrons émis lors de la fission, sont particulièrement sévères. Ces produits nocifs sont traités et stockés de façon à écarter tout risque. Dans le monde, aucun accident d'ordre nucléaire dans une centrale industrielle n'a provoqué jusqu'ici de mort d'homme. On a pu calculer que la dose reçue en l'an 2000 par la population dans l'hypothèse du développement le

plus rapide de l'énergie nucléaire serait de l'ordre du millième de la dose maximale admissible, alors que les émissions d'anhydride sulfureux et d'aérosols dues à la production thermoélectrique équivalente dépasseraient les doses acceptables.

Cette sécurité a été atteinte en raison de la sensibilité de l'humanité face à l'atome et grâce aux efforts considérables investis dans ce domaine. Mais la technique évolue, le nombre de centrales augmente, les efforts à faire dans l'avenir en matière de sécurité doivent ainsi ne pas se relâcher, mais, au contraire, se développer et s'affiner. L'information du public doit également être complétée pour éviter des prises de position passionnelles compréhensibles, mais injustifiées.

La transformation de chaleur en électricité exige une source froide : une rivière, la mer, ou des réfrigérants atmosphériques. Les centrales nucléaires ont besoin à cet égard de possibilités de réfrigération plus importantes que les centrales classiques, du moins pour la filière actuelle uranium enrichi - eau ordinaire. C'est là un inconvénient qui peut conduire à limiter les puissances des centrales refroidies sur eau vive. Il devrait semble-t-il disparaître avec les filières d'avenir. Les centrales nucléaires sont arrivées maintenant à la compétitivité avec les centrales thermiques au fuel. Leur développement est plein de promesses pour l'avenir, à la fois au regard de l'économie, de la production d'électricité, de la sécurité d'approvisionnement en énergie primaire, de la couverture à terme des besoins d'énergie, ainsi que du maintien d'un environnement satisfaisant, l'électricité pro-

duite étant au surplus une énergie parfaitement propre au stade de l'utilisation.

Cet ensemble de raisons a conduit les principaux pays industriels à développer très rapidement leurs programmes de réalisation de centrales nucléaires, et il est clair désormais que l'avenir est à l'atome.

Ivan CHERET
Directeur du gaz,
de l'électricité et du charbon.

La politique nucléaire de l'E.D.F.

définie par M. Albert ROBIN, Directeur à la Direction Générale de l'Electricité de France

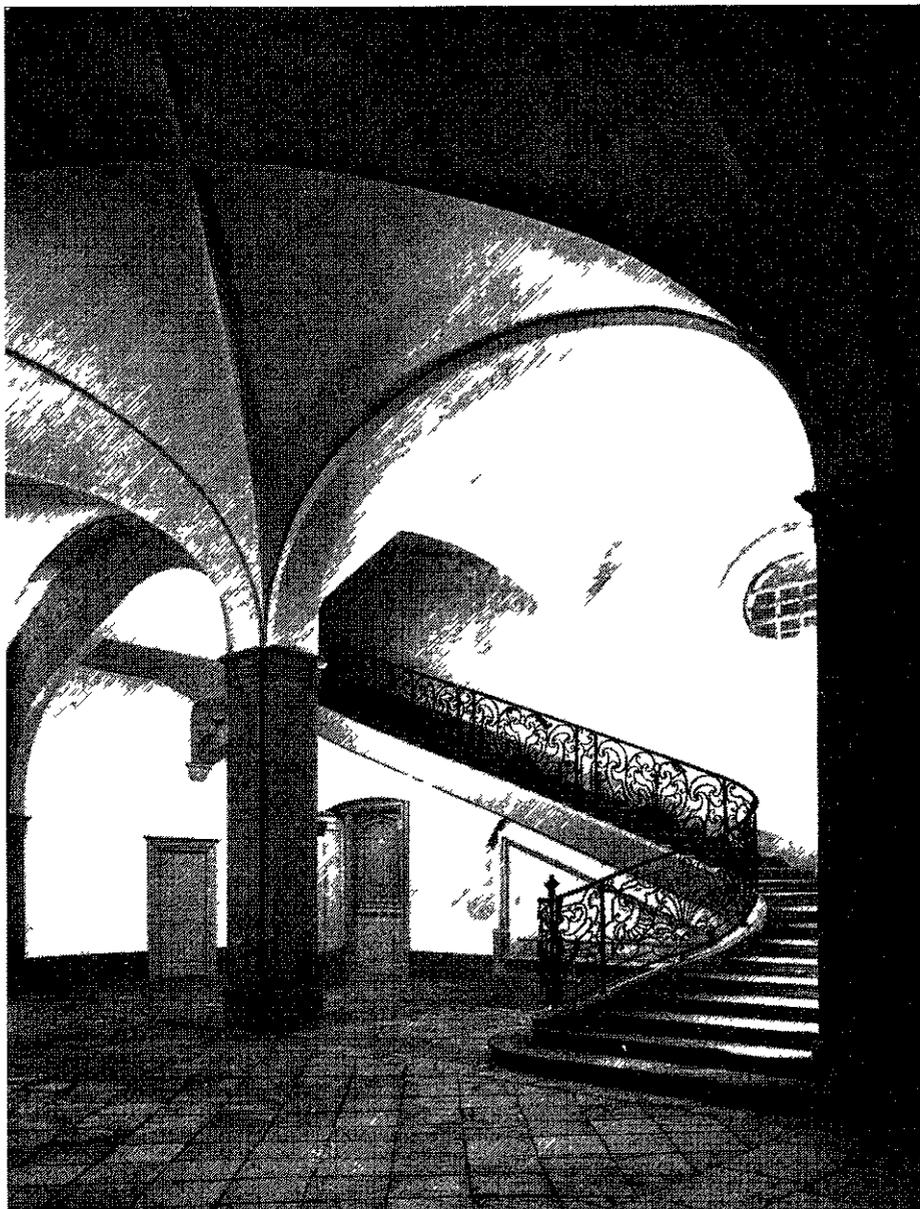
L'énergie nucléaire est sans conteste une question d'actualité liée intimement à l'avenir de l'humanité. En effet, l'économie occidentale repose actuellement en très grande partie sur le pétrole, or les utilisateurs de cette forme d'énergie ne contrôlent ses sources d'approvisionnement que dans la proportion très faible de 10 %. D'où un énorme déséquilibre entre producteurs et consommateurs du pétrole, par exemple en Europe, où les gisements situés sous la Mer du Nord sont loin de pouvoir satisfaire les besoins de ce continent.

Si l'on tient compte, par ailleurs, que ces besoins en énergie ne cessent de s'accroître dans le monde entier et que le pétrole, le gaz et le charbon ne peuvent y répondre suffisamment malgré les travaux de recherche qui reviennent de plus en plus cher, on constate la nécessité d'une nouvelle source d'énergie.

C'est pourquoi l'on peut dire que l'énergie nucléaire arrive au moment opportun. De plus, elle présente un certain nombre de qualités fort appréciables : par exemple, le prix du kW/h nucléaire est déjà compétitif et des experts du Plan ont calculé que les dépenses entraînées par une chaîne nucléaire ne reviennent pas plus cher que lorsqu'il s'agit d'une chaîne pétrolière. Enfin, l'on peut affirmer qu'il n'y a que des baisses de prix à attendre du côté nucléaire, où s'accomplissent chaque jour des progrès techniques.

Un intérêt majeur de l'énergie nucléaire est aussi certainement l'indépendance énergétique nationale avec une sécurité complète d'approvisionnement, laquelle n'existe pas, par exemple, pour le pétrole.

Enfin, l'aspect « protection de l'environnement » n'est pas négligeable et lui aussi, tout a fait en faveur de l'énergie nucléaire.



L'Electricité a permis de mettre en valeur l'architecture romane de cet admirable monument
ABBAYE DE CLUNY Photothèque E.D.F. Cliche François BIDAL

C'est pourquoi une politique de développement nucléaire est fort importante pour la France et dans ce domaine le rôle de l'Electricité de France est prepon

derant. Il est évident que les différents secteurs de l'activité du Pays (domestique, tertiaire et industriel) en seront les principaux bénéficiaires.

la centrale nucléaire de Fessenheim

L'implantation

Préambule

La croissance régulière des besoins français en énergie électrique conduit Electricité de France à mettre en service chaque année plusieurs nouveaux équipements de production d'électricité.

L'achèvement progressif des ouvrages hydrauliques économiques, l'augmentation importante des coûts du charbon et les aléas techniques, politiques et financiers des importations de pétrole et de gaz, poussent finalement au développement de l'énergie d'origine nucléaire.

Les progrès réalisés depuis quelques années dans ce domaine permettent de réaliser des centrales électriques nucléaires de très grande puissance et dont le coût de production est souvent inférieur aux coûts des productions d'origine classique.

C'est dans ces conditions qu'en 1970 Electricité de France a décidé de construire une Centrale à Fessenheim comportant deux tranches nucléaires identiques, 890 MW électriques nets chacune. La première doit être mise en service en 1975 et la seconde en 1976.

Après l'abandon pour des raisons économiques des réacteurs à uranium naturel, une consultation a permis en 1970 de comparer des offres de réacteurs à uranium enrichi et refroidi à l'eau et de retenir finalement le procédé P. W.R. (réacteur refroidi à l'eau sous pression) mis au point par Westinghouse et fourni par la Société Framatome et Creusot-Loire.

Les deux groupes turbo-alternateurs de 970 MW électriques bruts ont été commandés à Alsthom.

Le site

— La Centrale a été implantée à proximité du Grand Canal d'Alsace qui fournit l'important débit d'eau froide (85 m³/s) nécessaire à la réfrigération des condenseurs.

Ce débit est prélevé dans une dérivation du Canal de force de l'Usine Hydraulique de Fessenheim et restitué dans le Canal à l'amont de cette usine après réchauffement.

— Le terrain naturel est très favorable à une installation industrielle : pas de dénivellation, couche d'alluvions graveleuses sur plusieurs centaines de mètres, nappe phréatique profonde (7 m sous le niveau naturel du terrain). Par ailleurs, l'eau du Canal est en charge importante sur le terrain naturel, ce qui facilite la réfrigération des auxiliaires, par simple gravité, sans pompage.

Le site est accessible par route et par voie ferrée, l'utilisation du Canal serait possible. L'évacuation de l'énergie se fait par deux lignes très haute tension (400.000 volts) qui rejoignent un poste d'interconnexion voisin. Ce poste permet de relier entre elles les zones de productions hydrauliques des Alpes et du Rhin et les zones de consommation importante et de production thermique de Paris et du Nord-Est.

Le poste de la centrale hydrau-

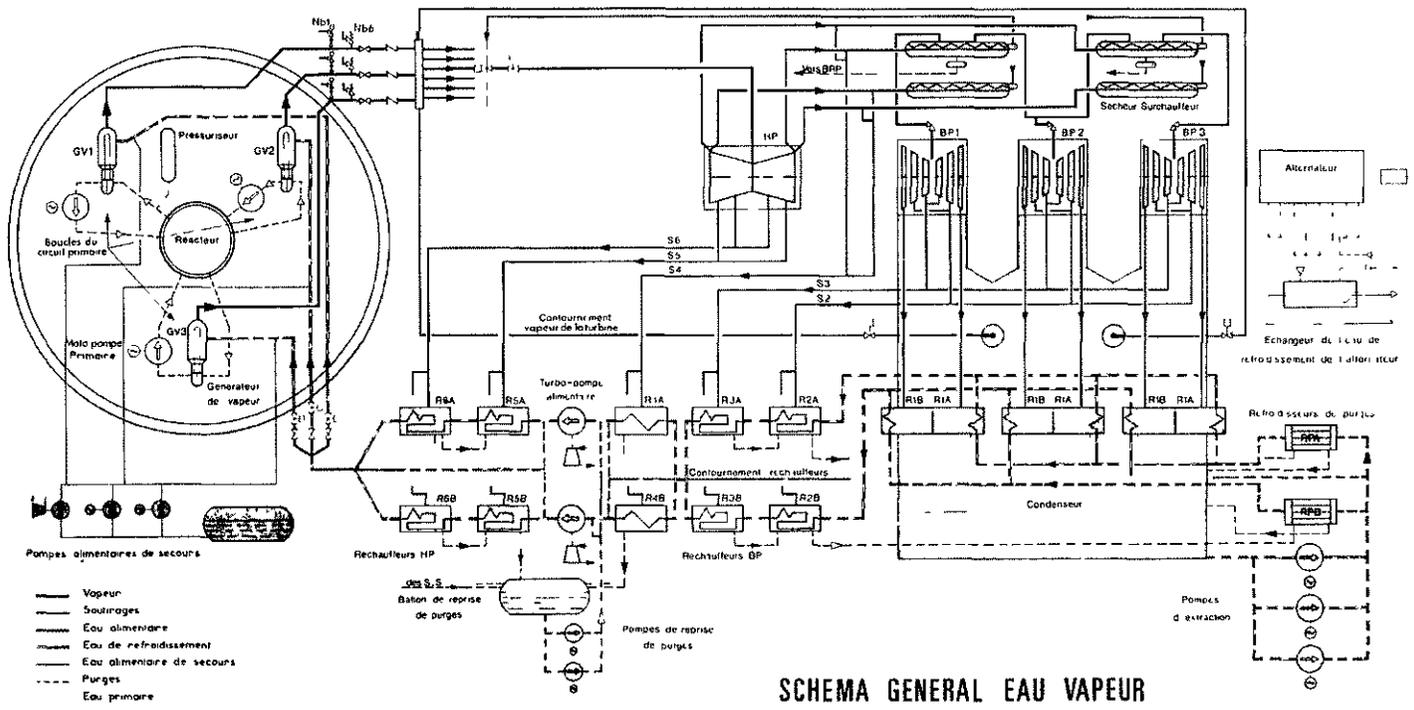
Le terrain de plus de 100 ha disponible dans la bande qui longe le Canal d'Alsace est utilisé seulement dans sa partie Sud. Une implantation très compacte a été systématiquement recherchée pour économiser des frais de Génie Civil et de liaison (câbles et tuyauteries) entre les divers locaux. C'est ainsi que les deux tranches sont installées dans un rectangle bâti de 190 x 140 m. Seuls les stations de pompage et rejet et des locaux administratifs sont extérieurs à ce périmètre.

Les deux réacteurs nucléaires et les générateurs de vapeur sont placés dans deux enceintes circulaires en béton précontraint de 37 m de diamètre intérieur, et dont l'entraxe est de 85 m. Les équipements auxiliaires du réacteur sont situés entre les deux réacteurs, la salle des machines à l'Ouest de ce bloc nucléaire, l'évacuation de l'énergie se faisant vers l'Ouest. Les locaux électriques sont placés au centre de gravité, entre le bloc nucléaire et la salle des machines, cette situation étant la plus favorable pour raccourcir les liaisons électriques. Cette disposition impose la présence de galeries de circulation sous le bloc nucléaire pour relier la salle des machines aux stations de pompage et de rejet situées à l'Est.

Le générateur nucléaire de vapeur

Cet ensemble est composé d'un réacteur et de 3 circuits primaires de réfrigération (3 pompes, 3 générateurs de vapeur, 3 circuits de tuyauteries).

Le cœur du réacteur est formé de 157 assemblages de combustible comprenant chacun 204 crayons gainés de Zircalloy, contenant le combustible. Les pastilles d'oxyde



SCHEMA GENERAL EAU VAPEUR

d'uranium UO_2 qui le constituent ont 9,3 mm de diamètre pour 15 mm de hauteur. La hauteur des crayons et des assemblages est de 3,66 m, pour un diamètre de cœur de 3,04 m.

L'enrichissement de l'uranium varie de 1,95 à 3,10 % suivant les zones et pour le premier chargement. Au déchargement, il sera réduit à 0,9 % environ et les rechargements se feront avec un enrichissement voisin de 3 %. Le contrôle du réacteur est assuré par 53 grappes de crayons absorbeurs de neutrons et par la présence d'acide borique dans l'eau de réfrigération.

Le cœur est refroidi par un débit de 45.800 tonnes/heure d'eau à la pression de 155 bars et à la température moyenne de 303° C. Les trois pompes de circulation de 4.455 kW chacune assurent la circulation de l'eau à travers la cuve du réacteur (hauteur 12,30 m, diamètre extérieur 4,40 m, épaisseur 20 cm) et à travers les générateurs de vapeur tubulaires.

Les tuyauteries primaires ont un diamètre variant de 700 à 787 mm pour des épaisseurs de

68 à 85 mm. Un pressuriseur de 40 m³ complète la boucle primaire et assure la régulation de pression.

Tous les équipements du circuit primaire sont, soit en acier inoxydable (pompes, tuyauteries), soit revêtus intérieurement d'acier inoxydable (cuve, pressuriseurs, boîtes à eau des générateurs de vapeur) afin d'éviter la corrosion. Les tubes des générateurs de vapeur sont en Inconel. Certains équipements ont des poids unitaires très élevés (cuve 330 t) et créent des problèmes de transport difficiles.

Les circuits auxiliaires du réacteur comprennent notamment les piscines de désactivation du combustible. Celui-ci doit en effet être déchargé sous eau et stocké quelques mois dans l'eau avant de pouvoir être expédié dans les usines de récupération de l'uranium enrichi résiduel et du plutonium produit. L'uranium à 0,9 % ainsi déchargé doit être à nouveau enrichi dans une usine de séparation isotopique et le plutonium peut de son côté resservir comme combustible en remplacement de l'uranium.

Tous les équipements du circuit primaire sont conçus pour résister à tous les types d'accidents possibles. Même dans le cas de rupture, très improbable, d'une grosse tuyauterie, l'enceinte en béton précontraint, qui renferme le réacteur, est dessinée pour résister à l'élévation de pression de quelques bars qui résulterait de cet accident.

La production d'énergie

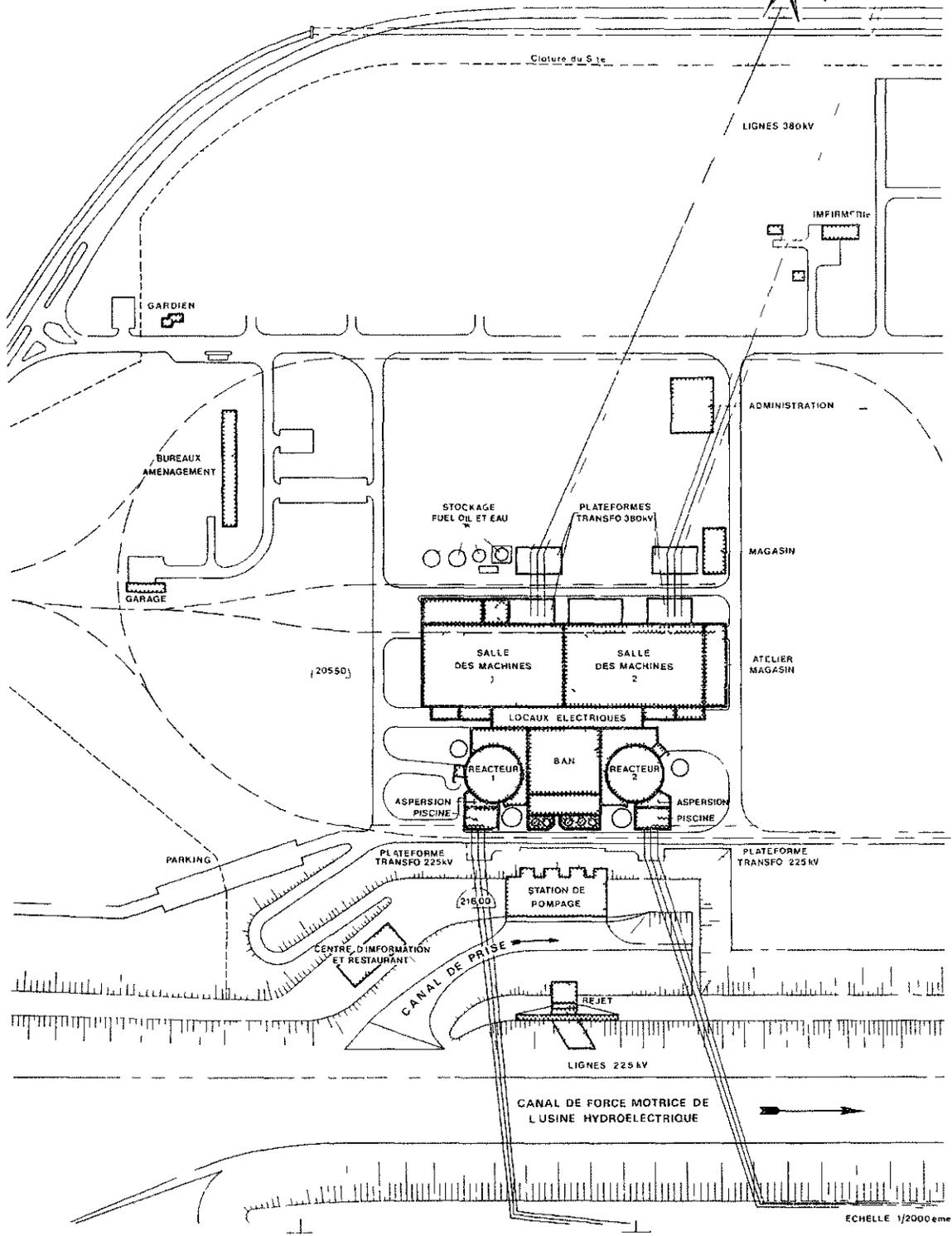
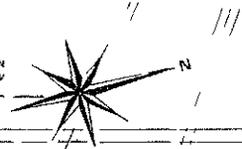
Les tuyauteries de vapeur sortant de l'enceinte de sécurité débouchent sur un barillet commun et sont dirigées sur un groupe turbo-alternateur de 970 MW tournant à 1.500 tr/mn.

La turbine comporte un corps haute pression à 55 bars et trois corps basse pression. Les derniers étages des corps BP sont équipés d'aubes de 1.260 mm de longueur.

En cas de déclenchement de la turbine, la vapeur est dirigée directement sur le condenseur par un système de contournement qui permet d'éviter des variations de charge trop rapides du réacteur.

PLAN D'ENSEMBLE

POSTE D'EVACUATION
D'ENERGIE 30/380KV



ECHELLE 1/2000eme

Les condenseurs sont refroidis par l'eau du Rhin avec un débit de 40 m³/s par groupe.

L'alternateur fournit l'énergie à la tension de 24.000 volts vers un transformateur élévateur qui la relève à 400.000 volts. Un transformateur de soutirage 24.000/6.600 volts de 40 MVA prélève au passage l'énergie nécessaire aux auxiliaires de l'usine.

Programme de réalisation

Les travaux préparatoires ayant été réalisés avant 1971, le Génie Civil a pu être commencé rapidement au cours de l'été 1971. Actuellement, les ossatures principales de la salle des machines tranche 1 et du bâtiment des auxiliaires nucléaires sont terminées ainsi que toutes les galeries de circulation d'eau.

Le fût du bâtiment réacteur n° 1 est en cours de montage et sera bientôt achevé, tandis que les structures internes à ce bâtiment sont très avancées.

Les stations de pompage et rejet sont en construction avec les locaux périphériques divers : Administration, Accueil.

Sur la 2^e tranche, le massif de groupe est en construction ainsi que le radier du bâtiment réacteur.

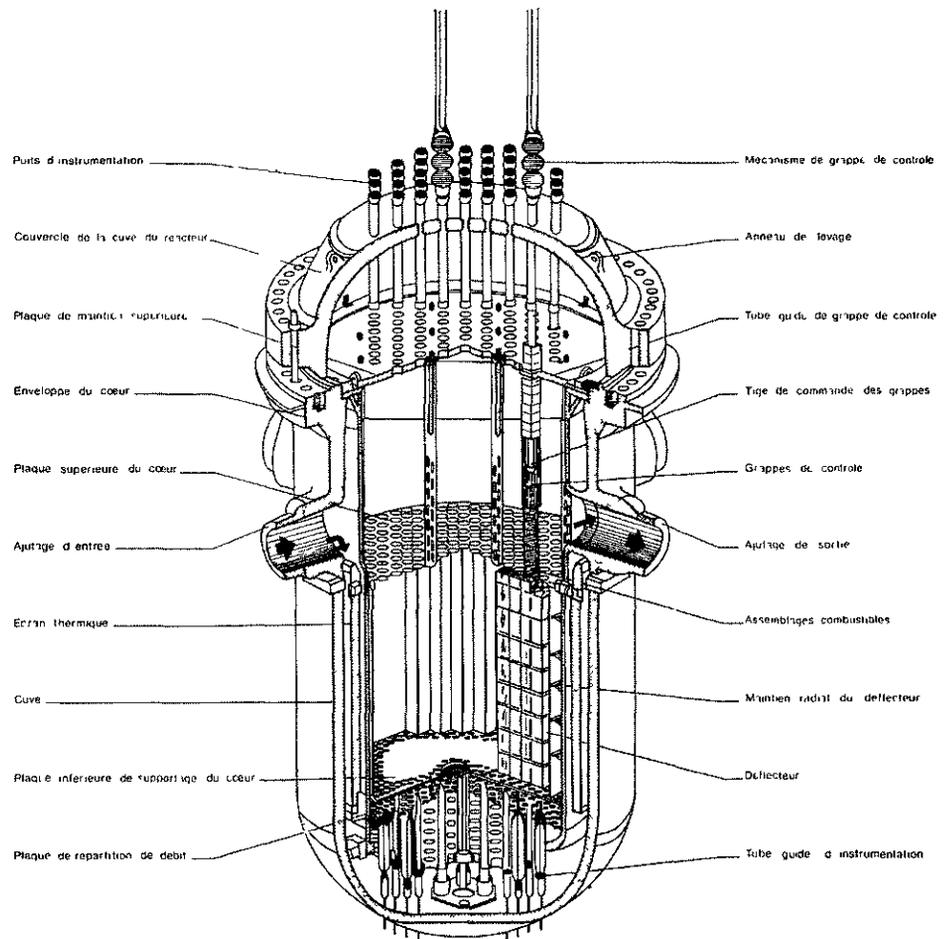
Le montage des charpentes métalliques a été commencé ainsi que celui des ponts roulants principaux.

En 1973, il est prévu de terminer le Génie Civil de la tranche 1 et de commencer les montages principaux, la cuve du réacteur devant arriver sur site au début de 1974.

Les essais doivent commencer à la fin de 1973 par les auxiliaires généraux : chaudières auxiliaires, déminéralisation, auxiliaires électriques, eau brute, air comprimé et se poursuivre en 1974 par les essais des auxiliaires nucléaires.

Les essais d'ensemble sont prévus à partir de la fin de 1974 et conduisent au premier couplage en 1975.

La deuxième tranche est décalée d'environ 1 an sur la première tranche.



VUE DE LA CUVE DU REACTEUR ET DES STRUCTURES INTERNES

Valeur de la production

Le coût de construction des deux tranches est évalué à 1.485 millions de francs (valeur 1971), auxquels on doit ajouter des intérêts intercalaires et des frais d'étude et de préexploitation avant la mise en service.

Le combustible utilisé représente 70 tonnes d'uranium enrichi à 3 %, pour un cœur complet restant 3 ans dans le réacteur. Il est renouvelé par tiers tous les ans au cours d'un arrêt de 3 semaines. La valeur de ce combustible est voisine de 1 centime par kWh produit, pouvant être très grossièrement répartie :

- 1/3 pour l'uranium naturel
- 1/3 pour l'enrichissement
- 1/3 pour le coût de fabrication de l'assemblage.

La production de la centrale à deux tranches sera voisine de 12 milliards de kWh par an pendant 20 ans.

Compte tenu d'un amortissement sur cette durée, du coût d'exploitation et du coût du combustible consommé, le prix de revient de l'énergie sera compris entre 3,5 et 4 centimes par kWh aux bornes haute tension de l'usine. ■

à propos d'honoraires . . .

A la suite d'une campagne de promotion menée sous l'instigation du Président René MAYER, nous livrons à votre appréciation l'échange de correspondance qui s'est établi entre M. Robert GUILLOT, Ingénieur des Arts et Manufactures, et le Président du P.C.M.

Monsieur le Président,

De retour de voyage je trouve votre circulaire du 15 novembre dernier, et je me fais un devoir d'y répondre.

J'entretiens en effet avec les Ingénieurs des Ponts et Chaussées, comme avec les Ingénieurs T.P.E. des rapports **parfaitement inamicaux**.

Je m'explique : je suis Ingénieur Conseil des collectivités publiques pour les travaux d'électrification, adduction d'eau, assainissement et divers autres.

1 - Les Ponts et Chaussées me font, comme à tous mes confrères, une concurrence parfaitement déloyale auprès des collectivités publiques en employant, le cas échéant, des moyens de pression inadmissibles auprès de ces collectivités.

2 - Lorsque les Ponts et Chaussées sont directeurs de travaux pour le compte des collectivités publiques, ils ne se considèrent pas assujettis aux dispositions tatillonnes, souvent extra réglementaires et arbitraires qu'ils m'imposent dans les chantiers que je dirige. Il en est de même, bien entendu, pour mes confrères.

En raison de ces faits que vous connaissez et que vous approuvez il m'est impossible de souscrire un abonnement à votre revue : je renonce donc délibérément à « vous faire plaisir et à vous fournir la possibilité de confronter nos idées respectives ».

Et puisque nous sommes au début de l'année je forme et vous

transmets le vœu — stérile — que cesse ce scandale de fonctionnaires, par ailleurs irresponsables, qui, pour majorer (dans la proportion de 1 à 2,5) des traitements de base confortables, soustraient, dans leur strict intérêt personnel, une partie du temps qu'ils doivent statutairement à l'Etat.

Je vous prie de croire, Monsieur le Président, à l'assurance de ma parfaite et vérifiable objectivité.

Robert GUILLOT

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Monsieur,

J'ai bien reçu votre lettre du 4 janvier 1973 et pourrais me contenter d'y répondre qu'elle ne me concerne pas. L'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines n'est pas en effet constituée par des fonctionnaires. Elle comprend, pour une moitié environ, des personnes qui sont dans le secteur para-public ou dans le secteur privé. Certains dirigent même des bureaux d'études ou exercent des fonctions d'ingénieurs-conseils. Et m ê m e parmi ceux qui appartiennent toujours à la Fonction Publique, il y en a beaucoup qui ne participent pas à ces fameux « honoraires » que vous attaquez avec une belle virulence. Comme je l'ai précisé à différentes reprises à M. BOURGOIS, votre Président, la question des honoraires concerne M. FUNEL, Président du Syndicat Autonome des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, organisme qui groupe les Ingénieurs fonctionnaires.

Mais comme je suis moi-même fonctionnaire, je vous donnerais alors l'impression d'esquiver le problème que vous posez. Or, vous m'offrez une occasion de dialogue.

Je la saisis. Mais ma réponse n'engage que moi. Ni le P.C.M., ni les Ingénieurs des Ponts et Chaussées en général.

Dans votre argumentation, je distingue les points suivants :

1° Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées jouissent de traitement de base « confortables » qu'ils multiplient par 2,5 grâce aux honoraires.

2° Ce faisant, ils détournent une part de l'activité qu'ils doivent au service de l'Etat.

3° Ils font ainsi concurrence aux ingénieurs-conseils.

4° Cette concurrence est déloyale car, pour obtenir des travaux à honoraires les fonctionnaires exercent des pressions sur les collectivités locales.

Examinons point par point votre argumentation.

1° Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées jouissent de traitements confortables, multipliés par les honoraires. Sur ce point, vous me semblez mal informé. Si vous avez des doutes à ce sujet, je vous adresserai la photocopie de mes déclarations de revenus au cours des dix dernières années. Je vous précise qu'il est impossible, étant fonctionnaire, de gagner plus que je ne gagne. Major de promotion, ayant fait une carrière rapide, étant à l'heure actuelle à la tête d'un des services les plus importants et au plafond des fameux honoraires que vous attaquez, je gagne le maximum de ce que peut gagner un ingénieur des Ponts et Chaussées de 47 ans. Néanmoins, d'après une enquête qui a été faite il y a trois ou quatre ans dans ma promotion de l'Ecole Polytechnique, 50 % de mes anciens condisciples de cette école gagnent plus que moi ! (1)

Mais peut-être est-ce l'ensemble

des Polytechniciens qui est trop bien payé ? Précisons alors que lorsqu'en 1963 j'ai réintégré l'administration française, j'ai divisé **par trois** le revenu qui était le mien comme fonctionnaire des Nations Unies.

Vous écrivez que les honoraires permettent de multiplier le traitement d'un fonctionnaire des Ponts et Chaussées par le coefficient 2,5. Or, la règle du cumul qui s'applique à notre cas est la suivante. Si A représente le traitement de base, B les indemnités de toute nature qui viennent en complément de ce traitement (y compris par exemple : prime de poste, prime de rendement, rémunération des éventuelles fonctions d'enseignement à temps partiel, etc...) et C les « honoraires », B+C doit être inférieur à A. Pour fixer les idées, si A = 100, B = 30, C est inférieur ou égal à 70, ce qui signifie que la majorité de traitement apportée par les honoraires ne peut être supérieure à :

$70 : 130 = 53 \%$ et non 150% .

Encore faut-il bien préciser qu'il s'agit là d'un maximum qui n'est atteint que dans des cas exceptionnels. Dans l'immense majorité des cas, la rémunération supplémentaire apportée par les honoraires est relativement minime. En moyenne elle représentait en 1967 21 % des traitements de base, soit environ 15 % des rémunérations versées par l'Etat. Autrement dit, dix fois moins que le chiffre que vous avez avancé !

La plupart des fonctionnaires, et non pas seulement les Ingénieurs des Ponts et Chaussées, bénéficient d'ailleurs des rémunérations accessoires. Les Préfets jouissent de frais de représentation (logement, nourriture, personnel de service, voiture, etc...) leur permettant en pratique de ne pas toucher à leur traitement de base. Les Trésoriers Payeurs Généraux bénéficient d'un pourcentage sur les

paiements effectués par le Trésor. Les directeurs de l'Enregistrement et du Timbre ont un pourcentage sur les actes administratifs dont ils ont la responsabilité. L'ensemble des fonctionnaires des services financiers ont des bénéfices analogues. Les Ingénieurs du Génie Rural jouissent, comme vous le savez, d'un système identique à celui des Ponts et Chaussées. Les chefs de service des hôpitaux ont le droit de recevoir une clientèle privée à l'hôpital dans la limite de 5 % des lits de leur service. On pourrait dire qu'ils font ainsi concurrence aux médecins privés. Les professeurs de droit peuvent donner des consultations juridiques. On pourrait soutenir qu'ils font ainsi concurrence aux avocats, etc., etc...

Cette situation traduit tout simplement le fait que le budget de l'Etat ne permet pas de rémunérer les hauts fonctionnaires à un niveau permettant de les retenir, face à l'attraction qu'exerce sur eux le secteur privé.

Cette attraction n'est pas liée seulement aux différences de niveau de traitement.

Les règles déontologiques que doit respecter un fonctionnaire sont en effet beaucoup plus strictes (et c'est très bien ainsi) que celles qui s'appliquent à un cadre privé. Le dirigeant d'une banque peut placer son argent personnel dans une affaire que finance son établissement, un directeur d'entreprise acheter les appartements construits par sa société, un ingénieur-conseil utiliser pour placer judicieusement son épargne les connaissances qu'il a acquises en étudiant un projet.

On n'admettrait pas (et on a raison) que j'achète des terrains ou des immeubles en Provence. Mais de ce fait, mes connaissances professionnelles ne me servent à rien pour gérer mon patrimoine. Cette déontologie très stricte, dont on aperçoit bien les raisons, est l'une des causes du non-enrichissement des fonctionnaires au moins aussi importante que la faiblesse relative de leurs salaires.

2° En travaillant pour les collectivités locales, les Ingénieurs des Ponts et Chaussées détournent une part de l'activité qu'ils doivent à l'Etat.

C'est le législateur qui a prévu les dispositions qui s'appliquent aux diverses catégories de fonctionnaires énumérées plus haut. S'il en a pris la responsabilité c'est qu'il estime qu'à condition de rester dans des limites raisonnables, les activités accessoires ne portent pas préjudice au service de l'Etat et peuvent même en améliorer la qualité.

Ces dispositions permettent de conserver des ingénieurs de valeur. Mais elles donnent aussi à ces fonctionnaires l'occasion de se mettre au service des collectivités locales. Cette possibilité entraîne une modification fondamentale des rapports entre élus et fonctionnaires de l'Etat qui sortent alors de leur rôle traditionnel de « tuteurs ». Elle permet aux communes pauvres de faire l'économie de services techniques permanents. Elle amène les ingénieurs fonctionnaires à jouer le rôle de maître d'œuvre, et par conséquent à mieux comprendre les difficultés et les servitudes du métier qu'exercent les Architectes et Ingénieurs-Conseils.

« Pour pouvoir exercer un contrôle efficace des projets de travaux il est indispensable d'en avoir étudié et réalisé soi-même » déclarait votre propre organisation, le SIMOI, en 1970.

3° Les fonctionnaires font ainsi concurrence aux Ingénieurs-Conseils.

C'est vrai. Le tout est que cette concurrence reste dans les limites raisonnables et ne tende pas à éliminer ni les bureaux d'étude ni les Ingénieurs-Conseils. Or, en moyenne, le chiffre d'affaires des services du Ministère de l'Équipement prêtant leur concours aux collectivités locales représente 3 % du chiffre d'affaires de l'ingénierie privée.

Si elle reste dans de telles limites, la concurrence des services publics est peut-être gênante pour tel ou tel ingénieur-conseil en par-

(1) En pratique la situation des hauts fonctionnaires s'améliore quand ils atteignent les indices exceptionnels dits « échelles lettre » auxquels ils parviennent à la cinquantaine.

ticulier, mais elle n'est pas dangereuse pour une profession. Vous noterez d'ailleurs que cette concurrence ne s'exerce qu'auprès **des seules collectivités locales**, mais que les services publics laissent intégralement aux professions libérales ou commerciales le vaste champ d'activité représenté par l'ingénierie industrielle et privée.

4° C'est une concurrence déloyale.

Ce qui fausse cette concurrence, c'est d'abord la différence de taux. En alignant le taux des honoraires demandés par les services publics sur les barèmes du secteur privé, on rétablirait l'équilibre des chances.

Du même coup, et puisque les honoraires des fonctionnaires sont limités par les règles du cumul, on réduirait, à rémunération égale, la part de travaux qu'il est nécessaire de soustraire au secteur privé pour assurer la rémunération des agents de l'Etat. La Chambre des Ingénieurs-Conseils et les Ingénieurs des Ponts et Chaussées sont d'accord pour demander ce relèvement de taux. Mais il s'agirait d'un alourdissement des charges de collectivités locales, et de là vient la difficulté.

Restent les « pressions inadmissibles ». Quand il y a concurrence, il y a pression de divers côtés. Les uns utilisent leurs relations politiques, les autres font état de leurs références, d'autres encore des moyens moins avouables ; les fonctionnaires ne sont pas les seuls à exercer des pressions, et certains moyens ne sont pas à leur disposition. Le tout est, là encore, que les pressions restent dans les limites que la morale tolère. Il est question d'instaurer une commission d'arbitrage pour examiner les cas litigieux. J'en suis personnellement partisan.

Je pense avoir fait le tour de la question et vous avoir convaincu que, s'il y a des « scandales », ce n'est pas du côté de la rémunération des fonctionnaires qu'il faut les chercher. Je n'en connais aucun auquel son traitement, même amélioré par des rémunérations

accessoires, ait permis de faire fortune. Je pense, en revanche, qu'il y a beaucoup à faire pour s'expliquer entre professions, se comprendre entre ingénieurs, et éliminer voire sanctionner tous les abus.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de mes sentiments distingués.

René MAYER

Monsieur le Président,

Vous avez bien voulu répondre à ma lettre du 4 janvier : je ne l'espérais pas, et j'y suis d'autant plus sensible.

J'ai lu avec intérêt votre long document. Il ne me convainc pas.

Nous ne parlons pas le même langage. Nous vivons dans des mondes différents, incommensurables, et à la limite, incompatibles.

Nous ne sommes pas d'accord sur la plupart des faits. Comment pourrions-nous arriver à des conclusions identiques ?

Il reste que j'apprécie hautement votre courtoisie.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

Robert GUILLOT

périscopes

Un effort de clarification sans précédent

M. A. PRATE, Directeur Général des Douanes et des Droits Indirects, a décidé qu'à compter du 1^{er} janvier 1973 toutes les circulaires et instructions relevant de sa seule autorité et publiées avant le 1^{er} janvier 1961 sont annulées, à l'exception d'une centaine de textes (13 circulaires et 87 décisions) dont la liste est publiée au BOD du 28-12-72 (n° 2722). Les cent textes non annulés seront en 1973 soit incorporés dans les « règlements particuliers » soit publiés à nouveau après avoir été actualisés si nécessaire.

Le même travail sera entrepris en 1973 pour toutes les instructions publiées au BOD au cours des années 1961 à 1964 inclus.

L'opération sera poursuivie en 1974 et 1975 pour qu'au 1^{er} janvier 1976 ne demeurent plus en vigueur que les instructions ayant moins de cinq ans de date (BODDI - n° 2722 du 28-12-72).

N'ayant naturellement joué aucun rôle dans l'élaboration de cette décision, la Mission Entreprises Administration se sent d'autant plus à l'aise pour en signaler l'intérêt.

Tous les chefs d'administration n'ont pas la même liberté d'action. C'est certain. Mais si chacun d'entre nous, à son niveau et dans les limites de sa compétence, s'inspirait de ce précédent, il y aurait vite quelque chose de changé.

La codification est chose difficile et peut poser des problèmes juridiques complexes, notamment du fait de la Constitution de 1958. Mais le regroupement des textes, leur actualisation sont du domaine du possible immédiat... et constitueraient un si grand progrès !

Et puis il y a les procédures appliquées par nos services, les formulaires employés, les démarches exigées des administrés, les routi-

nes accumulées par un siècle et demi de sédimentation réglementaire. Sur tous ces points nous pouvons agir à tous les niveaux. Le voulons-nous ?

P. RIPOCHE

Chef de mission Entreprises-Administration.

Un certificat d'écologie humaine

M. BLACHERE, Directeur du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (C.S.T.B.), nous signale la création d'un certificat de spécialisation en **écologie humaine** enseigné simultanément à l'Université de GENÈVE et à l'Université René DESCARTES - UER Biomédicale - (s'adresser au Professeur A. DELMAS, 45 rue des Saints-Pères PARIS VII^e). La durée des études est de deux années. Les Ingénieurs diplômés sont autorisés à s'inscrire, ainsi que les Architectes et les Docteurs en médecine.

Ponts et Chaussées

DÉCISIONS

M. Jean-Didier **Blanchet**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, est, à compter du 1^{er} septembre 1972, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès de la Régie Autonome des Transports Parisiens en vue d'exercer des fonctions de son grade.

Arrêté du 26 décembre 1972.

M. Joseph **Elkouby**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, est à compter du 16 août 1972, placé en service détaché pour une période de cinq ans, éventuellement renouvelable, auprès du Délégué à l'Aménagement du Territoire et à l'Action régionale en qualité de chargé de mission.

Arrêté du 26 décembre 1972.

M. Jean **Le Bourlier**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, placé dans la position de disponibilité est réintégré pour ordre dans son Corps d'origine et rayé du Corps des Ingénieurs des Ponts et Chaussées par limite d'âge à compter du 12 janvier 1973.

Arrêté du 9 janvier 1973.

M. Jean **Lagautrière**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, en disponibilité, est maintenu dans cette position pour une nouvelle et dernière période de 3 ans à compter du 1^{er} octobre 1972 en vue d'exercer les fonctions d'Attaché à la Direction Générale auprès de l'Entreprise Jean SPADA.

Arrêté du 16 janvier 1973.

M. Robert **Penhouet**, Ingénieur des Ponts et Chaussées chargé de l'arrondissement fonctionnel à la Direction Départementale de l'équipement du Morbihan, est à compter du 16 janvier 1973. Chef du groupe d'Etudes et de Programmation de la même direction départementale de l'équipement, en remplacement de M. FAVARON appelé à d'autres fonctions. M. PENHOUE ne change pas de résidence.

Arrêté du 26 janvier 1973.

M. François **Martin**, Ingénieur des Ponts et Chaussées en disponibilité est à compter du 1^{er} janvier 1973 réintégré pour ordre dans son Corps d'origine et mis à la disposition de l'Aéroport de Paris en qualité de Chargé de Mission auprès du Directeur Général. Un arrêté interministériel plaçant l'intéressé dans la position statutaire de détachement interviendra ultérieurement.

Arrêté du 26 janvier 1973.

M. Jean-Louis **Durand**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, au Service technique des Bases Aériennes à Paris, est à compter du 1^{er} février 1973 placé dans la position de disponibilité pour convenances personnelles pour une période d'un an éventuellement renouvelable.

Arrêté du 29 janvier 1973.

M. Gérard **Gastaut**, Ingénieur des Ponts et Chaussées au Service des Affaires Economiques et Internationales, est à compter du 5 février 1973 mis à la disposition de la Régie Nationale des Usines Renault en qualité de chargé de mission auprès du Secrétariat Général du Groupe Renault. Un arrêté interministériel plaçant l'intéressé dans la position statutaire de détachement interviendra ultérieurement.

Arrêté du 2 février 1973.

M. Marcel **Rama**, Ingénieur des Ponts et Chaussées en disponibilité, est à compter du 1^{er} janvier 1973 réintégré pour ordre dans son Corps d'origine et mis à la disposition de la Société Générale en qualité d'Ingénieur-Conseil. Un arrêté interministériel plaçant l'intéressé dans la position statutaire de détachement interviendra ultérieurement.

Arrêté du 6 février 1973.

M. Pierre **Guelfi**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées en disponibilité, est à compter du 1^{er} mars 1973 réintégré pour ordre dans son Corps d'origine et mis à la disposition de l'Etablissement Public pour l'Aménagement de la Région de la Défense, pour y être

chargé de la Division « Etudes Générales ». Un arrêté interministériel plaçant l'intéressé dans la position statutaire de détachement interviendra ultérieurement.

Arrêté du 6 février 1973.

NOMINATIONS

M. Pierre **Guithaux**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Adjoint au Directeur Départemental de l'équipement du Puy-de-Dôme, est à compter du 1^{er} novembre 1972, nommé Directeur Départemental de l'équipement du Puy-de-Dôme.

J.O. du 15 novembre 1972.

M. Roger **Plante**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, Président de la Commission Permanente des liants hydrauliques au Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Equipement, du Logement et du Tourisme, est nommé Membre du Conseil d'Administration du Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie des liants hydrauliques, en remplacement de M. Roger COQUAND, démissionnaire.

J.O. du 15 novembre 1972.

M. **Long-Depaquit**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, est nommé Président de la Commission Centrale des bateaux à propulsion mécanique, à compter du 1^{er} décembre 1972, en remplacement de M. THENAULT.

J.O. du 17 décembre 1972

M. **Thenault**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, est nommé Vice-Président de la Commission Centrale des bateaux à propulsion mécanique, à compter du 1^{er} décembre 1972 en remplacement de M. LONG-DEPAQUIT.

J.O. du 17 décembre 1972.

M. Camille **Foin**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, est nommé pour six ans, à compter du 1^{er} janvier 1973, Membre du Conseil d'Administration du Port Autonome de Paris.

J.O. du 28 janvier 1973.

M. Jean-Paul **Lacaze**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Chef de la mission d'Etudes et d'Aménagement de la Ville nouvelle du Vaudreuil, est nommé Directeur de l'Etablissement public chargé de l'Aménagement de la Ville nouvelle du Vaudreuil, avec le titre de Directeur Général, à compter du 1^{er} octobre 1972.

J.O. du 31 janvier 1973.

M. Jacques **Guérin**, Ingénieur des Ponts et Chaussées en disponibilité est à compter du 1^{er} janvier 1973, réintégré dans son Administration d'origine et nommé Chargé de mission auprès du Directeur de l'Ecole Nationale des Ingénieurs des Ponts et Chaussées pour s'occuper du transfert de l'Ecole à Palaiseau.

Arrêté du 5 février 1973.

M. Paul **Le Vert**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, est nommé Membre du Conseil d'Administration de la Société Concessionnaire Française pour la construction et l'exploitation du Tunnel routier sous le Mont Blanc, en remplacement de M. Michel LIFFORT de BUFFEVENT, qui a atteint la limite d'âge.

J.O. du 6 février 1973.

PROMOTIONS

M. Alain **Villaret**, Ingénieur des Ponts et Chaussées au Centre d'Etudes Techniques de l'équipement d'Aix-en-Provence, est à compter du 20 décembre 1972 promu Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Arrêté du 30 janvier 1973.

M. Marc **Portier** est, en sa nouvelle qualité d'Ingénieur des Ponts et Chaussées, promu Ingénieur en Chef à compter du 8 mai 1972, placé en service détaché auprès de la Société Centrale pour l'équipement du Territoire en vue d'exercer les fonctions de Directeur-Adjoint, pour la période du 30 mars 1971 au 31 août 1973 date d'expiration de son détachement en cours.

Arrêté du 26 décembre 1972.

MUTATIONS

M. François **Favaron**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à la Direction Départementale de l'équipement du Morbihan, est à compter du 16 janvier 1973 muté dans l'intérêt du Service au Service Technique des Bases Aériennes à Paris, pour y être chargé de l'arrondissement « Architecture » en remplacement de M. Jean-Louis DURAND.

Arrêté du 26 janvier 1973.

M. Marcel **Prade**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, à la Direction Départementale de l'équipement de la Vienne est muté dans l'intérêt du service à la Direction Départementale de l'équipement du Puy-de-Dôme en qualité de Chef de la branche « Infrastructures ».

Arrêté du 1^{er} février 1973.

DÉMISSIONS

Les démissions des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, placés en position de disponibilité, dont les noms suivent, sont acceptées :

MM. Jacques **Bruyant**, André **DeIoro**, Jean-Claude **Menat**.

J.O. du 12 décembre 1972.

RETRAITES

M. Pierre **Callet**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, Ancien Directeur des Transports Terrestres à l'Administration Centrale du Ministère des Travaux Publics et des Transports, admis à faire valoir ses droits à la retraite, par limite d'âge, à compter du 3 juillet 1972, est nommé Directeur Honoraire des Transports Terrestres.

J.O. du 18 novembre 1972.

M. Georges **Ribes**, Ingénieur des Ponts et Chaussées en position de disponibilité, est réintégré pour ordre dans son Corps d'origine, et admis sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite.

J.O. du 6 décembre 1972.

M. Robert **Vandange**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, en position de disponibilité, est réintégré pour ordre dans son Corps d'origine, et admis, sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite.

J.O. du 6 décembre 1972.

M. Henry **Deschenes**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, en position de disponibilité, est réintégré pour ordre dans son Corps d'origine le 1^{er} mars 1973 et admis, sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite à compter de cette même date.

M. André **Gendre**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, est admis, sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite à compter du 1^{er} février 1973.

Arrêtés du 9 janvier 1973.

DÉCORATIONS

Ordre National du Mérite

MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT ET DU TOURISME

Sont promus ou nommés pour prendre rang de la date de la remise réglementaire de l'insigne :

AU GRADE DE COMMANDEUR.

M. Henri **Babinet**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées.

AU GRADE D'OFFICIER.

M. Gilbert **Dreyfuss**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, chargé de la 13^e circonscription d'Inspection générale de l'équipement.

AU GRADE DE CHEVALIER.

M. Michel **Affholder**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à la Direction de l'Aménagement foncier et de l'Urbanisme.

M. Robert **Maurus**, Ingénieur des Ponts et Chaussées au Ministère.

M. Jean-Daniel **Mills**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées au Ministère.

M. Michel-Gérard **Perrot**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Bobigny.

M. Rostislás **Pervychine**, Ingénieur des Ponts et Chaussées au Ministère.

M. Edmond-Etienne **Philip**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, à la Direction Départementale de l'équipement du Vaucluse.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

Sont promus ou nommés pour prendre rang de la date de la remise réglementaire de l'insigne :

AU GRADE D'OFFICIER.

M. René **Berteloot**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, chargé de fonctions à l'Inspection générale de l'aviation civile.

AU GRADE DE CHEVALIER.

M. Georges **Dobias**, Chef de Service au Ministère.

J.O. du 15 décembre 1972.

Mines

NOMINATIONS

Est nommé au Cabinet du Garde des Sceaux, Conseiller technique :

M. Jean **Querenet Onfroy de Bréville**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

J.O. du 8 juillet 1972.

Sont nommés membres du Conseil d'Administration du Bureau de recherches géologiques et minières,

En qualité de représentant du ministre du développement industriel et scientifique :

M. **Perrin**, Ingénieur des Mines.

En tant que personnalité choisie en raison de sa compétence :

M. **Goguel**, Ingénieur Général des Mines.

J.O. du 9 juillet 1972.

M. Marcel **Regard**, Ingénieur Général des Mines, est nommé membre du conseil de surveillance de l'Entreprise minière et chimique, à titre de représentant du Ministre du développement industriel et scientifique.

J.O. du 13 janvier 1973.

M. Hubert **Pelissonnier**, Ingénieur en Chef des Mines, a été nommé professeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, à compter du 1^{er} décembre 1972.

J.O. du 13 janvier 1973.

PROMOTIONS

Les Ingénieurs des Mines désignés ci-après ont été titularisés dans leur grade à compter du 1^{er} octobre 1971 :

MM. François **Bersani**, Jean-Michel **Biren**, Jean-Jacques **Dumont**, Bernard **Epron**, Yannick **d'Escatha**, Jean-Martin **Folz**, Jacques **Halfon**, Jean-Paul **Jacamon**, Jean-Louis **Masson**, Charles **Prévo**t, Christian **Scherer**, Christian **Stofaes**.

J.O. du 13 janvier 1973.

RETRAITES

M. Théodore **Loizy**, Ingénieur en Chef des Mines, est radié des cadres, sur sa demande, à compter du 1^{er} octobre 1972 et admis à la retraite.

J.O. du 16 septembre 1972.

M. Jean **Echard**, Ingénieur en Chef des Mines, est radié des cadres, sur sa demande, à compter du 16 octobre 1972 et admis à la retraite.

J.O. du 2 janvier 1973.

M. Paul **Moch**, Ingénieur en Chef des Mines, est admis par limite d'âge, à faire valoir ses droits à la retraite, à compter du 8 février 1973.

J.O. du 5 janvier 1973.

DÉCISIONS

M. Jean **Colliot**, Ingénieur en Chef des Mines a été chargé de l'arrondissement minéralogique de Rouen à compter du 1^{er} novembre 1972.

J.O. du 24 septembre 1972.

M. Guy **Arnouil**, Ingénieur en Chef des Mines, a été chargé de l'arrondissement minéralogique de Metz, à compter du 7 octobre 1972, en remplacement de M. Marcel **REGARD**, appelé à d'autres fonctions.

J.O. du 13 octobre 1972.

M. Eric **Baudoult d'Hautefeuille**, Ingénieur en Chef des Mines, a été chargé de l'arrondissement minéralogique de Dijon, à compter du 7 octobre 1972, en remplacement de M. **ARNOUIL**, appelé à d'autres fonctions.

J.O. du 13 octobre 1972.

L'Entreprise Industrielle

Entreprises Électriques et Travaux de Génie Civil

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 20 000 000 DE FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 29, RUE DE ROME, 29 — PARIS VIII^e

Société Métallurgique de la Meuse

FORGES ET ACIÈRIES DE STENAY

S. A. au Capital de 765.000 F

Siège Social : STENAY (Meuse) — Téléphone 9

Bureau de PARIS : 8, rue de Chantilly

Téléph. LAMARTINE 83-82

Aciers Moulés — Bruts et Usinés



forclum

(société de force et lumière électriques)

67, rue de Dunkerque - 75009-PARIS

874 74-03

TOUTES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Directions Régionales et Agences :

Paris - St-Denis - Nanterre - Bordeaux - Le Bouscat
Lille - Laval - Troves - La Chapelle-St-Luc

"LA CELLULOSE DU PIN"

S A au Capital de 116 046 975 Francs

SIÈGE SOCIAL :

7, rue Eugène-Flachat, 75849 PARIS - Cedex 17

USINES DE :

FACTURE et BÈGLES (Gironde)
TARTAS et ROQUEFORT (Landes)

KRAFTS pour CAISSES
KRAFTS pour SACS GRANDE CONTENANCE
KRAFTS FRICTIONNÉS
PATES AU BISULFITE BLANCHIES

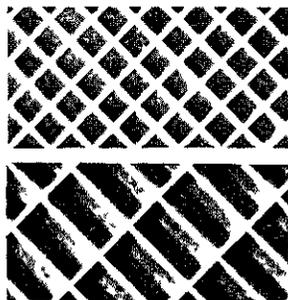
Société Armoricaine d'Entreprises Générales

S.A. au Capital de 2.000.000 F.

TRAVAUX PUBLICS
ET PARTICULIERS

SIÈGE SOCIAL : 7, rue de Bernus, VANNES

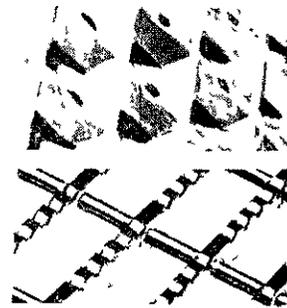
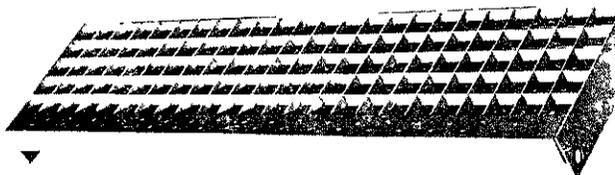
Téléphone : 66-22-90



ECIM sa au Capital de 180 000 F

Rue de Paris - 77410 CLAYE-SOUILLY

Tél. 026.01.38 - 03.54 Telex 29134 F - Ref 0506 R C Pontoise 71 B 349



PLATELAGES - PASSERELLES - COUVERTURES DE CANIVEAUX - AIRES DE LAVAGE - GRATTE PIEDS - MARCHES D'ESCALIERS - GRILLES D'AÉRATION - ETC

Société Nationale de Travaux Publics

10, rue Cambacérès, 75008 PARIS

Tél. 265-37-59 — Télex : 66 777 Aldosivi Paris

Travaux de Ports — Dragages maritimes et fluviaux — Routes
Aérodromes — Barrages — Chemins de fer
Ouvrages d'art — Bâtiments industriels — Entreprises générales

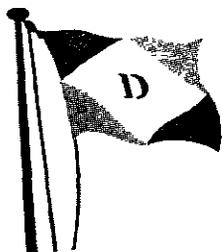
S.F.E.D.T.P

SOCIÉTÉ FRANÇAISE
D'ENTREPRISE DE DRAGAGES
ET DE TRAVAUX PUBLICS

Siège Social : 10, rue Cambacérès, PARIS-8^e - Tél. 265-67-61

Direction et Services Techniques :
29, rue de Miromesnil, PARIS-8^e - Tél. 265-09-30

Travaux à la Mer
Dragages et Terrassements
Aménagements Hydro-Electriques
Barrages et Canaux - Routes
Ouvrages d'Art
Assainissement et Adduction d'eau
Fondations Spéciales
Bâtiments et Usines



INSTALLATION DES MACHINES AU SOL OU EN ETAGE DE TOUTES
CAPACITES, TELLES QUE COMPRESSEURS, PRESSES A EMBOUTIR,
VENTILATEURS, BROYEURS, etc... AVEC

MAINTIEN DE LA PRECISION DE FONCTIONNEMENT
SUPPRESSION DE L'USURE ANORMALE
FORTE REDUCTION DU BRUIT

GRACE A LA SUPPRESSION DE LA TRANSMISSION DES VIBRATIONS
PAR LA POSE DES MASSIFS D'ACCROCHAGE EN BETON SUR

LA DALLE ANTIVIBRATILE

NOSITAL

— EN ELASTOMERE A RESILIENCE SOUTENUE —
UTILISABLE POUR TOUTES CHARGES COMPRISES ENTRE
500 et 60.000 kg par M2 POUR ECRASEMENT MAXI 50 %

TALMIER Fils & Cie

Usines de Saint-Jean — 11 - CARCASSONNE
Tél. (64) 25-19-90

NOTICES — REFERENCES — ETUDES GRATUITES

Pour Région Parisienne, s'adresser à :

CREPY, 35, Avenue Maurice-Prolongée
93 - GAGNY — Tél. 927-50-50

G. T. M. B. T. P.

Société Anonyme au Capital de 43.200.000 Francs

Siège Social : 61, avenue Jules-Quentin, 92000 NANTERRE - Tél. 769-62-40

Aménagements hydroélectriques - Centrales nucléaires - Centrales thermiques
Constructions industrielles - Travaux de Ports - Routes - Ouvrages d'art
Béton précontraint - Canalisations pour fluides - Canalisations électriques - Pipe-Lines

Nos lecteurs trouveront, ci-après, des informations transmises par des entreprises travaillant pour les Ponts et Chaussées ou intéressant les services des Ponts et Chaussées par certaines de leurs productions. Le caractère documentaire de ces informations nous a paru justifier leur publication ; elles sont toutefois publiées sous la seule responsabilité des firmes intéressées.

HAITI : REMISE EN ETAT DE LA ROUTE DU NORD

Un contrat vient d'être signé entre la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (BIRD) intervenant comme agence d'exécution du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) et la Société française INGEROUTE pour l'étude de la remise en état de la route du Nord, Port-au-Prince - Cap Haïtien (250 km).

Cette route qui relie la première et la deuxième villes de Haïti en passant par Saint-Marc et Gonaïves est sans doute l'axe le plus important du réseau routier national haïtien. Son état actuel est très défectueux, en particulier dans la tra-

versée souvent inondée de la vallée de l'Artibonite et dans celle des massifs montagneux situés entre Gonaïves et Cap Haïtien.

L'étude comprendra une première phase technico-économique destinée à déterminer le programme détaillé des travaux nécessaires à la remise en état de l'itinéraire et dont la réalisation apparaîtra comme la plus rentable pour favoriser le développement économique de l'ensemble des régions concernées.

La deuxième phase comportera l'établissement du projet définitif des travaux

du programme retenu et des dossiers d'appel d'offres correspondants.

La réalisation de l'ensemble des études est prévue sur une durée totale de 12 mois à partir du mois de mars 1973. Elle entraînera l'intervention en Haïti de 21 ingénieurs économistes ou techniciens dont plusieurs sont déjà intervenus en 1972 pour l'étude de la route du Sud, Port-au-Prince - Les Cayes.

INGEROUTE

49, rue Rouelle, 75015 PARIS

CREATION D'UNE DELEGATION DE SODETEG ENGINEERING A ROUEN (Seine-Maritime)

Pour faire face à l'accroissement de ses activités dans la région normande et être en mesure de mieux répondre à la demande de sa clientèle publique et privée, SODETEG Engineering vient de créer une délégation implantée à Mont-Saint-Aignan dans la banlieue de Rouen.

Avec l'appui du Siège et des filiales spécialisées du Groupe, SODETEG-ROUEN offre son concours aux entreprises industrielles et agricoles, mais également aux organismes régionaux et aux collectivités locales, sous forme d'études et de réalisation d'ouvrages.

Parmi les nombreuses interventions de SODETEG en Haute-Normandie, nous citerons :

- Etude de circulation urbaine à Rouen. Etude et tracé d'autoroute A 13 (30 km).
- Construction ou extension d'hôpitaux à Vernon, Valognes. Nouvel ensemble hospitalier du Havre. Hôpital rural des Andelys.
- Installation d'aqualisiers de déminéralisation des lactosérums à Saint-Hilaire-de-Briouze.
- Etude du Centre commercial « La Ruche Picarde » à Montivilliers.

- Installation de pyrolyse des ordures ménagères (banlieue de Rouen).
- Usine de fabrication de vaccins de l'Institut Pasteur à Louviers.
- Postes de chargement automatique de camions citernes à Vernon.

Adresse provisoire :

SODETEG ROUEN

13, Parc de la Scie

Bâtiment C 1

76130 MONT-SAINT-AIGNAN