



DEM

**LE PROGRAMME  
NUCLEAIRE**

**La réussite aux concours, cela ne  
veut pas dire  
que tout devient facile...**

**le CRÉDIT LYONNAIS le sait.**

Le financement des droits d'inscription à l'École,  
le complément précieux à vos ressources courantes,

**c'est le CRÉDIT ÉTUDIANT du CRÉDIT LYONNAIS**  
à taux préférentiel et de longue durée, que vous ne commencerez à  
rembourser qu'au début de votre vie active.

Il vous suffira de contacter l'une de nos 2500 Agences.



**VOUS AVEZ BESOIN D'UNE BANQUE QUI VOUS CONNAIT.**



**CREDIT LYONNAIS**

## sommaire

### Directeur de la publication :

Jacques LECLERCO  
Président de l'Association

### Administrateur délégué :

Philippe AUSSOURD  
Ingénieur  
des Ponts et Chaussées

### Rédacteurs en chef :

Olivier HALPERN  
Ingénieur  
des Ponts et Chaussées  
Benoît WEYMULLER  
Ingénieur  
des Ponts et Chaussées

### Secrétaire générale de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE DU PREY

### Assistante de rédaction :

Eliane de DROUAS

### Rédaction - Promotion

#### Administration :

28, rue des Saints-Pères  
Paris-7<sup>e</sup> - 260.25.33

Bulletin de l'Association des Ingénieurs  
des Ponts et Chaussées, avec la collaboration  
de l'Association des Anciens Elèves  
de l'École des Ponts et Chaussées.

### Abonnements :

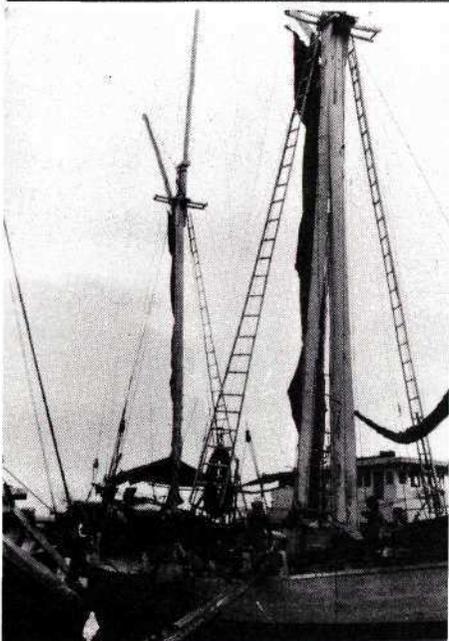
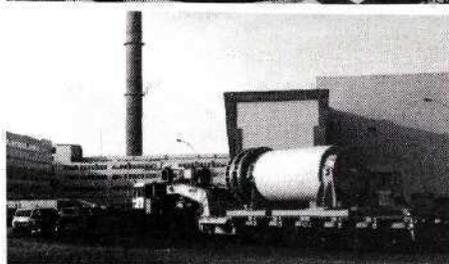
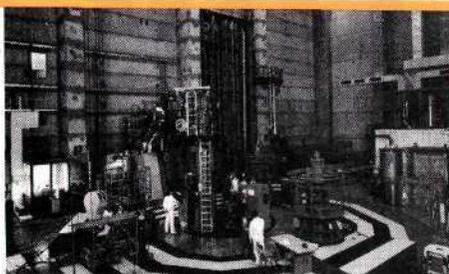
- France **200 F.**
  - Etranger **200 F** (frais de port en sus).
- Prix du numéro ; **22 F**

### Publicité :

Responsable de la publicité :  
H. BRAMI

Société OFERSOP :  
8, Bd Montmartre  
75009 Paris  
Tél. 824.93.39

L'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie.



**Couverture :**  
Centrale de Fessenheim  
photo : BERANGER (SO DEL)

## dossier

Éditorial	
René GIRAUD .....	17
Les évolutions récentes en matière de sûreté nucléaire	
F. KOSCIUSKO MORIZET et P. TANGUY .....	19
La réalisation du programme nucléaire	
M. HUG .....	22
Les réacteurs surgénérateurs	
G. VENDRYES .....	25
L'approvisionnement en uranium	
C. GOBERT .....	31
La centrale de Nogent-sur-Seine	
J.P. MILLIAT .....	34
La centrale de Creys-Malville à mi-parcours	
B. SAITCEVSKY .....	40
Le retraitement en France et à l'usine de la Hague	
M. DELANGE .....	44
La gestion industrielle à long terme des déchets radioactifs	
J.M. LAVIE .....	49

## rubriques

L'étoile de Mer	
B. JACOB .....	56

## Réalisation dans les D.D.E.

DDE de la Moselle .....	62
-------------------------	----

## La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

Formation continue ENPC .....	65
Groupe Régional Rhône-Alpes .....	69
Mouvements .....	70
Lu pour vous .....	71

# REGARDONS L'AVENIR MAÎTRISONS LE NUCLÉAIRE

les 

sont concernées par LE NUCLÉAIRE

Elles mettent à votre disposition leurs 80 bureaux régionaux

## POUR VOS PROBLÈMES DE :

- contrôle technique de construction
- réception et surveillance de construction des appareils et installations
- assurance de la qualité
- contrôles non destructifs
- radioprotection
- visites pratiques réglementaires
- etc.

Pour toute information, un service est à votre disposition  
au groupement des



102, rue des Poissonniers - 75018 PARIS

Tel. : 257. 11. 05

qui vous informera, vous conseillera et éventuellement vous orientera.

# GENIE CIVIL DE LA CENTRALE E.D.F. DE PALUEL

**ENTREPRISES LEON BALLOT**  
155, boulevard Haussmann  
**75008 PARIS**

**ENTREPRISES LEON CHAGNAUD**  
153, boulevard Haussmann  
**75008 PARIS**

**LES CHANTIERS MODERNES**  
88, rue de Villiers  
**92300 LEVALLOIS PERRET**

**G.I.E.N.**  
Groupement d'Intérêt Économique  
pour la Construction Nucléaire  
155, boulevard Haussmann  
**75008 PARIS**



R. GORY - 76210 BOLBEC.



parois  
d'étanchéité  
au  
coulis

Enceinte de  
NOGENT/SEINE

**c'est une technique**

**SOLETANCHE**  
6, rue de Watford - B.P. 511 - 92005 NANTERRE Cedex (France)  
Tél. Paris (1) 776.42.62. Télex 611722 SOLET F



**\* 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 : 563.12.34

**RINCHEVAL**

95230 SOISY-SOUS-MONTMORENCY (FRANCE)

Tél. : 989.04.21 - Télex : 697 539 F



**MATÉRIEL DE  
STOCKAGE  
CHAUFFAGE**

**ET**

**ÉPANDAGE DE LIANTS  
HYDROCARBONES**

**ÉPANDEUSES, ÉPANDEUSES D'ENTRETIEN  
CITERNES FIXES ET MOBILES  
CENTRES DE STOCKAGE  
CHAUDIÈRES A HUILE, ETC.**

SOCIETE DE CONSTRUCTION D'USINES DE SEPARATION ISOTOPIQUE

# USSI

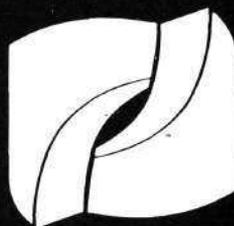
— ENGINEERING OF URANIUM ENRICHMENT FACILITIES  
PIERRELATTE (C.E.A.)

TRICASTIN (EURODIF)

— NUCLEAR ENGINEERING  
FUEL CYCLE

116, Avenue Aristide BRIAND 92 220 BAGNEUX (FRANCE) - Tél. (1) 664-13-13 - Télex 200386

# CAMPENON BERNARD



**TRAVAUX PUBLICS  
GENIE CIVIL**

92, 98 boulevard Victor-Hugo  
92115 Clichy  
France

tél (1) 739.33.93  
télex cbtra 610221 F



# forclum

société de force et lumière électriques

Centre d'Affaires Paris Nord Bât. Ampère n° 1  
93153 LE BLANC-MESNIL CEDEX  
Tél. : 865.42.41

**TOUTES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES  
TOUTES PUISSANCES**

**Chauffage - Climatisation - Énergie solaire**

ÉQUIPEMENT D'USINES, DE CENTRALES  
ET DE POSTE DE TRANSFORMATION  
IMMEUBLES DE BUREAUX ET D'HABITATION  
HOPITAUX - UNIVERSITÉS - ÉQUIPEMENTS SPORTIFS  
ÉCLAIRAGE PUBLIC - RÉSEAUX DE DISTRIBUTION  
TABLEAUX - CONTRÔLE - RÉGULATION  
AUTOMATISME - TÉLÉCOMMANDE - BASES VIE

**Directions Régionales, Agences et Centres**  
PARIS - SAINT-DENIS - NANTERRE - BORDEAUX - LILLE  
LAVAL - RIYAD - NIAMEY - AMMAN  
BAGHDAD - OUAGADOUGOU

15 usines  
en France



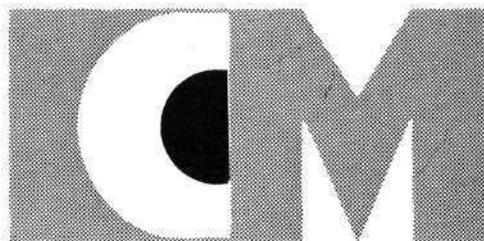
**PREMIER GROUPE  
EUROPÉEN DE  
TRAITEMENT DE SURFACE**

Compagnie Française de Traitements de Surface

25, rue Alphonse-de-Neuville - 75017 Paris  
Tél : (1) 766.04.11 & (1) 763.73.62. Télex : SERVICE 642 484 F



TRAVAUX PUBLICS • ROUTES • AUTOROUTES  
TERRASSEMENTS • PONTS ET OUVRAGES D'ART  
AÉRODROMES • ÉQUIPEMENTS URBAINS • GÉNIE CIVIL  
INDUSTRIEL • AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES  
ET HYDRO-ÉLECTRIQUES • OUVRAGES SOUTERRAINS  
TRAVAUX MARITIMES • FONDATIONS PROFONDES

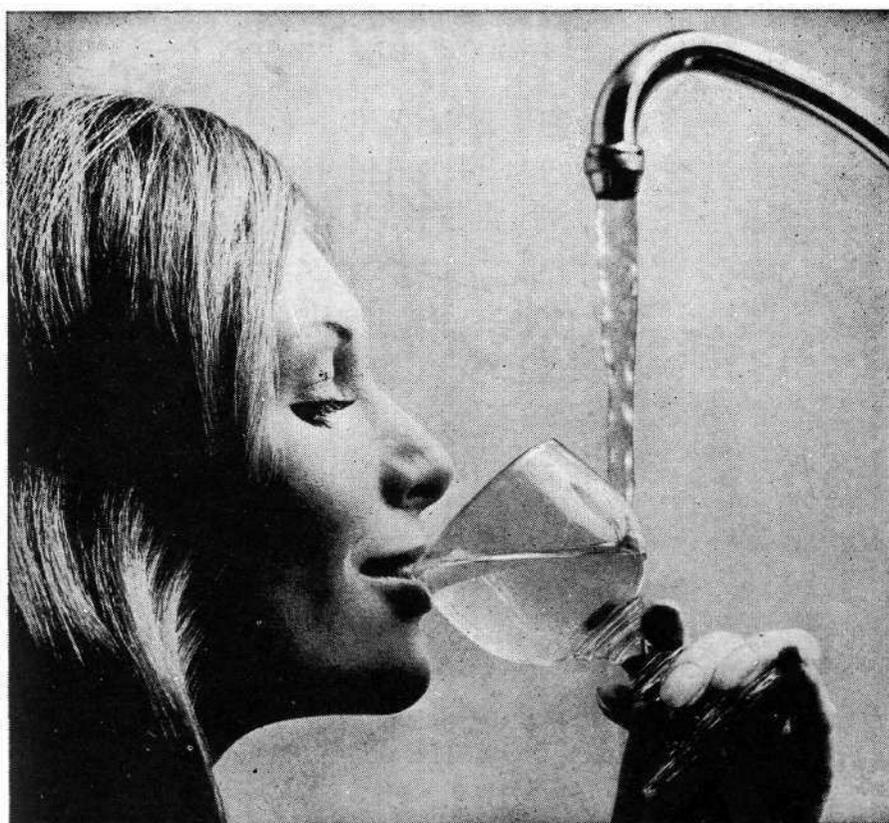


## **Chantiers modernes**

S.A. au capital de 36 000 000 F

DIRECTION GÉNÉRALE : 88, rue de Villiers  
92532 Levallois-Perret Cedex - Tél. 757.31.40 - Télex CMDGLVL 610202 F

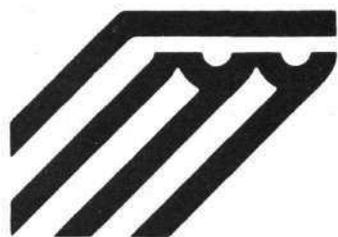
SIÈGE SOCIAL : 44, allées de Tourny - 33000 Bordeaux



**plaisir retrouvé  
grâce  
à la  
compagnie  
générale des eaux**

52, rue d'Anjou  
75384 Paris Cedex 08  
Tél. : 266.91.50





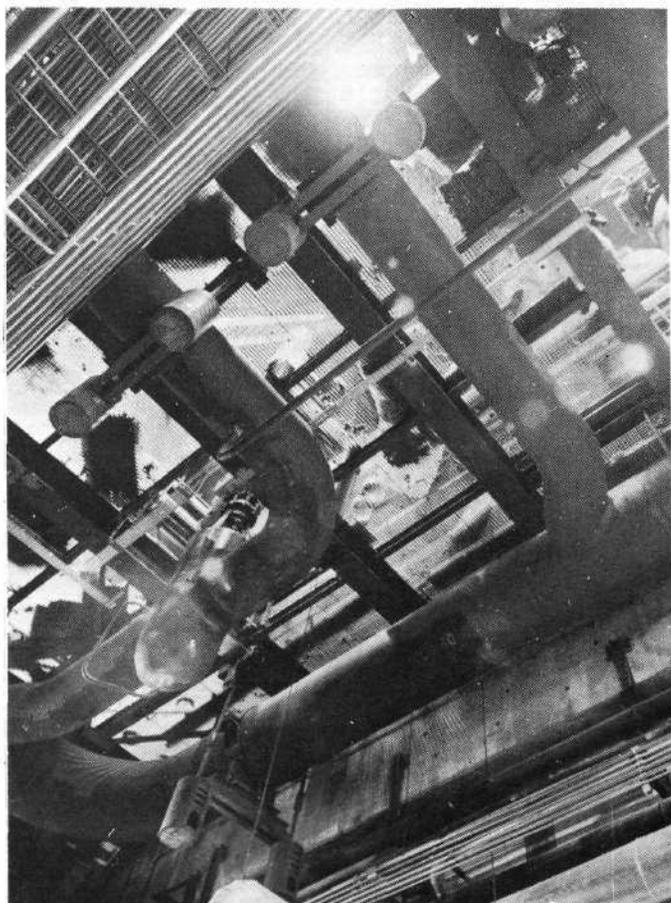
# dumez

345 avenue Georges Clémenceau 92022 Nanterre Cedex Tél : 776.42.43

travaux publics  
ouvrages d'art

béton armé  
bâtiments

constructions industrielles  
constructions industrialisées



## **ENTREPOSE**

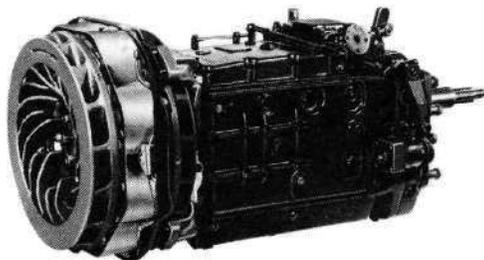
études, préfabrication, montage  
de réseaux de tuyauteries pour  
tous fluides et toutes industries.  
installations "clé en main" d'en-  
sembles industriels, tous corps  
d'état.

mises en exploitation et entretien.  
calculs thermodynamiques.

---

**DÉPARTEMENT TUYAUTERIES INDUSTRIELLES**  
DIRECTION TECHNIQUE ET COMMERCIALE  
127 Rue de Saussure 75850 PARIS Cédex 17 —  
Téléphone: 766.03.89 Téléc: Entrepo Paris 640813

les **250.000** utilisateurs  
de ralentisseurs  
électromagnétiques  
**TELMA**  
sont résolument  
**POUR**



depuis plus de 30 ans TELMA leur apporte : **SECURITE,**  
**ECONOMIE, CONFORT...**

Sur tous les véhicules de plus de 7 tonnes  
TELMA est le ralentisseur électromagnétique  
le moins encombrant et le plus efficace.  
Sur boîtes de vitesses (autocars à moteur arrière,  
tracteurs, véhicules courts), TELMA FOCAL  
est encore moins lourd et moins encombrant.

**ROULEZ TELMA**

Compagnie Française Telma  
28, rue Paul-Painlevé, PME ZA du Vert-Galant  
95310 Saint-Ouen-l'Aumône  
Tél. 037 92 42 - Télex : Telma 695 700  
B.P. 692 - 95004 CERGY CEDEX

BVAL - PRESSE 1004

**DES EQUIPEMENTS NOUVEAUX!..**  
**POUR LA COLLECTE EN ZONE RURALE**

ENEZ  
LES VOIR DU  
8 AU 13 DECEMBRE

**marrel pac**  
**SPECIALISTE DES STATIONS**  
**TRANSFERT ET DES COMPACTEURS**



 **bennes marrel • marrel pac**

Z.I. Saint-Etienne-Bouthéon  
BP 56 42160 Andrézieux-Bouthéon  
Tél. (77) 55 08 30 - Télex 330 657

L&D



# GEO CHALEUR

Société nationale pour l'application de la géothermie

**2, rue Lord-Byron - 75008 PARIS**

*Dans plusieurs régions françaises, la géothermie des basses températures — de 60° à 100° — peut se substituer, en grande partie, à l'utilisation des énergies traditionnelles pour le chauffage des locaux.*

*Pour rentabiliser les investissements nécessaires, il faut qu'un équipement géothermique soit raccordé à des installations consommant au minimum 30 000 Kth (ou 35 000 MWh) par an, soit l'équivalent de 2 000 à 2 500 logements.*

*Cet impératif nécessite un accord entre plusieurs utilisateurs, un montage juridique et financier adapté aux caractères propres d'une réalisation géothermique, une coordination des études et des travaux.*

**GEO CHALEUR** a été créée par cinq organismes publics (\*) pour développer l'application de la géothermie en France et apporte son concours aux utilisateurs potentiels de cette nouvelle source d'énergie : collectivités, gestionnaires d'immeubles d'habitation ou d'équipements publics, etc.

**GEO CHALEUR** établit les programmes et coordonne les études en qualité de mandataires des maîtres d'ouvrage.

**GEO CHALEUR** assure la coordination des réalisations et l'organisation des chantiers de forage, rendant ainsi possible une réduction, du coût des installations.

Pour plus d'information : **GEO CHALEUR**

4, place Raoul-Dautry, **75741 CEDEX 15** - Tél. : **538-52-53**.

Union Nationale des H.L.M., Caisse des Dépôts et Consignations, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Charbonnages de France, Crédit Foncier de France.

**ESSOLUBE XD-3 EXTRA,  
50.000 KM SANS VIDANGER.**



# WELBOND

## ARMATURES POUR BÉTON ARMÉ

- SOUS TRAITANT
- FOURNISSEUR

## NOUVEAU PRODUIT

Barres acier welbond S Fe E40 A soudables droites ou façonnées ou Fe E60 S ou Fe E24 filetées et assurant la contrainte minimale de rupture

Accessoires : **Boulons Ancre**  
**Manchons recouvrement**  
**Manchons tension**

## RÉFÉRENCES "NUCLÉAIRE"

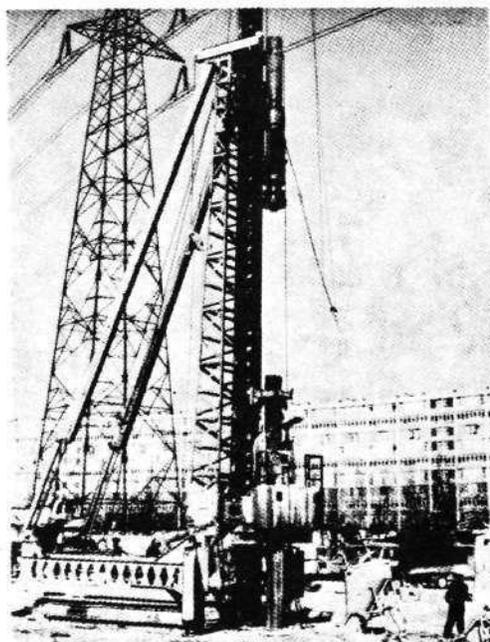
Fondations spéciales, salles de machines, stations de pompage, amenée et rejet des eaux, réfrigérants réalisés sur les centrales de :

**BUGEY**  
**BLAYE**  
**CHINON**  
**FLAMANVILLE**

## WELBOND SA

Route de la Navale  
**44220 COUERON**  
Téléphone (40) 86.07.07 - Télex 700240

# fondations spéciales



## PIEUX BATTUS MOULÉS VIBRO-ARRACHÉS

- DIAMETRE : 350 MM A 650 MM
- FICHE MAXIMUM : 28 M LINEAIRE
- CONTRAINTE DU BETON VIBRE ET MIS A SEC : 70 BARS MAXIMUM

## AUTRES PIEUX

- PIEUX INJECTES RESISTANT A LA TRACTION
- PIEUX VIBRO-FONCES MOULES
- PIEUX BETON FORES MOULES Ø 0,40 M à 2 M
- PIEUX METALLIQUES H OU TUBE
- PIEUX BETON CENTRIFUGE SYSTEME BREVETE

**TRINDEL**  
**TRINDEL**  
**TRINDEL**

services techniques  
9-11, av. michelet, 93400 st-ouen  
tél. (1) 252.81.60 télex 640685 trindex

directeur : R. DEROIRE, ingénieur E.C.L.  
directeur technique : J.-P. JOUBERT,  
ingénieur E.N.P.C.

SIEGE SOCIAL :  
44, RUE DE LISBONNE - 75383 PARIS CEDEX 08  
☎ (1) 563.19.09

1980

# ANNUAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES

INGÉNIEURS DU CORPS - INGÉNIEURS CIVILS

Téléphone : 260.25.33

Téléphone : 260.34.13

**ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES**

28, RUE DES SAINTS-PÈRES - PARIS 7<sup>e</sup>

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées jouent, par vocation, un rôle éminent dans l'ensemble des Services du Ministère de l'Équipement.

Ils assument également des fonctions importantes dans les autres Administrations, et dans les organismes du Secteur Public, Parapublic et du Secteur Privé, pour tout ce qui touche à l'Équipement du Territoire.

En outre, dans tous les domaines des Travaux Publics (Entreprises, Bureaux d'Études et d'Ingénieurs Conseils, de Contrôle) les Ingénieurs Civils de l'École Nationale des Ponts et Chaussées occupent des postes de grande responsabilité.

C'est dire que l'annuaire qu'éditionnent conjointement les deux Associations représente un outil de travail indispensable.

Vous pouvez vous procurer l'édition 1980 qui vient de sortir, en utilisant l'imprimé ci-contre.

Nous nous attacherons à vous donner immédiatement satisfaction.



## **BON DE COMMANDE**

à adresser à  
**OFERSOP — 8, bd Montmartre, 75009 PARIS**

### **CONDITIONS DE VENTE**

Prix..... 200,00 F

T.V.A. 17,60..... 35,20 F

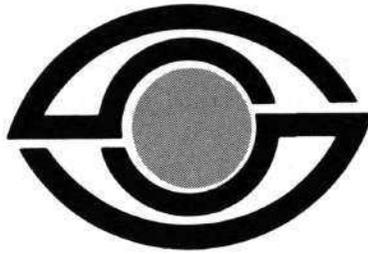
Frais d'expédition en sus

- règlement ci-joint, réf. : .....
- règlement dès réception facture.

Veillez m'expédier ..... annuaire(s) des Ingénieurs des Ponts et Chaussées dans les meilleurs délais, avec le mode d'expédition suivant :

- expédition sur Paris
- expédition dans les Départements
- expédition en Urgent
- par Avion

# SOCOTEC INDUSTRIE



INSPECTIONS - RECEPTIONS - ASSURANCE ET GESTION DE LA QUALITE

## NOTRE METIER : LA QUALITE

GENIE MECANIQUE, THERMIQUE ET HYDRAULIQUE  
CONTROLES NON DESTRUCTIFS - THERMOGRAPHIE

GRUPE SOCOTEC - 2000 personnes - 125 agences en France et à l'étranger  
Tour Maine Montparnasse - 33, av. du Maine - 75755 PARIS Cedex 15 - tél. 538.52.73 - télex 200 913

### **UNIC PAC: CONSTRUITS COMME DES ENGIN DE TRAVAUX PUBLICS.**

Un choix complet de modèles: 6 x 6, 6 x 4,  
4 x 4 et 4 x 2. Des moteurs  
à la technologie  
éprouvée: de gros  
six cylindres de  
225 ou 285 ch  
SAE, refroidis  
par eau.



### **UNIC S.A.**

**SUCCESSALE DE STRASBOURG**

208, route de Colmar - Tél. : (88) 39.99.08

**67023 STRASBOURG CÉDEX**

**UNIC**



SOCIÉTÉ ANONYME  
DES ENTREPRISES

**Léon  
BALLOT**

au Capital de 30 600 000 F

**TRAVAUX  
PUBLICS**

155, boulevard Hausmann,  
75008 PARIS

**ENTREPRISE  
Bourdin & Chaussé**

SA au Capital de 21 000 000 F

35 rue de l'Ouche Buron  
44 300 NANTES

Tel (40) 49 26 08

Direction Generale

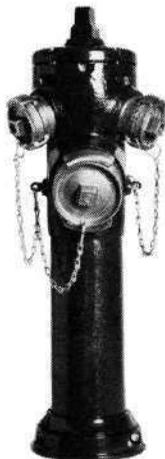
36 rue de l'Ancienne Mairie  
92 100 BOULOGNE

Tel 604 13 52

*Terrassements  
Routes et aerodromes  
Voirie urbaine  
Assainissement  
Reseaux eau et gaz  
Genie civil  
Sols sportifs  
et industriels*

**SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE  
HAUT-MARNAISE**

TOUT CE QUI CONCERNE  
LE MATÉRIEL D'ADDUCTION  
ET DE DISTRIBUTION D'EAU



**MATÉRIEL DE LUTTE  
CONTRE L'INCENDIE**

**ÉQUIPEMENT  
DES CAPTAGES  
ET DES RÉSERVOIRS**

B.P. 24 - 52300 JOINVILLE - TÉL. (25) 96.09.23  
TELEX : OMARNEZ 840917 F

**cadre  
supérieur**

130 000 + à 500 000 +

Que vous soyez  
Directeur Général, Directeur du  
Marketing, Directeur Financier,  
Directeur d'Usine, Directeur  
des Relations Humaines, etc.  
ou responsable d'un poste clé  
de votre Société, nous pouvons  
vous proposer à Paris,  
en Province ou à l'Étranger,  
plus de 300 postes par an  
correspondant à votre niveau  
et publiés en **EXCLUSIVITE**  
dans la rubrique Dirigeants  
"Senior Executives"  
d'"International Executive  
Search Newsletter".

Vous devez savoir  
que 80% au moins des  
recherches de Dirigeants dont  
la rémunération moyenne atteint  
220.000 F, **NE SONT PAS  
PUBLIÉES DANS LA PRESSE**,  
mais confiées aux spécialistes  
français et internationaux  
de l'Executive Search respectant  
une stricte déontologie.

Seuls ces Consultants  
peuvent publier gratuitement  
des offres exclusives dans  
notre newsletter; cette formule  
permet aux Cadres Supérieurs  
en poste de s'informer  
**SANS RISQUE  
D'INDISCRETION.**

Adressez carte de visite et  
montant de l'abonnement à I.C.A.  
3 rue d'Hauteville - 75010 Paris  
Tél. (1) 824.63.45  
Télex 280360 bureau Paris I.C.A.

**TARIF ABONNEMENTS  
10 NUMEROS/AN**

ALLEMAGNE	DM	185
BELGIQUE	FB	2900
CANADA	\$C	135
DOM-TOM	FF	500
FRANCE	FF	300
GRANDE BRETAGNE	£	48
PAYS BAS	FL	200
SUEDE	KR	400
SUISSE	FS	160
U.S.A.	\$	120

Autres Pays FF 500 ou \$ 120

**I.C.A. PUBLIE PLUS D'OFFRES  
DE PLUS HAUT NIVEAU QUE  
TOUT AUTRE ORGANISME.**

SPECIMEN GRATUIT EN RETOURNANT  
CETTE ANNONCE A I.C.A.

**I.C.A.** International Classified Advertising  
3, RUE D'HAUTEVILLE - 75010 - PARIS

# ÉDITIONS technip

27, rue Ginoux 75737 PARIS CEDEX 15 Tél. : 577.11.08

## THERMODYNAMIQUE GÉNÉRALE ET APPLICATIONS

R. KLING

1 vol., relié, 17 x 24, 492 p., 239 fig., 34 tabl.,

485 F

## THÉORIE ET PRATIQUE DU LANGAGE PASCAL

J.-L. NEBUT

1 vol., broché, 17 x 24, 288 p.,

125 F

## ALGORITHMES ET PRATIQUE DE PROGRAMMATION LINÉAIRE

P. CHRÉTIENNE, Y. PESQUEUX, J.-C. GRANDJEAN

1 vol., broché, 17 x 24, 352 p., 8 fig.,

250 F

## ALGORITHMES NUMÉRIQUES. ANALYSE ET MISE EN ŒUVRE

**Tome I : Arithmétique des ordinateurs.**

**Systèmes linéaires.**

M. LA PORTE et J. VIGNES

1 vol., broché, 18 x 24, 244 p., 14 fig., 39 tabl.,

137 F

**Tome II : Équations et systèmes non linéaires**

J. VIGNES, R. ALT, M. PICHAT

1 vol., broché, 18 x 24, 318 p., 39 fig., 22 tabl.,

190 F

## CAOUTCHOUCS SYNTHÉTIQUES. PROCÉDÉS ET DONNÉES ÉCONOMIQUES

J.-P. ARLIE

1 vol., broché, 17 x 24, 110 p., 10 fig., 36 tabl.,

48 F

## PRODUCTION D'OLEFINES ET D'AROMATIQUES

**Le vapocraquage et les BTX**

A. CHAUVEL, G. LEFEBVRE, C. RAIMBAULT

1 vol., broché, 17 x 24, 246 p., 78 fig., 69 tabl.,

98 F

## RECONNAISSANCE DES SOLS EN MER POUR L'IMPLANTATION DES OUVRAGES PÉTROLIERS

P. LE TIRANT

1 vol., relié, 18 x 24, 508 p., 204 fig., 57 tabl.,

410 F

**PRIX LIBRAIRIE TECHNIP**



BUREAU D'ÉTUDES DE SOLS  
ET DE FONDATIONS  
SONDAGES - ESSAIS DE SOLS

### FONDASOL INTERNATIONAL

5 bis, rue du Louvre - 75001 PARIS  
Tél. : 260.21.43 et 44  
Télex : 670 230 FONDASOL PARIS

### FONDASOL CENTRE

Z.I. Nord - rue Ferrée  
71530 CHALON-SUR-SAONE  
Tél. : (85) 46.14.26  
Télex : 800 368 FONDASOL CHALN

### FONDASOL ÉTUDE

B.P. 54  
84005 AVIGNON  
Tél. : (90) 31.23.96  
Télex : 431 344 FONDASOL MTFAV

### FONDASOL ATLANTIQUE

79, avenue de la Morlière  
44700 NANTES - ORVAULT  
Tél. : (40) 76.12.12 et 63.53.00  
Télex : 710 567 FONDATL

### FONDASOL EST

1, rue des Couteliers  
57000 METZ BORNAY  
Tél. : (87) 75.41.82  
Télex : 860 695 FONDASOL METZ

**Représentations au Moyen-Orient : ARABIE SEOUDITE  
QATAR - BAHRAIN**

**Missions en AFRIQUE DU NORD  
et en AFRIQUE OCCIDENTALE**

**Des problèmes  
d'étanchéité?**



alors...

# XYPEX

Etanchéité du béton  
par cristallisation

Plus d'infiltrations d'eau  
avec leurs coûteuses  
conséquences.

Processus d'utilisation  
simple.

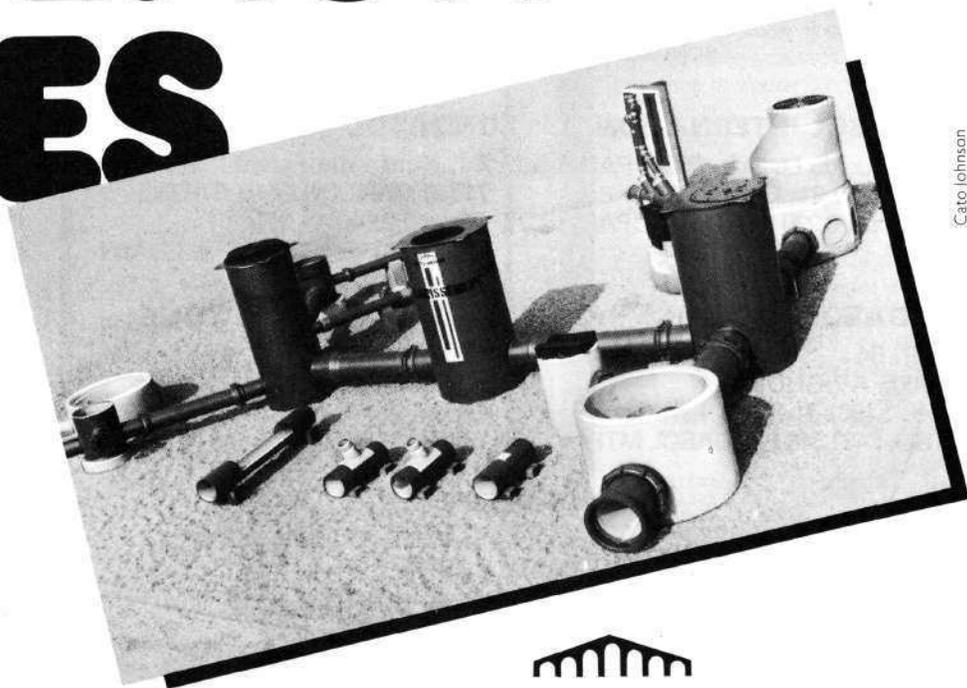
Efficace en pression ou  
contre-pression.

Renseignez-vous sans  
engagement auprès de :

**XYPEX**

**14, rue de Suffren  
06400 CANNES  
Tél. (93) 39.70.90 Tx : 470.907**

# LA FONTE DUCTILE, LE SYSTEME LE PLUS SUR POUR LES EAUX USEES



Cato Johnson



PONT-A-MOUSSON S.A.

Contact auprès du service Promotion Industrielle,  
Pont-à-Mousson, 91, avenue de la Libération, 4 X 54017 NANCY Cedex - Tél. : (8) 396.81.21

# Éditorial



André GIRAUD  
Ministre de l'Industrie.

photo OROP

Il est d'un particulier intérêt que la revue de l'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées ait choisi de consacrer à la fin de l'année 1980 un numéro spécial à l'énergie nucléaire et ceci pour de nombreuses raisons.

La sortie de la revue intervient en effet à un moment important. En effet la précarité de la situation internationale et notamment les récents développements des conflits au Moyen-Orient confirment la valeur des options prises et renforcent notre détermination à desserrer les contraintes de la dépendance pétrolière.

Mais nous avons déjà bien avancé dans cette voie : l'année 1980 verra notre production nucléaire augmenter de près de 40 % par rapport à celle de 79. Déjà au cours des huit premiers mois de l'année 1980, la production électronucléaire française a représenté près de 25 % de la production électrique totale. Cette progression va se poursuivre puisque, désormais, une tranche nucléaire nouvelle démarrera environ tous les deux mois. A ceci il nous faut ajouter que nous avons maintenant la complète maîtrise du cycle du combustible, depuis l'extraction de l'uranium jusqu'au retraitement et que notre industrie nucléaire, forte et bien organisée, est capable d'intervenir sur les marchés étrangers, contribuant ainsi à notre équilibre extérieur.

Certes, il faut rappeler que notre programme nucléaire n'est qu'un des volets de notre politique en matière d'énergie, que sa contribution au bilan énergétique devrait être du même ordre de grandeur que les résultats apportés par nos efforts soutenus en matière d'économies d'énergie et qu'un programme ambitieux aussi bien en matière d'utilisation du charbon que de développements des énergies nouvelles a été lancé. A l'horizon 1990, le nucléaire et l'ensemble du charbon et du gaz représenteront chacun trente pour cent de notre énergie, soit autant que le pétrole, les énergies renouvelables, hydraulique et énergies nouvelles couvrant les dix pour cent restant.

Il faut pour conclure noter encore une raison pour laquelle ce numéro est important : il participe de la politique d'information souhaitée par le Gouvernement. Je suis persuadé que les ingénieurs des grands corps techniques de l'État qui ont un rôle important à jouer dans la réussite du programme énergétique français, sauront trouver dans les articles des spécialistes et responsables du programme nucléaire ici réunis les faits utiles à cette information.

La publicité  
de la Revue

**PCM**

*a été confiée à la Société*

**OFERSOP**

responsable **Monsieur H.-BRAMI**

**8, Boulevard Montmartre 75009 Paris**

**Tél. : 824.93.39**

# Les évolutions récentes en matière de sûreté nucléaire

*F. KOSCIUSKO-MORIZET*

*Directeur de la Qualité et de la Sécurité Industrielles,  
Ministère de l'Industrie*

*P. TANGUY*

*Directeur de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire,  
Commissariat à l'Énergie Atomique*

Depuis l'accident survenu à la centrale nucléaire de Three Mile Island, aux États-Unis, le 28 mars 1979, le problème des grands accidents domine toutes les questions de sûreté nucléaire, car c'est à travers eux que le public et ses représentants apprécient le risque nucléaire.

Cette constatation objective est d'une certaine manière paradoxale, puisque le bilan du fonctionnement des centrales nucléaires dans le monde, qui porte sur une durée supérieure à vingt ans, sur près de trois cents unités, et sur un fonctionnement cumulé supérieur à deux mille années-réacteurs, est incontestablement positif, aucune centrale nucléaire n'ayant entraîné de dommages significatifs pour des personnes du public ou pour leur environnement. Ce bilan favorable n'a pas été démenti par l'accident de Three Mile Island, en dépit des dommages matériels très importants subis par l'installation et du préjudice financier considérable pour l'exploitant.

Il faut cependant reconnaître que Three Mile Island (TMI) a entraîné une certaine remise en cause de la sûreté nucléaire, dans le but de prévenir le renouvellement de tels accidents, et que les multiples analyses qui en ont été faites à travers le monde ont conduit à un effort de rationalité et d'exhaustivité qui permet aujourd'hui de disposer au niveau international d'un programme cohérent d'amélioration de la sûreté en exploitation des centrales nucléaires. Ce sont ces nouvelles orientations que nous allons passer brièvement en revue ci-dessous, en les regroupant en six catégories :

- les modifications à apporter à la conception des centrales,
- l'adaptation des règles et consignes d'exploitation,
- la formation du personnel,
- l'interface homme-machine,
- l'organisation des relations entre constructeurs, exploitants et autorités de sûreté,

— les sites et les plans d'urgence en cas d'accident.

## 1 - Modifications éventuelles à apporter à la conception des centrales

Après un accident, et cela a été particulièrement évident après TMI, on observe souvent chez certains protagonistes une tendance à déclarer que la conception n'est pas en cause et que c'est du côté des opérateurs - ou à la rigueur de l'interface homme-machine - qu'il faut chercher les vraies causes et apporter les vrais remèdes.

Il est certain qu'il faut faire preuve d'une extrême prudence avant d'apporter à un projet cohérent et bien étudié des modifications tardives dont on n'aurait pas bien mesuré les conséquences. En fait, le point essentiel est qu'il faut mettre en œuvre une assurance de qualité efficace, mais ceci est vrai pour toute la durée de l'exploitation.

Lorsqu'on revoit les recommandations des rapports analysant TMI, on constate qu'une part porte sur des modifications mineures de conception. Les constructeurs doivent donc reconnaître que les grands accidents révèlent, sinon des erreurs ou insuffisances de conception, du moins des points faibles qui peuvent, et doivent, être améliorés.

La question essentielle qui se pose est de savoir si les modifications de conception ne doivent porter que sur la **prévention** des accidents, en permettant d'éviter le renouvellement des accidents déjà observés ou d'accidents analogues, ou si ces modifications doivent inclure des **parades** aux conséquences de ces accidents. Si on se réfère aux recommandations post-TMI, on classera dans les dispositifs de prévention l'instrumentation de mesure de marge à l'ébullition, et dans les parades les éclateurs électriques destinés à brûler l'hydrogène dans

l'enceinte au fur et à mesure de son dégagement.

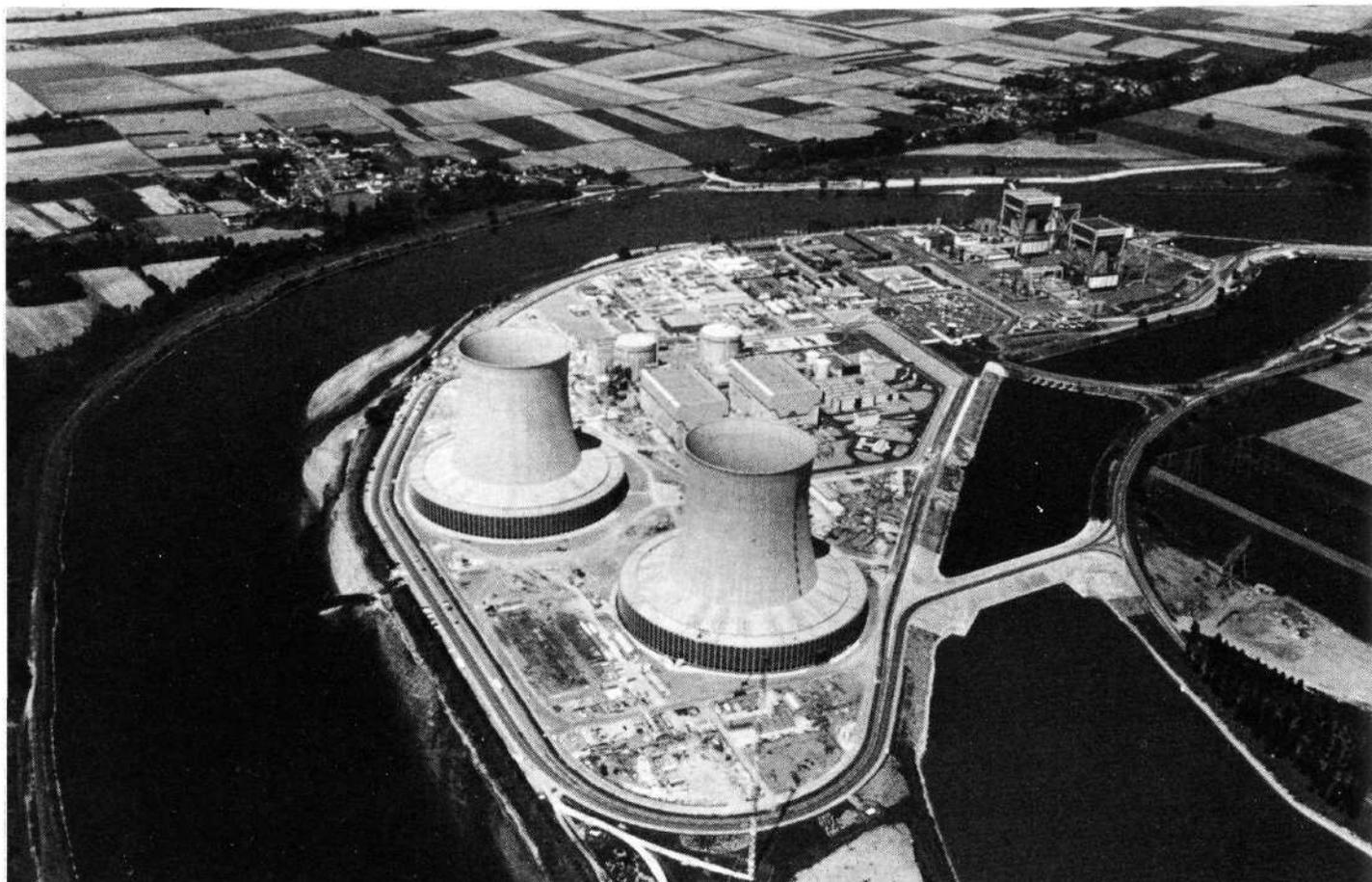
La réponse doit être trouvée à notre avis dans une systématisation des évaluations probabilistes du risque, évaluations qui devraient être validées en permanence sur l'expérience d'exploitation. Pour être utilisables, ces analyses doivent être réalistes et doivent donc nécessairement prendre en compte le facteur humain qui, comme on le sait, est une des causes des défaillances de mode commun pouvant entraîner la perte de fonctions de sûreté.

## 2 - Adaptation des consignes d'exploitation

Dans la quasi-totalité des accidents survenus sur des centrales nucléaires, on constate que les consignes d'exploitation sont en cause. Dans certains cas, l'enseignement est immédiat : il n'existait pas de procédure correcte adaptée à un cas prévisible de fonctionnement, ou tout au moins cette procédure n'était pas sous une forme utilisable par l'opérateur. L'action est simple : il faut rédiger les procédures en prenant correctement en compte les études de fonctionnement faites par les bureaux d'études, et apprendre aux opérateurs à les utiliser à bon escient.

Il faut signaler ici l'importance du travail de **validation** des consignes qui doit être effectuée, dans la mesure du possible et tout au moins pour les procédures en cas d'incident, sur le réacteur lui-même, au cours des essais préalables à la mise en service industriel.

Mais dans bien des accidents graves, les opérateurs se sont trouvés, à un moment ou à un autre, face à une situation complexe, au cours du déroulement d'une séquence accidentelle "non pure" qui ne pouvait être prévue explicitement dans les consignes, dont le nombre doit rester limité



si l'on veut qu'elles soient réellement utilisables.

L'enseignement des accidents observés jusqu'ici montre la nécessité de disposer d'un nombre limité de "consignes ultimes", permettant à l'opérateur, à partir du moment où la centrale atteint certaines configurations critiques, de la ramener dans un état sûr par des moyens simples et efficaces. Ce n'est pas une tâche aisée. Depuis TMI des progrès importants ont été faits. Ces consignes ultimes doivent faire prendre conscience aux opérateurs qu'il existe une hiérarchie dans les consignes à suivre.

### 3 - Formation du personnel d'exploitation

C'est un aspect qui est très lié au précédent.

Il s'est dégagé aujourd'hui un consensus sur la nécessité d'utiliser très largement les possibilités qu'offrent les simulateurs perfectionnés pour former les opérateurs et pour les recycler périodiquement. Nous ferons deux remarques complémentaires :

a) il est indispensable qu'au cours de ces stages de formation les opérateurs soient mis en face de séquences accidentelles réalistes, constituées à partir d'une bibliothèque des incidents observés sur les centrales du même type ;

b) on ne saurait trop insister, à notre avis, sur le rôle très formateur que doivent jouer sur chaque centrale les essais de démarrage et de mise en service, où l'installation est placée volontairement en situation anormale ; on peut même se demander s'il ne serait pas souhaitable de procéder à un renouvellement de ces essais après une certaine période d'exploitation.

### 4 - L'interface homme-machine

L'accident de TMI l'a mis dramatiquement en pleine lumière.

Nous nous limiterons à quelques généralités :

a) la rédaction des procédures doit être adoptée au "savoir-faire" des opérateurs, et ceci exige un certain nombre d'enquêtes sur place et d'observations du travail des opérateurs ;

b) l'analyse ergonomique des salles de commande actuelles doit permettre de mettre en évidence leurs défauts de conception et d'orienter les conceptions futures ; l'analyse de l'activité des opérateurs sur simulateur permet également de faire une analyse dynamique des salles actuelles ;

c) les études en cours sur les dispositifs d'aide au diagnostic devraient déboucher à relativement court terme sur la conception de pupitres de commande en situations accidentelles, où les informations fournies

à l'opérateur seraient soigneusement sélectionnées et présentées sous une forme appropriée aux incidents prévisibles ;

d) l'amélioration de l'interface homme-machine passe par une meilleure connaissance des facteurs humains ; il faut procéder à une reconstitution fine des erreurs génératrices d'incidents, comprendre les mécanismes internes de défaillance : mauvaise prise d'information, mauvaise transmission, erreur de diagnostic, erreur d'action, ... - et rechercher les causes externes - formation, organisation du travail, environnement, etc... -

### 5 - Organisation des relations entre les différents partenaires

Nous évoquerons ici les rôles respectifs de l'exploitant - assisté de constructeur - et des organismes de sûreté. On peut en effet se demander si dans le passé les équipes engagées d'un côté dans la démonstration de la sûreté d'un projet et de l'autre dans l'évaluation indépendante du niveau de sûreté, n'ont pas trop systématiquement travaillé sur les mêmes bases, en suivant les mêmes méthodes et les mêmes critères, ce qui facilite le dialogue, mais peut laisser certains aspects dans l'ombre.

Dans son analyse post-TMI, l'industrie américaine par la voix de l'AIF - Atomic Industrial Forum - a présenté un certain nombre de recommandations qui nous paraissent intéressantes : le concept de défense en profondeur serait élargi, en dis-

tinguant les barrières, les systèmes, les procédures et l'exploitation ; le critère de défaillance unique resterait utilisé au niveau de la conception, mais des études d'évaluation des risques au stade de l'exploitation seraient effectuées en complément.

Il nous paraît en tout cas fondamental que les responsables d'une centrale nucléaire ne considèrent pas que la sûreté se limite pour eux au seul respect des règles et critères fixés par les autorités de sûreté.

## 6 - Sites et plans d'urgence en cas d'accident

Une analyse détaillée du problème sortirait du cadre de cet article. L'examen des accidents survenus sur des centrales ne fournit que peu d'éléments sur ce point et ne pourrait en aucun cas justifier, par exemple, une évolution en matière de choix des sites.

Par contre la perception du risque par le public et son souci de disposer d'une garantie supplémentaire en tout état de cause, conduisent les autorités à imposer la mise en place de plans d'urgence en cas d'accident. C'est ainsi qu'en France des plans particuliers d'intervention (PPI) ont été établis pour le voisinage de toutes les centrales électronucléaires en fonctionnement.

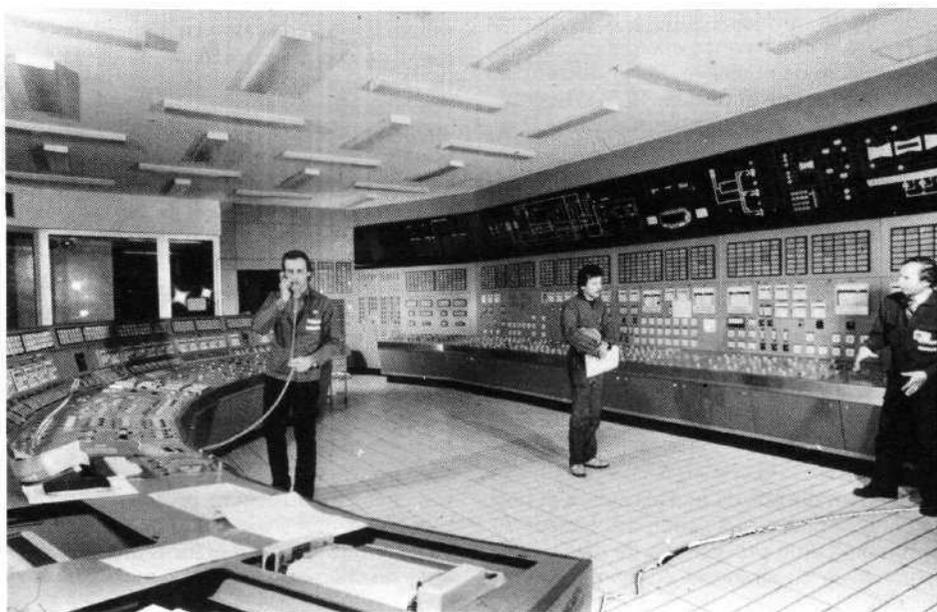
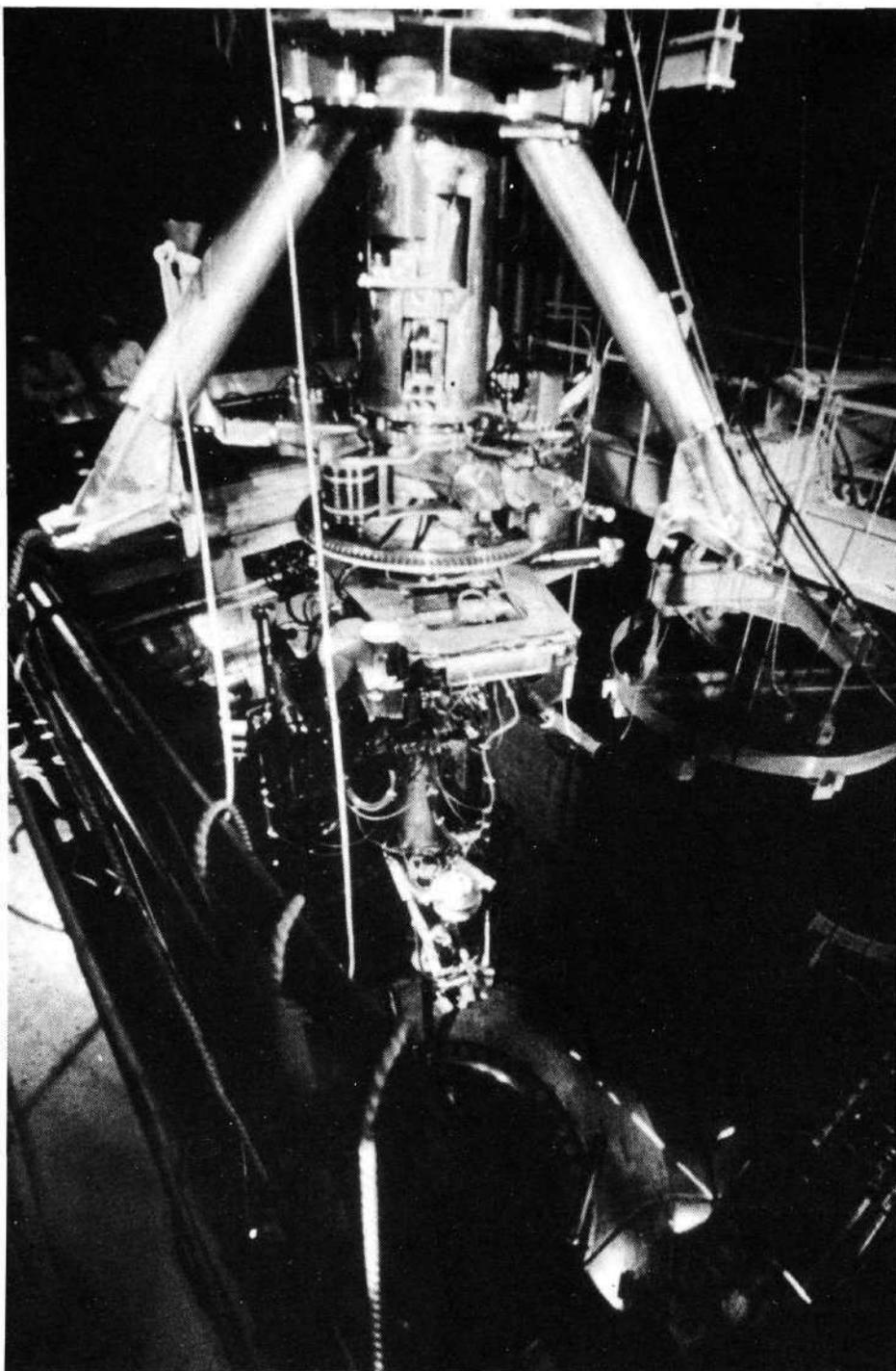
Même si l'on a toutes raisons de considérer que les actions engagées dans le domaine de la sûreté nucléaire répondent bien au problème posé, à savoir la prévention d'accidents importants, seule l'expérience permettra d'en avoir confirmation. Il est donc indispensable de valider les approches actuelles sur l'expérience disponible, c'est-à-dire essentiellement sur les incidents courants rencontrés sur chaque centrale.

L'analyse des accidents importants démontre qu'ils ne surviennent qu'en raison de la coïncidence entre plusieurs erreurs ou défaillances indépendantes. Ceci justifie la notion d'incidents précurseurs de très faible gravité qui, correctement analysés, peuvent permettre de définir les mesures correctives propres à éliminer un type donné de défaillance et, par conséquent, de prévenir un accident plus grave. C'est à ce niveau que doit s'amplifier dans l'avenir l'échange d'informations au plan international.

La conférence organisée à STOCKHOLM fin octobre par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, a dégagé un consensus général sur l'importance de l'expérience d'exploitation et, en particulier des leçons à tirer des incidents de fonctionnement.

M. TEILLAC, Haut Commissaire à l'Énergie Atomique, rappelait récemment que "si la probabilité d'un accident nucléaire sérieux ne peut être rigoureusement nulle, elle est très faible et la probabilité que cet accident ait des conséquences radiologiques en dehors du site est encore plus faible".

C'est en restant vigilants et attentifs aux leçons de l'expérience d'exploitation que les différents partenaires concernés pourront maintenir et améliorer le haut niveau de sûreté déjà atteint.



# La réalisation du programme nucléaire

par Michel HUG  
Directeur de l'Équipement d'Électricité de France

Le 26 août dernier, six ans après le lancement du programme nucléaire, la tranche 2 de la centrale de Gravelines (Nord) était couplée au réseau. C'était le cinquième couplage de l'année 1980. Depuis 1974, 28 tranches de 900 MW, 10 tranches de 1 300 MW et un surrégénérateur de 1 200 MW sont en construction sur 12 sites répartis sur tout le territoire. Ces chantiers, aboutiront à la mise en service, d'ici à 1985, d'une puissance totale installée de 35 000 MW.

Dégager la France de l'emprise du pétrole, lui rendre la liberté de ses choix énergétiques, voici les deux objectifs principaux du programme nucléaire qui, en 1990, dotera la France d'une balance énergétique équilibrée : 30 % de nucléaire, 30 % de pétrole, 30 % de charbon et de gaz, 10 % d'hydraulique et autres énergies renouvelables.

Le pays n'a d'ailleurs pas attendu le "premier choc pétrolier" de novembre 1973 pour se préparer à combattre sur le front de l'énergie. Pionnière de la physique atomique, la France s'était dotée, dès la fin de la seconde guerre, des moyens d'explorer tout le spectre des filières de l'atome civil. Quant au producteur d'électricité, intéressé très tôt par le nucléaire industriel, il avait mis en service il y a bientôt 20 ans la première centrale électronucléaire de taille industrielle.

Cependant dix ans de fuel abondant et bon marché ont reporté à l'aube des années 70 le passage d'un programme de développement à un programme économiquement justifié.

De 1970 à 1973, le lancement annuel d'une unité (deux 900 MW à Fessenheim, puis deux à Bugey) allait permettre de préparer les moyens de la réalisation du programme nucléaire français.

Il fallait tout d'abord choisir les grandes options techniques. Ce seraient celles des standards et des paliers. Le fonctionnement de Fessenheim est satisfaisant. Sa production totale annuelle, depuis sa mise en service, dépasse 28 milliards de kWh (6,5 millions de tep). Le premier arrêt pour renouvellement de combustible a permis une visite très complète des différents éléments de la centrale. Le bon comportement de ces deux tranches, têtes de série du programme, est confirmé par celui des 4 tranches du Bugey entrées en services en 1978 et 1979. Cet ensemble de 3 640 MW, le plus puissant aujourd'hui en exploitation en France, a déjà produit plus de 16 milliards de kWh (5 millions de tep). Compte tenu des arrêts inhérents à l'année de démarrage et à la période de "rôdage", la performance de ces installations est bonne.

Aujourd'hui, leur disponibilité est comparable à celle des meilleures centrales thermiques classiques. L'expérience acquise dans les études et la construction de ces six premières tranches a permis de définir la centrale française type. C'est une centrale de 4 tranches, à eau légère pressurisée, d'une puissance unitaire de 900 à 1 300 MWe. Aux "effets de site" près, toutes les tranches de chaque type sont semblables entre elles.

Cette construction "en série", offrait la possibilité avec des moyens limités, d'améliorer les conditions d'étude, d'exécution et de contrôle de chacun des partenaires. Elle a permis la bonne tenue des coûts et des délais. C'est en même temps un élément déterminant de sûreté, de fiabilité, dans la mesure où elle permet de concentrer les moyens sur un nombre limité de projets et de faire bénéficier chaque unité, tout au long du développement d'une série, des progrès accomplis lors de la réalisation des unités précédentes. La construction à l'identique a permis également de tenir les délais des procédures d'autorisations. Elle a aussi largement estompé la portée des aléas rencontrés en permettant la substitution à chaque pièce ou matériel rebuté ou défaillant, l'élément identique prélevé dans la série en cours de fabrication. Afin de parfaire cette organisation, une véritable politique de la qualité a été établie avec les divers contractants du programme nucléaire. Il s'agit, d'une part, d'un certain nombre de critères imposés aux constructeurs et, d'autre part, d'un étroit contrôle des pouvoirs publics.

Comme les capacités de la nation, les choix techniques ont déterminé la stratégie industrielle. Le lancement d'un programme nucléaire aussi vaste, allait, bien évidemment, conduire à une réorganisation du secteur industriel. Face à l'effort à entreprendre, il eut été téméraire de ne pas choisir entre la dispersion des capacités et le respect du principe de concurrence. A l'unicité du maître d'ouvrage, en même

temps maître d'œuvre et exploitant, devait correspondre un nombre limité de constructeurs regroupant chacun dans sa spécialité, tous les moyens du pays. C'est ainsi que la fabrication des gros composants du circuit primaire a été confiée à FRAMATOME et celle des turbo-alternateurs à ALSTHOM-ATLANTIQUE.

On aurait tort, pour autant, de surestimer le poids du programme nucléaire dans les investissements de la nation. Bien entendu, les investissements d'E.D.F. ont augmenté rapidement : en 1979, sur les 21 milliards de francs d'investissement de l'Établissement, 13 ont été consacrés au nucléaire. Le maximum sera atteint en 1982, soit 16 milliards de francs (en francs 1979). La part du nucléaire dans l'ensemble des investissements de la nation (soit environ 2,7 % en 1979) est notablement inférieure à celle qu'a représenté la réalisation du programme hydraulique (5,7 % en 1959).

A l'échelle des entreprises, même importantes, la mise en place des moyens ne se concevait en outre que dans un cadre pluriannuel. La politique de standardisation appelait elle aussi un dépassement du marché traditionnel. C'est pourquoi un, deux puis trois et quatre "contrats pluriannuels", portant sur l'ensemble d'un train de tranches, ont été conclus avec les deux principaux fournisseurs (actuellement en cours : CP1, CP2, 1300 P4, 1300 P'4). Cette politique s'est ensuite étendue aux petites fournitures (robinetterie nucléaire, petit appareillage électrique). Cette évolution trouve cependant ses limites dans une volonté déterminée d'assurer aux entreprises locales et régionales une part croissante des marchés susceptibles de leur être confiés.

Le maître d'ouvrage, en relation avec les représentants de l'économie régionale, a entrepris une triple action à cet effet. La première consiste à recenser les capacités locales ("Constat Industriel Régional") et à inciter au regroupement, voire à des formes plus élaborées de restructuration des entreprises. La deuxième consiste à adapter autant que faire se peut, le catalogue des marchés aux facultés de l'industrie et à l'artisanat de la région d'accueil ("régionalisation des marchés"). La troisième consiste à favoriser l'embauche locale des effectifs nécessaires au chantier. Cette volonté, qui vient d'être réaffirmée par le Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire (CIAT) conduit les Pouvoirs Publics et le maître d'ouvrage à assurer la formation ou l'adaptation des demandeurs d'emplois aux spécialités du chantier.

Organisation du chantier et insertion du site dans son environnement socio-culturel, comptent également au nombre des axes sur lesquels devait porter l'effort : il n'est que d'évoquer rapidement l'importance d'un chantier nucléaire pour s'en convaincre. 4 à 6 milliards d'investissement pour une paire de tranches, ce sont des milliers de m<sup>3</sup> de béton, de m<sup>2</sup> de coffrage, de tonnes d'acier... En voici quelques illustrations :

#### Besoins annuels pour le programme d'équipement nucléaire

(années de pointe)

Béton	1 000 000 m <sup>3</sup>
Acier	90 000 t.
Acier inox	8 000 t.
Nombre de robinets	70 000
Ailettes de turbines	70 000
Pompes	1 000
Nombres de perçages	10 000 000
Longueur de perçage	250 km

#### Les terrassements

Fessenheim	2 × 900 MW	300 000 m <sup>3</sup> de terrassements
Bugey	4 × 900 MW	3 000 000 m <sup>3</sup> de terrassements
Dampierre	4 × 900 MW	4 500 000 m <sup>3</sup> de terrassements
Gravelines	4 × 900 MW	7 000 000 m <sup>3</sup> de remblais 150 000 tonnes d'enrochements 75 000 m <sup>3</sup> de fascines 57 000 tonnes de béton bitumineux
Blayais	4 × 900 MW	6 000 000 m <sup>3</sup> de remblais 2 000 000 m <sup>3</sup> de vases extraites
Paluel	4 × 1300 MW	8 000 000 m <sup>3</sup> extraits dont 5 000 000 m <sup>3</sup> de craie.

#### Le montage : un exemple, celui des tuyauteries

La quantité de tuyauteries à souder sur une tranche est considérable. Ainsi pour une tranche 900 MW :

- tuyauteries du circuit primaire, acier inoxydable : 88 tonnes
- tuyauteries auxiliaires nucléaires propres à une tranche : 180 tonnes
- tuyauteries auxiliaires nucléaires des auxiliaires communs à 2 tranches : 350 tonnes correspondants à 61 km de tuyauteries, 45 000 pouces\* soudés sur acier inoxydable, 60 000 pouces sur acier au carbone, dont 2/3 en atelier de préfabrication et 1/3 sur le site.
- tuyauteries moyenne et basse pression : 500 tonnes
- tuyauteries d'environnement de la turbine (dans le marché du groupe turbo-alternateur) : 450 tonnes
- tuyauteries diverses des services généraux : 200 tonnes.

\* On fait la sommation des diamètres des soudures effectuées en les exprimant en pouces (normalisation courante de la plomberie)

Les délais ambitieux, fixés comme objectif, exigent une planification poussée et une organisation rigoureuse du chantier.

Pour respecter un délai global de 58 mois (palier 900) ou de 66 mois (palier 1 300), du premier béton à la mise en service industriel, il faut mener les travaux simultanément sur tous les bâtiments. Il en résulte, pendant la phase de génie civil, un grand encombrement pour la desserte des ouvrages. Les entreprises utilisant des grues tours pour mettre en place le ferrailage, les coffrages et le béton, la mise au point d'un plan de grues respectant des prescriptions réglementaires de plus en plus rigoureuses tient du casse tête chinois.

La préfabrication en usine ou sur le site même permet, par ailleurs, un travail en "temps masqué" très utile à l'avancement rapide du chantier. L'atelier de préfabrication des éléments des conduites de prise et de rejet d'eau de la centrale du Blayais, par exemple, est un modèle du genre.

La rigueur des délais conduit aussi à la présence sur le chantier d'un très grand nombre de personnes : de l'ordre de 2000 par an avec une pointe supérieure à 3500 personnes.

Naturellement, il s'agit d'insérer au mieux ces chantiers dans la région qui les accueille. Tirant les leçons à la fois des constatations faites sur le chantier de Fos-sur-Mer et des bons résultats obtenus sur le chantier d'Eurodif-Tricastin, le Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire a pris, le 11 juillet 1975, les décisions nécessaires à l'organisation des "grands chantiers d'Aménagement du Territoire", récemment complétées dans le domaine de l'emploi local et de la formation permanente. En voici les principes : actions en faveur de l'emploi local, accueil des travailleurs déplacés et de leur famille, adaptation de l'équipement collectif de la zone d'accueil. Ces mesures ont grandement contribué à la sérénité sociale partout observée dès l'ouverture d'un site.

La planification des essais préalables à la mise en service a également été très élaborée.

Les essais d'une tranche nucléaire durent environ 25 mois et peuvent se diviser en trois phases :

- les essais et vérifications de la filerie, du relayage et les essais des matériels isolés. Cette phase correspond en fait à la fin du montage. Elle permet de s'assurer de la réalisation correcte de celui-ci. Les essais sont menés sans puissance et débutent très tôt,

- les essais de systèmes élémentaires qui mettent en service des fractions de plus en plus importantes de l'installation. Ces essais testent les circuits de fluides avec utilisation des sources électriques de puissance,

- les essais d'ensemble qui vont jusqu'à la mise en service de la chaudière nucléaire.

L'organisation des essais a exigé un formalisme très poussé. Chacun d'eux est mené suivant une procédure écrite et détaillée et fait l'objet d'un compte rendu écrit : pour la mise en service de Fessenheim 1 000 procédures ont été rédigées sur 45 000 pages...

Si les moyens mis en œuvre ont permis de relever le défi, il n'ont pas aplani toutes difficultés. La découverte de défauts sous le revêtement des tubulures de cuve et de la plaque tubulaire des générateurs de vapeur, la constatation d'une teneur en humidité trop importante de la vapeur à la sortie des générateurs, la présence de soudures défectueuses sur les collecteurs des barres de refroidissement du stator des alternateurs, notamment, tous ces incidents ont conduit à des contrôles supplémentaires, à des réparations. La stratégie adoptée a prouvé sa pleine efficacité : grâce à "l'effet palier", les difficultés rencontrées sur les premières tranches ont été, pour les suivantes, prises en compte dès le stade de la fabrication en usine (modification de la mise en œuvre du revêtement des tubulures, par exemple).

L'expérience ainsi accumulée se manifeste par une rapide diminution :

- de l'écart entre la date effective du couplage au réseau et la date objectif prévue à l'origine ;

- du délai observé entre le chargement du combustible et le fonctionnement à 100 % de la puissance nominale ;

- de la durée de la montée en puissance après divergence. A cet égard, les performances enregistrées à Dampierre 1 sont tout à fait remarquables : la puissance nominale, puis le premier milliard de kWh, ont été atteints, respectivement 2,5 mois et 3 mois après la première divergence.

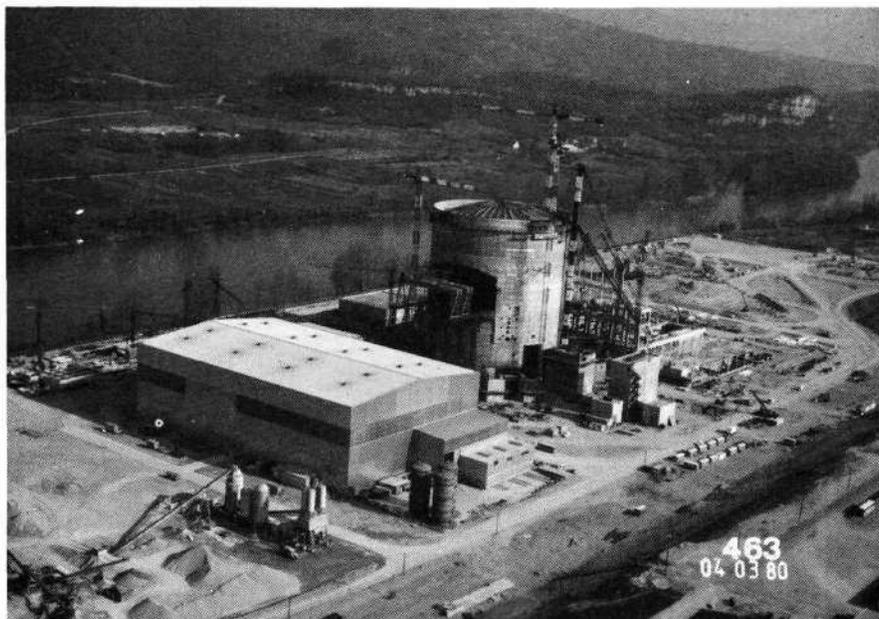
Au total, les 5 tranches du contrat pluriannuel couplées en 1980 ont déjà produit, à la fin août, 2,7 milliards de kWh ; les 11 tranches 900 PWR en service ont représenté, pour les 8 premiers mois de l'année, 28,8 % de la production thermique d'E.D.F. (contre 16,4 % en 1979). Déjà les étapes suivantes sont engagées ; amélioration du standard 1 300 et débouché industriel des sur-régénérateurs.

Malgré l'importance de cet effort effectué au service de tous, il faut que chacun des français apprenne à économiser l'énergie, qu'elle soit électrique ou non. C'est à ce prix que cet effort prendra toute sa valeur.

## ÉTAT DE RÉALISATION DU PROGRAMME ÉLECTRONUCLÉAIRE FRANÇAIS

En septembre 1980, le parc électronucléaire français présente l'état suivant :

		Nombre de tranches		Puissance MWe	
En service	Nucléaire ancien	8	2 580		
	Surgénérateur	1	230		8 210
	PWR 900 MW	6	5 400		
En cours de démarrage (couplées au réseau)	PWR 900 MW	5	4 500		4 500
En cours d'essais	PWR 900 MW	9	8 100		8 100
En construction	PWR 900 MW	12	10 800		
	PWR 1 300 MW	10	13 000		25 000
	Surgénérateur	1	1 200		
En travaux préparatoires (engagements 1981)	PWR 900 MW	1	900		
	PWR 1 300 MW	3	3 900		4 800



# Les réacteurs surgénérateurs

par Georges VENDRYES  
Directeur des Applications Industrielles Nucléaires  
du Commissariat à l'Énergie Atomique

Dans tout réacteur nucléaire en fonctionnement, en même temps que se consomment des noyaux fissiles, d'autres noyaux fissiles se reforment par transmutation de noyaux fertiles.

Dans les réacteurs à neutrons lents (ou "thermiques"), qui constituent aujourd'hui l'essentiel des programmes électronucléaires dans le monde, il n'est pas possible de reproduire autant de noyaux fissiles qu'on en consomme : assez rapidement, le combustible cesse donc d'être utilisable et doit être déchargé, alors qu'une très grande partie des noyaux fertiles n'a pas encore été transformée.

Il se trouve que, dans les réacteurs à neutrons rapides, le bilan neutronique particulièrement favorable permet d'assurer, si on le désire, une production de noyaux fissiles supérieure à leur consommation dans le même temps. C'est ce qui est à la base du phénomène dit de "surgénération". Cette propriété, certes très remarquable, n'est en rien miraculeuse : elle résulte des lois élémentaires de la physique, et elle est d'ailleurs connue depuis l'origine des travaux sur la fission. Ce qui en fait aujourd'hui l'intérêt exceptionnel, c'est que les réacteurs qui la mettent en œuvre peuvent apporter une contribution déterminante au problème si angoissant de l'approvisionnement du monde en énergie.

Tel est le thème que ce bref article s'efforcera de traiter, en présentant d'abord les avantages énergétiques et la nécessité des réacteurs surgénérateurs, puis en montrant

que leur développement technologique a aujourd'hui atteint sa maturité, enfin en décrivant les difficultés qui restent à résoudre et les perspectives de cette filière dans notre pays.

L'avenir énergétique du monde est actuellement partout une cause d'inquiétude, maintes fois soulignée depuis des années dans de nombreuses réunions internationales - et tout récemment encore à la Conférence Mondiale de l'Énergie à MUNICH, aussi bien qu'à la 24<sup>e</sup> Conférence Générale de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique à VIENNE (septembre 1980).

L'accroissement de la consommation mondiale d'énergie a connu au cours de ces trente dernières années un rythme effréné, qu'il n'est évidemment pas possible de maintenir. Mais, compte tenu de la croissance démographique et du nécessaire développement des pays du tiers-monde, même un effort considérable d'économies de la part des pays développés ne suffira pas à arrêter la progression des besoins mondiaux. L'on s'accorde généralement (1) pour penser que la consommation mondiale ne saurait descendre en l'an 2000 à un niveau inférieur à 12 Gtep (2) sans risquer de déclencher une grave crise internationale.

Pour atteindre ce chiffre pourtant relativement bas, disposer des ressources suffisantes ne sera pas chose simple : toutes les sources d'énergie devront être mobilisées,

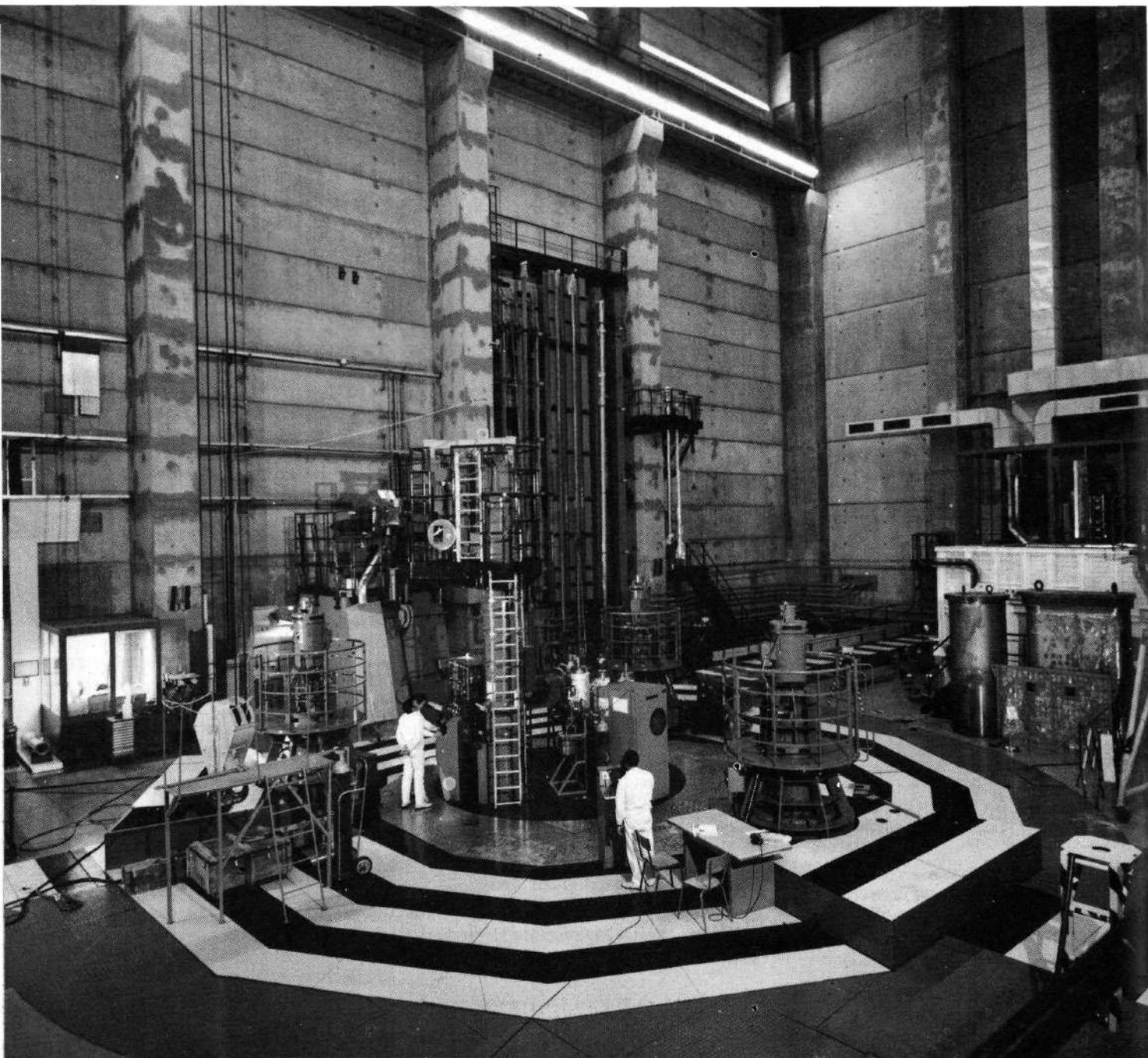
y compris - bien qu'à un niveau encore faible - l'énergie solaire. Mais le bilan ne pourra être bouclé sans une contribution significative de l'énergie nucléaire - de l'ordre de 2 Gtep en 2000, soit environ 15 % du bilan énergétique mondial.

Lorsqu'on aura rappelé que les quelques 250 tranches nucléaires actuellement en fonctionnement dans le monde auront produit en 1980 environ 700 milliards de Kwh, soit 0,15 Gtep seulement, on mesurera l'immense effort d'équipement que l'humanité aura à accomplir en vingt ans dans ce domaine.

Et cependant, il y a plus inquiétant encore, car la quasi-totalité des tranches nucléaires actuelles, comme de celles en construction ou en commande, sont des réacteurs à neutrons thermiques qui ne peuvent utiliser - on l'a vu plus haut - qu'une très faible proportion (de l'ordre de 1 %) du potentiel énergétique de l'uranium naturel.

(1) Conférence Mondiale de l'Énergie.

(2) 1 Gtep : 1 milliard de tonnes d'équivalent-pétrole. La consommation mondiale actuelle d'énergie est de l'ordre de 7 Gtep par an.



Le hall réacteur de la Centrale Phénix (Marcoule).

Or les réserves mondiales d'uranium sont limitées : quelques millions de tonnes, disent les prévisions les plus prudentes et les plus raisonnables (3). Allons plus loin, supposons vraies les estimations les plus optimistes qui prennent en compte les ressources dites spéculatives - c'est-à-dire non encore découvertes, mais probables (3). Et chiffons en définitive à 25 millions de tonnes les ressources mondiales maximales en uranium ; brûlé dans les réacteurs de type actuel, cet uranium hypothétique représenterait l'équivalent énergétique de 250 Gtep soit un ordre de grandeur voisin des réserves pétrolières mondiales (4).

La conclusion semble claire : les réserves d'uranium s'épuiseront à leur tour d'ici quelques décennies. A long terme, l'énergie nucléaire est-elle donc elle aussi condamnée à ne jouer qu'un rôle provisoire dans la solution des problèmes énergétiques ?

La technique des réacteurs surgénérateurs à neutrons rapides constitue dès maintenant la réponse à cette interrogation. Leur démarrage implique une phase transitoire, pendant laquelle ils brûlent le plutonium inévitablement produit par les réacteurs à neutrons thermiques. Puis s'établit un équilibre, où les surgénérateurs s'auto-alimentent : alors, et concurremment, l'uranium naturel issu des mines, l'uranium appauvri (rejet des usines d'enrichissement qui alimentent en combustible les réacteurs actuels), et enfin le plutonium - quelle que soit son origine - entrent dans leur cycle sous forme d'assemblages combustibles qui, après irradiation dans le réacteur, sont retraités ; l'uranium et le plutonium extraits sont recyclés en amont ; seuls sont considérés comme déchets les autres produits radioactifs formés.

Au total, les réacteurs surgénérateurs :  
— extraient d'une même quantité d'ura-

nium naturel une énergie environ 70 fois plus grande que les autres réacteurs, et utilisent ainsi la plus grande partie du potentiel énergétique de ce métal ;

— permettent de valoriser des stocks de matières inutilisables autrement ; un exemple permet de mieux souligner ce que cela représente : le stock d'uranium appauvri qui aura été produit à la fin de ce siècle par la seule usine d'enrichissement d'EURO-

(3) — "Uranium : ressources, production et demande" (édition de décembre 1979), rapport publié conjointement par l'Agence pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE et par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique.

— rapport de 1979 du Projet International d'Évaluation des Ressources en Uranium (IUREP).

(4) Réserves prouvées et supposées, exploitables avec les techniques actuelles (Conférence Mondiale de l'Énergie, 1978).

DIF, en France, peut être chiffré à 250 000 tonnes ; c'est une véritable mine d'uranium, actuellement sans emploi possible ; utilisée dans les centrales surgénératrices, son contenu énergétique sera supérieur à celui de toutes les réserves de pétrole actuellement prouvées dans le monde.

Grâce aux réacteurs à neutrons rapides, la durée des réserves mondiales d'uranium passe ainsi de l'échelle des années à celle des siècles. Ces réacteurs apparaissent donc comme le prolongement et le complément naturel des centrales à neutrons thermiques, et l'appel à la surgénération constitue, pour la plupart des pays lancés dans la voie de l'énergie nucléaire, une suite à la fois logique et impérative de leurs programmes actuels.

Mais les réacteurs à neutrons rapides sont-ils technologiquement en mesure de jouer dès maintenant ce rôle ?

Les premières recherches sur les réacteurs à neutrons rapides datent maintenant d'une trentaine d'années. Des programmes importants se poursuivent dans la plupart des grands pays industriels : en dépit de leur apparente variété, ils ont suivi des étapes comparables, et ont convergé de manière assez remarquable vers des concepts de réacteurs tout à fait voisins.

Dans une phase initiale ont été lancées des études et expérimentations destinées à maîtriser la physique des cœurs ainsi que la technologie des éléments combustibles, des caloporteurs et des composants des futurs réacteurs. Une large infrastructure de moyens d'essais fut mise en place progressivement à partir des années cinquante dans différents pays - en France par exemple dans les centres d'études nucléaires de Fontenay-aux-Roses, Saclay, puis surtout Cadarache.

Dans une deuxième étape ont été réalisés, à partir des connaissances ainsi acquises, des réacteurs expérimentaux qui ont permis d'établir la validité du concept actuel de réacteur refroidi au sodium liquide - les autres caloporteurs initialement envisagés ayant été progressivement abandonnés. On citera d'abord le réacteur américain EBR1, dans lequel a été produite en 1951, pour la première fois au monde, de l'électricité d'origine nucléaire. A la fin des années cinquante et dans les années soixante, des réacteurs soviétiques, américains, britanniques et français, entrent à leur tour en service - ainsi en France RAPSODIE (24 MWth) en 1967 à Cadarache. Plus récemment, d'autres pays se sont lancés à leur tour dans cette voie et ont mis en service (Allemagne, Japon) ou entrepris la construction (Inde, Italie) de réacteurs expérimentaux ; les États-Unis, de leur côté, terminent la réalisation de FFTF (Fast Flux Test Facility) qui, avec une puissance de 400 MWth, constituera bientôt un outil expérimental très important.

C'est avec les réacteurs de démonstration qu'a commencé la phase industrielle du développement de la filière à neutrons rapides : ces réalisations ont apporté la preuve qu'il était possible de construire des centrales électrogènes de ce type et de les exploiter dans des conditions comparables à celles des installations conventionnelles ; elles ont fourni par ailleurs une abondante mois-



Centrale de Creys-Malville. Introduction de la cuve principale dans le bâtiment réacteur le 21 août 1980.

son d'enseignements techniques et économiques et permis de vérifier, sur des installations de grande taille, les hypothèses faites et les caractéristiques prévues.

Après un essai infructueux des Américains entre 1963 et 1972, avec EFFBR (ENRICO FERMI), trois centrales de démonstrations, de puissances thermiques sensiblement comparables, sont entrées en service à peu près en même temps en 1973-1974 : BN 350 en URSS (100 MWe + dessalement), PFR en Grande-Bretagne et PHENIX en France (250 MWe). Deux autres centrales prototypes sont actuellement, l'une en cours de construction, SNR 300 en Allemagne Fédérale, et l'autre en projet, MONJU au Japon.

L'exemple de Phénix est particulièrement significatif. Réalisée en cinq ans et demi, dans les limites financières et les délais prévus, cette centrale est entrée en service en 1974. Elle a produit aujourd'hui près de 8

milliards de Kwh, et a fonctionné tout au long de 1979 avec le remarquable facteur de charge de 85 % - sa disponibilité pendant cette même année dépassant même 93 %. Phénix a donc pleinement rempli la mission de démonstration dont elle était chargée, et a permis d'accumuler une expérience irremplaçable, tant dans le domaine technologique que dans celui de l'environnement.

Le succès remporté par l'exploitation des centrales de démonstration, et l'ensemble des enseignements tirés de leur fonctionnement, ont ouvert la voie aux centrales de tailles supérieures, destinées à apporter la confirmation industrielle de la filière. Actuellement, la plus puissante centrale surgénératrice du monde est celle de BIELOYARSK (600 MWe), en URSS, couplée au réseau au début de 1980. Mais la seule installation de taille vraiment commerciale (1200 MWe) en cours de construction est SUPER-PHENIX, sur le site de CREYS-MALVILLE, en France. Directement déri-

vée de Phénix, cette centrale, réalisée dans un cadre international, doit diverger à la fin de 1983.

Sa réalisation s'appuie sur un considérable effort de recherche et d'essais technologiques, auquel participent outre la France ses quatre associés européens - Italie, Allemagne Fédérale, Belgique et Pays-Bas - dans le cadre d'accords de coopération signés entre 1974 et 1977. Parallèlement, un important programme est en cours en France pour développer à l'échelle industrielle les différentes étapes du cycle de combustible - et en particulier le retraitement des combustibles irradiés, qui est une condition nécessaire pour la mise en œuvre des surgénérateurs.

Au total, il est aujourd'hui possible d'affirmer que la filière des réacteurs à neutrons rapides a fait la preuve de sa maturité technique. Il est démontré que l'on peut concevoir, construire et exploiter des centrales de ce type de taille représentative dans des conditions normales de disponibilité et de fonctionnement. Le passage à l'étape des centrales commerciales est en cours, et le démarrage de Super-Phénix devrait prochainement en apporter la confirmation définitive.

Ces résultats positifs ne doivent cependant pas masquer l'ampleur des problèmes qui restent à résoudre pour l'introduction massive des surgénérateurs sur le marché de l'énergie.

Il faut d'abord ici faire justice d'une objection souvent formulée - notamment par l'Administration américaine - et qui consiste à condamner les réacteurs à neutrons rapides, au nom de la non-prolifération, parce qu'ils sont capables de produire plus de plutonium qu'ils n'en brûlent. Cet argument est vide de sens, et sa nullité a d'ailleurs été officiellement reconnue par le récent rapport concluant les travaux de l'INFCE (5). Car au contraire du cycle des centrales à neutrons thermiques, où la production de plutonium est une fatalité, celui des centrales à neutrons rapides permet de contrôler aisément le bilan plutonium : normalement surgénérateurs, ces réacteurs peuvent sans difficulté - si la conjoncture l'exige - cesser de l'être, et même être transformés en excellents incinérateurs de plutonium, par une simple modification de la disposition du cœur.

Certes, le passage aux centrales commerciales à neutrons rapides exigera encore de gros efforts de recherche et développement, en ce qui concerne en particulier les composants de grande puissance unitaire, les combustibles à haut taux d'irradiation, les phénomènes de thermique et de mécanique à haute température. Mais progresser constamment est une nécessité pour toutes les technologies, et l'ampleur des moyens d'essais réunis à travers le monde, la qualité et l'expérience des équipes qui travaillent sur ces problèmes, l'importance des résultats déjà obtenus - tout permet de penser que ces problèmes sauront être résolus en leur temps.

Mais dans les années à venir les centrales surgénératrices devront en outre faire face à deux problèmes d'un autre ordre - deux



La Centrale Phénix - Marcoule.

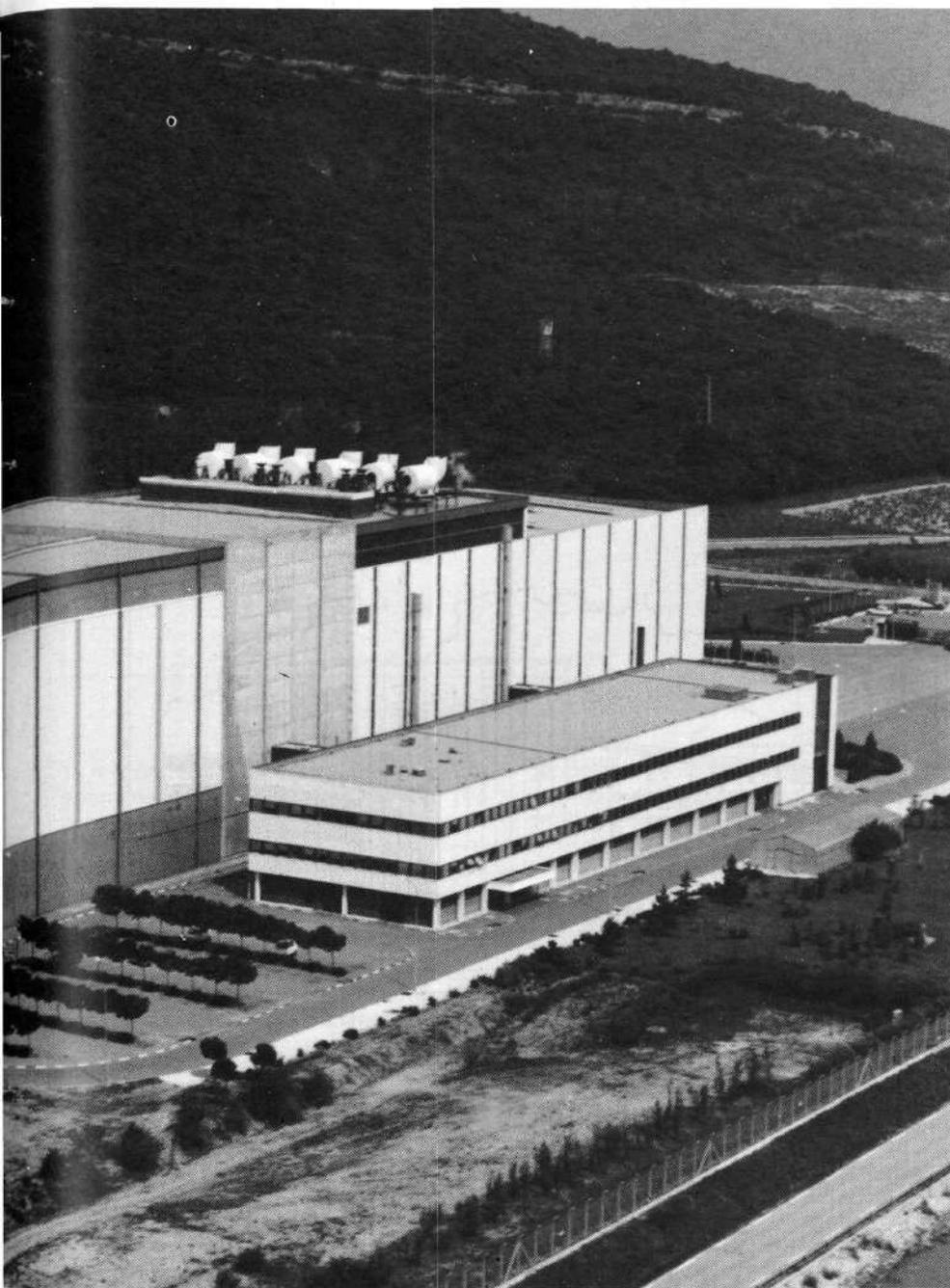
problèmes qui sont prioritaires pour leur développement : il leur faudra démontrer leur aptitude à satisfaire des exigences de plus en plus rigoureuses en matière de sûreté et de protection de l'environnement, et il leur faudra atteindre la compétitivité économique avec les centrales à eau ordinaire.

La sûreté des réacteurs à neutrons rapides ne pose pas de problèmes fondamentalement différents de ceux des autres réacteurs nucléaires. Certes, certaines de leurs caractéristiques propres - notamment l'activité chimique élevée du sodium utilisé comme réfrigérant - justifient des précautions particulières, et on fait, et font encore, l'objet d'études et d'essais approfondis, notamment en France, à Cadarache, en collaboration avec plusieurs autres pays. Mais les réacteurs à neutrons rapides présentent aussi - et on l'oublie trop souvent - des caractéristiques intrinsèques très favorables sur le plan de la sûreté, telle l'absence de pression dans les circuits de sodium. Au total, l'examen approfondi auquel nous nous livrons en France depuis des années,

appuyé sur les enseignements tirés de six ans d'exploitation de Phénix, conduit à la conclusion que ce type de réacteur n'est nullement inférieur aux autres en ce qui concerne la sûreté.

En août 1979 s'est tenue à SEATTLE, aux États-Unis, une Conférence Internationale sur la sûreté des réacteurs à neutrons rapides, comme il s'en tient périodiquement : elle réunissait 400 experts venus d'une vingtaine de pays. Les conclusions de ce Congrès sont claires : une accumulation impressionnante de résultats, qui vont pratiquement tous dans le bon sens, et des résultats d'exploitation de divers pays qui confirment notre propre expérience.

Sur le plan de la protection et de l'environnement, cette filière présente d'autre part des avantages significatifs : en particulier les rejets radioactifs gazeux ou liquides sont nuls ou négligeables, et les doses d'irradiation reçues par le personnel d'exploitation et de maintenance sont insi-



gnifiantes. C'est ce que confirme notamment l'expérience de PHÉNIX où après cinq années de fonctionnement, la dose moyenne annuelle est de l'ordre de 25 mrems par personne - soit 0,5 % de la dose légale admissible.

En réalité le principal, pour ne pas dire le seul vrai problème que doivent résoudre aujourd'hui les réacteurs surgénérateurs est leur coût. Première centrale de taille commerciale de son type, Super-Phénix ne pourra à cet égard prétendre à la compétitivité par rapport aux dizaines de centrales nucléaires à eau ordinaire de taille comparable, en service ou en construction dans le monde : elle produira un courant électrique à un coût comparable à celui des centrales classiques modernes brûlant du charbon désulfuré - ce qui n'est pas en soi une hérésie économique, et ce qui n'est déjà pas si mal pour une tranche nucléaire prototype isolée sur un site -

Il n'en demeure pas moins que l'objectif prioritaire, sur lequel nous devons faire por-

ter tous nos efforts dans les années qui viennent, est d'obtenir une très sensible réduction des coûts de la filière à neutrons rapides, portant à la fois sur les réacteurs eux-mêmes et sur le cycle de combustible qui leur est associé. C'est une tâche difficile qui ne pourra être accomplie que progressivement, et cela n'a rien de surprenant : c'est par là que passe toute technique nouvelle pendant sa phase de développement, avant de pouvoir être commercialisée à grande échelle sur le marché.

Conformément aux instructions clairement définies par notre Gouvernement, l'objectif commun de tous les partenaires français - Electricité de France, Commissariat à l'Énergie Atomique, industrie nationale des réacteurs et du cycle - est maintenant d'engager une petite série de centrales surgénératrices identiques, suivant Super-Phénix. Ces installations constitueraient un palier permettant de tirer parti de l'effet de série ; leur réalisation permettrait d'abaisser jusqu'à 15 % la différence du coût du

KWh produit par les deux filières - ce surcoût des réacteurs à neutrons rapides se justifiant alors comme une sorte de prime d'assurance pour l'avenir.

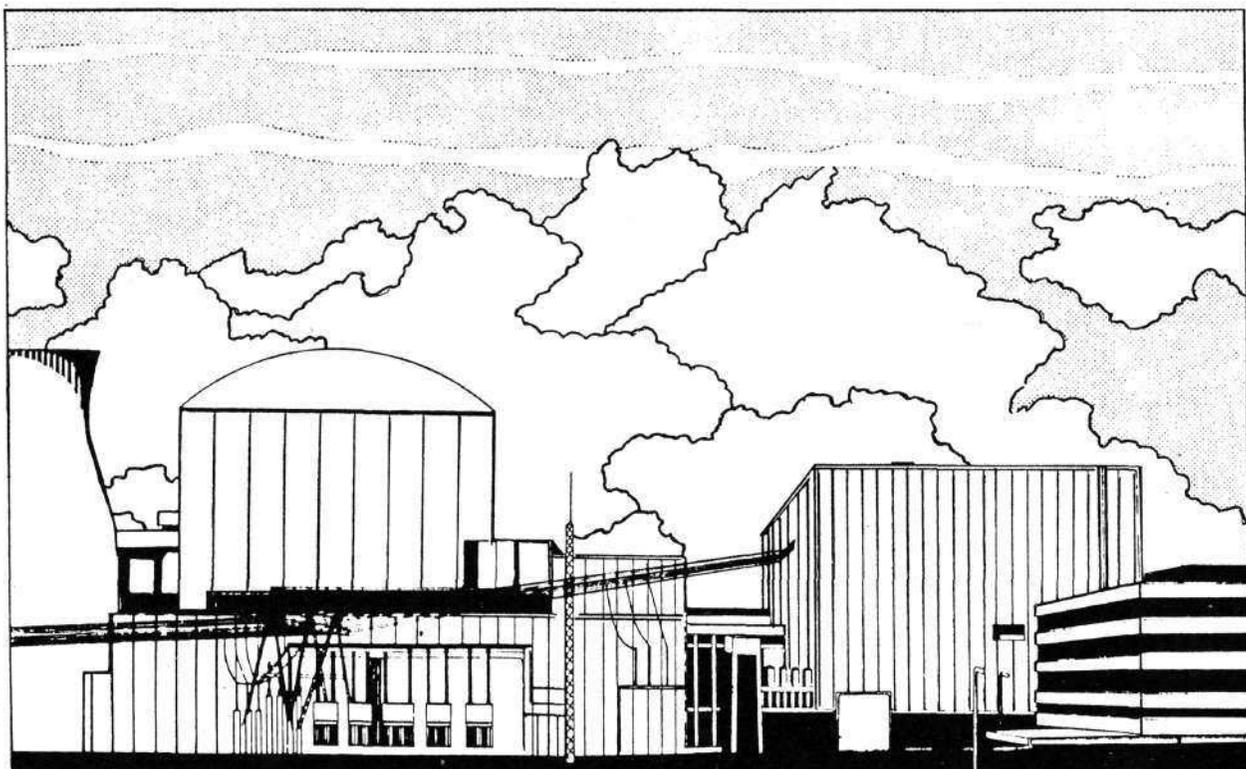
Nos projets portent sur des centrales dont la puissance unitaire se situerait autour de 1500 MWe. La décision d'engager une ou plusieurs tranches de ce type ne sera sans doute prise qu'à la mise en service de SUPER-PHÉNIX ; elle suppose qu'aient été menées à bien les études entreprises en vue de confirmer les options techniques, économiques et industrielles, ainsi que les recommandations de sûreté, tant pour ces tranches nucléaires que pour le cycle de combustible associé. Une telle décision peut être envisagée en 1984.

Au terme de ces brèves réflexions sur les réacteurs surgénérateurs, un enseignement et une conclusion paraissent pouvoir être dégagés.

Un enseignement d'abord, en soulignant l'esprit de prudence et de progressivité qui a toujours prévalu dans la mise au point en France de la filière à neutrons rapides. Notre programme s'est développé étape par étape, avec méthode. Chaque réalisation a été précédée d'essais systématiques de tous les composants, et c'est seulement au vu de l'expérience accumulée pour chaque installation que la décision a été prise de passer à l'étape suivante. Ce déroulement sans heurt, jalonné de réalisations marquant les étapes d'une progression logique, a permis de mettre en place et surtout de maintenir en permanence des équipes compétentes et des moyens bien adaptés, et de tirer le profit maximum des crédits qui nous étaient alloués. C'est cette continuité - contrastant avec la marche chaotique de certains programmes étrangers pourtant mieux dotés financièrement que le nôtre - qui explique pour une bonne part les résultats obtenus aujourd'hui.

Cet acquis doit être préservé, et cette ligne de conduite poursuivie - et telle sera la conclusion. Atout fondamental sur le plan énergétique, les réacteurs surgénérateurs se révèlent par ailleurs des installations électrogènes sûres et particulièrement respectueuses de l'environnement, et des instruments souples et adaptables à toutes les conjonctures. C'est sans hâte excessive, mais avec détermination, que la France doit poursuivre leur mise en œuvre.

(5) *International Nuclear Fuel Cycle Evaluation, exercice international entrepris de 1978 à 1980 à l'initiative de l'Administration Américaine.*



Contrôles de la qualité des équipements et de la construction  
des installations nucléaires :

## Trois raisons supplémentaires de choisir Socotec Industrie.

Socotec, première société de contrôle de la construction en France, et sa filiale Socotec Industrie figurent en tête des spécialistes français du contrôle des installations et équipements nucléaires.

A cela trois raisons essentielles :

**1 - L'infrastructure technique du groupe Socotec et l'expérience** sans égale de ses 1300 ingénieurs et techniciens (plus de 100.000 chantiers et installations contrôlés en 50 ans).

**2 - Des moyens informatiques** puissants qui leur permettent de proposer des solutions de pointe pour un rapport qualité/prix incomparable (certains groupes étrangers bien que solidement informatisés s'adressent à Socotec pour des calculs de structures).

**3 - Une méthodologie** telle que Socotec donne à prix équivalent les meilleurs éléments d'appréciation sur la qualité du matériel livré.

C'est pourquoi la plupart des maîtres d'ouvrages de centrales nucléaires dans le monde ont déjà accordé leur confiance aux sociétés du groupe Socotec.

Pour des calculs de structures simples ou sophistiqués, des études de fiabilité, des interventions concernant "l'assurance de qualité", la mise à disposition d'ingénieurs d'affaires ou des missions de contrôle en usine et sur chantier, Socotec et Socotec Industrie mettent à votre service les meilleurs spécialistes. Consultez-les.



**SOCOTEC INDUSTRIE**

Siège social : Tour Maine-Montparnasse, 33, avenue  
du Maine, 75015 Paris.

Direction générale : Les Quadrants, 3, avenue du  
Centre, 78182 Saint-Quentin en Yvelines.  
Tél. 043.99.13. Télex 698.654.

# L'Approvisionnement en uranium

par C. GOBERT, directeur de la branche uranium naturel de la COGEMA

1 — Dans leur grande majorité, les programmes électronucléaires lancés ou annoncés dans le monde occidental recourent à l'uranium enrichi à quelques % en isotope 235, irradié dans des réacteurs où le fluide caloporteur est de l'eau sous forte pression (filière PWR). Toute une industrie spécifique du cycle du combustible nucléaire a été ainsi édifiée, afin de découvrir des gisements d'uranium, de fabriquer des sels concentrés commercialisables d'uranium naturel, d'enrichir cet uranium naturel, de fabriquer les combustibles nécessaires, puis de retraiter les combustibles après irradiation, pour en récupérer les substances fissiles et fertiles utiles, réduire le volume des déchets ultimes, et finalement en assurer le conditionnement et le stockage définitifs.

2 — L'uranium naturel, mélange de trois isotopes 238 (99,3 %), 235 (0,7 %) et 234 (traces) peut être considéré comme moyennement abondant dans l'écorce terrestre. La teneur moyenne en est de 3 ou 4 ppm. L'eau de mer en contient également, mais en quantités très faibles (moins de 2 ppb ou 2 microg/l). Cette abondance relative était évidemment une condition préalable essentielle pour envisager de développer l'énergie nucléaire civile sur une grande échelle, que l'on recoure à l'uranium naturel ou à des mélanges plus enrichis en isotope fissile.

Pour le géologue et pour le mineur, l'uranium est une substance métallique semblable aux autres, avec cet avantage qu'il signale indirectement sa présence grâce à ses propriétés radioactives. En contrepartie, la radioactivité, découlant naturellement des minéralisations, nécessite une surveillance particulière des chantiers d'exploitation.

Les gisements connus d'uranium sont extrêmement divers, par la dimension et la teneur. Ceci s'explique par une histoire

géologique généralement complexe, et par la grande facilité avec laquelle ce métal, pourvu que les conditions physico-chimiques favorables aient été réunies, peut être mis en solution et transporté par les eaux souterraines. On connaît aussi bien des gisements de l'ordre de la centaine de tonnes, que des gisements dont le potentiel est de l'ordre de la centaine de milliers de tonnes, et des teneurs moyennes inférieures à 1 % ou supérieures à 1 %. Pour fixer les idées, rappelons qu'à partir de 50 000 t d'uranium naturel, on peut produire, dans des centrales PWR, autant d'électricité qu'avec 500 Mt de pétrole.

3 — Les ressources du monde occidental étaient, à la date du 1<sup>er</sup> janvier 1979, estimées à environ 5 Mt d'uranium à un coût direct inférieur à 50 \$ par livre d' $U_3O_8$  (1). En termes physiques, elles permettent de faire face aux besoins prévus pour le monde occidental jusqu'à la fin du siècle, voire au-delà. On ne dispose pas de données précises sur les ressources et les besoins du bloc socialiste.

La répartition géographique de ces ressources mérite d'être soulignée.

La France était, selon ces estimations, créditée de 100 000 t de ressources. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1979, la COGEMA a mis en évidence un nouveau gisement de 20 000 t dans le département de la Gironde.

On ne peut qu'être frappé par la relative concentration des ressources à l'échelle mondiale. Il convient toutefois d'ajouter que la recherche intensive de l'uranium n'a été effectuée que depuis moins de quarante ans, et que les programmes de prospection n'ont pas également concerné toutes les régions du globe. Il reste des zones mal explorées, en Afrique et en Amérique latine notamment. En tout état de cause, cette relative concentration géographique a donné naissance, spécialement hors des USA, à une industrie aux structures assez concentrées.

(1) Ce chiffre englobe les réserves prouvées raisonnablement assurées et des ressources supplémentaires estimées, mais dont on peut, géologiquement, inférer qu'elles existent.

Pays	(1)	(2)
Afrique australe	14 %	19 %
Australie	7 %	16 %
Canada	19 %	12 %
U.S.A.	37 %	29 %
Niger	4 %	8 %
Brésil	3 %	4 %
France	2 %	2 %
Reste du monde occidental	14 % (3)	10 % (3)

(1) En % des ressources totales estimées (5Mt U).

(2) En % des réserves les moins coûteuses à extraire (1,85 MtU).

(3) Dont la Suède, l'Argentine, le Gabon etc...

En regard de tels chiffres, on soulignera que la capacité de production des mines du monde occidental est actuellement estimée à 50 000 tU/an ce qui paraîtra peu (1). Mais les besoins annuels des programmes électronucléaires sont appelés à doubler en moins de quinze ans. En tablant donc sur la poursuite de cette tendance croissante, même en marquant une certaine inflexion, on constate que de nombreux gisements devront être démontrés, préparés et mis en exploitation en temps opportun, ce qui nécessitera des moyens de financement considérables (2).

4 — Face à l'offre d'uranium, la demande civile, qui émane finalement des producteurs d'électricité, est, géographiquement, également relativement concentrée. La production d'électricité d'origine nucléaire se justifie économiquement pour fournir du courant en quantité massive, par l'intermédiaire d'unités fortement capitalistiques, alimentant des réseaux d'une grande capacité d'absorption. D'autre part, il est notoire que l'ampleur des programmes nucléaires est, en fin de compte, désormais déterminée par les gouvernements, en fonction des politiques énergétiques qu'ils réussissent à faire admettre à leur opinion publique, après arbitrage entre toutes les formes d'énergie. Enfin, le développement de l'électricité d'origine nucléaire ne se conçoit que dans les pays ayant atteint un niveau suffisant de maturité technique et industrielle.

Pratiquement, la demande des années 80 émane essentiellement de l'Amérique du Nord, de la plupart des pays d'Europe occidentale, du Japon de la Corée du Sud, de Taïwan.

5 — Les échanges internationaux d'uranium sont, dans ces conditions, aisés à décrire. L'Europe occidentale est, dans son ensemble, fortement dépendante de l'exté-

rieur. Elle s'approvisionne principalement au Canada, en Australie, et en Afrique. Le Japon et la Corée du Sud également. Les USA disposent de capacités de production et de potentialités qui doivent suffire à satisfaire leurs besoins des prochaines années.

Le cas de la France est un peu particulier. Seul pays d'Europe occidentale, avec l'Espagne dans une moindre mesure, puis la RFA, et le Portugal, à posséder des ressources significatives dans son sol, la France peut raisonnablement espérer couvrir le tiers de ses besoins propres à l'horizon 1990 à partir de ses mines. Elle doit importer le reliquat, du Niger, du Gabon et du Canada pour l'essentiel (3). Il n'est pas exclu que, dans l'avenir, nous importions également de l'uranium australien, dans un souci bien compris de diversification de nos sources d'approvisionnement. Par ailleurs, le recyclage des produits récupérés dans l'usine de retraitement de La Hague nous procurera des quantités croissantes de matières nucléaires, ce qui contribuera d'autant à limiter les importations nécessaires.

6 — En termes commerciaux, l'uranium, quoique substance énergétique, s'apparente aux autres métaux non ferreux, c'est-à-dire que l'industrie minière de l'uranium connaît des phases alternées de détente et de tension du marché.

Il n'existe cependant pas de marché au sens où l'entendraient ceux qui connaissent par exemple, le London Metal Exchange. Cela tient à des raisons politiques - les soucis de non prolifération conduisent à un contrôle systématique des échanges internationaux par les États ou pour le compte de ces derniers, par l'Agence Internationale de Vienne -, stratégiques - l'uranium, du fait de la dualité de ses applications, civile et militaire, est

perçu comme mettant en cause la souveraineté et la responsabilité internationale des États -, et de sécurité d'approvisionnement. En effet, les utilisateurs finaux, les producteurs d'électricité, exploitent des installations qui coûtent des milliards, ont médité la leçon du pétrole, et cherchent en conséquence à minimiser les risques de rupture d'approvisionnement. Il faut ajouter à cela que les matières nucléaires sont aisées à stocker et que les politiques de stockage menées çà et là relèvent, dans leurs principes, de la souveraineté des États. La faveur des consommateurs va donc à des contrats pluriannuels de fourniture, et ils n'ont pas hésité parfois à préfinancer partiellement les investissements miniers nécessaires, particulièrement, après la guerre du Kippour. Ceci n'exclut pas l'existence de transactions à très court terme, pour des quantités marginales, mais qui sont conclues sans confrontation systématique de l'offre et de la demande, au contraire de ce qu'on peut observer avec le marché pétrolier de Rotterdam, par exemple.

(1) La capacité de production cumulée de COGEMA et des sociétés dans lesquelles elle découvre un intérêt déterminant représente de l'ordre de 15 % de ce chiffre.

(2) De l'ordre de 1 milliard de F actuels, voire davantage dans les régions sans infrastructure préétablie, pour une capacité nouvelle d'environ 1 000 tU/an, y compris l'usine de traitement des minerais, dans le cas de gisements à moins de 300 m de profondeur et d'une teneur moyenne comprise entre 1 et 2 % , et sans compter les dépenses de prospection.

(3) Il s'agit d'importations en provenance de mines dans lesquelles des intérêts français sont présents. Les gisements correspondants ont été découverts par des équipes françaises et ont été mis en exploitation en association avec les États-hôtes et d'autres utilisateurs étrangers, européens et japonais. Au total, les ressources ainsi contrôlées permettent de satisfaire les besoins nationaux.

Il résulte de ces multiples contraintes que le marché n'est pas véritablement unifié, et qu'il est difficile de comparer, dans le temps et dans l'espace, les conditions commerciales acceptées entre fournisseurs et clients. De fait, on peut dire que les échanges sont relativement cloisonnés, marqués par une rigidité certaine. Les évolutions qui peuvent se produire peuvent être assez brutales.

7 — Il ne suffit pas de disposer d'uranium naturel. Encore faut-il le préparer pour être utilisable dans les réacteurs. On se limite ici au cas de la filière PWR la plus répandue dans le monde, et désormais choisie en France. Il faut donc de l'uranium enrichi en U 235.

Pour enrichir l'uranium, plusieurs techniques sont à priori possibles :

- La diffusion gazeuse à travers des parois poreuses, qui fait appel à l'hexafluorure d'uranium, et qui est utilisée industriellement depuis plus de trente ans ;
- L'ultracentrifugation, par action de la force centrifuge sur l'hexafluorure, appliquée dans des unités de petite capacité ;
- La séparation par tuyères, au stade du prototype ;
- Les traitements chimiques, basés sur des échanges entre phases : le C.E.A. a développé ces procédés en laboratoire avec succès et envisage de construire une unité de démonstration.
- Les procédés par laser, encore au stade des promesses.

Une seule de ces techniques, la première, a été réellement éprouvée à grande échelle (USA, URSS, et France). On sait que, compte tenu de l'ampleur des besoins à satisfaire en France et à l'exportation, et de sa fiabilité, c'est la diffusion gazeuse qui a été retenue dans notre pays pour construire

l'usine de 10,8 millions d'UTS exploitée par la société EURODIF, où le groupe CEA est majoritaire, et associé à des sociétés belge, italienne et espagnole. La pleine capacité sera atteinte en 1982, conformément aux plans établis il y a plus de six ans. A cette époque, elle devrait représenter plus du quart des capacités d'enrichissement mises à la disposition du monde occidental.

Pourquoi un investissement d'une telle ampleur ? D'abord, on l'a dit, pour faire face aux besoins français. Les besoins d'EDF dépasseront 7 M UTS en 1990. Ensuite, pour des raisons de sécurité. Techniquement en effet, on peut admettre que l'offre d'uranium naturel, de structure oligopolistique pour l'instant, a la possibilité de s'élargir, au fur et à mesure de l'ouverture de nouvelles mines. Les consommateurs disposent d'un certain choix.

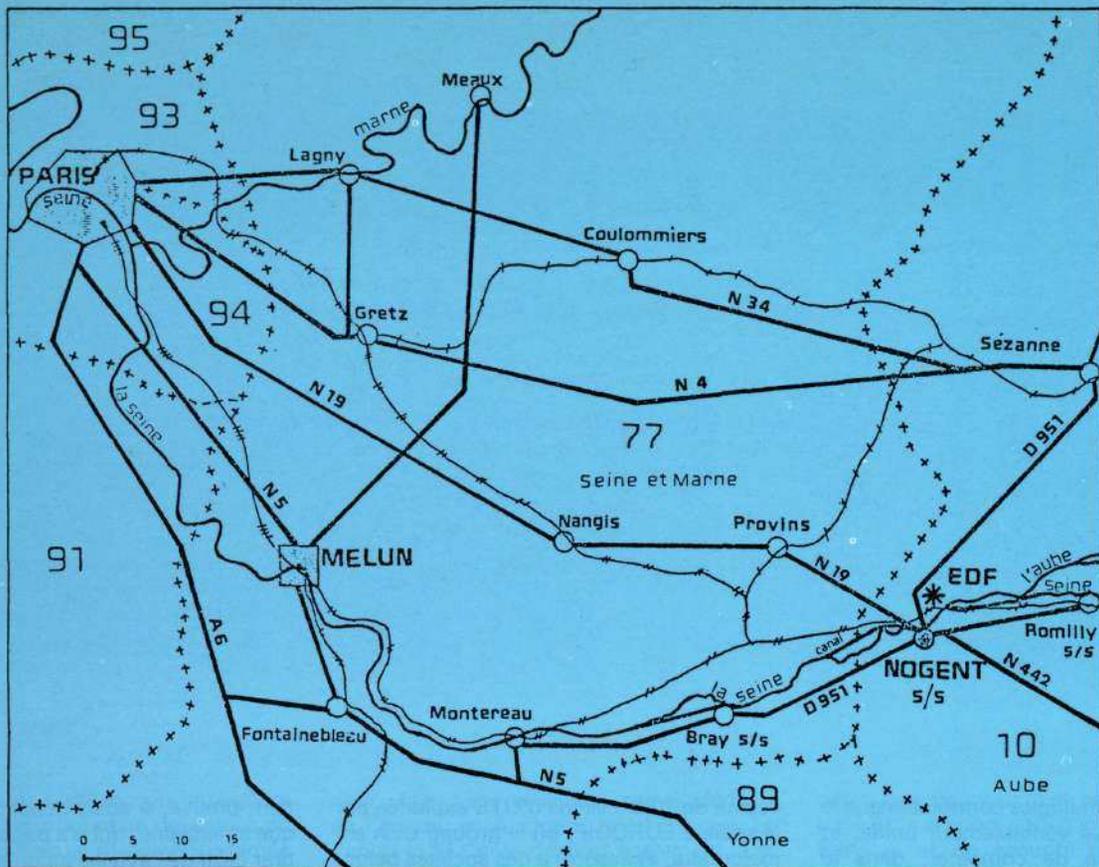
Par contre, l'enrichissement constitue un point de passage obligé dans le cycle et, du fait des risques de prolifération, un point étroitement dépendant de la politique des États qui en détiennent la technique. Les fournisseurs d'uranium enrichi, puis de combustibles, disposent donc d'une grande influence. Enfin, comme pour tout créneau industriel promis à un développement rapide, le premier à exploiter sa maîtrise technologique et à prendre place sur le marché peut espérer acquérir un avantage indéniable. L'enrichissement constitue après tout une part non négligeable du coût du combustible.

Cela dit, la politique française en la matière, qui s'est en tout état de cause fixé pour l'objectif de forger une industrie du cycle du combustible intégrée, cohérente, adaptée à l'importance de nos propres programmes, et permettant de localiser le maximum d'investissement et de valeur ajoutée dans notre pays, si elle a été rendue possible par la détermination dont les détecteurs ont su

faire preuve, a aussi dépendu de la politique américaine, qui n'a pas su ou pas voulu tirer parti de l'avance incontestable acquise par l'industrie de ce pays alors en position de monopole dans le monde occidental dans les années 60.

Bien entendu, le raisonnement tenu en France se retrouve dans d'autres pays consommateurs d'uranium enrichi, désireux d'alléger la tutelle US. Toutefois, les États-Unis sont en mesure de peser sur le marché des UTS, puisqu'ils disposent de capacités excédentaires et déjà amorties.

On touche ici du doigt les imbrications étroites entre politique énergétique et politique tout court. Notre pays, pour des raisons élémentaires de sécurité d'approvisionnement, mais aussi pour limiter l'ampleur de ses dépenses énergétiques, et pour alléger le fardeau qu'elles représentent pour l'équilibre de ses finances, avait le besoin vital de se doter des outils nécessaires pour son avenir.



Implantation générale du site

# La Centrale de Nogent-sur-Seine

par Jean-Pierre MILLIAT  
 Directeur de la Région d'Équipement Paris Électricité de France

L'unité de temps applicable à la réalisation d'une centrale nucléaire est la décennie.

La vision que donnent les média de la phase d'étude initiale est souvent faussée. En effet l'importance accordée aux épisodes les plus sensationnels masque, dans l'esprit du public, une réalité plus profonde. Entre le moment où l'on envisage un site et celui où la construction s'achève, une dizaine d'années s'écoule au cours de laquelle un long et patient travail d'information et de participation s'effectue.

A la durée du chantier (10 à 12 ans) s'ajoutent les 3 ou 4 années consacrées aux études à l'adaptation aux conditions locales, à la prise de décision. L'Administration, Électricité de France, les élus, les populations disposent de temps pour établir un dialogue constructif qui est rarement rapporté par la presse et auquel EDF attache une importance considérable.

L'exemple vécu par la Région d'Équipement de Paris sur le site de NOGENT sur SEINE peut illustrer la situation actuelle dans ce domaine :

- Il présente des caractéristiques communes à des nombreux site
- les spécificités locales ont conduit à une adaptation originale
- la mise en place des relations de concertation peut être considérée comme achevée, le chantier s'étant ouvert il y a quelques mois.

Dépendant des conditions locales, chaque cas ne saurait être ni généralisé ni transposé tel quel. Cet article ne veut être qu'un témoignage et l'occasion d'une réflexion sur un sujet d'actualité : les relations d'un grand projet d'intérêt national avec son environnement humain.

La démarche proposée ci-après suit la chronologie du développement du projet qui :

- n'échappe pas au contexte général du programme nucléaire français
- connaît la phase délicate du choix du site et de la première rencontre avec la population
- se poursuit par une étape de mise au point et de concertation

— a atteint depuis la phase de réalisation avec l'ouverture du chantier.

## Nogent-sur-Seine n'échappe pas au contexte général :

Nogent-sur-Seine est le quinzième site sur lequel est construite une centrale nucléaire. Les enseignements accumulés sur chacun des sites se transmettent et s'enrichissent. Les responsables d'un projet en tiennent compte. Ils doivent aussi adapter leurs méthodes à une situation locale toujours originale.

— Au fur et à mesure qu'il réalise le programme d'équipement nucléaire, EDF acquiert la connaissance des attentes de la population et met au point ses projets en conséquence.

Une fois le choix effectué et accepté par la population, l'objectif d'EDF devient la réus-

site du projet dans les meilleures conditions. Pour favoriser le déroulement harmonieux du projet sous tous ses aspects, la nécessité de dialoguer, informer, faire participer s'impose alors naturellement.

Dans le cas d'un projet de cette ampleur, les fonctions techniques et industrielles du chef de projet se doublent de responsabilités nouvelles et complexes pour lesquelles la formation préalable manque parfois. Il faut tenir compte des implications écologiques, économiques, sociologiques, politiques de l'arrivée dans une zone rurale de ce type de chantier.

Lorsque ce projet est nucléaire, le débat politique, les inquiétudes que fait naître cette technologie, l'émergence des particularismes locaux cristallisent autour de lui des forces et des mouvements qu'il appartient à son responsable de prendre en compte.

Dans ce contexte complexe, EDF n'assume pas seul toutes les responsabilités. Les autorités de tutelle, de sûreté, l'Administration préfectorale, les collectivités locales prennent leur part des décisions. EDF est toutefois responsable de la réussite finale du projet et à ce titre, il occupe une position centrale d'initiateur, de coordinateur, de catalyseur.

— Le cas de Nogent-sur-Seine doit permettre de mieux comprendre la nature de ces phénomènes.

Fin 1974, la possibilité de construire une centrale nucléaire à la limite de la région Ile-de-France, sur le cours de la Seine, est mise à l'étude. En 1975, parmi plusieurs alternatives, le site de Nogent-sur-Seine, dans le département de l'Aube, est choisi. En mars 1980, un décret ministériel déclare l'utilité publique de la centrale ; un mois plus tard s'ouvre un chantier qui durera 7 ans.

Cinq années ont été nécessaires pour passer des premières intentions au début des travaux. Malgré quelques moments tendus et quelques dialogues difficiles à nouer, la concertation a été patiemment poursuivie tout au long de l'étude et de l'instruction du projet. Progressivement les habitants du Nogentais se sont familiarisés avec le projet. Maintenant il est bien accueilli et la région en attend beaucoup : les retombées économiques et sociales sont déjà réelles et c'est une chance que la région ne veuille pas manquer.

## Le choix du site :

**Après concertation et prise en compte des intérêts locaux, le site est choisi en accord avec les représentants de la commune d'implantation.**

Lançant le programme nucléaire en décembre 1974, le gouvernement souhaite que s'instaure un dialogue ouvert. Le ministre de l'industrie écrit à l'époque :

*"Cette œuvre nationale qui intéresse chacun d'entre nous ne peut être menée qu'avec l'adhésion de tous.*

*Le choix des implantations des futures centrales nucléaires fera donc l'objet d'une large consultation des responsables locaux et régionaux".*

Sans attendre, le 6 février 1975, le Conseil Régional Champagne-Ardenne exprime un avis favorable à l'étude d'implantation de centrales nucléaires dans sa région.

A la même époque, le Conseil Consultatif Économique et Social de la Région Parisienne indique qu'il lui paraît souhaitable d'examiner une implantation en amont de Paris.

Le site de Nogent-sur-Seine est choisi de la manière suivante.

Les possibilités d'implantation sont recon nues à partir d'études bibliographiques et de visites sur le terrain. En liaison avec les services techniques des Ministères intéressés, l'Administration préfectorale, mais aussi les élus locaux, EDF engage les actions nécessaires en Champagne-Ardenne.

Les facteurs déterminants, à ce stade des recherches, sont les capacités de réfrigération, la nature du sol, la physiologie du réseau de transport électrique. Dans cette région, la vallée de la Seine présente un grand intérêt et trois zones retiennent l'attention :

- zone de Mery-sur-Seine
- zone de Périgny la Rose Crancey
- zone du Nogentais

Cette dernière offrant de meilleures possibilités d'accès par route, voie ferrée et même par eau, des investigations plus poussées sont faites permettant de dégager trois sites :

- La Motte Tilly
- Courceroy
- Nogent aval

Ces premières étapes, n'engageant aucune décision, sont conduites par EDF et les Pouvoirs Publics.

Ce n'est que lorsque les études sont suffisamment avancées pour que la faisabilité des sites soit acquise, que ceux-ci peuvent être rendus publics. Pour répondre à l'attente des habitants de la région et aux inquiétudes qui se font jour, EDF entreprend alors une vaste campagne d'information et d'explication.

Le dialogue est alors organisé. Au cours d'une réunion à la Sous-Préfecture de Nogent-sur-Seine le 25 mars 1975, les trois sites sont présentés aux élus locaux. Le représentant du Ministre de l'Industrie expose le programme nucléaire et les raisons du choix de la région Champagne-Ardenne, alors qu'il revient à EDF de faire connaître les projets.

C'est à compter de cette date que se déroulent simultanément deux sortes d'opérations :

- les mesures, sondages et recherches sur le terrain permettant de poursuivre les études. Dès l'annonce des projets, EDF

dépose les demandes "d'autorisation de pénétrer" pour les premiers sondages.

— les réunions, contacts et rencontres destinés à recueillir les avis et aspirations des intéressés. Des réunions d'information et de concertation sont organisées en 1975 principalement avec les Conseils Municipaux.

L'annonce des projets fait apparaître des éléments locaux à même d'infléchir leur mise au point.

Les campagnes de sondages rencontrent une forte opposition des agriculteurs, notamment à Courceroy où les terres sont de bonne qualité.

A la Motte Tilly la présence d'un château classé constitue un obstacle.

Le projet de Nogent-aval semble alors le plus favorable. Il est étudié de manière plus approfondie avec les élus de la commune qui toujours pour des raisons de qualité de la terre, préfèrent un site en amont de la ville. Cette solution est étudiée par EDF et elle est finalement retenue.

Ainsi trois sites sont proposés aux responsables locaux. La concertation permet d'en choisir un quatrième peu éloigné du troisième et qui répond mieux aux intérêts des agriculteurs. Mais des adaptations techniques sont rendues nécessaires. En effet, ce site situé dans une boucle de la Seine est une zone inondable qui nécessitera la mise en place de trois millions de mètres cubes de remblais et imposera des solutions onéreuses pour la fondation des ouvrages.

Cet exemple illustre concrètement la politique suivie par EDF à Nogent-sur-Seine :

- mener les études nécessaires à la sélection de quelques sites possibles dans la région,
- présenter les projets aux responsables locaux et ouvrir un large dialogue,
- accueillir et examiner les demandes d'adaptation dans la mesure où les nouvelles contraintes techniques ou financières sont acceptables.

## La mise au point du projet :

**Le site étant choisi, EDF peut approfondir ses études et préparer le dossier de demande de déclaration d'utilité publique.**

Au fur et à mesure que le choix du site se précise, EDF recueille de nombreuses données concernant le site et engage les études techniques de faisabilité et celles de l'impact sur l'environnement. Pendant les années 76 et 77, elles sont menées avec le concours du BRGM, du CTGREF et du Service de Contrôle des Eaux de la Ville de Paris, du CEA, de la Météorologie Nationale, du Muséum d'Histoire Naturelle...

La synthèse de ces études constitue le dossier d'impact de la centrale, pièce importante du dossier d'avant-projet qui sera finalement soumis à la procédure de déclaration d'utilité publique.



Photomontage de la Centrale de Nogent-sur-Seine

photo O.F.P.

A partir du début de 1978, ce dossier fait l'objet d'une concentration poussée avec les Administrations départementales. La Préfecture de l'Aube met en place, fin 77, quatre groupes de travail pour traiter :

- de la définition de la centrale
- de l'environnement : eau, air, esthétique
- des problèmes fonciers
- du grand chantier

A ces groupes conduits par la Préfecture prennent part, outre EDF, des représentants du Ministère de l'Industrie et des autres Ministères intéressés.

Grâce à leur action, les problèmes posés par la centrale et la préparation du chantier sont précisés et trouvent une solution pratique.

Ce dialogue ayant permis de compléter le dossier, celui-ci est soumis à la procédure d'utilité publique à partir du 5 juin 1978. Il est remis officiellement à une cinquantaine de services régionaux et ministériels qui, en fonction des intérêts dont ils ont la charge, formulent leurs remarques. C'est ce dossier, ainsi enrichi, qui, en février et mars 1979 est soumis à enquête publique.

Au vu, d'une part des observations présentées par les organismes officiels, par les élus et par le public, d'autre part des éléments apportés par EDF, les instances gouvernementales décrètent d'utilité publique de la centrale de Nogent-sur-Seine le 28 mars 1980.

**Avant même d'avoir la certitude de pouvoir engager son projet, EDF a le souci d'informer, d'expliquer, de se mettre à disposition et d'être constamment sur le terrain.**

Pendant cette période de gestation du projet, le débat se développe entre les divers interlocuteurs.

La politique d'EDF, à Nogent-sur-Seine, consiste en une présence active, permanente, attentive, sur le site, auprès de tous les partenaires. Une action diversifiée d'information est entreprise par la création d'occasions de rencontres très fréquentes avec les opposants, par l'explication du projet à ceux qui désirent en connaître davantage.

Cette action est menée au travers :

- de réunions-débats, conférences, visites de centrales en construction ou en fonctionnement,
- d'un centre d'information sur place, à la disposition de tous,
- de la diffusion de brochures d'information
- de rendez-vous réguliers avec la presse régionale.

**Les réunions-débats, les conférences, les visites**

Ces réunions concernent en premier lieu les conseils municipaux et se tiennent soit à

leur initiative ou à celle d'EDF, soit à la demande et avec la participation de l'Administration Préfectorale. Elles ont pour but d'expliquer le projet aux élus locaux, d'examiner leurs problèmes propres et de leur permettre de répondre aux questions de leurs administrés.

D'autres, plus spécifiques, prennent en compte des intérêts particuliers tels que ceux de l'agriculture, de la pêche, du commerce, de l'artisanat ou du corps médical pour lequel, par exemple, une réunion est organisée le 24 octobre 1979 à Montereau à la demande du Président de l'Ordre des Médecins de Seine-et-Marne.

Une action est également menée en direction des établissements scolaires de la région.

Par ailleurs, de nombreuses personnes de la région peuvent visiter des centrales nucléaires en France et à l'étranger, le laboratoire d'hydraulique de Chatou, les expériences d'aquaculture réalisées à Saint-Laurent-les-Eaux, etc...

Très souvent assistent à ces réunions des opposants au projet et, chaque fois que cela lui est demandé, EDF prend part aux réunions-débats organisées par les communes ou les associations de défense comme l'A.P.R.O.V.A.S. (5) ou les Amis de la Terre. Dans ces occasions, les représentants d'EDF sont amenés à défendre le projet de la centrale face à des opposants divers ou des invités tels que Haroun TAZIEFF ou Brice LALONDE.

## L'action du centre d'information

Le 24 janvier 1976, s'ouvre à Nogent-sur-Seine un centre d'information toujours en activité à l'heure actuelle. Le public peut y voir la maquette de la centrale projetée, obtenir de la documentation et interroger un représentant qualifié d'EDF.

Dans le même ordre d'idée, lors de la foire annuelle de Nogent en 1975, un stand est installé pour donner des informations au public.

Parallèlement, pendant l'enquête publique, une exposition a été ouverte à Nogent-sur-Seine pendant une vingtaine de jours pour présenter les installations envisagées.

## La distribution de brochures explicatives

De très nombreux documents et brochures sont distribués, soit directement par EDF, soit par l'intermédiaire des Services Préfecturaux :

- 240 dossiers complets d'enquête de D.U.P.
- 900 exemplaires du document "Éléments d'Information" résumant le dossier d'enquête de D.U.P.
- des brochures à l'usage du grand public : "25 questions- 25 réponses" sur le projet, plaquettes sur l'impact sur l'environnement et sur le paysage.
- Pour la première fois, les réponses aux observations présentées lors de l'enquête publique ont été éditées en vue d'une large diffusion.

Les réunions, les conférences, les visites, les documents ne touchent qu'un public restreint, à l'occasion de circonstances particulières. Par contre, la presse entre en relation avec un public très large et ceci de façon continue. A Nogent-sur-Seine, EDF s'est mis en permanence à la disposition de la presse afin qu'elle dispose de données de base pour remplir sa mission. En plus de l'information fournie à la demande, EDF organise plusieurs réunions avec la presse locale pour présenter le projet de centrale, les procédures d'enquête et leur contenu, l'impact socio-économique, le déroulement des travaux... Par ailleurs, la presse a couvert les séances du Conseil Général et en particulier la séance du 19 février 1979 consacrée à l'examen du dossier de la centrale.

## Le dialogue se poursuit après la publication du décret de D.U.P., la contestation s'éteint.

Au centre de cette concertation, outre les thèmes habituels du débat nucléaire, se trouvent mis en avant les problèmes agricoles et ceux relatifs à l'eau.

Bien que la centrale soit refroidie en circuit fermé, elle a besoin d'eau pour son fonctionnement : 2,25 m<sup>3</sup>/sec. par tranche dont 0,75 m<sup>3</sup>/sec. évaporés par les réfrigérants atmosphériques. Ces besoins sont faibles. Ils sont toutefois considérés comme significatifs vis-à-vis du débit d'étiage de la Seine et l'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie demande qu'EDF participe au financement du bar-

rage Aube déclaré d'utilité publique fin 1977, cette participation dispensant EDF du paiement des redevances dues par les utilisateurs de l'eau.

Les syndicats de distribution d'eau de la région parisienne tiennent également à s'assurer que la centrale n'aura pas d'impact sur la qualité de l'eau de Seine.

De leur côté, les agriculteurs, l'une des forces vives de l'économie auboise, sont très vigilants sur l'impact que pourra avoir la centrale sur l'agriculture. Il s'agit surtout d'impact indirect, les terrains utilisés par la centrale étant de faible valeur agricole.

Parmi les préoccupations, figurent les crues : il convient d'apporter la garantie que la plate-forme de la centrale ne constituera pas un obstacle à l'écoulement des eaux. Tous ces points ont fait l'objet d'analyse détaillée puis d'études au moyen de modèles mathématiques et hydrauliques.

Tout au long de ces quatre années, les mentalités, les inquiétudes, les oppositions évoluent ; la contestation, violente dans les premiers temps (manifestation des agriculteurs de Courceroy le 17 juin 1975), se coupe rapidement de la population. Les excès commis le 15 septembre et le 5 novembre 1976 contre le centre d'information d'EDF y contribuent en partie. Au cours des années, la contestation s'atténue progressivement jusqu'à l'ouverture du chantier à l'occasion de laquelle elle ne s'exprime pas.

La population et les élus locaux sont sensibles aux avantages économiques que pourront retirer la région, les communes et les entreprises.

L'étape suivante s'engage de manière satisfaisante.

## L'ouverture du chantier :

Les décisions sont prises, le chantier s'ouvre. Le dialogue se poursuit. Il faut réaliser dans une zone rurale des travaux très importants.

Cette phase commence à peine, l'expérience n'est pas encore significative. Deux séries de mesures prises pour réussir le chantier peuvent cependant être évoquées :

- les structures d'accueil du chantier
- l'intéressement de la région à l'activité du chantier.

Plus tard il faudra aussi envisager la fin du chantier et son retrait en douceur d'une région qu'il aura enrichie et transformée.

## Les structures d'accueil :

### L'insertion du chantier dans la région ; des structures d'accueil sont mises en place.

L'implantation d'un chantier de l'importance de celui d'une centrale électronu-

cléaire de deux tranches de 1 300 MW : 7 milliards d'investissement, 7 années de travaux, 2 500 ouvriers pendant la période d'activité la plus intense, c'est-à-dire 6 000 personnes nouvelles venant vivre dans la région, nécessite une adaptation de l'équipement et des structures d'accueil régionales.

Celle-ci est heureusement facilitée grâce à l'application de dispositions de la DATAR permettant la qualification "grand chantier" à certains grands aménagements. La centrale de Nogent-sur-Seine reçoit cette qualification le 25 septembre 1979 ; un dossier des équipements d'accompagnement est préparé par le coordonnateur du grand chantier ; ce dossier prévoit un coût total d'investissement de 160 millions de francs, ÉLECTRICITÉ DE FRANCE participant financièrement pour environ les 2/3 de ce coût, soit par financement direct soit par avance aux collectivités.

Ainsi, les personnels déplacés et leur famille peuvent être accueillis grâce à la construction de 500 logements individuels, de 4 caravannings, de 4 cités modulaires ; par ailleurs, ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, pour loger son personnel, construit 400 pavillons répartis par petits groupes et participe à la rénovation de quelques logements anciens. Les autres équipements sont réalisés simultanément : salles de classe, terrains de sports, voirie, assainissement, renforcements des réseaux d'eau et d'électricité...

En 1979, douze mille personnes habitent dans un rayon de 10 km autour de la future centrale, dont la moitié à Nogent-sur-Seine ; en fait, les équipements induits par la construction de la centrale intéressent une zone plus large dans laquelle vivent soixante mille personnes ; grâce à l'effort exceptionnel d'aménagement coordonné, cette région essentiellement rurale, mais où la population habite pour plus de la moitié dans les petites villes, ne devrait pas être troublée, mais au contraire vivifiée, par une augmentation d'un peu plus de 10 % de ses habitants.

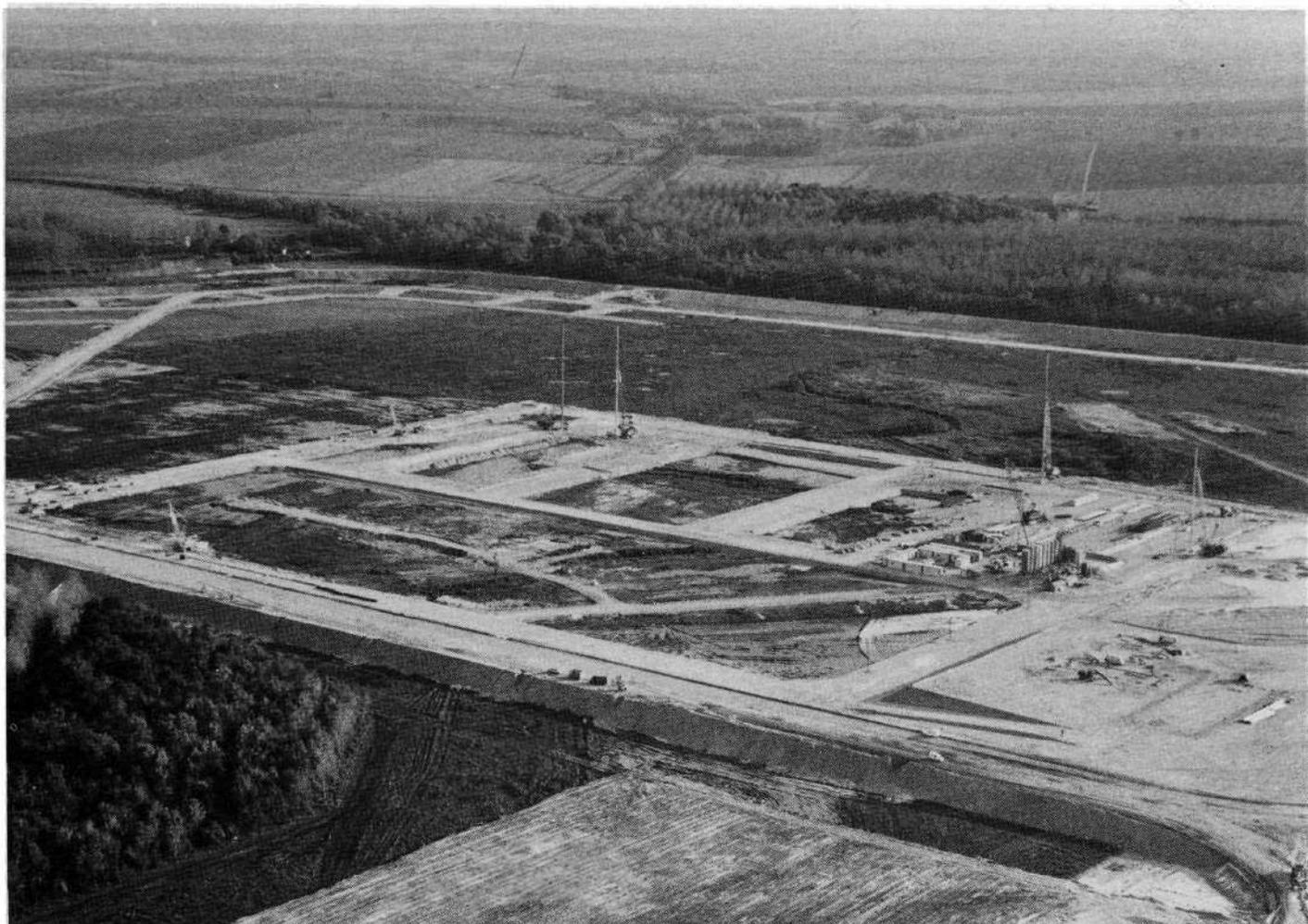
Dans cette situation EDF, intervient comme un initiateur, un conseiller, un catalyseur, un financier d'une vaste opération sociale, la coordination du grand chantier incombant à l'autorité préfectorale.

## Vivifier le tissu économique :

### Les retombées économiques et sociales : main d'œuvre et industries régionales sont intéressées par le chantier.

L'importance économique des travaux de construction de la centrale en fait un instrument de développement régional, dans les domaines de l'emploi et de l'industrie.

(S) A.P.R.O.V.A.S. : Association pour la protection de la Vallée de la Seine.



Vue aérienne du chantier de la Centrale de Nogent-sur-Seine le 28 octobre 1980.

Le recours à la main-d'œuvre locale, qui permet de diminuer l'apport extérieur et les équipements à créer, est recherché ; un programme de formation professionnelle est préparé par le coordonateur du grand chantier et un "pilote éducatif" : 400 ouvriers du Génie Civil et 400 ouvriers électromécaniciens seront formés, les structures existantes seront utilisées le plus possible (filière Travaux publics - bâtiment du lycée de PROVINS par exemple).

L'implantation de la centrale permet également d'accélérer la réalisation d'aménagements plus lourds prévus de longue date et ardemment demandés localement : la déviation de la route nationale 19 à NOGENT, (ÉLECTRICITÉ de FRANCE participe, par décision gouvernementale, à son financement), le creusement d'une partie du canal à grand gabarit, entre Nogent et Bray, pour approvisionner le chantier en sables et graviers.

Dans le contexte économique actuel, la participation de l'industrie régionale à la construction de la centrale et des équipements liée est un élément très attendu. L'expérience des autres chantiers montre que cette part peut atteindre 10 % du total.

L'association pour la promotion des Entreprises de la région EST-SEINE (ARPES) est créée le 28 juillet 1980, à l'initiative des Organismes Consulaires des départements de l'Aube, de la Seine et Marne, de la Marne et de l'Yonne ; son rôle est de coordonner les efforts des Entreprises régiona-

les afin d'accéder, soit directement, soit par sous-traitance, aux marchés des travaux de la centrale.

L'ARPES a une connaissance précise des Entreprises locales et régionales, de leur potentiel technique, de leur charge de travail ; ÉLECTRICITÉ de FRANCE fournit régulièrement à l'Association le planning général des travaux, la liste des contrats (avec intitulés, montants approximatifs par catégorie, dates prévues d'appels d'offre), la liste des marchés notifiés (avec nom des Entreprises retenues, dates d'arrivée sur le site, effectifs prévus, spécialistes). Un dialogue régulier est établi entre le délégué de l'ARPES sur le site et le Chef d'aménagement d'ÉLECTRICITÉ de FRANCE.

Au 30 septembre 1980, sur 139 contrats notifiés, 32 le sont à des entreprises régionales et sur un total de 170 millions de francs, la part régionale directe ou par sous-traitance s'élève à 18 millions de francs.

A cause de la nouveauté des problèmes posés, EDF est conduit à étendre son rôle d'architecte industriel vers celui d'aménageur. Est-ce une coïncidence si le responsable d'un site, à la Direction de l'Équipement d'EDF se nomme "Chef d'aménagement" ? Chef d'un projet industriel, il devient en quelque sorte le catalyseur de l'action des Administrations et des respon-

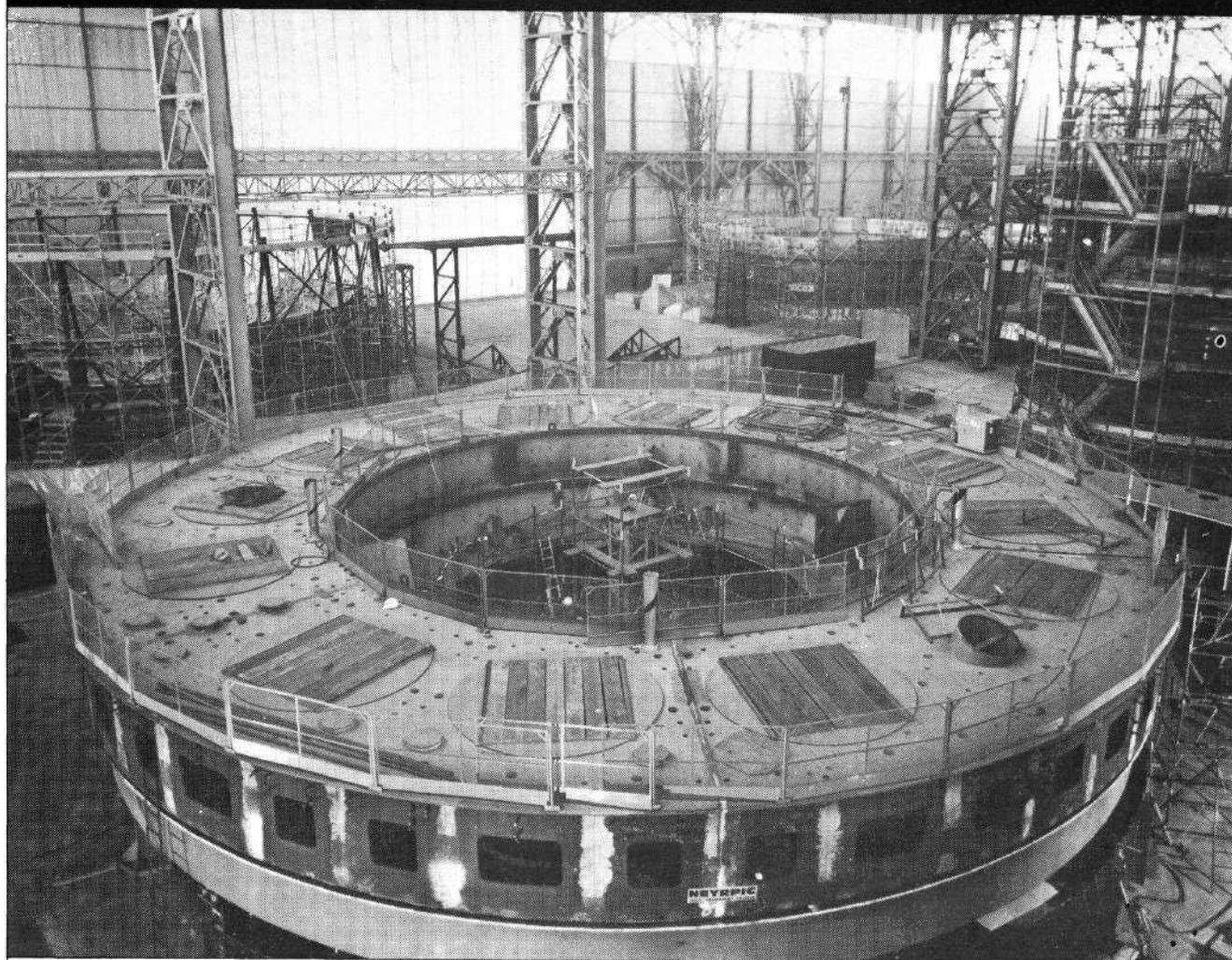
sables locaux pour réussir la phase de construction de la centrale et son insertion dans la région.

L'utilité publique est déclarée par les instances gouvernementales qui apprécient les services que rendra le projet à la communauté nationale et régionale.

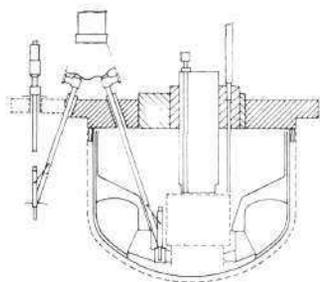
Le souci d'EDF, à Nogent-sur-Seine, comme sur les autres sites, est que la centrale procède de "l'utilité publique" pour la communauté locale. Pour cela l'action menée sur place, en relation avec les responsables et les élus, tente de développer les avantages potentiels du projet et d'en réduire les inconvénients. Ce souci gagne de plus en plus d'industriels. Peu à peu, ceux-ci voient leurs responsabilités les conduire à considérer au-delà de la technique et de l'usine, le tissu économique, social et humain dans lequel leur projet devra s'insérer le plus harmonieusement possible.

Les équipes de Nogent-sur-Seine en font la riche expérience. Elles souhaitent qu'elle puisse servir à d'autres.

# SUPERPHENIX



Dalle couvrant le bloc réacteur. Assemblage, dans l'atelier-site à Creys-Malville, des 6 éléments centraux.



Grâce à sa réputation construite sur plus de 20 ans d'expérience dans l'industrie nucléaire, Neyrpic s'est vu confier par Novatome les calculs et l'industrialisation du bloc réacteur et du système de manutention interne du combustible. Pour ces réalisations Neyrpic a été choisi comme principal fabricant.

**NEYRPIC**  
GROUPE CREUSOT-LOIRE

rue Général-Mangin, 38100 Grenoble - France  
Tél. (76) 96.48.30 - Telex 320750F

# La centrale de Creys-Malville à mi-parcours

par Boris SAITCEVSKY  
 Directeur-adjoint de l'Équipement à EDF  
 Président du Directoire de NERSA

## Creys-Malville à mi-parcours

La centrale de CREYS-MALVILLE doit fournir au réseau une puissance électrique de 1200 MW à partir d'une chaudière nucléaire à neutrons rapides refroidie au sodium, de même technique que celle de Phénix.

Cette centrale est réalisée dans un cadre européen par la société NERSA, créée en 1974, suite à un accord passé entre les sociétés de production d'électricité suivantes : EDF (pour la France, à raison de 51 %) ENEL (qui est, en Italie, l'équivalent d'EDF, pour 33 %)

RWE (Allemagne de l'Ouest, pour 16 %, qui a cédé ses parts en 1976 à SBK (Schnell-Brüter-Kernkraftwerkgesellschaft) La chaudière nucléaire, fabriquée sous licence CEA, est fournie par le groupement franco-italien Novatome-Nira, et bénéficie de l'expérience acquise en France au cours de la construction et de l'exploitation du réacteur de Rapsodie (40 MWth) et de la centrale de Phénix (250 MWe).

La centrale de CREYS-MALVILLE a été décrite dans plusieurs revues et documents, en particulier pour ce qui concerne les options de base et de sûreté (1).

La réalisation de CREYS-MALVILLE est aujourd'hui à mi-parcours. Le présent article est consacré aux aspects constructifs : travaux de génie civil, fabrication en usine des matériels et montages sur le chantier.

## Site et disposition des bâtiments

La centrale de CREYS-MALVILLE est située sur la rive gauche du Rhône, à 60 km à l'Est de Lyon, sur le territoire de la commune de CREYS-PUSIGNIEU, dans le département de l'Isère.

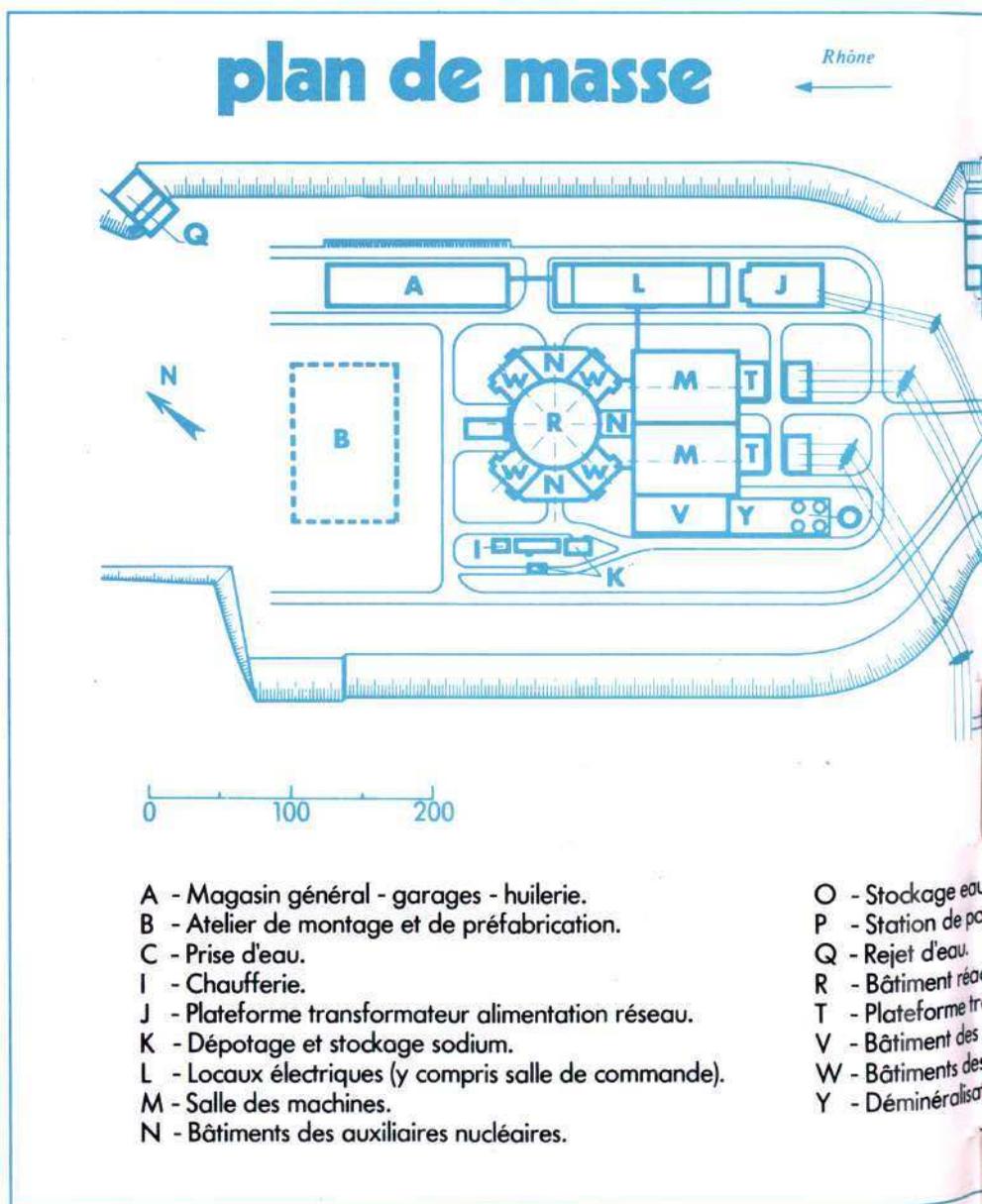
Les travaux d'infrastructure et de terrassement ont commencé en décembre 1974 et se sont poursuivis jusqu'en 1976. Le volume des déblais a été relativement important : 1 850 000 m<sup>3</sup> dont 650 000 m<sup>3</sup> de matériaux impropres ont été mis en dépôt et 1 200 000 m<sup>3</sup> utilisés pour consti-

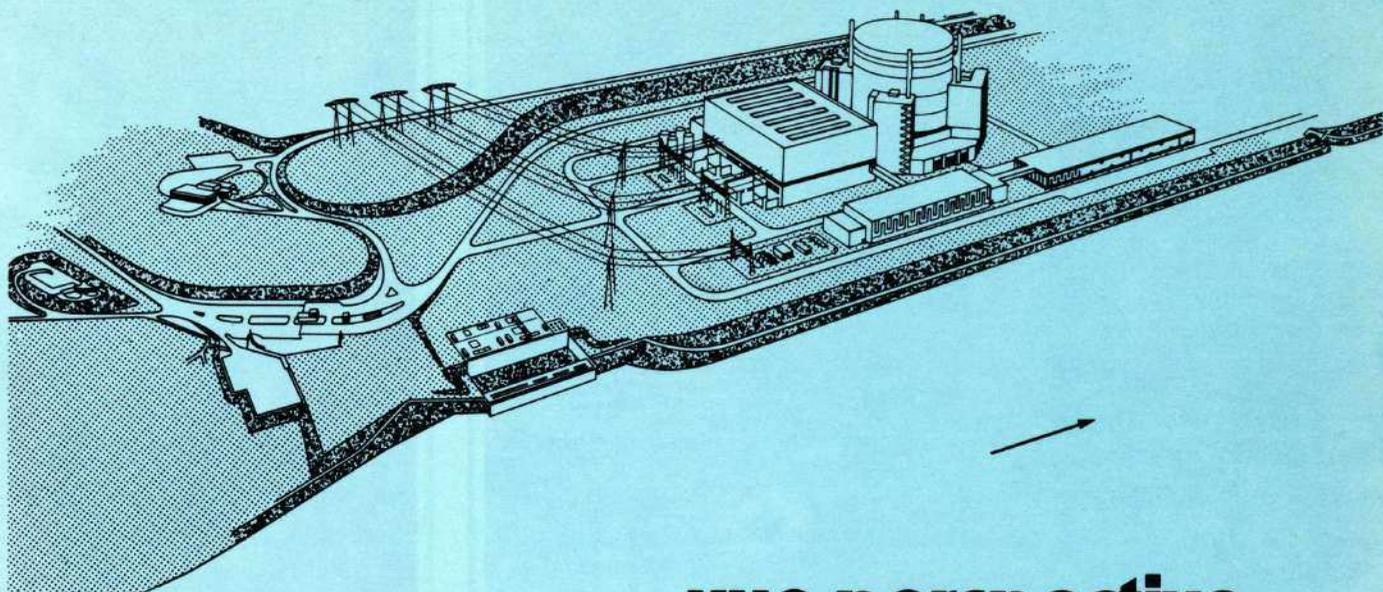
tuer la plate-forme générale. A la même époque, a été créée l'infrastructure nécessaire à l'accueil des entreprises, pour un effectif qui atteindra 1 800 personnes en 1981.

La disposition générale des bâtiments est donnée sur le plan-masse.

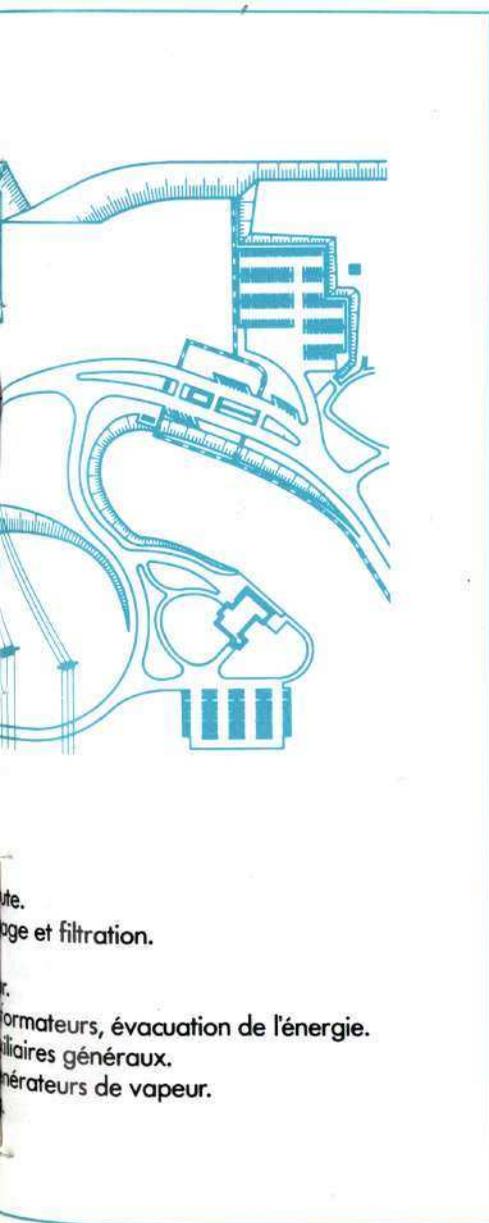
## Travaux de génie civil

Le plan-masse, relativement aéré, a permis un déploiement correct des chantiers de génie civil.





## vue perspective



Les travaux de gros œuvre ont commencé fin 1976 par l'exécution du radier du bâtiment réacteur ; ce dernier a nécessité 20 000 m<sup>3</sup> de béton. Aucune fondation spéciale n'a été utile compte tenu des excellentes caractéristiques mécaniques du terrain constitué d'alluvions soigneusement mises en place et compactées.

Le volume total de béton approchera 175 000 m<sup>3</sup>, dont plus de 90 % sont aujourd'hui coulés. Les cadences maximales de bétonnage ont été de l'ordre de 5 000 m<sup>3</sup> par mois.

Les difficultés ont été davantage liées aux courts délais d'exécution, à une distribution compliquée des locaux, notamment ceux du bâtiment réacteur, et à la très grande quantité de pièces (ancrages, traversées et fourreaux) noyées dans le béton. L'établissement des plans d'exécution du génie civil a été facilité par l'exécution de plusieurs maquettes successives du bâtiment réacteur et des bâtiments générateurs de vapeur.

### Fabrication des composants

#### • Assemblage en atelier site des grands composants

Le circuit du sodium primaire, qui extrait la chaleur du cœur, est du type "intégré", c'est-à-dire que l'ensemble de ses composants (le cœur, les 4 pompes primaires et les 8 échangeurs intermédiaires) est installé dans une même cuve dont la forme est simple mais dont la taille est très importante. Les équipements modulaires (pompes, échangeurs,...) ont des dimensions telles qu'ils peuvent être transportés par route et sont donc fabriqués entièrement en usine. Les structures unitaires de confinement du circuit primaire et celles du stockage de décroissance des assemblages irradiés

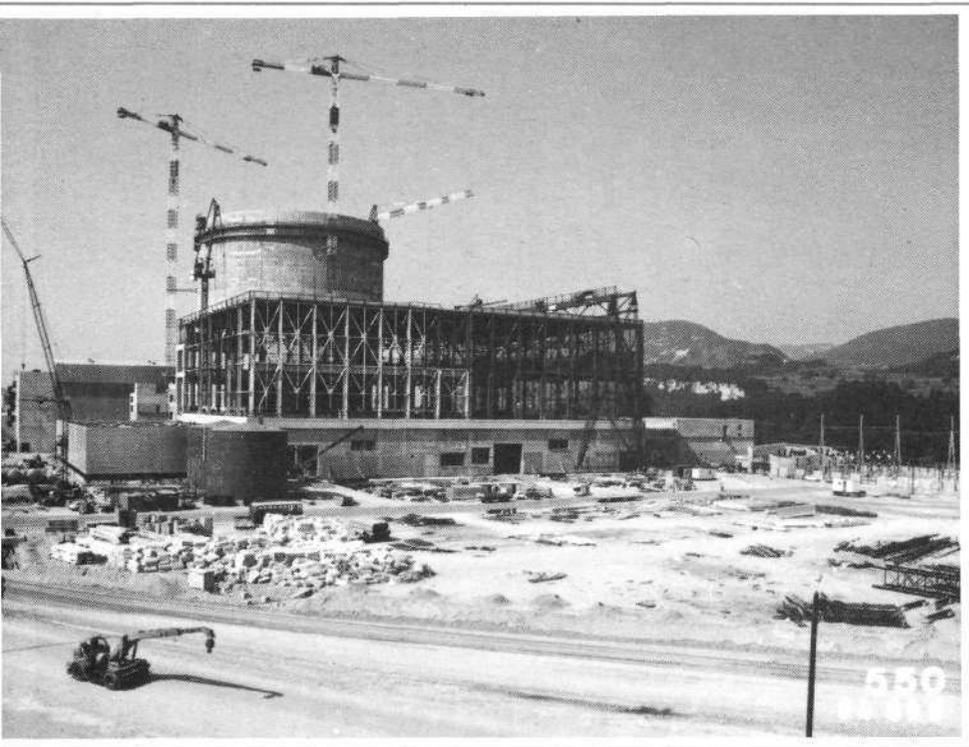
(cuves, dalle...) sont, par contre, des réalisations chaudronnées et mécano-soudées, de grandes dimensions non transportables. Les éléments de ces structures sont préfabriqués en usine, transportés et assemblés ensuite dans un atelier de 10 000 m<sup>2</sup>, construit spécialement à cet effet sur le site, à proximité du bâtiment réacteur. Cet atelier a été le siège d'une intense activité au cours des années 1979 et 1980. Plusieurs chantiers ont dû être menés de front car les dates d'introduction des structures étaient très rapprochées. En plus des travaux de soudage, l'usinage des pièces de grand diamètre (brides des bouchons tournants) a été réalisé sur un tour vertical muni d'un plateau de 14 m de diamètre.

Il est à noter que les soudures de ces grandes structures du bloc-pile se sont déroulées sans imprévus importants et en maintenant constamment les dimensions dans des tolérances très serrées.

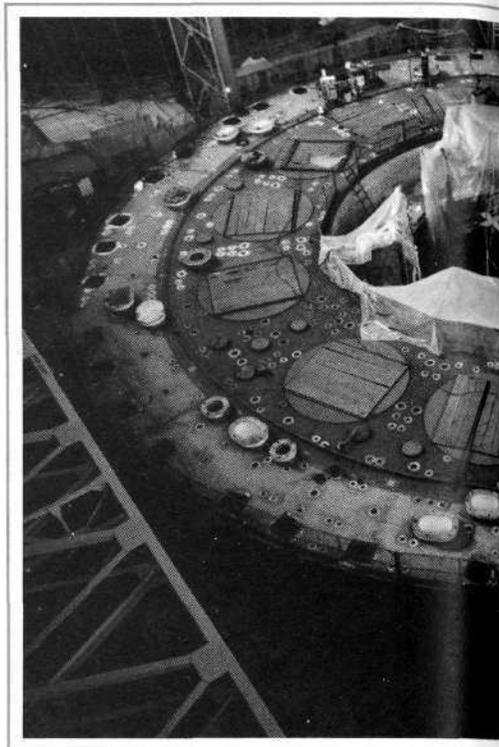
#### • Fabrication en usine

Les fabrications des différents matériels sont très avancées. On peut mentionner :  
 — les assemblages fissiles en fabrication au CEA à Cadarache et des fertiles à SICN Grenoble  
 — le montage et les premiers essais du premier groupe moto-pompe primaire à Gennevilliers

(1) Revue Générale Nucléaire (Les surrégénérateurs - nov.-déc. 79)  
 "Bulletin d'Information Scientifique et Technique" du CEA n° 227 (janv.-fév. 78).



Vue générale du chantier en septembre 1980.



Dalle.

- la fabrication des échangeurs intermédiaires, qui se poursuit activement en Italie
- le montage et les essais en air des machines de transfert des assemblages à Gênes

- après montage à blanc et essais en air du sas à tourniquet dans les ateliers du constructeur à Grenoble, remontage de cet ensemble à Cadarache pour essais en sodium

- la fabrication très avancée des groupes turbo-alternateurs à Gênes et des groupes diesels électrogènes de secours à Trieste

- la fabrication des générateurs de vapeur à Chalon-sur-Saône, qui mérite une mention particulière car la conception diffère beaucoup de celle choisie pour Phénix, bien que les conditions de température et de pression soient très voisines.

Les opérations de fabrication concernant les tubes d'échange (soudures bout à bout et serpentillage) ont été réalisées avec beaucoup de soin. Chaque tube et chaque soudure ont été contrôlés systématiquement, et ce avec des critères d'acceptation très sévères.

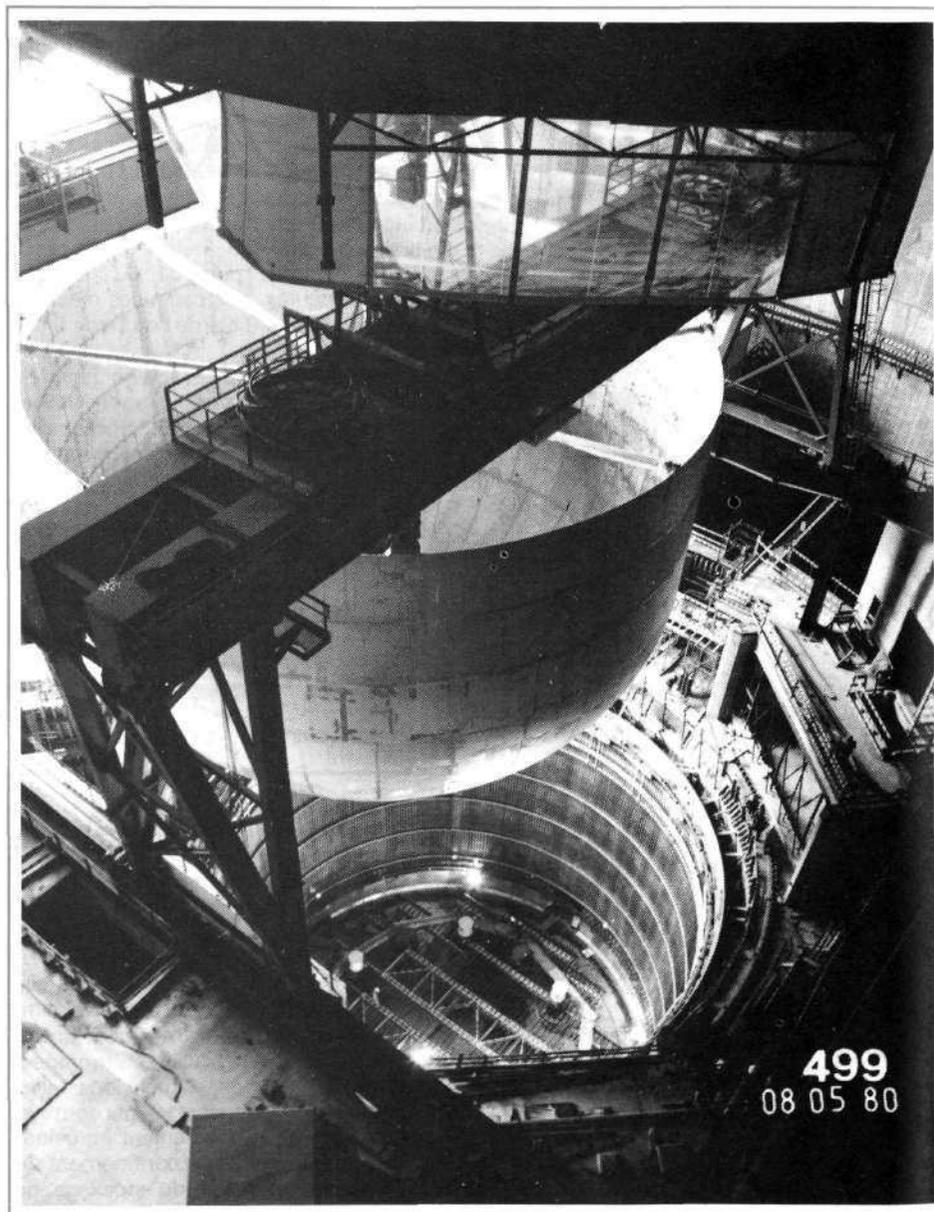
## Montages sur le chantier

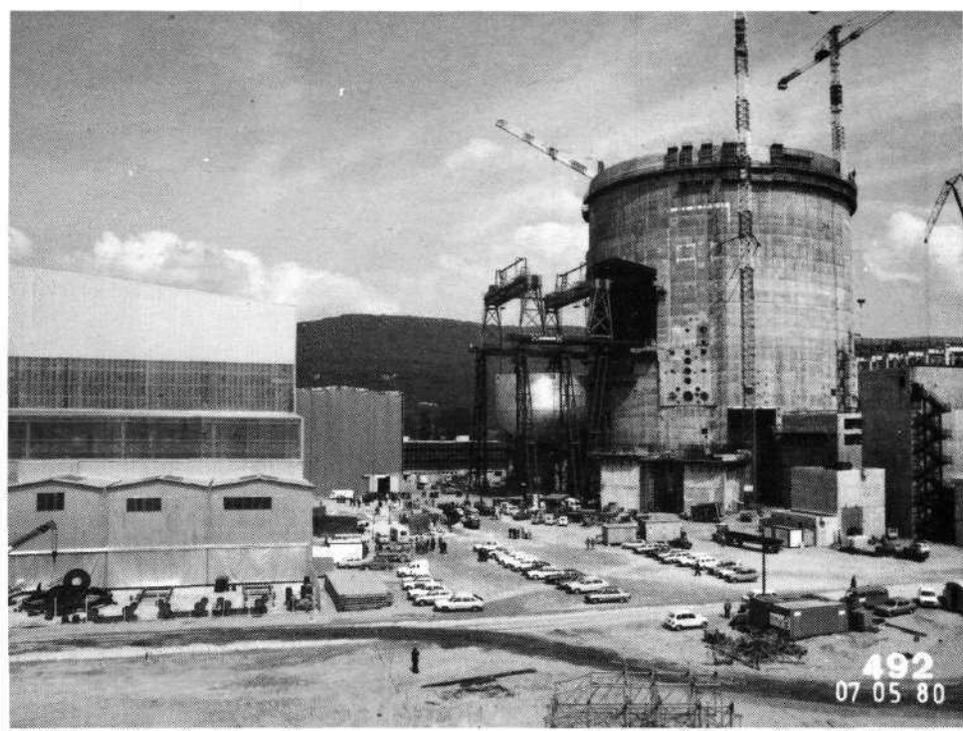
A l'exception des bâtiments des générateurs de vapeur qui seront livrés début 1981, les bâtiments sont prêts à recevoir les équipements correspondants.

Les montages ont démarré en 1979, parallèlement à la finition du génie civil. On peut citer la mise en place :

- du circuit de refroidissement du puits du réacteur
  - du pont tournant de 300 t du bâtiment réacteur
  - des charpentes de la salle des machines
- Depuis mai 1980, et pendant un an environ, sont introduits les grands composants du bloc réacteur.

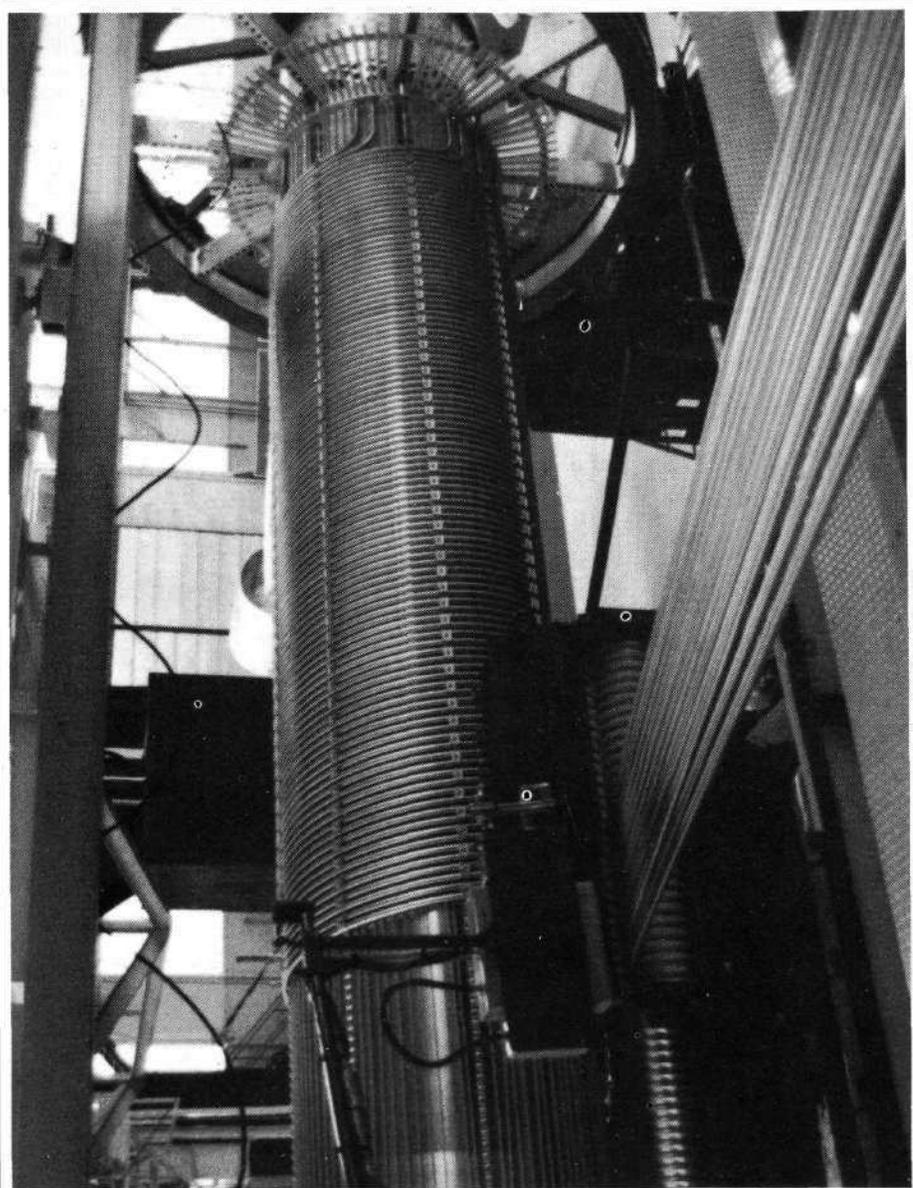
Cuve de sécurité.





Levage de la cuve principale.

Serpentinage du faisceau d'un générateur de vapeur.



A cet effet, l'atelier site est relié par rails au bâtiment réacteur. Les composants lourds sont transportés sur des lorries au pied du bâtiment réacteur pour être hissés par un portique double, supporté à 40 m de hauteur par une imposante estacade métallique. Ils sont ensuite translatisés dans le bâtiment réacteur à travers une large brèche qui sera bétonnée ultérieurement. Parallèlement, ont démarré les montages électriques dans le bâtiment de contrôle-commande, les premiers montages de circuits et le début des montages mécaniques dans la salle des machines avec la mise en place des condenseurs.

## Essais

Les essais et la mise en service de la tranche s'étendront sur les trois années (1981-1982-1983).

Les essais d'ensemble débuteront à la fin de l'année 1982, avec les objectifs suivants :

- chargement et divergence :  
1<sup>er</sup> semestre 1983
- couplage et mise en service industriel :  
2<sup>e</sup> semestre 1983

La construction de la centrale de CREYS-MALVILLE est entrée dans une nouvelle phase, les montages succédant aux travaux de génie civil. L'effectif chantier, de 1300 personnes, de génie civil, va croître jusqu'à 1800 en majorité mécaniciens et électriciens.

La période passée n'a pas été marquée par des difficultés importantes, malgré quelques mises au point et retards partiels. Cependant, il convient de souligner que le mi-parcours à venir est la plus difficile, et l'on doit rester vigilant pour parer au mieux aux aléas inévitables. Enfin, il faut souligner l'excellente entente régnant entre les équipes des pays engagés dans la réalisation de CREYS-MALVILLE.

# Le retraitement en France et à l'usine de la Hague

par M. DELANGE  
Directeur de l'Établissement COGEMA - LA HAGUE

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

Pourquoi cette opération pratiquée pourtant couramment depuis plus de trente années en de multiples points du globe dans une relative indifférence, mérite-t-elle tout à coup ces feux de l'actualité ?

Qu'a-t-elle donc de particulier pour qu'en avril 1977 le Président CARTER lui-même en vienne à interdire sa mise en œuvre sur le territoire des USA ? Pourquoi la France se trouve-t-elle dans une position en flèche dans ce domaine ?

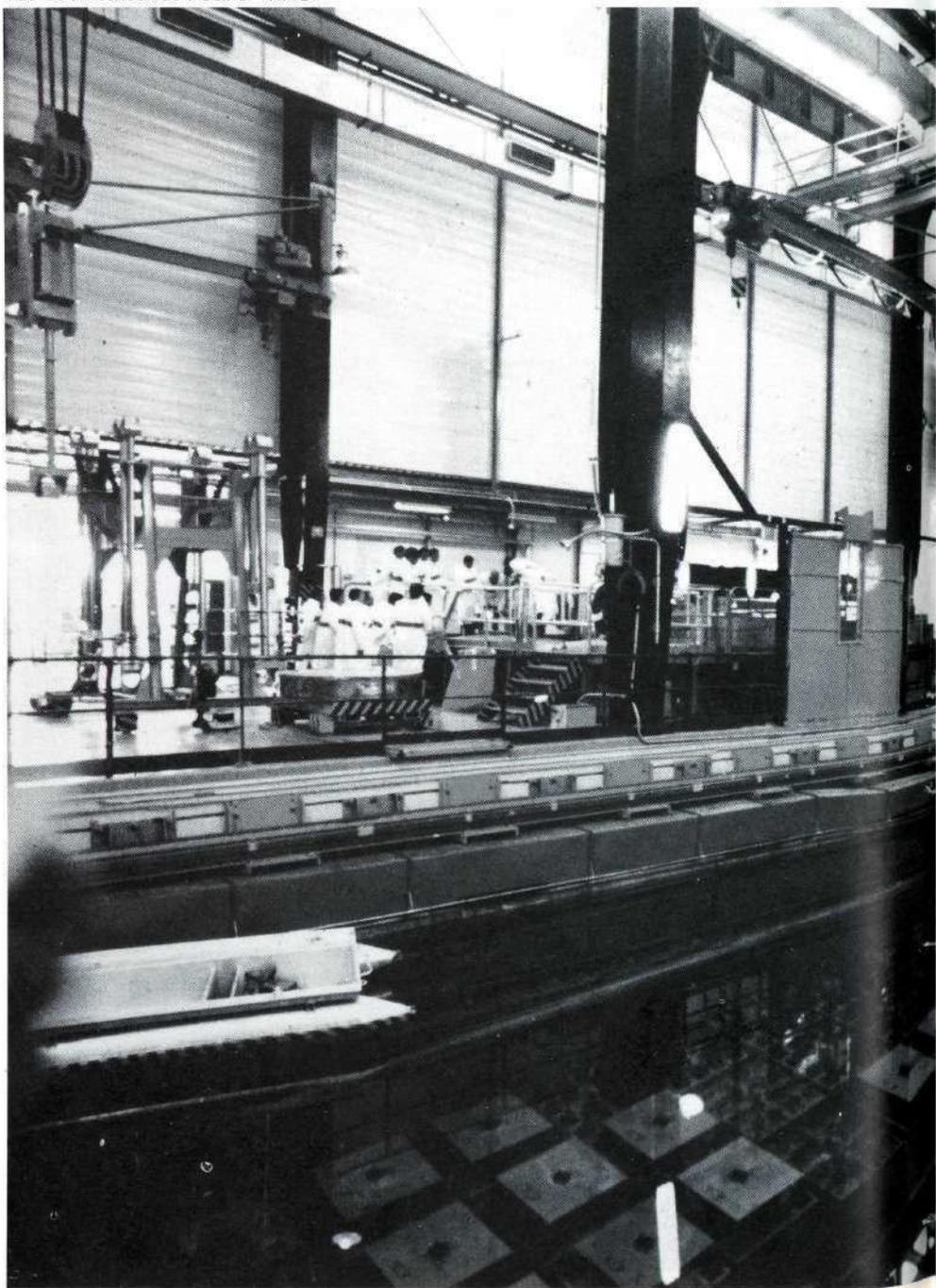
C'est ce que nous allons essayer de comprendre.

Démarrées aux USA après 1942, aussitôt après le déchargement des premiers combustibles irradiés dans le réacteur de Fermi, les recherches en laboratoires en vue d'extraire le précieux plutonium, élément nouveau, fissile, formé dans la "pile atomique" devaient rapidement aboutir à la mise au point d'un procédé qui reste pour l'essentiel celui en usage encore aujourd'hui. A noter qu'en France, le premier mg de Pu fut extrait en novembre 49, moins d'un an après le démarrage de la pile Zoë.

Sur la base de ce procédé dit Purex, les premières usines de retraitement furent toutes construites à des fins militaires : Hanford et Savannah River aux États-Unis, Windscale en Angleterre, Marcoule enfin en France démarrée en 1958.

La relative facilité avec laquelle ces différentes usines traitant il est vrai, des combustibles très peu irradiés, avaient pu être mises en service et subvenir aux besoins en Pu des programmes militaires devaient conduire à faire entrer l'opération de retraitement, considérée comme une "vulgaire"

Vue de l'intérieur de l'Usine - HAO.



affaire de chimiste, dans un anonymat relatif par rapport aux autres secteurs de pointe de l'industrie nucléaire : construction des réacteurs, et enrichissement.

Même les premiers symptômes de difficultés techniques signalés par les "retraiteurs" lors de traitement de combustibles électrogènes Magnox ou UNGG irradiés à plus de 2 000 MWJ/T ne devaient pas ébranler la belle confiance des experts internationaux d'alors sur la possibilité d'effectuer même pour des combustibles commerciaux des centrales à eau, le retraitement dans des conditions relativement peu coûteuses : et ce furent la construction et le démarrage de l'usine de West Valley, suivie peu après par les projets de l'usine de Morriss et de l'usine de Barnwell aux USA, puis la modification de Windscale en Grande Bretagne, enfin le démarrage d'Eurochemic en Belgique.

Cette époque, fut également marquée par le congrès de FORATOM de 1971 consacré au cycle du combustible dans lequel le retraitement apparaissait comme une opération simple et facile ne nécessitant que des investissements limités. A noter aussi à cette époque la création entre la Grande Bretagne, l'Allemagne et la France, de United Re-processors GmbH pour utiliser au mieux les capacités de retraitement existantes et... éviter de construire trop vite de nouvelles capacités de production.

A cette période euphorique devait succéder une période de doute et de crise à la suite des échecs ou incidents rencontrés dans les usines américaines ou anglaise (West Valley, Morriss, Windscale).

C'est dans ce contexte international d'incertitude, qu'en 1976 fut mis en service à l'Usine de La Hague, l'atelier HAO, "tête" supplémentaire attachée à l'usine UP 2 per-

mettant le retraitement des combustibles oxydes des filières à eau et surgénérateurs.

La montée en régime de cet atelier, volontairement très prudente et très progressive, a permis d'aborder sans problème majeur, les différents aspects du traitement de ces nouveaux combustibles et de confirmer très tôt la validité du procédé mis en œuvre.

Mais dans le même temps les responsables des programmes nucléaires et l'opinion publique prenaient pour la première fois, conscience des difficultés de ce maillon essentiel du cycle des combustibles. Cette prise de conscience, renforcée par le phénomène mondial de contestation du nucléaire, devait rapidement se polariser sur les risques potentiels que l'opération de retraitement pourrait présenter pour les travailleurs et l'environnement et sur les controverses au sujet de son intérêt économique pour le développement futur de l'électro-nucléaire.

Qu'en est-il exactement sur un plan général, en France d'abord et dans le cas de La Hague en particulier ?

Tout d'abord rappelons que l'opération de retraitement vise à séparer les 4 composants constituant un combustible irradié, à savoir : l'Uranium non fissionné ni transformé, le plutonium, les produits de fission de très haute radioactivité et la gaine métallique enveloppant le tout.

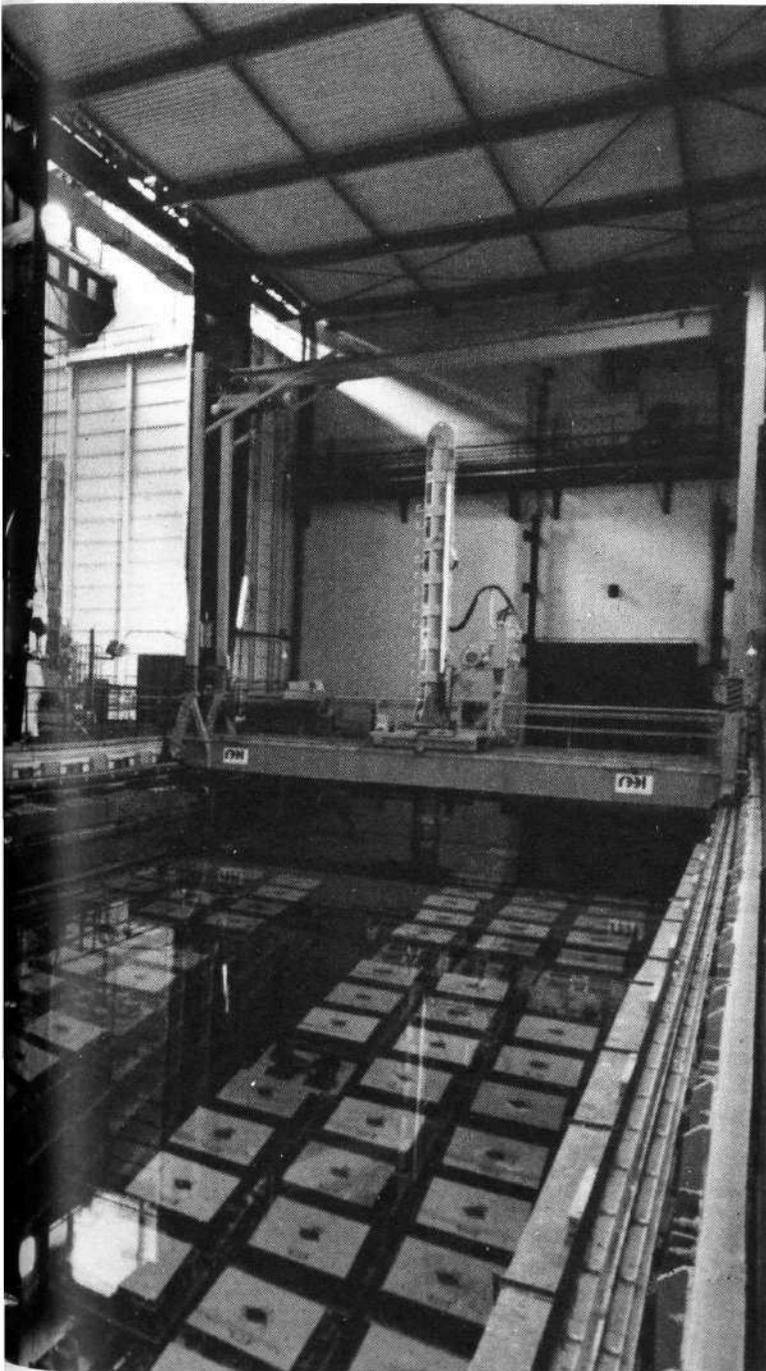
Le but ainsi recherché est double :

- économique dans la mesure où il permet la réutilisation de l'Uranium et du Plutonium (soit 97 % de la masse de la matière nucléaire entrant dans un réacteur à eau ordinaire).

- écologique dans la mesure où il permet le conditionnement et le stockage dans des conditions parfaitement sûres pour l'environnement des matériaux sans emploi (produits de fission et morceaux de gaines).

Pour réaliser la séparation des 4 composants on met en œuvre un procédé complexe qui comporte tout d'abord des opérations mécaniques délicates permettant de séparer la gaine métallique de la matière nucléaire proprement dite, puis une succession d'opérations chimiques comportant après une dissolution nitrique complète de la matière nucléaire, une séparation quantitative de ses 3 composants grâce à des opérations d'extraction par solvant.

Les produits finis, U et Pu sont ensuite purifiés et conditionnés pour permettre leurs restitution à leurs propriétaires à travers les usines de conversion et de fabrication, dans le cadre de contrôles ou d'accords internationaux donnant toutes garanties contre le risque de prolifération. Comme nous l'avons dit plus haut, ce procédé dit Purex est parfaitement connu, internationalement utilisé, et largement décrit dans la littérature. Il a donné jusqu'ici satisfaction pour des taux d'irradiation jusqu'à 120 000 MWJ/T, record obtenu à La Hague dans l'atelier pilote AT 1 pour des combustibles Rapsodie-Fortissimo.



Où résident donc les difficultés du retraitement ?

Essentiellement dans la très forte radioactivité des produits de fission manipulés, la toxicité du Plutonium (équivalente à celle de la nicotine) et les risques de criticité liés à la présence de matières fissiles (U 235 et Pu 239) en quantités importantes.

Il faut donc que ces difficultés très spécifiques s'ajoutent aux risques chimiques industriels du procédé employé, ne conduisent pas pour les exploitants de l'Usine et pour les populations vivant dans son environnement immédiat, à des nuisances inacceptables au regard des règlements en vigueur.

On obtient ce résultat, en partant d'une technologie de l'industrie chimique classique, tout d'abord par des études de conception très poussées, (rapports de sûreté, études de criticité etc.) puis par une réalisation très soignée des appareillages (soudures entièrement radiographiées, matériels éprouvés...) enfin, un choix rigoureux des matériaux mis en œuvre (aciers inoxydables et diverses qualités, zircalloy...) garantissant globalement une très grande fiabilité de fonctionnement des installations.

Ensuite tous ces appareillages compte tenu des risques nucléaires spécifiques sont installés, dans une géométrie convenable, derrière des protections appropriées statiques (béton, plomb, eau etc...) ou dynamiques (ventilations) ou encore dans des enceintes étanches (boîtes à gants...).

Tout ceci conduit à faire fonctionner les appareillages par télé commande ou en automatique et à en assurer l'entretien à distance grâce à des équipements de télémanipulation, ce qui rend ces opérations délicates en particulier dans la partie mécanique du procédé, en tête de l'usine.

Enfin pour garantir la sécurité des populations tous les déchets solides doivent être convenablement conditionnés (vitrification, bétonnage, bitumage etc.) en vue d'un stockage définitif à la charge, non de l'usine de retraitement, mais des compagnies d'électricité, propriétaire des combustibles, et tous les effluents liquides et gazeux produits par l'usine doivent être rigoureusement traités de manière à ne rejeter dans l'environnement que des eaux et gaz résiduels très faiblement radioactifs dans la limite des autorisations accordées par arrêtés ministériels.

Bien que très complexes, et par là très longues à mettre au point, toutes les opérations constituant l'industrie du retraitement sont maintenant, en France du moins, bien maîtrisées dans une très large gamme de combustibles irradiés de natures et de caractéristiques très différentes.



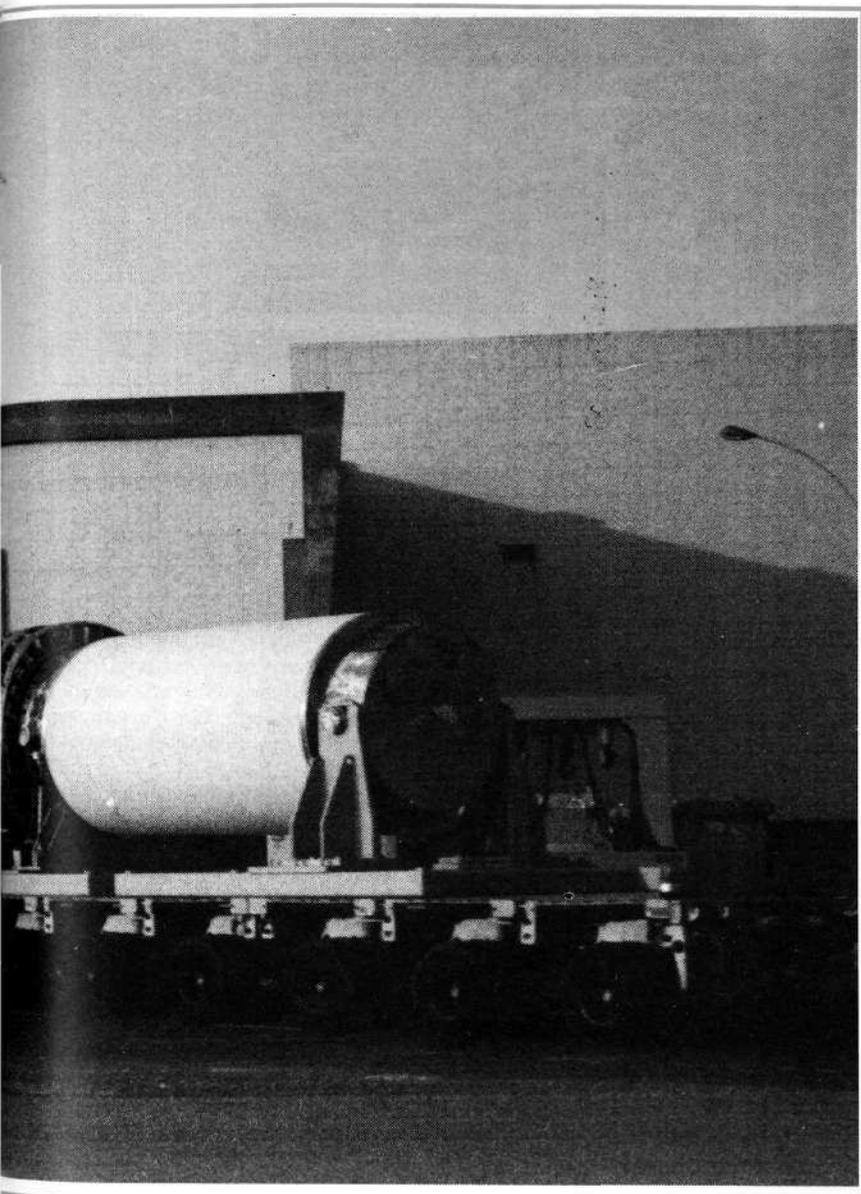
Arrivée d'un château devant le HAO.

Il faut dire en effet que très tôt la France s'est lancée dans le retraitement et contrairement à d'autres pays, n'a jamais depuis lors relâché son effort. Après une première installation pilote démarrée à Chatillon en 1952, le CEA a successivement mis en service l'Usine UP 1 à Marcoule en 1958, l'Atelier Pilote de Marcoule en 1962, l'Usine UP 2 à La Hague en 1966, l'Atelier AT 1 à La Hague en 1969, l'Atelier HAO à La Hague en 1976. En outre elle entreprend actuellement l'étude et la construction de nouvelles installations de grande capacité (1600 T/an) : UP 2 800 et UP 3 à La Hague pour

le traitement des combustibles eau légère et à Marcoule TOR et PURR pour le traitement des combustibles des surgénérateurs afin de faire face aux besoins du programme électronucléaire d'EDF dans les années 90.

Quels sont, grâce à cet effort de recherche et d'équipement très important, les résultats obtenus à ce jour en France ?

Sans même parler des campagnes de retraitement de combustibles de réacteurs de recherches ou expérimentaux, Marcoule a jusqu'à présent traité plusieurs milliers de tonnes de combustibles des réacteurs



UNGG plutonigènes, tandis que pour La Hague les programmes réalisés à ce jour ont porté sur plus de 3 500 T de combustibles UNGG des réacteurs EDF, 255 T de combustibles Eau Légère (PWR et BWR) provenant d'une dizaine de centrales européennes et plus de 2 tonnes de combustibles du cœur du réacteur Phénix.

L'expérience technique et technologique correspondante est considérable et en tout état de cause apparaît aujourd'hui comme la plus diversifiée jamais acquise au plan industriel dans aucun pays, en ce domaine.

Les résultats en matière de sécurité ont-ils été à la hauteur des satisfactions techniques et technologiques ?

Oui et très largement. Prenons l'exemple de l'Usine de la Hague : dans le domaine de la dosimétrie des travailleurs, les doses moyennes qui n'ont jamais à aucun moment dépassé le 1/10 de la dose maximale admissible (DMA) de 5000 m Rem/an, décroissent depuis maintenant 5 ans régulièrement, malgré l'augmentation

des taux d'irradiation des combustibles traités, et atteignent à ce jour 250 m Rem/an soit le 1/20 de la DMA.

En outre, sur le plan des accidents du travail, les statistiques nationales situent La Hague nettement en dessous des statistiques de l'activité industrielle la plus sûre, à savoir l'industrie du vêtement.

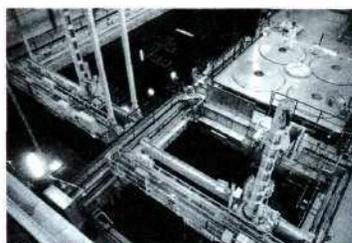
Par ailleurs en ce qui concerne les rejets dans l'environnement ceux-ci sont toujours restés très inférieurs aux autorisations fixées par le Ministère de la Santé et les autorités de sûreté et aucune modification significative de l'équilibre radiologique naturel de l'environnement de La Hague n'a jamais été enregistré ni dans l'atmosphère, ni sur terre ni dans le milieu marin. Avant de conclure, il faut enfin signaler que sur le plan économique, le coût des opérations de transports des combustibles irradiés, de retraitement et de stockage des déchets, représentent globalement environ le quart du coût du cycle des combustibles nucléaires, soit moins de 10 % du coût du Kwh nucléaire.

Après ce bref survol autour de quelques aspects de l'industrie de retraitement, on comprend difficilement pourquoi cette opération a pu successivement connaître "l'anonymat" d'hier, puis "l'indignité" d'aujourd'hui en attendant peut-être de connaître les "excès d'honneur" de demain. En fait, indispensable à la mise en œuvre et au développement des surgénérateurs qui permettront d'accroître considérablement le potentiel de nos réserves en Uranium, le retraitement a été, est et restera toujours une opération techniquement délicate en raison des problèmes posés par la très haute radioactivité des produits manipulés.

Mais, dès lors que le procédé, désormais bien maîtrisé, a été convenablement mis en œuvre, que la sûreté des installations a été scrupuleusement étudiée, que les réglementations en matière de sécurité sont rigoureusement appliquées, et que les contrôles internationaux sont correctement exécutés, cette opération présente moins de nuisances, pour les travailleurs, et pour les populations vivant alentour que la plupart des opérations industrielles classiques et pas plus de risques vis-à-vis de la prolifération nucléaire que le "non retraitement" préconisé par certains pays : l'expérience et les résultats enregistrés à ce jour, en France en général et à La Hague en particulier, sont là pour en témoigner.



**RAFFINAGE  
DE L'URANIUM**



**RECEPTION  
ET STOCKAGE  
DES ELEMENTS  
COMBUSTIBLES**



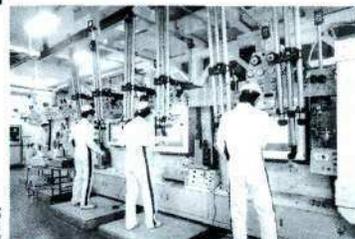
**TRAITEMENT DES EFFLUENTS  
DE REACTEURS**



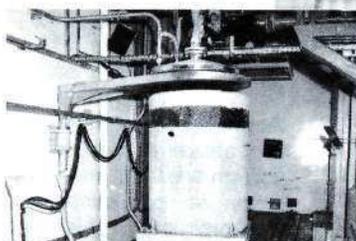
**RETRAITEMENT**



**BITUMAGE**



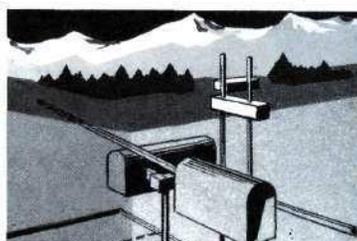
**LABORATOIRES  
CHAUDS**



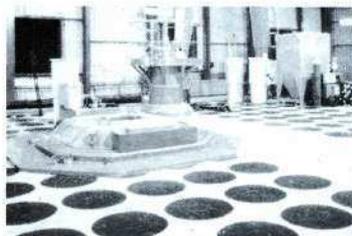
**BETONNAGE**



**VITRIFICATION**



**STOCKAGE A LONG TERME**



**STOCKAGE A MOYEN TERME**



# **LE CYCLE DU COMBUSTIBLE EST NOTRE DOMAINE**

## **génie nucléaire**

SGN : B.P. N° 30 • 78184 SAINT-QUENTIN YVELINES CEDEX  
TELEPHONE : 33 (1) 043-99-32 • TELEX : SGN 698.316 F

# La gestion industrielle à long terme des déchets radioactifs

par J.M. LAVIE  
Directeur de l'Agence Nationale pour la Gestion  
des Déchets Radioactifs (ANDRA)

## I - Les dimensions du problème

Toute activité humaine, qu'elle quelle soit, s'accompagne de production de déchets ; il en est de même de la production d'énergie nucléaire. La gestion à long terme des déchets radioactifs suscite des craintes dans le public, alors que, paradoxalement, leur faible volume relatif et la fiabilité des techniques de gestion disponibles par rapport aux déchets d'autres sources d'énergie suffiraient eux seuls à justifier le choix du nucléaire pour assurer la protection de l'environnement humain.

Il suffit de quelques chiffres pour s'en convaincre : la France produit environ 1 000 000 de tonnes de déchets de toutes natures par jour alors que le volume cumulé de l'ensemble des déchets radioactifs engendrés par les centrales électronucléaires jusqu'en l'an 2000 sera inférieur à 1 000 000 de m<sup>3</sup>, dont 2 000 m<sup>3</sup> de déchets vitrifiés de haute activité. La seule épuration des eaux usées produit par an et par habitant 700 kg de boues qui constituent un danger pour l'environnement et dont l'évacuation est très onéreuse. Ces 700 kg de boues par an et par habitant sont à comparer au litre de déchets radioactifs et aux quelques grammes de déchets vitrifiés produits par an et par habitant entièrement alimenté en électricité nucléaire.

## II - L'agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

Quoi qu'il en soit, le développement du programme électronucléaire français a incité les Pouvoirs Publics à intensifier l'effort en matière de gestion des déchets et à mettre en place une structure industrielle adaptée. C'est le rôle de l'Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs

(ANDRA) créée au sein du CEA par Arrêté Interministériel en date du 7 novembre 1979. Les missions de l'ANDRA sont, pour l'essentiel, de concevoir, d'implanter et de réaliser les centres de stockage à long terme de déchets radioactifs et d'assurer la gestion de ces centres.

Les structures mises en place traduisent la volonté des Pouvoirs Publics :

— d'une part de voir appliquer à la gestion des déchets radioactifs les développements les plus récents de la Science et de la Technique : c'est le rôle du Conseil Scientifique et Technique de l'ANDRA, présidé par le Haut-Commissaire à l'Énergie Atomique,

— d'autre part, d'associer à la gestion des déchets des personnalités de premier plan et les divers organismes à l'origine des déchets : c'est l'objet du Comité de Gestion de l'ANDRA, présidé par l'Administrateur Général du CEA.

La mission confiée à l'ANDRA est une mission à long terme : la protection de l'Homme doit être assurée aujourd'hui et demain, mais ce souci doit s'accompagner nécessairement du respect du milieu et du désir de ménager la possibilité d'exploitation future des ressources naturelles.

La période de certains radioéléments dépasse et de loin la durée de la vie humaine ; aussi est-il impératif d'en assurer le confinement dans des conditions telles que les nuisances qui pourraient en résulter ne dépassent pas pour les générations futures ce que nous acceptons nous-mêmes.

Ainsi, la nécessité de mettre en œuvre des méthodes de stockage et de confinement garantissant cette condition d'acceptabilité pour des durées très longues a-t-elle inspirée les Pouvoirs Publics dans leur décision de séparer les activités de réglementation et de contrôle et de confier les opérations industrielles de gestion à long terme des déchets à un véritable service public. La

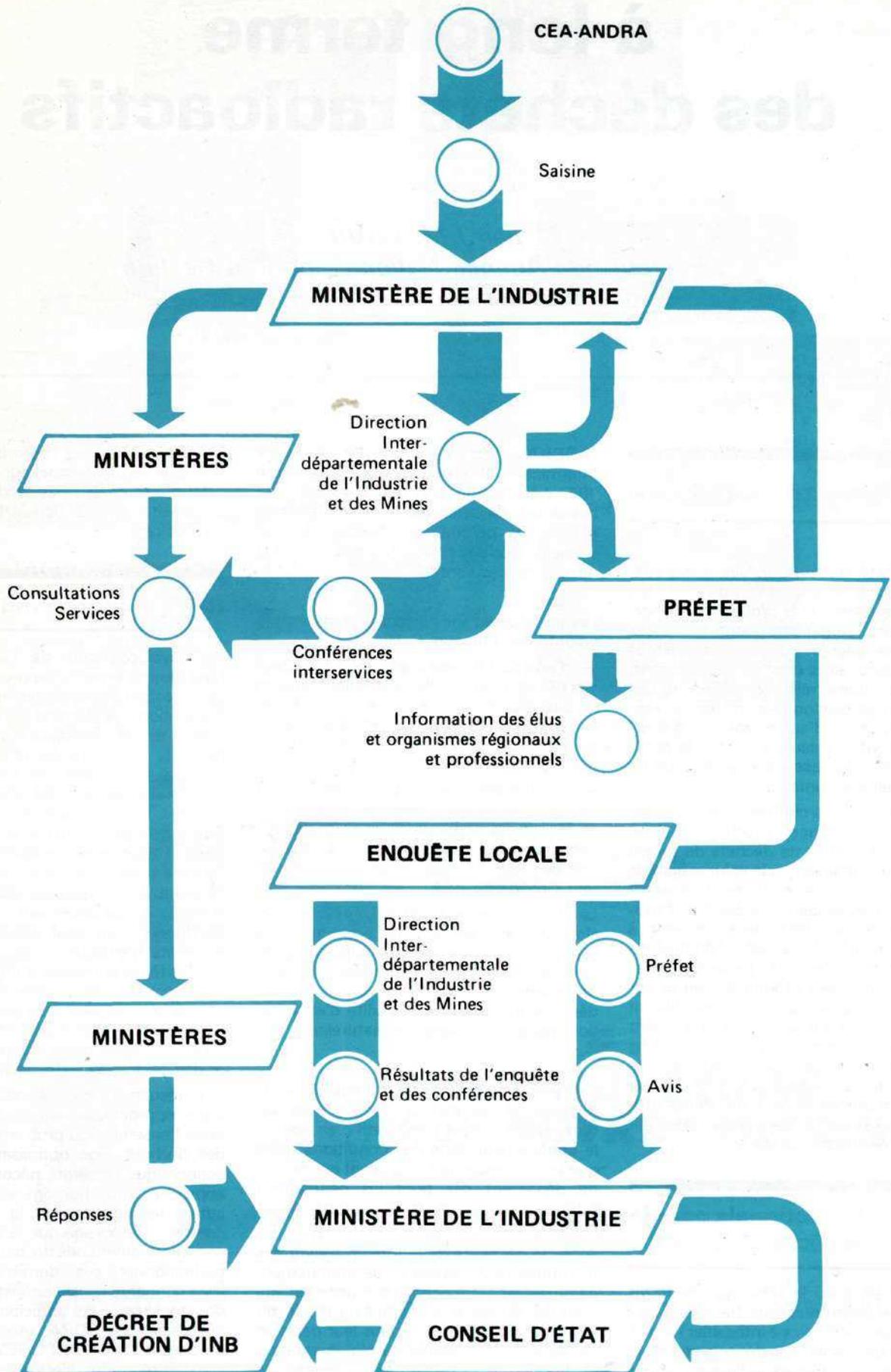
procédure relative à l'autorisation de création d'un centre de stockage est identique à celle d'une Installation Nucléaire de base, ce qu'est d'ailleurs, depuis 1963, un centre de stockage.

## III - L'approche industrielle

Le développement de l'électronucléaire rend plus qu'urgente l'approche industrielle de la gestion à long terme, appelée souvent évacuation des déchets qui, avec le traitement et le conditionnement de ces déchets, y compris les effluents, composent les deux volets de l'ensemble de la gestion des déchets. En effet, il est apparu très vite, dès le lancement des programmes électronucléaires, que si le coût de l'évacuation stricto sensu n'était qu'une fraction de l'ordre de 10 à 20 % du coût total de l'ensemble de la gestion des déchets (traitement, conditionnement + évacuation), ce dernier coût était directement lié aux concepts d'évacuation envisagés, d'où la nécessité de connaître d'urgence ces concepts pour concevoir plus efficacement et plus économiquement la gestion en amont (traitement + conditionnement), en particulier au niveau des usines de retraitement et des centrales électronucléaires.

Il en résulte donc la nécessité et l'urgence d'une approche industrielle optimisée couvrant l'ensemble du problème de la gestion des déchets. Son optimisation aux plans économique et sûreté nécessite que cette approche soit homogène et concerne autant les concepts et la recherche des centres de stockage que le traitement et le conditionnement des déchets. Il est vain de perfectionner ces dernières techniques sans connaître les caractéristiques des sites de stockage. Une anticipation est donc nécessaire. L'ANDRA, objet de questions précises d'EDF et de COGEMA, auxquelles elle doit répondre, s'efforce donc d'harmoniser l'évacuation et la gestion amont des déchets de toutes natures. Son approche

**SCHEMA DE LA PROCEDURE RELATIVE A L'AUTORISATION  
DE CREATION D'INSTALLATION NUCLEAIRE DE BASE**



industrielle s'inscrit dans une politique cohérente d'intégration optimisée de tous les différents facteurs intervenant dans la gestion au sens large des déchets, depuis leur toute première origine jusqu'au site de stockage à long terme.

#### IV - Les déchets radioactifs

En première approximation, ils peuvent être classés en trois grandes catégories :

- les déchets de faible et moyenne activité (FMA), constitués pour l'essentiel de radioéléments à vie courte. Ils représentent 99 % du volume des déchets radioactifs, mais renferment moins de 1 % de la radioactivité totale de ces déchets. Leur production annuelle, actuellement de l'ordre de 20 000 m<sup>3</sup> par an, soit moins d'un demi-litre par habitant en France, atteindra 70 000 m<sup>3</sup> en l'an 2000. 10 % environ de ce volume est constitué par les déchets provenant de l'utilisation des radioéléments dans les hôpitaux, la recherche et l'industrie,

- les déchets contenant notablement des émetteurs à vie longue tels que le radium et le plutonium, dont la production annuelle, de l'ordre de quelques centaines de m<sup>3</sup> actuellement, atteindra quelques milliers de m<sup>3</sup> en l'an 2000,

- enfin, les déchets vitrifiés ou déchets de très haute activité, renfermant des émetteurs à vie longue et des radioéléments très actifs. Ils proviennent essentiellement des usines de retraitement du combustible nucléaire. Leur production cumulée jusqu'en l'an 2000 sera inférieure à 2000 m<sup>3</sup>. Ils contiennent 99 % de la radioactivité engendrée par l'électronucléaire.

A ces volumes, il convient d'ajouter ceux provenant du démantèlement futur des centrales nucléaires ou des installations nucléaires.

#### V - Leur gestion industrielle

Les problèmes posés par la gestion industrielle à long terme des déchets radioactifs ne diffèrent pas de ceux posés par la gestion de tous les autres déchets régis par la loi sur l'élimination des déchets de juillet 1975, avec deux avantages notables cependant pour les déchets radioactifs : leur décroissance radioactive et la référence à la radioactivité naturelle que peuvent envier nombre de déchets chimiques toxiques entièrement nouveaux sur la terre.

Les règles de base en matière de gestion à long terme sont de protéger l'Homme d'aujourd'hui et de demain, de préserver son environnement et ses ressources et de limiter la charge des générations futures.

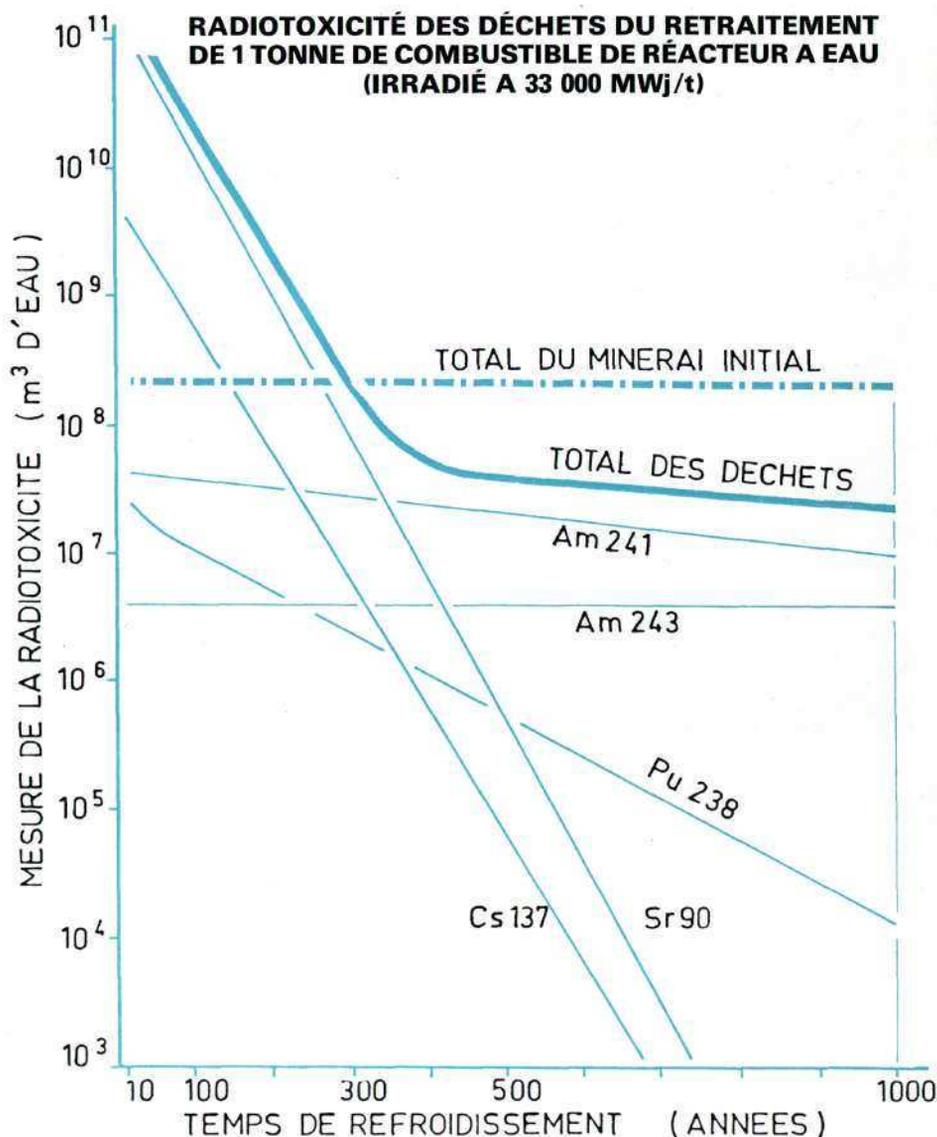
Ce qui se traduit au plan **prévention** par une limitation au strict minimum de la production des déchets, par leur tri et leur réduction de volume **au plan protection** par l'interposition de barrières entre l'environnement et ces déchets.

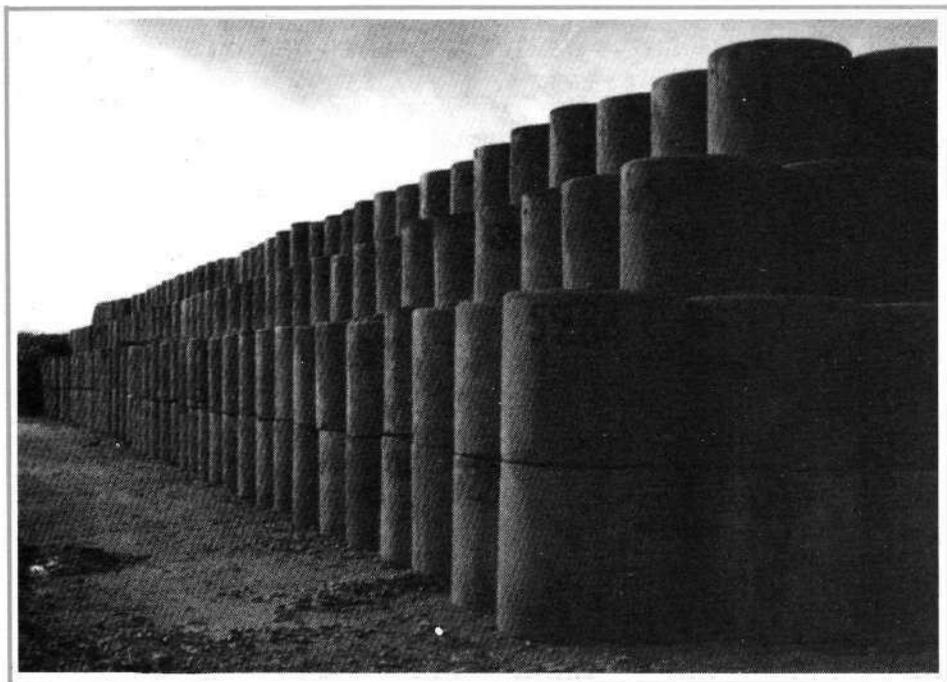
Fig. n° 2

### PRÉVISIONS DE LIVRAISON DES DÉCHETS

	1980	1992	1995	2000
FMA	20 000	50 000	65 000	70 000
	20 000	500 000	650 000	900 000
ALPH A	270	2 000	3 000	3 000
	270	9 000	18 000	35 000
VERRES	0	380	175	190
	0	380	850	1 650

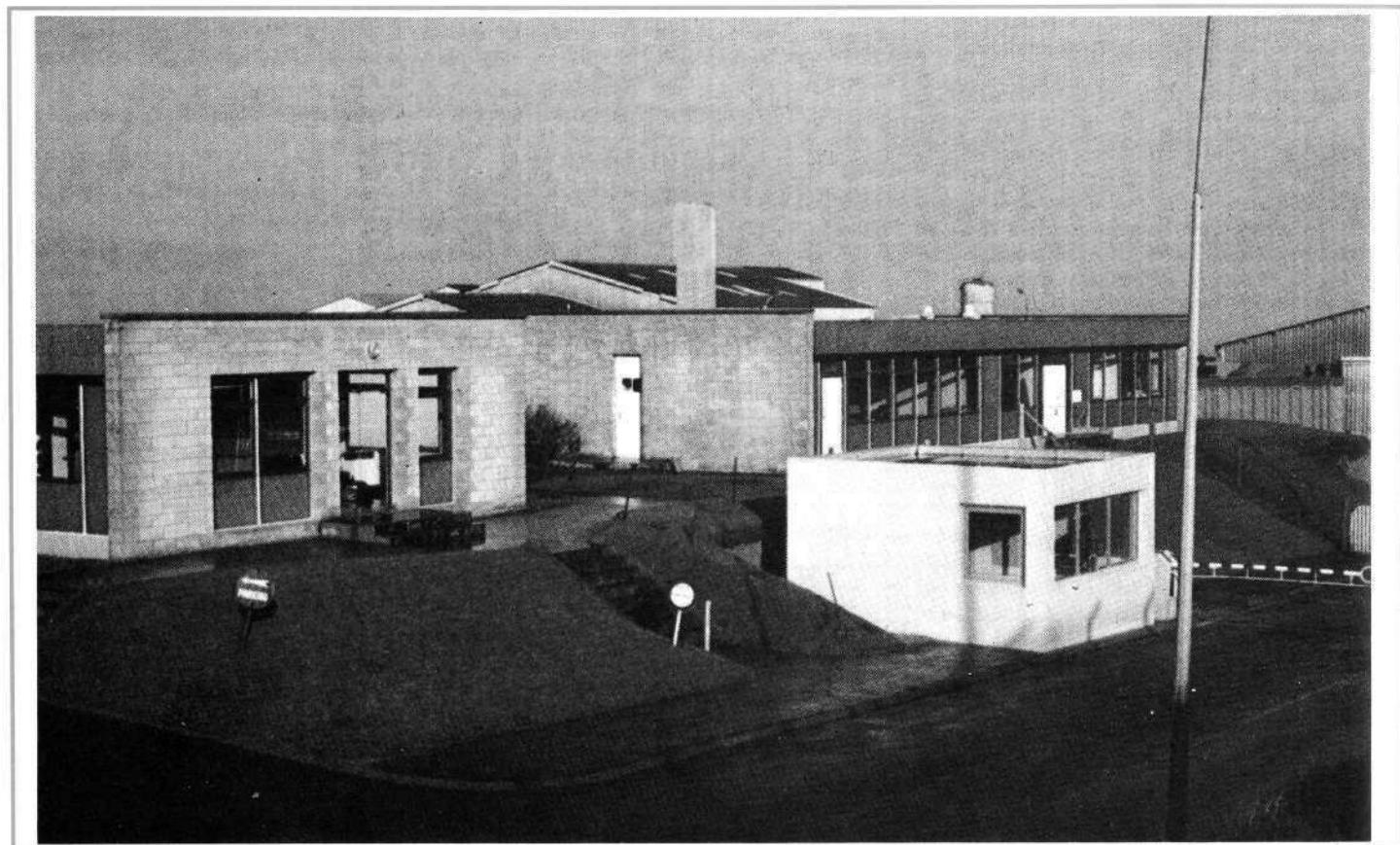
LIVRAISONS ANNUELLES  ET CUMULEES  en m<sup>3</sup>.





*Stockage sur aire de conteneurs en béton au Centre de Stockage de la Manche. Les vides intersticiels entre conteneurs sont comblés par un liant au fur et à mesure de leur mise en place. Puis les conteneurs sont recouverts d'une couche imperméable d'argile et d'une seconde couche de terre plantée de genêts.*

*A Saint-Priest-La-Prugne, un stockage analogue sera conçu «hors d'eau», et «hors gel». Il sera réalisé pour, ne porter aucune atteinte à l'homme et à son environnement et, s'intégrer dans le paysage.*



*Poste de réception et de contrôle des «des colis» au Centre de Stockage de la Manche. Les déchets sont conditionnés sur les sites mêmes où ils sont produits. Ils y sont enrobés d'une masse solide (ciment, bitume, résine) elle-même enfermée dans un conteneur. Les «colis» qui seront livrés au Centre de Stockage de Saint-Priest ne contiendront que des déchets de faible et moyenne activité.*

Aux plans pratique et industriel, après traitement éventuel des effluents, les déchets sont le plus souvent insolubilisés puis enrobés dans une matrice (ciment, bitume, résines, verres), puis conditionnés dans un conteneur avant d'être évacués.

Les déchets de faible et moyenne activité sont stockés en surface ou à très faible profondeur (tranchées bétonnées), puis recou-

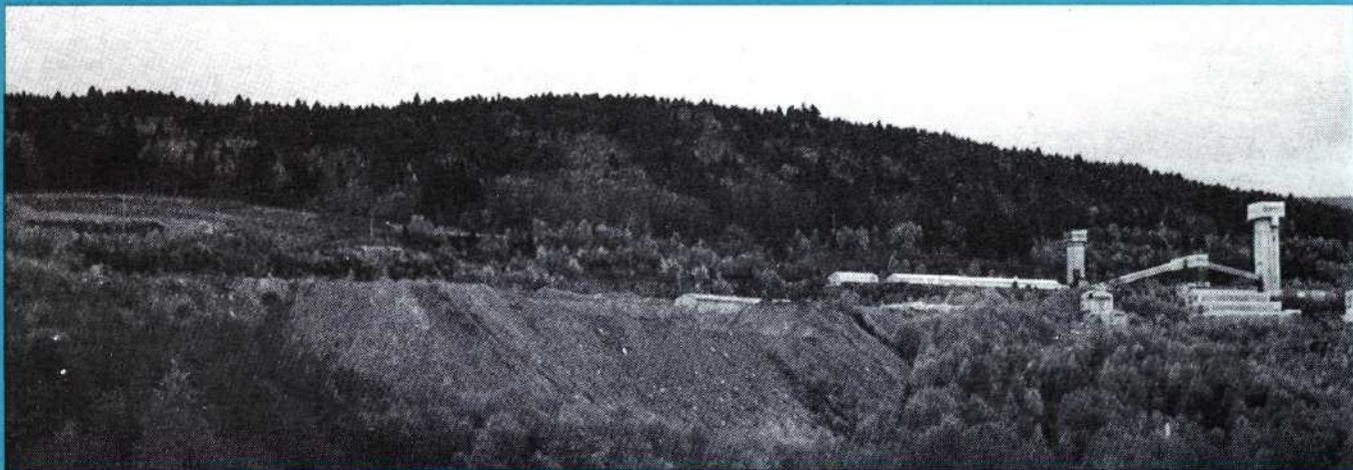
verts d'argile et de terre végétale, au Centre de Stockage de la MANCHE (CSM) créé le 19.06.1969 et géré par l'ANDRA. Les autres pays européens évacuent leurs déchets de faible et moyenne activité par immersion dans l'Atlantique, sous le contrôle de l'O.C.D.E.

Les déchets renfermant des radioéléments à vie longue sont, soit entreposés provisoi-

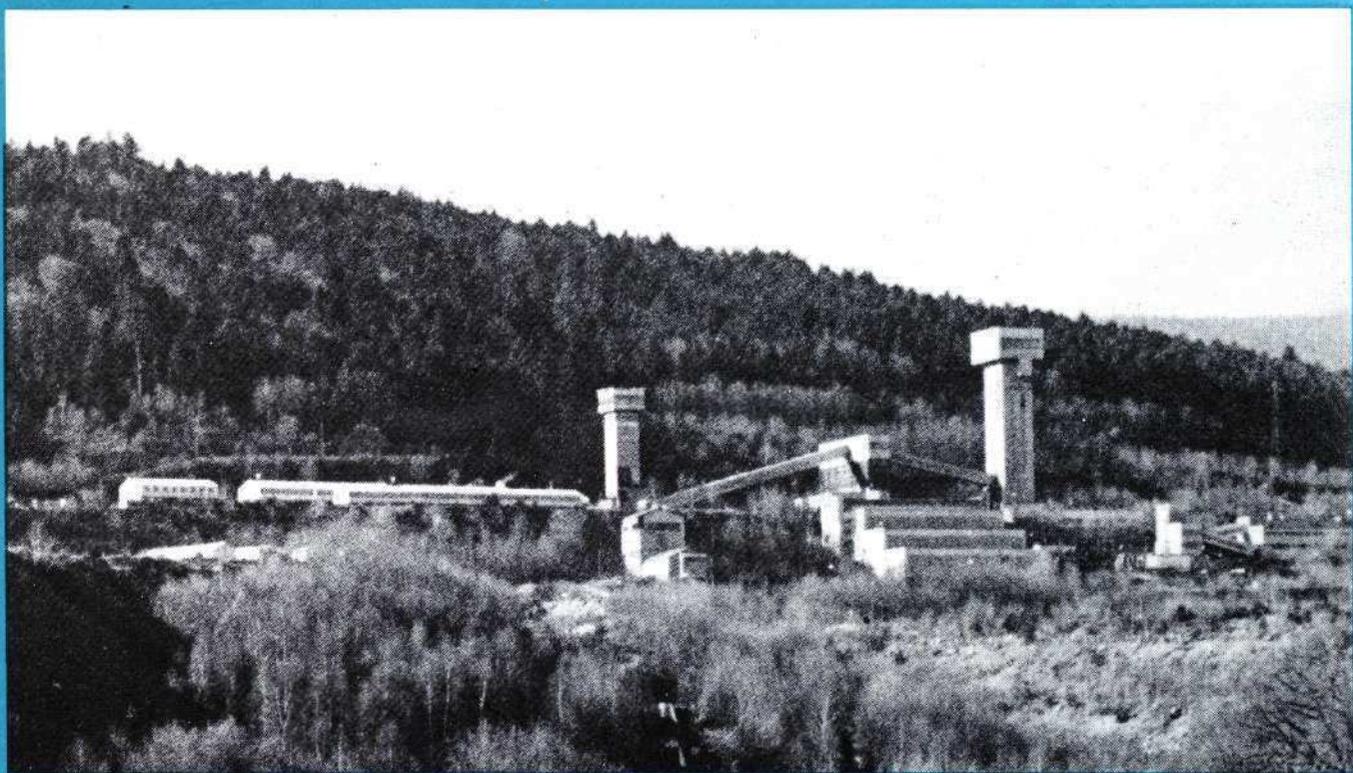
rement en surface sur les lieux de production, soit au Centre de Stockage de la MANCHE. Ils seront, dans les années à venir, stockés à moyenne profondeur dans des sites terrestres.

Quant aux déchets vitrifiés, entreposés provisoirement en surface sur les lieux de production, l'ANDRA poursuit activement les études en vue de déterminer le mode de





*Parement nord de la carrière sur lequel sera effectué le stockage. Ne seront stockés à Saint-Priest-la-Prugne que des déchets de faible et moyenne activité.*



*Vue des installations de la mine de Saint-Priest-la-Prugne. Au premier plan des bâtiments, l'atelier de préparation des minerais qui abritera certaines installations auxiliaires du Centre de Stockage.*

stockage le plus adéquat, tant au plan sûreté qu'au plan économie, dans la formation géologique la plus adaptée et à une profondeur convenable.

## VI - Les moyens actuels

L'ANDRA dispose au Centre de Stockage de la MANCHE d'une superficie d'environ 12 hectares, d'une capacité capable de recevoir et de stocker en surface environ 300 000 m<sup>3</sup> de déchets de faible et moyenne activité dont 120 000 m<sup>3</sup> environ sont déjà utilisés. A la cadence de livraison croissante de 20 000 m<sup>3</sup> par an, le CSM serait saturé en 1985-86, alors qu'il apparaît souhaitable de réserver la capacité restante pour accueillir les déchets en provenance de l'Établissement contigu de la COGEMA et des centrales électronucléaires voisines. La création d'un second centre de stockage des déchets de faible et moyenne activité, capable d'accueillir plusieurs centaines de milliers de m<sup>3</sup>, s'impose donc à très brève échéance, si possible dans le Centre ou le Sud-Est de la France.

C'est pourquoi le Gouvernement a décidé, en même temps que la création de l'ANDRA, l'ouverture d'un deuxième centre de stockage. Le site des Bois Noirs dans le Forez a été retenu et le projet rendu public à l'automne de 1979. La demande d'autorisation de création a été déposée le 30 mars dernier. L'ouverture est programmée, sous réserve de l'obtention de l'autorisation de création, pour début 1983. L'enquête locale, ouverte le 19 mai dernier, a été close sans incident notable le 13 juin.

La capacité de ce centre de stockage, bien que limitée dans une première phase environ 200 à 300 000 m<sup>3</sup> de stockage en surface, phase à laquelle se limite la demande d'autorisation, pourrait probablement, sous réserve d'études géologiques et hydrogéologiques approfondies, être considérablement étendue par le creusement de galeries.

## VII - Le coût de leur évacuation

Quel est le coût de l'évacuation des déchets radioactifs ? Peut-il mettre en péril

la rentabilité de l'électronucléaire ? Les conclusions convergentes des études économiques effectuées nous rassurent ; ce coût ne dépasse pas quelques % du prix de revient du KWH nucléaire. Ce faible et rassurant pourcentage ne doit pas cependant masquer qu'en valeur absolue, en raison de la part prépondérante de l'électronucléaire dans la production future d'énergie, il conduit, appliqué au coût de la production cumulée d'énergie jusqu'en l'an 2000, à des sommes très importantes de l'ordre de plusieurs milliard de francs. De plus, les dépenses d'évacuation ne représentent qu'une partie du coût total de la gestion des déchets (traitement + conditionnement + évacuation), ce qui dévoile l'ampleur et l'urgence de développer des concepts d'évacuation dont dépendent directement la conception et le coût de la gestion amont.

## VIII - Le financement des activités de l'ANDRA

Le financement des activités de l'ANDRA, service public, est assuré de la manière suivante par les producteurs de déchets :

— les frais d'exploitation des centres de stockage et de fonctionnement de l'ANDRA sont directement facturés aux organismes qui livrent les déchets,

— les investissements spécifiques, c'est-à-dire ceux concernant le stockage de déchets très particuliers, à propriétaires précisément identifiés, sont préfinancés par ces derniers,

— enfin, les autres investissements, dits investissements communs sont financés par des emprunts, dont le service est couvert annuellement par les organismes à l'origine des déchets dans le cadre des contacts de prise en charge de leurs déchets.

Il va de soi qu'avec la croissance du développement de l'électronucléaire, le coût de l'évacuation des déchets radioactifs sera très rapidement adossé à celui du prix de revient du KWH ce qui milite dans le futur pour une solution de type taxe pour assurer ce financement.

A titre d'ordre de grandeur, le budget 1980 de l'ANDRA est de 70 MF dont 40 MF d'investissements, le budget de 1981 sera de 120

MF dont 80 MF d'investissements. Quant au plan quinquenal, il prévoit un montant de dépenses de l'ordre de 700 MF dont 400 MF d'investissements sur la période 1980-1984.

## IX - La structure industrielle

L'ANDRA, structure légère, (environ une vingtaine de personnes), centrant son activité sur un rôle de gestionnaire à haut niveau dans une optique d'optimisation au plan économie et sûreté, confié, sous son contrôle, à un opérateur la gestion de ses centres de stockage.

L'opérateur de l'ANDRA sera, à partir du 1<sup>er</sup> janvier prochain la Société Industrielle de Stockage et d'Assainissement (SISA) regroupant le CEA (34 %), ECOVOL (32 %), EMC (34 %).

Par ailleurs, outre son opérateur SISA, l'ANDRA fait appel aux unités opérationnelles du Commissariat à l'Énergie Atomique, en particulier à l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, à la Division de Chimie, à la Division de Métallurgie ; la Division de Chimie a créé à cette fin un bureau d'études de conditionnement et de confinement. L'ANDRA fait également appel à des organismes extérieurs comme le BRGM ainsi qu'à différents bureaux d'études ou sociétés industrielles.

## X - Conclusion

Cette brève esquisse du cadre dans lequel s'inscrit la gestion industrielle à long terme des déchets radioactifs permet de mieux cerner ses dimensions industrielles et économiques, sans oublier ses dimensions politiques. En particulier, et dès à présent, l'ANDRA doit s'efforcer de convaincre le public que la mise en place de ces moyens industriels, reposant sur des techniques de gestion étudiées et développées depuis le tout début de l'ère nucléaire, permet et permettra de résoudre le problème de l'évacuation des déchets radioactifs dans des conditions de sécurité rivalisant largement avec celles de l'évacuation de tous les autres déchets industriels.

# L'ETOILE DE MER OU pour une politique maritime française intégrée

par B. JACOB

## 1 - Préambule

Tel est le titre de la thèse collective rédigée par quinze jeunes fonctionnaires et cadres des entreprises publiques, membres de la "Mission 79" de la Fondation Nationale des Entreprises Publiques (FNEP), et à laquelle j'ai eu l'occasion de participer. L'intérêt porté à un certain nombre de thèmes abordés dans le cadre du vaste sujet proposé (la Mer), par nos camarades, m'incite à présenter les idées essentielles exposées dans ce travail (1), en soulignant quelques aspects particuliers.

Notre mission consista à réfléchir et recueillir des informations sur les démarches et les actions menées par différents pays dans le domaine des activités économiques liées à la Mer (USA, Grande-Bretagne, Norvège, Espagne, Mexique, Japon, Corée du Sud, Indonésie), afin de les confronter et d'en dégager des propositions concrètes pour la France.

## 2 - Introduction

La France, avec un domaine maritime de 10,2 millions de km<sup>2</sup> (y compris les DOM-TOM), peut devenir une réelle puissance maritime à travers cinq enjeux à composante maritime : la défense, l'énergie et les ressources minérales, l'alimentation, le commerce et l'aménagement.

La Mer n'est pas un problème en soi (dont la gestion pourrait être confiée à un Ministère spécifique...) mais un domaine d'activités de plus en plus diversifiées prolongeant d'autres activités terrestres. C'est pourquoi nous avons proposé le schéma de l'"Étoile de Mer", illustrant comment la recherche, moteur des nouvelles activités, devrait éclairer les différents décideurs locaux, nationaux et internationaux pour la définition d'actions rationnelles dans chacune des cinq branches, et sa partie maritime en particulier.

## 3 - La défense

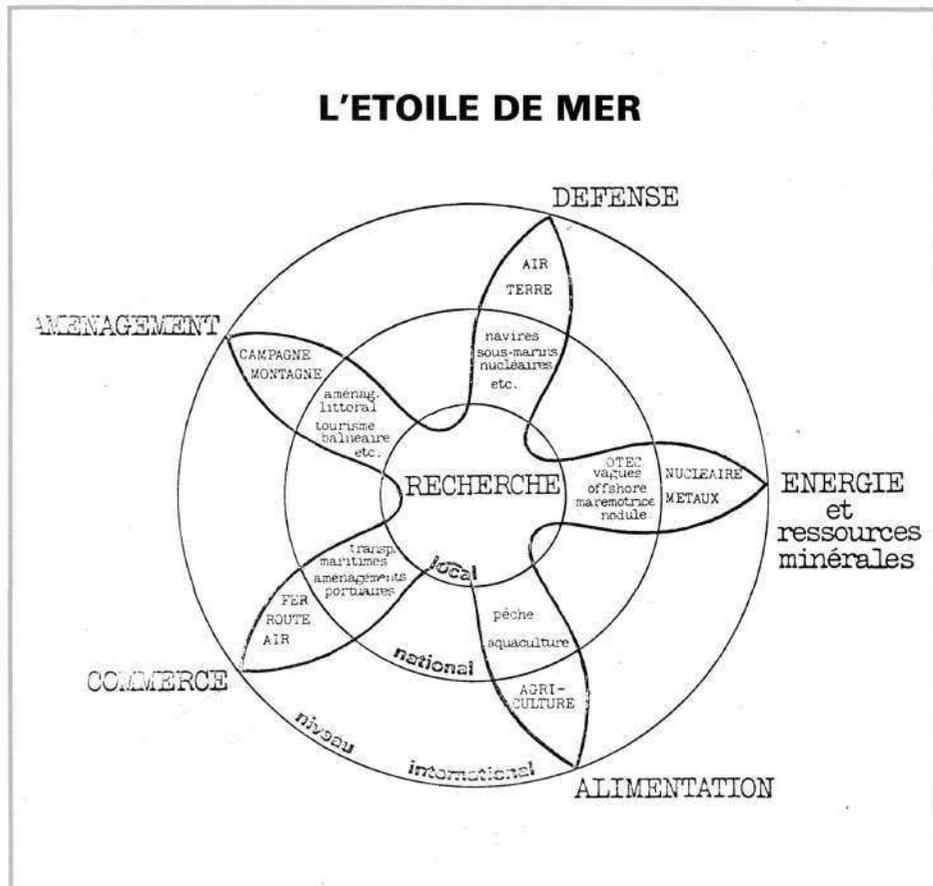
Une politique de défense, vitale pour tout État, notamment en période de tension géopolitique généralisée, intègre une dimension maritime capitale dans la mesure où la mer est encore un espace essentiellement international et un milieu hostile méconnu, donc d'importance stratégique accrue : en témoigne l'acharnement croissant des grandes puissances à y cacher et y détecter des sous-marins de mieux en mieux armés, ou à contrôler les routes d'approvisionnement et les zones névralgiques (menaces sur le détroit d'Ormuz...)

## 4 - Le pétrole off shore et les ressources minérales et énergétiques

A côté de cette "bataille navale" planétaire d'ores et déjà engagée, se livre une autre compétition non moins vitale - l'accession aux sources d'énergie et aux ressources minérales -, dont l'aspect maritime est loin d'être négligeable.

### a) Le pétrole off shore

Chacun s'accorde à prédire encore de longues heures de gloire à l'"or noir" dont



(1) Publié dans le n° 10 de la revue "Pangloss" 1980, par la FNEP, 137, rue de l'Université 75007 PARIS.

l'approvisionnement devient pourtant de plus en plus problématique. Les réserves off shore, qui constituent déjà une grande part de la production (Mer du Nord, Golfe du Mexique, Golfe Persique, Golfe de Guinée, Indonésie) sont aussi les moins exploitées. Les compagnies françaises, très concurrencées par les géants internationaux sur les champs traditionnels, ont acquis une technologie de pointe dans le domaine de l'off shore difficile ou profond, qui leur a permis de participer avec succès à l'exploration et l'exploitation en Mer du Nord par exemple, en coopération avec la Norvège.

Devant les risques croissants d'origines politiques pesant sur les sources traditionnelles (Sahara, Moyen-Orient) et l'aggravement du déficit des échanges avec les gros producteurs, les espoirs français se situent dans cet off shore difficile où nos compagnies ont tout intérêt à intensifier leurs efforts de recherche. Elles contribueront ainsi à limiter notre déficit commercial pétrolier grâce aux "contrats de compensation implicite" (mise en œuvre d'équipements et de services français coûteux compensatoires) et accéderont à des champs nouveaux moins concurrencés dans des zones plus diversifiées et plus stables. Elle pourraient ainsi produire et contrôler d'ici 20 ans, la moitié de notre consommation.

Cette proportion pourrait même être doublée par une politique ambitieuse d'investissements à haut niveau de risque, encouragée par un "État-Caution" (et non pas un "État-Payeur" !), assurant des capitaux privés extra-pétroliers dans ce domaine, à moyen ou long terme, et modulant beaucoup plus l'actuelle P.R.G. (1) en fonction des risques et des objectifs : cf. par exemple, la politique canadienne d'exploration en zone arctique.

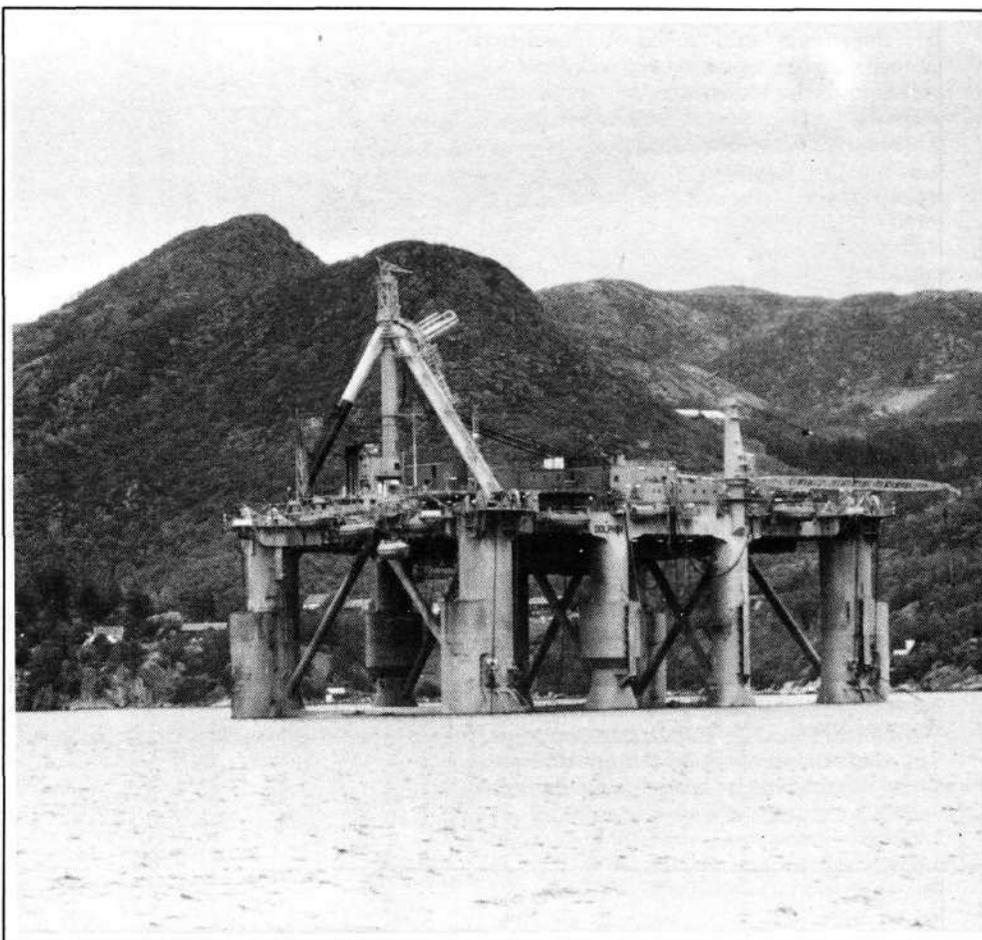
Dans cette optique, paradoxalement, l'aggravement fort probable de la crise pétrolière, amenuiserait la probabilité du recours à cette caution !

## b) Les autres énergies

La solution au problème énergétique français passe vraisemblablement par une diversification et une décentralisation de la production. Gaspiller, c'est puiser inconsidérément et aveuglément dans les stocks non renouvelables d'uranium, de pétrole, de charbon... ; une gestion rationnelle à long terme impose de rendre opérationnelles le plus grand nombre de sources d'énergie renouvelables. La mer offre ainsi plusieurs voies : énergie marémotrice, énergie des vagues, énergie thermique des océans. La France, seule à posséder une expérience "en vraie grandeur" de la première (usine de la Rance), devrait pouvoir exporter cette technologie vers certains pays intéressés : Corée du Sud (où se manifeste déjà une concurrence canadienne), Argentine, Brésil, etc...

(1) Provision pour Reconstitution de Gisement : abattement fiscal sur les bénéfices des compagnies françaises, favorisant la recherche et l'exploration.

(2) Zone Économique Exclusive.



Construction d'une plate-forme pétrolière dans un fjord (Stavanger/Norvège).

Différents procédés concernant l'énergie des vagues sont actuellement en cours d'expérimentation en Grande-Bretagne et au Japon, sur lesquels de sérieux espoirs sont fondés. Enfin, si la production d'énergie, au stade industriel, à partir des gradients thermiques marins semble encore lointaine, cela pourrait éventuellement répondre aux besoins limités de régions insulaires localisées, notamment dans les DOM-TOM.

## c) les ressources minérales

signalons tout d'abord à propos des fameux nodules polymétalliques, que si nous sommes aujourd'hui aptes à développer des moyens "expérimentaux" de collecte, l'ampleur des investissements à mettre en œuvre pour le passage à la production industrielle et la relative sûreté de nos approvisionnements actuels en métaux, ne semblent pas autoriser la France à se lancer, seule, comme les USA, dans cette voie. Par contre l'idée d'un consortium européen nous permettrait au moins de participer activement aux évolutions futures.

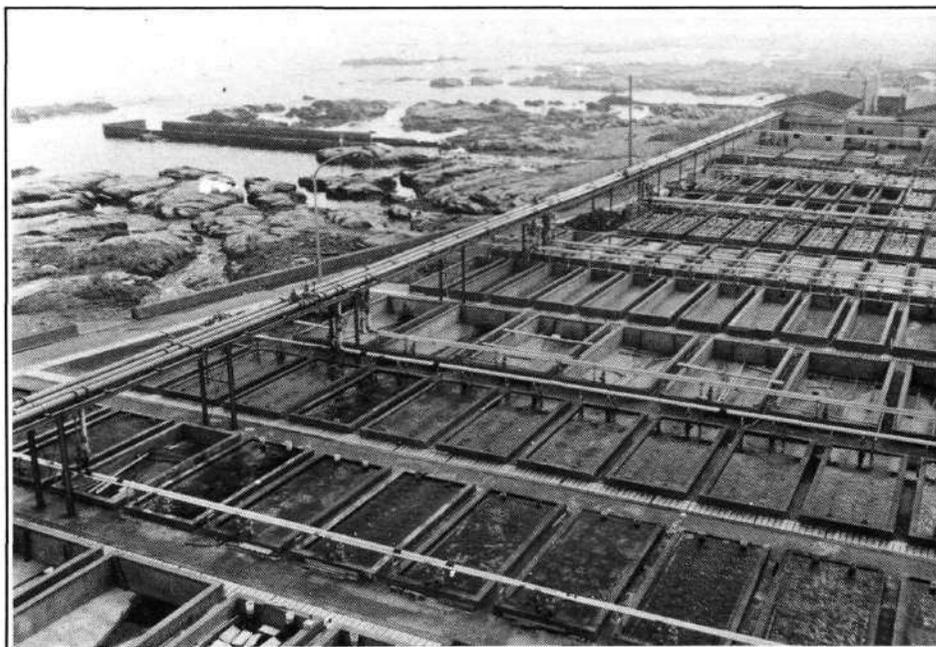
Les autres exploitations minérales marines (étain en Indonésie...) restent actuellement encore très localisées, mais il ne faudrait pas pour autant que les industriels français soient trop timorés en ce domaine, où Allemands et Hollandais semblent plus entreprenants.

## 5 - L'alimentation

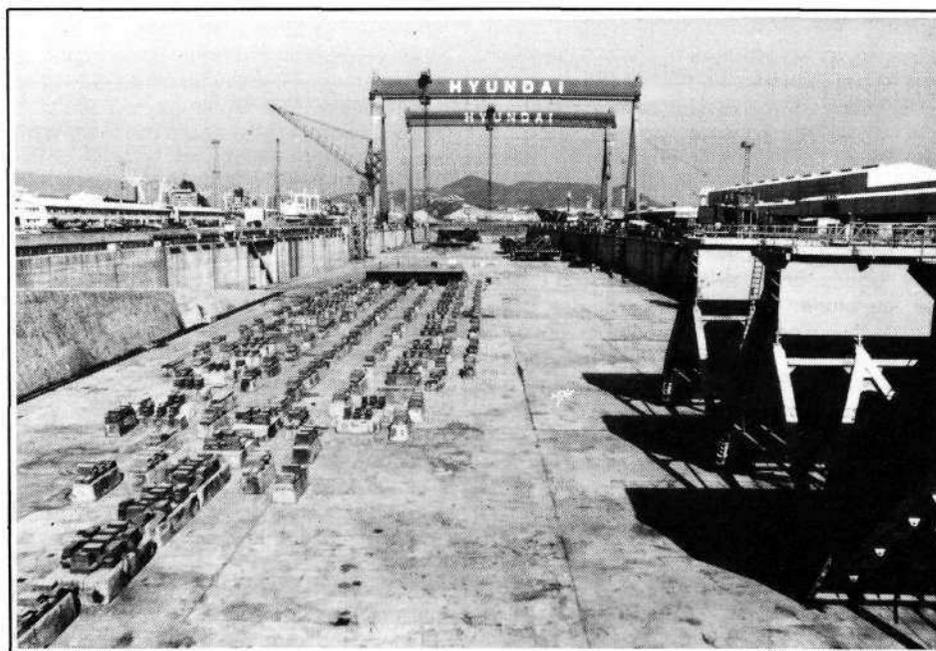
La mer contribue largement à l'alimentation

mondiale et fournit près de 80 % des protéines animales au Japon ou en Corée. Une importante réorganisation des zones de pêche traditionnelles s'opère à l'heure actuelle, à la suite de la création des ZEE (2) de 200 miles et du développement des campagnes de pêche lointaines et de longue durée. La France a accès à deux zones bien distinctes : d'une part, les eaux de la CEE devenues communautaires, proches mais où certaines espèces usuellement consommées menacent de s'épuiser et où la concurrence étrangère s'accroît de jour en jour, d'autre part le domaine maritime des DOM-TOM, très largement sous exploité ou abandonné aux pêcheurs étrangers (russe, japonais et coréens), sous prétexte qu'il ne correspond pas au marché national... et dans le même temps, nous importons de plus en plus de poissons !

Devant le développement de marchés d'exportation (USA, JAPON...) et l'évolution des habitudes alimentaires occidentales (largement sous estimée dans les projections) au profit des produits de la mer, l'avenir de la pêche française réside dans l'essor des DOM-TOM (bases de pêche en Guyane et Nouvelle Calédonie) tournée vers les marchés étrangers d'une part et la création de grandes "industries alimentaires de la mer" (analogues aux industries agroalimentaires), intégrant recherche, production, transformation et distribution de produits encore peu exploités (comme le "poutassou" de la Mer du Nord). Une présentation soignée des produits et une publicité adéquate favoriseront aussi l'évolution de la demande. Enfin le tourisme



Les Japonais ont entrepris une véritable politique de repeuplement de leurs zones de pêche côtières, basée sur une aquaculture au stade industriel. (Installations aquacoles de Chiba, dans le nord de la baie de Tokyo).



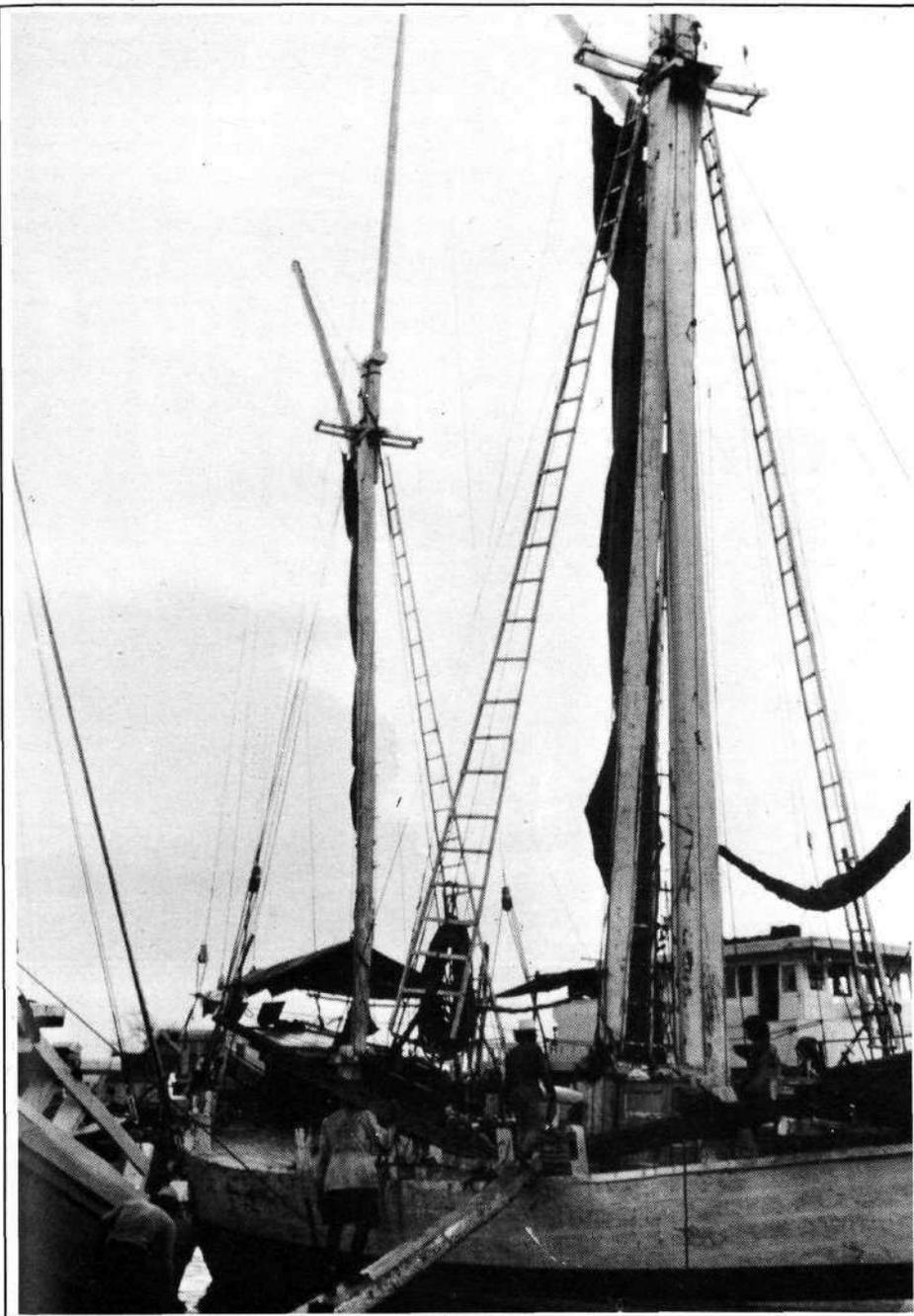
La Corée du Sud est devenue l'un des leaders de la construction navale dans le monde, grâce à une productivité permettant des délais de livraison et de réparation extrêmement brefs. La crise a toutefois conduit les grands chantiers, comme ceux de Hyundai à Ulsan, à réviser leurs prévisions : cette cale sèche prévue pour la réalisation de pétroliers géants de 1 million de tonnes sert actuellement pour 5 navires simultanément !

côtier offre un marché à la pêche artisanale, moteur de l'activité locale pour beaucoup de villages du littoral.

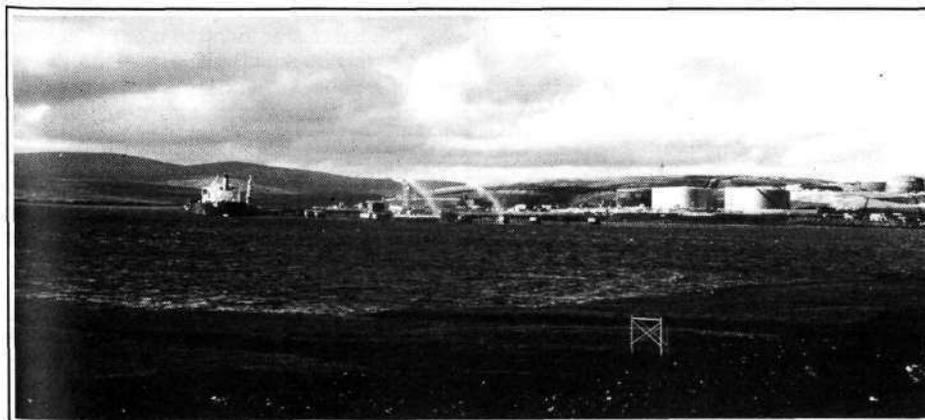
Parallèlement, l'aquaculture, souvent méconnue ou négligée en France, fournit pourtant 10 % du tonnage de la pêche (comme au Japon !) et a bénéficié d'importants progrès scientifiques réalisés par l'ISTPM. Essentiellement spécialisée dans la production de mollusques, beaucoup plus facile à contrôler que celle des espèces plus complexes (saumon, turbot), elle pourrait être encore développée tant pour le marché intérieur que pour l'exportation (de produits et de technologies), grâce à un effort d'intéressement des investisseurs privés, dans les DOM-TOM notamment, et une assistance aux aquaculteurs métropolitains, issue d'un financement local prélevé sur d'autres activités et passant par un système de coopératives.

## 6 - Le commerce et la construction navale

Quelle que soit l'ampleur de la crise économique actuelle ou future, ainsi que l'évolution des technologies, la plus grande part du tonnage commercial transporté à travers le monde continuera de se faire par voie maritime, notamment en ce qui concerne les approvisionnements énergétiques et de matières premières. C'est dire l'importance stratégique attachée par chaque nation développée à produire et gérer au moins une partie de la flotte commerciale dont elle dépend, et l'acharnement à maintenir à tous prix des chantiers navals très concurrentiels (Corée, Brésil, Espagne, Yougoslavie). Face aux difficultés croissantes de la construction navale (même le Japon est fortement touché par le fléchissement de la demande), diverses solutions permettent de préserver ce secteur vital. Aux USA le gouvernement subventionne à 50 % les coûts de constructions réalisées par les industries privées, tant pour les bâtiments civils que militaires. Le Japon, très développé en ce secteur (44 % de la production mondiale en 1977), a réalisé très rapidement, dès le début de la crise, ses commandes, maintenant ainsi des tarifs très bas ; actuellement, devant la chute des demandes, les groupes industriels prennent l'initiative de reconversions majeures (grosse chaudronnerie, structures flottantes...). Enfin, la Grande-Bretagne a décidé d'opérer un important rajeunissement de sa flotte. La France, avec une flotte commerciale jeune (6 ans en moyenne), et des arsenaux ayant le monopole de la construction militaire, a opté pour une politique opposée à celle du Japon : étalement des commandes dans le temps pour maintenir l'activité, au prix d'un accroissement des coûts de revient. Avec une technologie de pointe dans le domaine des méthaniers (30 % de la production mondiale) et de la propulsion nucléaire par exemple, les chantiers français peuvent espérer conserver un marché dans la construction de navires "spéciali-



Le commerce interinsulaire dans l'archipel indonésien s'effectue aujourd'hui encore en grande partie grâce aux célèbres voiliers "bugis". Mais peut-on vraiment parler d'archaïsme, à l'heure où les cargos à propulsion éolienne sont sérieusement étudiés ?



Niché au fond d'un petit fjord, le terminal pétrolier de Sullom Vu (Iles Shetland) reste relativement "discret", tout en permettant le chargement d'une partie de la production britannique de la Mer du Nord.

sés" au profit desquels les aides gouvernementales devraient être prioritaires. Et pourquoi ne pas envisager sérieusement la réalisation de bâtiments à propulsion éolienne ou mixte (vent-diesel ou centrale à huile lourde) en coopération européenne (de type Ariane) à l'heure où les technologies semblent prêtes (propulsion éolienne par cylindres) et où la rentabilité économique de ces projets serait d'ores et déjà prouvée ?

## 7 - L'aménagement

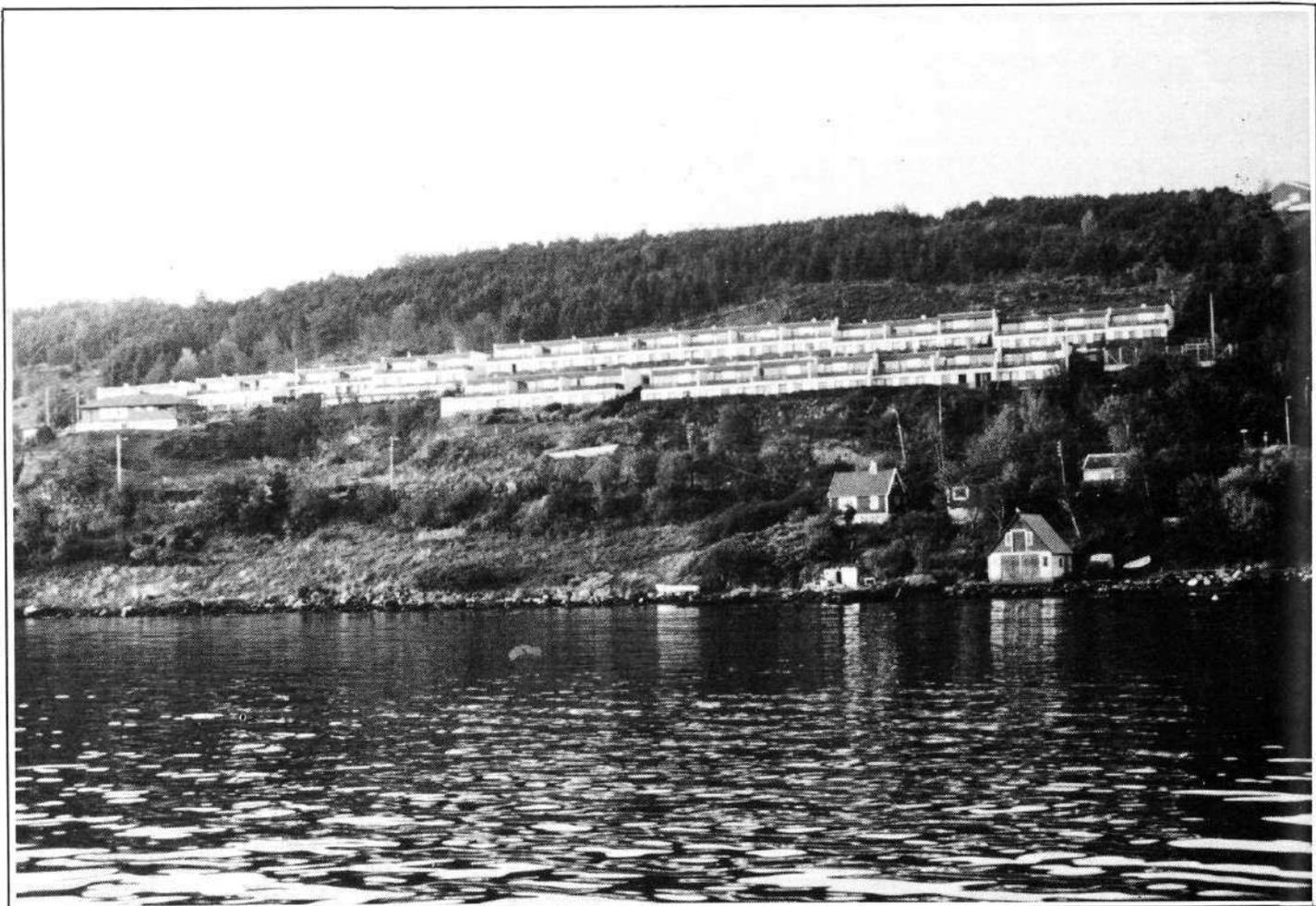
Zone privilégiée de peuplement ou d'implantation d'activités diverses, le littoral est particulièrement sensible aux agressions naturelles ou humaines telles que l'érosion, les pollutions marines (hydrocarbures, déchets minéraux ou organiques) ou terrestres (industrielles ou du tourisme), les déséquilibres des écosystèmes (réchauffement de l'eau par les centrales nucléaires, perturbation des courants ou atteintes aux lieux de séjour et de reproduction d'espèces vivantes, venant d'implantations touristiques ou industrio-portuaires), dégradation de sites naturels ou consommation incontrôlée d'espace. Pourtant, il n'est pas question de laisser "en friche" cette partie essentielle du territoire, proie facile des incendies, de l'ensablement ou de l'érosion marine. Il faut donc en définir une gestion efficace et opérationnelle en fonction d'usagers précis. Nous avons pu constater à l'étranger :

### a) Un essor maîtrisé en Norvège et en Ecosse :

où le développement des activités pétrolières en Mer du Nord a nécessité la création d'infrastructures (terminaux, ports, unités de construction et de maintenance des matériels off shore, de stockage et de raffinage). Mais si de larges zones ont été allouées à ces implantations prioritaires, les autorités locales en Ecosse et le Ministère de l'Environnement en Norvège, ont veillé à éviter tout débordement par rapport aux prévisions et se sont montrés très fermes pour limiter l'urbanisation côtière et préserver le milieu. Leur tâche paraîtra peut-être relativement aisée dans ces pays à faible densité de population, mais ils ont toutefois eu le mérite de l'entreprendre et de la mener à bien ; la situation est par contre très différente au Japon ou aux USA.

### b) La pénurie d'espace Japonaise :

a conduit à utiliser non seulement le littoral mais également certaines zones off shore dans les régions les plus denses (polder au Nord de Tokyo, structures sur pilotis ou flottantes et remblaiement à l'étude dans la baie d'Osaka et en mer intérieure) pour des réalisations urbaines ou industrielles et le stockage pétrolier notamment. La protection du patrimoine existant est l'une des priorités nationales motivant la construction d'un grand nombre d'ouvrages (digues, défenses en mer et à terre) contre les agressions particulièrement violentes des raz de marée, typhons et érosions. Ils



Tentative d'urbanisation contenue et relativement intégrée (près de Stavanger/Norvège).

sont réalisés par les Préfets sous le contrôle du Ministère de la Construction. Devant la pression extrême exercée sur le littoral, ce dernier a d'autre part réalisé un véritable "zonage" des côtes de l'archipel, en définissant les usages actuels ou futurs, posant un cadre général pour les schémas d'aménagement locaux.

#### c) 60 % de la population des États-Unis concentrée sur 20 % du territoire le long des côtes :

Après un laisser-faire qui a permis une véritable annexion du littoral par le secteur privé, encouragée par la spéculation foncière, notamment dans le sud de la Californie, entravant fortement l'accès à la Mer, une violente réaction vit le jour à partir de 1972 sous l'impulsion des puissantes associations écologistes. La "Coastal Zone Management Agency" a acquis un réel pouvoir pour la protection des côtes et de l'environnement ainsi que le contrôle des projets d'aménagement. Toujours à l'avant-garde, la Californie a vu naître la "Californian Coastal Commission", qui réglemente tous les projets dans une bande de 3 miles en mer et 5 à terre, tant sur le plan des matériaux et de la hauteur des constructions que sur le choix des sites en fonction de la nature des activités.

#### d) Le littoral français :

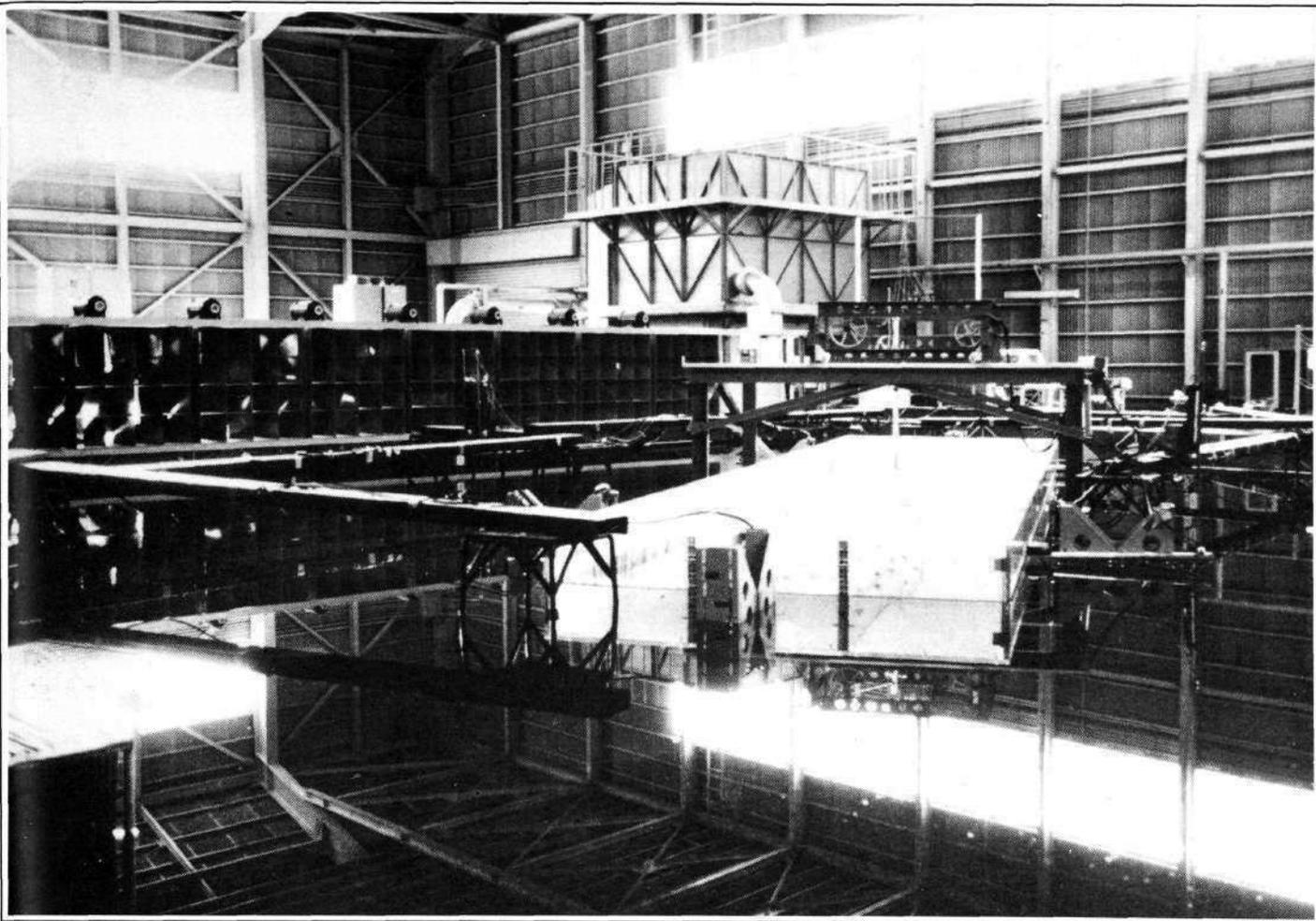
se trouve aujourd'hui dans une phase transitoire critique : 50 % des 6 000 km de côtes métropolitaines sont encore

"vierges", mais les expériences constatées sur l'autre moitié laissent penser qu'ils sont largement menacés. La pression industrielle s'est considérablement accrue au rythme de la croissance, conduisant à réaliser de grands complexes comme Fos (8 km de littoral) ; parallèlement se sont étendues l'urbanisation et les voies de communication. Enfin, l'attrait touristique du littoral a complété cette "ruée vers la mer". Sans remettre fondamentalement en question les exigences et les conséquences d'un indéniable progrès économique et social, il faut reconnaître que le bord de mer, richesse nationale "non renouvelable", a été maintes fois mis en coupe réglée ou mutilé par des concentrations industrielles particulièrement polluantes (environs de l'étang de Berre), et une urbanisation linéaire en "front de mer" doublée de voies de communications très proches et parallèles à la côte, créant des barrières aux échanges terre-mer, et une dégradation des sites (région de Cannes-Nice) ; la construction des "ZUP de loisir" dans les milliers de mètres cubes de béton desquelles migre deux ou trois mois par an la vie des grandes banlieues suburbaines et un mitage incontrôlé parsemant les flancs des collines d'innombrables "petits cubes de béton blancs" permettant à quelques-uns d'acquiescer pour un mois de l'année une vue imprenable, se sont également faits au détriment de km<sup>2</sup> de côtes !

Les prémices indispensables à toute politique de gestion rationnelle de l'espace côtier seraient une bonne connaissance

scientifique et technique du milieu, traduite en langage compréhensible par tous. A cet égard, un document sur l'aménagement côtier analogue à celui édité par le Scottish Development Department, et pouvant être réalisé à partir d'une "banque de données" des richesses littorales, constitue une base de dialogue pour la recherche des adéquations entre les potentialités et les besoins. L'inventaire entrepris par le Conservatoire du Littoral est une initiative intéressante (mais encore insuffisante) qu'il faudrait encourager et développer par une cartographie détaillée et des recherches biologiques, géographiques, sociologiques, urbanistiques, etc... auxquelles pourraient participer des organismes universitaires.

L'écueil à éviter nous semble être la monoactivité "reconvertissant" en masse les populations autochtones et conduisant à une fragilité économique extrême de ces régions : que survienne une grève des dockers à Dunkerque et tout le littoral du Nord est paralysé ; qu'un été peu clément ou une nappe d'hydrocarbure perturbe l'activité fébrile des quelques semaines de la "saison" d'une zone touristique et ce sont les revenus de toute une année qui sont taris ! La polyactivité au contraire, favorise les échanges entre les hommes de la mer et de la côte et ceux de l'intérieur, crée des emplois diversifiés et complémentaires et s'adapte aux conditions locales. Des villes comme Venise ou St-Malo sont des témoignages vivants d'un développement architectural harmonieux où activités industrielles, commerciales, culturelles et touristiques tiennent leur place dans une concep-



...Le manque d'espace au Japon, conduit à l'étude d'immenses réservoirs flottants de 700 000 t pour le stockage pétrolier, qui seraient implantés dans certaines baies de la mer intérieure.

tion globale et unitaire. Aménager le littoral ne signifie pas "bétonner" le front de mer en y alignant des ports de plaisance transformés en gigantesques parc à bateaux et des "marinas pieds dans l'eau" pratiquement mortes dix mois par an, mais plutôt le désenclaver par la création de voies d'accès perpendiculaires à la côte favorisant les échanges avec l'intérieur, et intégrer de nouvelles activités (touristiques, commerciales, aquacoles ou industrielles non polluantes) aux anciennes (pêche, agriculture...). L'urbanisation correspondante sera de type polynucléaire, créant de nouveaux villages vivants ou réactivant les anciens grâce à l'essor d'activités mieux adaptées. Une structure décisionnelle décentralisée laissant de larges initiatives aux autorités locales semble efficace pour la mise en œuvre de cette politique, que l'État devrait toutefois encourager et contrôler au niveau central, dans un respect des équilibres régionaux. Une large concertation avec les populations concernées est aussi une condition sine qua non de réussite et le développement des études d'impact (cf. étude spécifique à ce sujet) travaille dans ce sens.

## 8 - La recherche

Dans chacune des cinq branches de notre étoile de mer, et dans sa partie spécifiquement marine notamment, nous avons déjà pressenti combien l'avenir pour la France

dépendait de la découverte de solutions nouvelles et originales. Sans avoir de pétrole ou autant de poissons que la Norvège ou les USA dans notre ZEE, nous avons les moyens scientifiques, techniques et humains pour mener des recherches de pointe dans tous les domaines d'activités maritimes. Des organismes comme le CNEXO, l'ISTPM et l'ORSTOM ont déjà fait leurs preuves dans la recherche océanographique fondamentale mais il nous a semblé, en comparaison des résultats économiques obtenus aux USA ou au Japon en particulier, qu'il faudrait insister davantage sur les relations entre la recherche fondamentale et les applications d'une part, les organismes de recherches et les industries concernées d'autre part. C'est ainsi qu'industriels et universitaires japonais coopèrent étroitement, tant dans la définition des programmes de recherche que dans leur réalisation : les uns apportent des technologies et une part du financement et posent les problèmes concrets, les autres développent idées et méthodes grâce à leurs capacités scientifiques. Aux USA, le "Sea Grant Program" développé par la NOAA (1) a permis la réalisation de recherches très importantes et aussi diversifiées que sur l'océanographie, l'aquaculture, la météorologie etc..., très riches en retombées économiques grâce à un budget de 35 millions de dollars, qui ne représente pourtant qu'une faible part de celui de l'ensemble de la recherche finalisée américaine. Le secteur industriel participe lui aussi activement à cette action dont les programmes

de recherche sont en quelque sorte "mis aux enchères" entre les différents organismes de recherche chargés de trouver des compléments de financement privés.

Enfin, la politique de coopération internationale française ambitieuse et souvent "généreuse" pourrait vraisemblablement se révéler plus enrichissante aussi pour notre économie si elle s'accompagnait d'une stratégie commerciale plus accentuée permettant de tisser des liens étroits avec nos partenaires, à l'image de ceux créés par la RFA ou le Canada : l'apport plus ou moins "gracieux" de technologies ou de données scientifiques précède l'achat par les pays "aidés" des matériels pour la mise en œuvre et l'exploitation de ces techniques.

Pour terminer, nous nous permettons d'insister sur la nécessité de PROTÉGER et de SURVEILLER le milieu marin en général et les zones les plus sensibles en particulier (Méditerranée, côtes bretonnes et normandes) et nous pensons que cette surveillance capitale devrait incomber, comme c'est le cas aux États-Unis avec les Coast Guard, à une force unique, indépendante et efficace : un corpstel que la Gendarmerie Nationale avec une section maritime très renforcée serait assurément apte à assurer la "gendarmerie de la mer" tant au niveau du sauvetage, du respect des règles de circulation et de la répression des trafics divers que du contrôle des navires.

(1) National Oceanic Atmosphere Administration

# réalisations dans les D.D.E.

Direction Départementale de l'Équipement de Moselle

## DÉVIATION DE LA R.N. 52 ENTRE CRUSNES ET AUMETZ

La structure de la chaussée est la suivante, du bas vers le haut :

- Couche de forme en laitier de haut-fourneau 0/100 : épaisseur variable
- Couche de fondation en grave-laitier 0/31,5 : 20 cm
- Couche de base en grave-laitier 0/20 : 22 cm
- Couche de roulement en béton bitumineux 0/14 : 8 cm

### I - Présentation -

La section de la Route Nationale à deux fois deux voies, entièrement dénivelée, en cours de réalisation, entre CRUSNES et AUMETZ, fait partie des liaisons Ouest-Est, entre LONGWY et METZ d'une part, LONGWY et THIONVILLE d'autre part, la totalité de la liaison LONGWY-METZ devant être à deux fois deux voies d'ici à cinq ans.

La section en cours de construction, longue de 9,600 km, sera réalisée avec une chaussée à deux fois deux voies et comprendra trois échangeurs situés de part et d'autre, et à mi-parcours. De plus, une aire de service est prévue de part et d'autre, un peu en avant de l'extrémité Est de la section.

Le site traversé est agricole sur la majeure partie du tracé et boisé à son extrémité Ouest.

Les terrains rencontrés sont essentiellement, outre les limons, des argiles et des calcaires fracturés.

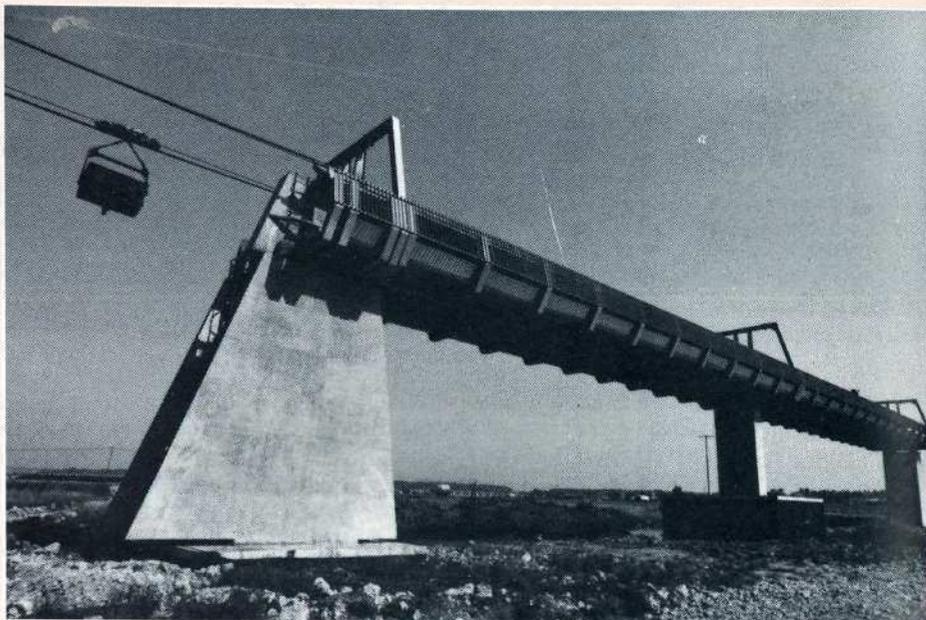
### II - Caractéristiques techniques -

La vitesse de référence retenue est de 100 km/h.

La plateforme de cette route sera constituée par deux chaussées de sept mètres de large, séparées par un terre-plein central de cinq mètres, réduit à trois mètres dans les zones de fort déblai, et bordée de part et d'autre par une bande d'arrêt d'urgence de deux mètres cinquante de largeur, et une berme engazonnée de un mètre.

Toutes les courbes en plan ont des rayons supérieurs à 425 mètres. Les rayons en point haut sont supérieurs à 6.000 mètres, et ceux en point bas, à 3.000 mètres.

Les pentes maximales atteindront 50 %.



L'ouvrage sous le transporteur à minerais.

Détail des piles vérifiables.



# réalisations dans les D.D.E.



Un ouvrage en zone d'affaissement minier.

Enfin, il a été nécessaire de construire sept ouvrages d'art, dont un ouvrage de protection contre les chutes éventuelles de benne d'un transporteur minier.

### III - Points particuliers -

Le site se caractérise par la présence d'exploitations minières en sous-sol, et donc des risques d'affaissements miniers dans certaines zones d'une part, et d'autre part, par l'existence d'une nappe importante dans les matériaux du Dogger, susceptible d'être exploitée pour l'alimentation humaine, et qu'il a fallu protéger.

Du fait du risque d'affaissements miniers, les ouvrages d'art situés au droit d'exploitations minières passées ou à venir sont constitués de travées indépendantes isostatiques. De plus, les piles sont vérifiables sur leurs appuis.

C'est notamment le cas de l'ouvrage de protection contre la chute de benne du transporteur minier, qui est constitué de deux poutres en béton précontraintes de 2,48 mètres et de 25 et 35 mètres de portée, dont la partie supérieure en encorbellement sert de support pour le câble de roulement et sous laquelle est accroché un bardage métallique destiné à retenir les bennes en cas de chutes.

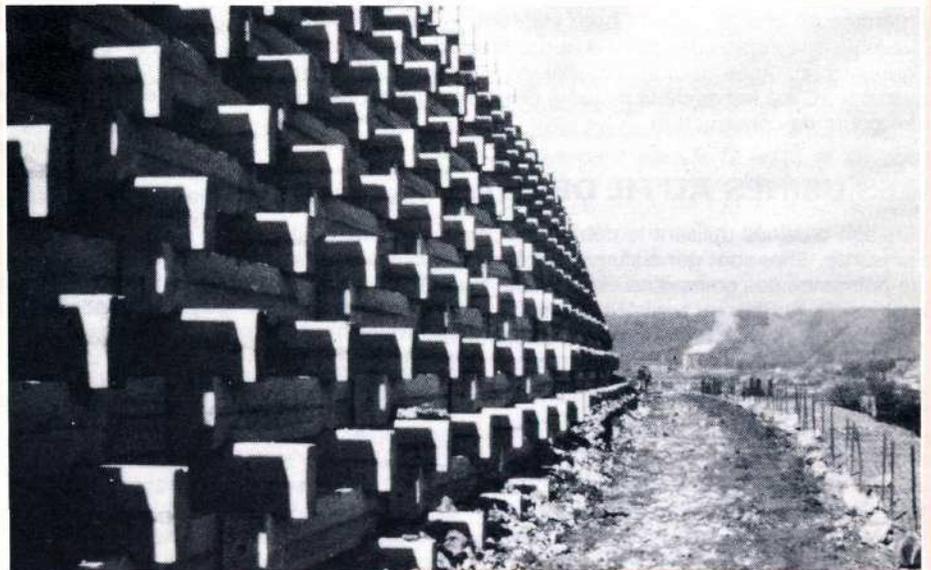
Le projet nécessitera la construction de deux importants murs de soutènement, l'un en Terre Armée sur 1.270 mètres carrés, et l'autre, selon le dispositif Peller, à savoir des poutrelles en béton montées les unes sur les autres perpendiculairement, de façon à constituer des caissons, les espa-

ces restant libres étant comblés par des matériaux de remblai, et le tout se comportant ensuite comme un mur-poids déformable.

Compte tenu de la sensibilité de la nappe du Dogger, due à la fracturation du terrain à la suite d'exploitations minières, il a été retenu de protéger la nappe en appliquant les principes suivants :

- Éviter les systèmes d'assainissement rigides susceptibles de se fracturer suite à des affaissements miniers,
- Éviter de concentrer les eaux,
- Imperméabiliser les fossés par des matériaux argileux, et les recouvrir de terre végétale engazonnée, afin de retenir au maximum les éléments lourds, et ralentir l'écoulement de l'eau,

Un mur Peller.



- Ralentir au maximum l'écoulement par la construction de seuils susceptibles par ailleurs de retenir les matières polluantes déversées éventuellement en cas d'accident.

### IV - Quelques chiffres -

Les principales quantités entrant dans l'opération sont les suivantes :

- Surfaces d'ouvrages d'art : 4.524 m<sup>2</sup>
- Bétons : 4.700 m<sup>3</sup>
- Déblais rocheux : 174.400 m<sup>3</sup>
- Déblais meubles : 924.200 m<sup>3</sup>
- Laitiers
  - pour couche de forme : 200.800 m<sup>3</sup>
- Graves-laitiers : 284.710 t.
- Enrobés, enrobés bitumineux : 46.780 t.
- Drains : 17.450 ml
- Glissières de sécurité : 18.100 ml
- Murs de soutènement : 385 ml
- Fossés étanches : 19.665 ml

Le montant de l'opération est estimé à : 126 303 000 F, en valeur 1980.

### V - Exécution -

Actuellement, seuls cinq ouvrages d'art sont terminés.

Le marché pour l'achèvement des travaux, à savoir : terrassements, assainissement, chaussées, devrait être notifié incessamment. Le délai laissé aux entreprises est de dix-huit mois, à partir de l'ordre de service prescrivant de commencer les travaux.

Cette section devrait donc être ouverte à la circulation au début de 1982.



# EDF

## ÉQUIPEMENT HYDRAULIQUE : LE SECOND SOUFFLE

Bien que la production hydraulique française ne doive pas augmenter notablement dans les années à venir, les investissements hydrauliques sont à nouveau en progression depuis 1977.

En fait, la production d'énergie électrique n'est pas la vocation première des ouvrages en cours de construction. Augmenter la production n'est plus guère possible, la plupart des sites économiquement équitables étant pourvus de centrales. En revanche, augmenter la puissance disponible est encore faisable en créant des stations de pompage ou en suréquipant des centrales déjà existantes.

C'est ainsi qu'au 1<sup>er</sup> janvier 1980, les ouvrages hydrauliques en cours de construction représentent un apport d'énergie supplémentaire de seulement 2,6 milliards de kilowatts-heures (4 % de la production hydraulique de 1979) mais un gain de puissance important de 4 600 MW, soit le quart de la puissance hydraulique installée actuelle.

### UN COMPLÉMENT DU NUCLÉAIRE

Cette puissance est particulièrement appréciable avec l'arrivée du nucléaire. Ce dernier apporte au réseau une énergie peu modulable, les centrales nucléaires étant conçues pour fonctionner en permanence à pleine puissance. Le nucléaire représente ce qu'on appelle, dans le jargon E.D.F., la "base du diagramme de charge". Cette base est surmontée par une crête variable en fonction des pointes et des creux de consommation qui est constituée par l'apport d'aménagements à production variable. C'est le cas de la majorité des ouvrages hydrauliques en cours de construction.

### LES USINES AU FIL DE L'EAU

Il s'agit d'usines utilisant le débit d'un cours d'eau tel qu'il se présente. Elles sont généralement situées en plaine et utilisent la puissance des cours d'eau sous faible hauteur de chute. Les usines sur le Rhin ou sur le Rhône en aval de GENISSIAT sont une bonne illustration de ce type de centrale.

Ces usines n'ont pratiquement pas de capacité de stockage hydraulique (1) et de ce fait toute interruption volontaire de leur

marque se traduit par une perte énergétique. Aussi sont-elles conçues pour fonctionner en permanence et ont-elles pour fonction un apport axé plus sur la production des kWh que sur la puissance disponible. La plus grande centrale française au "fil de l'eau" est celle de BOLLENE : puissance 314 MW, production annuelle 2 milliards de kWh environ.

### LES USINES D'ÉCLUSÉES ET LES USINES DE LAC

Contrairement aux usines au fil de l'eau, ces centrales sont conçues pour donner des "coups de collier". Un ou plusieurs barrages situés en amont de l'usine permettent le stockage de l'eau pendant les heures creuses pour une utilisation au moment des fortes consommations.

La distinction entre "éclusée" et "lac" porte sur la durée de remplissage des réservoirs. Comprise entre 200 et 400 h il s'agit d'éclusée, égale ou supérieure à 400 h d'usine de lac. La plus importante usine de lac française est la BATHIE-ROSELEND : 522 MW, production annuelle 1 milliard de kWh environ. Cette usine est la plus puissante mais produit moins de kWh que BOLLENE.

### LES USINES DE POMPAGE

Ces usines utilisent l'énergie de l'eau plusieurs fois. Elles comportent deux réservoirs de niveaux différents. L'eau est pompée du réservoir inférieur dans le réservoir supérieur, pendant les heures où la demande d'électricité est réduite et où le coût de production est faible et turbinée du bassin amont dans le bassin aval pour produire de l'électricité aux heures de forte consommation.

Certaines stations de pompage sont conçues pour utiliser en même temps des apports gravitaires, on les appelle alors stations de pompage mixtes.

(1) Durée de remplissage des réservoirs inférieure ou égale à 2 heures.

## Activité internationale de l'ENPC dans le domaine de la formation continue

Une réception a eu lieu à l'École le 22 octobre à l'occasion de la publication par l'E.N.P.C. de son ouvrage sur les Granulats.

Jacques TANZI a présenté l'activité de publications de formation continue de l'école et a rappelé le rôle qui revient au livre dans la diffusion des connaissances techniques.

En réponse à l'allocution de Jacques TANZI, Jean CHAPON a souligné l'importance de l'activité de formation continue menée par l'École au plan international.

Enfin Georges ARQUIE a présenté l'ouvrage sur les Granulats dont il a dirigé le comité de rédaction.

Nous publions ci-après le texte complet de l'allocution de Jean CHAPON.



J. Tanzi. (OROP)

## Présentation de l'ouvrage "GRANULATS"

Allocution de Jean CHAPON,  
Vice-Président du Conseil Général des Ponts et Chaussées

I - Mon premier propos est de m'associer à l'hommage rendu par Jacques TANZI, Directeur de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, à notre ami Georges ARQUIE et à toute l'équipe qui a élaboré cet important ouvrage sur les "granulats"; cet ouvrage constitue à la fois un important apport à la connaissance dans ce domaine et un outil précieux pour tous ceux qui conçoivent les constructions, les réalisent ou les contrôlent.

II - En présentant le travail de M. ARQUIE et de son équipe, le Directeur de l'E.N.P.C. a souligné que près de la moitié des ouvrages de formation continue édités par

l'École et l'Association était diffusée à l'étranger.

Cette ouverture sur le monde justifie d'abord que nous félicitons Jacques TANZI et ses collaborateurs. Je les félicite aussi au nom de M. Michel d'ORNANO, Ministre de l'Environnement et du Cadre de Vie et M. Daniel HOEFFEL, Ministre des Transports, car ce n'est pas seulement par la diffusion d'informations que l'E.N.P.C. exerce son activité à destination de l'étranger puisqu'en 1980, l'activité internationale représentera près de 35 % de l'ensemble des actions de formation continue de notre École. Cette activité complète de façon très

substantielle celle menée par ailleurs dans le domaine de la formation initiale où près d'un tiers des élèves sont d'origine étrangère, et en formation post-scolaire où la moitié des élèves-chercheurs viennent de pays étrangers.

Le développement des actions internationales de formation réalisées par l'École trouve son origine à la fois dans la demande croissante exprimée par les pays étrangers, et dans l'action menée en la matière, concurremment avec la D.A.E.I. et les autres directions concernées des deux Ministères, par la Direction de l'École, conformément aux instructions de M. Michel d'ORNANO, Ministre de l'Environnement et du Cadre de Vie, dans le cadre de la politique définie par le Gouvernement pour développer nos exportations et favoriser notre commerce extérieur.

III - La Direction de l'École a ainsi développé, avec le concours dynamique de notre camarade GERBALDI et de ses collaborateurs du service de la formation continue, de nombreuses actions destinées à la formation d'Ingénieurs étrangers, d'abord en France puis à l'étranger-même :

### III.1 - En France

Les actions organisées dans notre pays, qui intéressent les ingénieurs étrangers, sont de 3 types :

- **les sessions que l'on peut qualifier de "classiques"**, qui font partie des stages de formation continue de l'École, et auxquelles s'inscrivent certains ingénieurs étrangers, venant en général de pays proches, et en particulier d'Europe Occidentale et d'Afrique du Nord. Ainsi, en 1979, plus de 200 ingénieurs étrangers se sont rendus spécialement en France pour suivre une session, représentant 7 % de l'effectif total des participants.

Une mention particulière mérite d'être faite à l'important accord conclu dans ce domaine entre l'École et l'organisme algérien chargé de la formation continue dans le secteur de la construction.

Mais je formule l'espoir que cet exemple se renouvelle avec de nombreux pays, réalisant ainsi l'un des objectifs fixés avec l'organisation de véritables cours de formation continue structurés, qui couvrent des domaines d'enseignement plus vastes (tels les chaussées, les ouvrages d'art, la géotechnique ou les ports maritimes) et qui doivent justifier la venue en France pour des périodes plus longues des ingénieurs étrangers concernés.

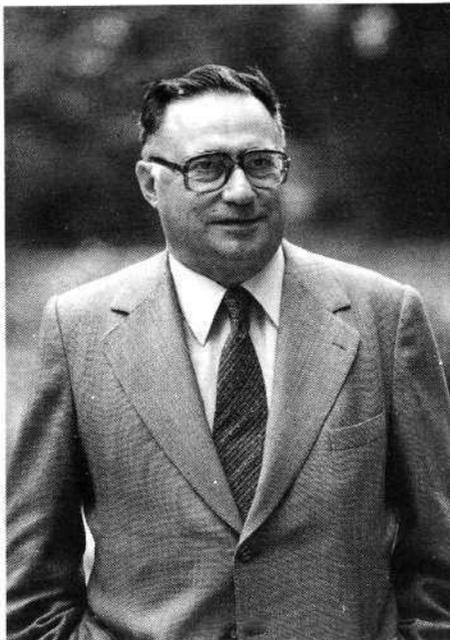
- **Les sessions "sur mesure"** spécialement organisées "à la demande" et pour les besoins particuliers de responsables étrangers : l'École a participé en 1979 à l'organisation d'un stage préparé conjointement avec l'Agence Coopération et Aménagement, sur le thème de l'urbanisme dans les pays en développement, qui a accueilli à Paris pendant 2 semaines une vingtaine de hauts responsables de différents pays.

Cette année verra la réalisation de 2 séminaires de 2 mois chacun, pour une vingtaine d'ingénieurs brésiliens, dans le domaine de l'entretien routier : Préparés en liaison étroite avec Ingéroute, ces séminaires doivent permettre de faire connaître les techniques et les organismes français aux responsables de l'administration de deux états du Brésil. Il est heureux de souligner que les stagiaires concernés avaient en la circonstance fourni un effort particulier, puisqu'ils avaient entrepris l'étude de notre langue pour suivre les cours considérés.

Je suis heureux de féliciter notre camarade Raymond SAUTERAY, Professeur à l'E.N.P.C., pour la tâche qu'il a assumée pour la mise au point de ces stages.

- **Les colloques internationaux** : Chaque année depuis 1977, l'École organise un colloque international sur un sujet où la France occupe une position privilégiée. Organisés en liaison avec le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, ces colloques ont successivement porté sur :

- l'emploi des textiles en géotechnique,
- l'utilisation des sous-produits et déchets dans le génie civil,
- le renforcement des sols : terre armée et autres techniques,
- le compactage des sols et des chaussées.



J. CHAPON.

Ils ont permis au total d'accueillir près de 1 800 participants dont plus de 1 000 étrangers qui provenaient au total de 61 pays dont certains très éloignés, comme le montre la carte que vous avez sous les yeux.

Ces colloques se déroulent en langue française et langue anglaise avec traduction simultanée, et j'ai plaisir à rappeler ici le rôle déterminant de notre camarade Georges ARQUIE, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, qui a dirigé le Comité des programmes du dernier colloque.

### III.2 - à l'étranger

La progression de l'activité dans le domaine des actions de formation menées par l'École pour les étrangers a été spectaculaire : 1 session en 1977, 2, EN 1978, 4 en 1979, et probablement 18 en 1980. Là encore, la carte qui vous est présentée aujourd'hui met en évidence la diversité géographique de l'action de l'École dans ce domaine. Ces actions sont préparées en liaison avec un organisme local d'enseignement, ou dans certains cas, un organisme de l'administration.

Parmi les actions considérées, je dois souligner :

- le cycle de 6 sessions de mécanique des sols (plus exactement de fondations) qui s'est déroulé durant le 1<sup>er</sup> semestre au Caire, en langue anglaise et qui a été dirigé par notre camarade Georges PILOT, Professeur adjoint à l'E.N.P.C.

- le séminaire qui doit se dérouler dans deux semaines à Brazzaville, sous la direction de notre camarade Jean ALIAS, Professeur à l'E.N.P.C., sur le thème des chemins de fer, qui s'adressera à l'ensemble des pays d'Afrique, tant anglophones que francophones, et sera placé sous le haut patronage de l'Union Africaine des chemins de fer.

Depuis 1977, l'École a ainsi réalisé des séminaires de ce genre au Canada, en Côte d'Ivoire, en Égypte, en Algérie, au Maroc et en Pologne. Le Liban sera le prochain nouveau pays concerné, avant la fin de cette année.

Je sais que par ailleurs, l'École a établi des contacts en vue d'organiser de telles actions dans l'avenir, en Grèce, en Tunisie, en Irak (peut-être...), aux États-Unis et même peut-être en Chine.

Consciente qu'en ce domaine, seule l'action persévérante est significative, l'École mène en la matière une action suivie puisqu'elle s'efforce dans chacun des pays considérés, d'organiser au moins une session chaque année.

Je saisis cette occasion pour rendre hommage au rôle de pionnier joué en ce domaine par Michel FREMOND, Professeur à l'E.N.P.C., qui a été à l'origine de plusieurs des actions de l'École hors de France.

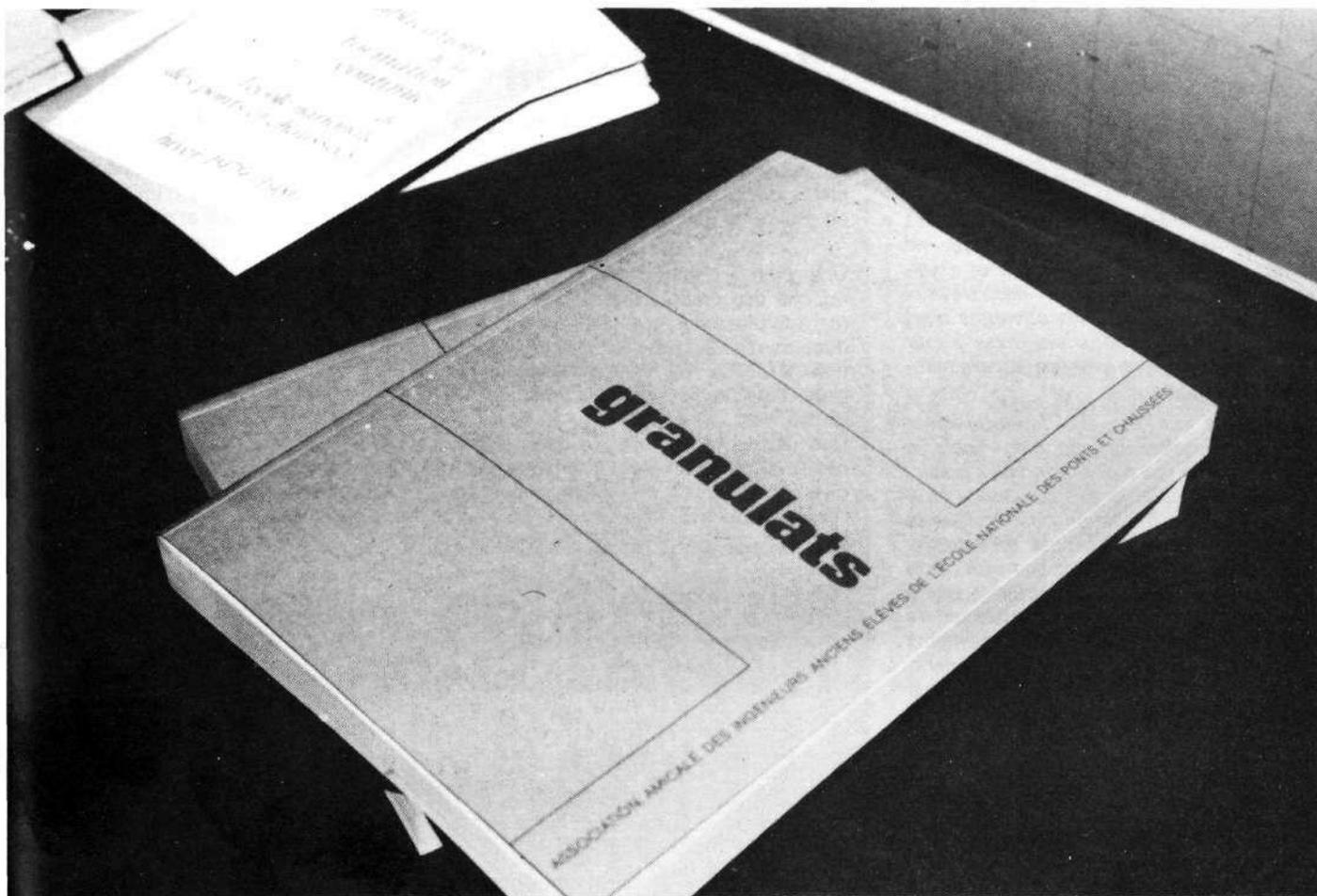
IV - Notre réunion de ce soir est l'occasion de redire combien cette action internationale menée par l'École suscite un réel intérêt, non seulement de tous les responsables de nos administrations, mais également des entreprises et bureaux d'études privés français qui s'intéressent à l'exportation ; car elle est l'un des outils permettant de mieux faire connaître à l'étranger les experts et les organismes français - notamment dans les techniques où notre avance ou notre bonne position constituent un réel atout pour notre commerce extérieur. Le rayonnement de notre enseignement contribue ainsi à l'effort d'exportation que chacun d'entre nous sait être un impératif national prioritaire.

Que M. Jacques TANZI, Directeur de l'École et son équipe de la direction, et tout le corps enseignant concourent à cette activité, maintiennent et développent leurs efforts dans cette voie ! Je leur promets de me faire leur interprète auprès de nos Ministres pour que les moyens leur en soient donnés, afin de garantir le succès de la politique entreprise.

Bien évidemment - et je suis certain que tous ceux qui sont engagés dans les actions internationales et l'exportations le comprendront aisément, la formation faite à l'étranger ou celle donnée en France à des étrangers ne peut porter ses fruits que si elle s'appuie sur une action nationale encore plus forte.

Cette action en faveur de nos propres ingénieurs est d'ailleurs une mission prioritaire pour l'École : charité bien ordonnée commence par soi-même - mais en l'espèce, ce n'est pas une maxime égoïste puisqu'elle apparaît comme la condition nécessaire de réussir l'action de formation à l'égard des étrangers.

Je n'ai nulle intention de définir ce soir la politique de formation de l'École : la Direction du Personnel y réfléchit, en liaison avec les autres directions de nos Ministères et présentera en temps utile des propositions à nos Ministres - concernant à la fois la formation initiale, la formation post-scolaire et la formation continue - en particulier en définissant les finalités de cette action - étant précisé que la formation ne saurait constituer une fin en soi. Elle doit s'inscrire dans un ensemble plus vaste — en l'espèce les politiques concernant le personnel de l'Administration, les moyens en personnels de nos entreprises et celles de coopération et d'exportation.



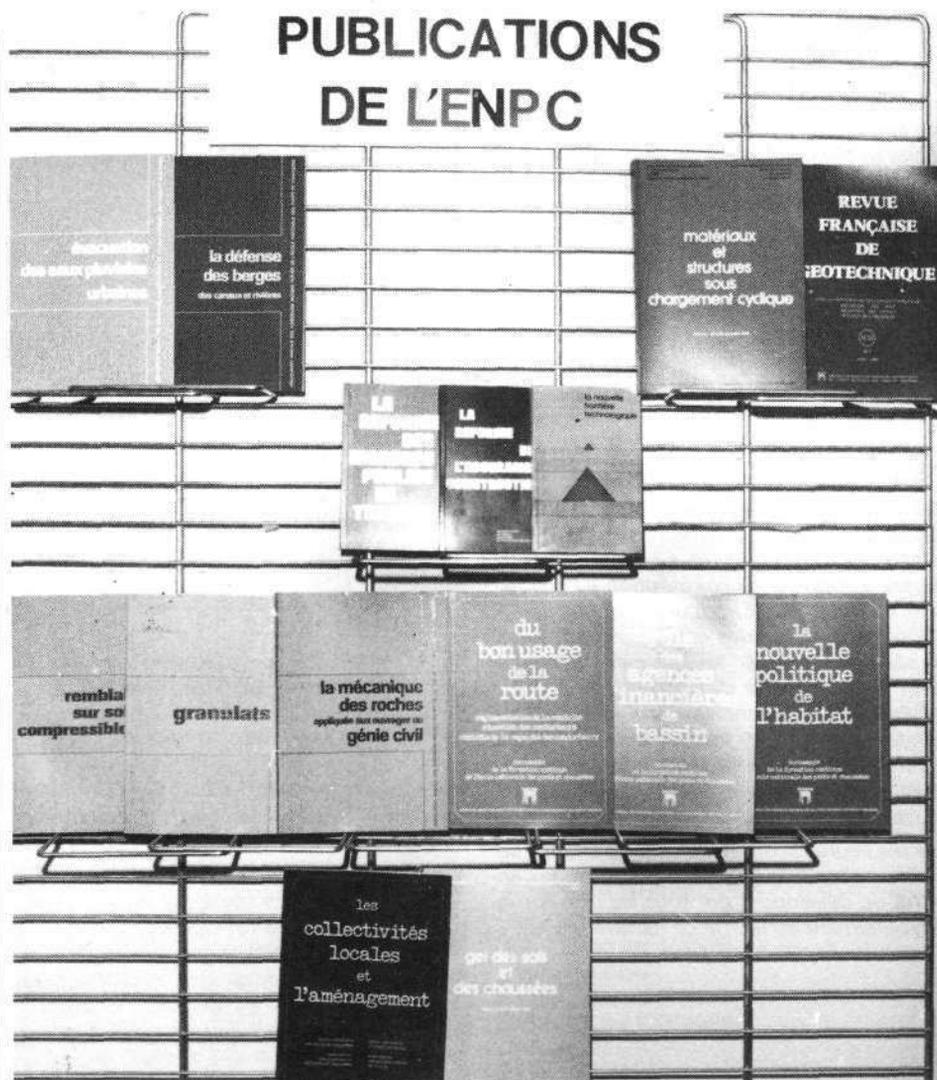
*Il appartiendra alors à l'École de mettre en œuvre cette politique de formation à l'égard des Ingénieurs du Corps ou Civils des Ponts et Chaussées et des Ingénieurs français et étrangers de niveau comparable - voire d'autres catégories de personnes de formation administrative ou architecturale qui viendraient acquérir à l'École des connaissances techniques - l'essentiel étant que l'École respecte strictement la politique arrêtée par nos Ministres, qui lui sera transmise par la voie de la Direction du Personnel.*

*Je ne suis pas inquiet du résultat : l'expérience acquise par l'École des Ponts et Chaussées est le meilleur atout de sa réussite.*

*Elle sait accueillir des Ingénieurs, d'origines, de statuts, de nationalités très diverses, et il est bon qu'en matière de formation à tous les niveaux, l'enseignement puisse être dispensé en même temps, au cours des mêmes séances, aux ingénieurs des administrations nationales et locales et à ceux du secteur privé, à des français et des étrangers ; cela permet de saisir toutes les occasions d'échanges fructueux et apprendre à mieux connaître leurs préoccupations respectives et réactions devant les mêmes problèmes.*

*L'École a largement développé son activité depuis plusieurs années, comme en témoignent les panneaux qui nous entourent.*

*Je sais que de nouveaux efforts sont déjà entrepris en la matière tant pour la structuration des enseignements que pour l'ouverture à des domaines nouveaux :*



— ainsi, au plan des disciplines enseignées, après avoir principalement traité de sujets relevant du domaine des travaux publics l'École a accordé une place croissante aux domaines de l'urbanisme et du bâtiment et s'ouvre de plus en plus largement aux questions d'Énergie et d'Environnement.

Je crois cependant devoir insister auprès des responsables de l'École pour que ne soient pas négligées les disciplines traditionnelles du bâtiment et des travaux publics - en particulier les ouvrages d'art qui requièrent une constante mise à jour des connaissances théoriques et de la technicité des Ingénieurs.

— Pour ce qui est du développement quantitatif possible de l'action de l'École, je ne me hasarde pas à des pronostics précis, mais, par exemple, je suis convaincu que, dans l'avenir, la formation post-scolaire et continue devra encore plus qu'actuellement constituer un élément "normal" de la carrière des ingénieurs concernés - jusqu'à voir généralisé le caractère obligatoire qu'elle a déjà pour certains changements de poste dans les services de l'Équipement. Une réflexion est menée dans ce sens par la Direction du Personnel pour ce qui concerne les agents de notre administration.

Pour mener à bien ces efforts tout en maintenant la qualité de l'enseignement, il faut bien évidemment que l'École dispose de moyens suffisants en hommes et au plan matériel. A défaut d'augmenter sensiblement les moyens budgétaires actuels (ce qui me paraît exclu compte tenu de la conjoncture économique), encore faut-il les maintenir et les compléter par le maximum de concours "extrabudgétaires" : les bénéficiaires directs de cette action - en particulier le secteur parapublic et les entreprises et bureaux d'études privés tournés vers l'exportation - ont déjà montré concrètement qu'ils en sont conscients et feront, j'en suis certain, les efforts nécessaires, car il y va de leur propre intérêt, bien sûr pour le moyen terme, mais également dans l'immédiat.

Ainsi, par son action de formation à tous les niveaux - à laquelle elle est d'ailleurs tenue par ses textes institutifs - notre École Nationale des Ponts et Chaussées continuera à apporter sa contribution à l'économie du pays. Notre époque exige une constante mise à jour des connaissances et les Ingénieurs français savent bien qu'il leur faut accepter cette discipline.

Mais en accueillant les étrangers et en allant s'ouvrir à eux jusque chez eux, notre École continuera à faire partager notre culture et nos connaissances par les autres pays.

La meilleure façon de garantir le succès de notre commerce extérieur n'est-elle pas en effet de développer par tous les moyens le rayonnement de la France dans le Monde ?

L'ouvrage "Granulats" n'est ni un manuel scolaire, ni un rapport présentant des recherches. C'est un ouvrage de formation continue destiné aux utilisateurs et notamment aux carriers et à tous les ingénieurs dont l'action concourt à une mise en œuvre de granulats.

Une première partie est consacrée au marché des granulats et aborde notamment la place des granulats dans la production minérale française, la consommation française par rapport aux autres pays, l'utilisation pour le bâtiment et les routes.

Une deuxième partie traite des ressources : la richesse des gisements, leur diversité, l'impact des exploitations sur l'environnement.

La partie centrale de l'ouvrage présente les propriétés des granulats, les méthodes de prospection, d'extraction, de concassage, de manutention, de reconstitution et de transport. Enfin une étude économique présente les choix d'investissement, les frais d'exploitation et de distribution et aboutit à des structures de coût. En conclusion Georges **ARQUIE**, IGPC, et son équipe où l'on relève en particulier les noms de M. **PANET** et de C. **TOURENQ**, ainsi que de plusieurs responsables de l'administration et du secteur privé tentent d'esquisser ce que pourrait être une politique des granulats.

Ainsi cet ouvrage est-il à la fois un traité d'économie, un ouvrage technique et un essai de prospective.

## Sommaire

	Préface, J. TANZI
	Introduction, G. ARQUIE
Chapitre I	La demande de granulats, J.-P. JOUBERT, G. ARQUIE
Chapitre II	L'offre de granulats — Étude de la production des granulats en France J. TOSTAIN, G. ARQUIE
Chapitre III	Le marché des granulats — Adaptations réciproques de l'offre et de la demande — Transports et flux J.-P. JOUBERT, J. TOSTAIN, G. ARQUIE
Chapitre IV	Les carrières et l'environnement, M. COLMENERO
Chapitre V	Propriétés des granulats — Essais — Spécification G. ARQUIE, M. PANET
Chapitre VI	Propriétés et prospection des roches et des granulats C. TOURENQ, L. PRIMEL
Chapitre VII	Granulats non traditionnel, L. PRIMEL, C. TOURENQ
Chapitre VIII	Présentation d'une exploitation, G. ARQUIE, C. GUIZOL, J. LASSARTESSE
Chapitre IX	Découverte, extraction, chargement, transports dans les exploitations de roches massives, E. CRESPEL
Chapitre X	Découverte, extraction, chargement, transports dans les exploitations de roches meubles, A. PRAX
Chapitre XI	Concassage et broyage, V. DUTHOIT
Chapitre XII	Criblage, A. GIROUD
Chapitre XIII	Alimentateurs et distributeurs doseurs, E.C. BLANC
Chapitre XIV	Lavage des granulats et traitement des sables J. BERTHAIL, C. ARCHIMBAUD
Chapitre XV	Dépoussiérage, R. CAMPANAC, T. DELOBELLE
Chapitre XVI	Manutention continue en cours de préparation des granulats et au-delà — Stockage et chargement — Ségrégation G. ARQUIE, M. YERNAUX
Chapitre XVII	Recomposition — Pesage — Expédition — Transports P. JACOTOT, A. MALDONADO
Chapitre XVIII	Problèmes d'ingénierie dans les installations de préparation des granulats, M. ZAGURY
Chapitre XIX	Installations temporaires de production de granulats, P. GAUD
Chapitre XX	Contrôle de qualité des granulats, A. MALDONADO
Chapitre XXI	Prix de revient des granulats, M. LEBLANC
Chapitre XXII	Politique des granulats, R. GABILLON, G. ARQUIE

# GROUPE RÉGIONAL RHONE-ALPES

Compte rendu de la réunion du 9 juillet 1980

E. BRASSART

Trente trois camarades ont participé à cette réunion organisée sous la présidence de J. CHAPON, Vice-Président du Conseil Général des Ponts et Chaussées, et de J. LECLERCQ Président de l'AIPC.

Après une courte introduction pour rappeler les idées et propositions dominantes du rapport IPC 2000, J. LECLERCQ a proposé que la discussion générale porte principalement sur le devenir des grandes missions du Corps et sur son organisation concrète.

Un premier échange avec BELLI-RIZ a porté sur la politisation de l'administration. Le phénomène est de plus en plus net, mais les auteurs du rapport IPC 2000 ont préféré le considérer comme une donnée de fait. CHAPON rappelle que la faculté pour les associations, ou les particuliers, de s'adresser directement aux Ministres correspond à une tendance politique profonde ; de là résulterait l'interventionnisme grandissant des Cabinets.

MANTE insiste d'autre part sur le risque d'émiettement des compétences des IPC face à la multiplicité croissante de leurs missions ; la dégradation technique du Corps est engagée, alors même que la formation à l'ENPC semble présenter des lacunes ; peut-on encore recréer un vivier d'ingénieurs de "pointe" et de spécialistes reconnus ? Au demeurant les méthodes d'appréciation des carrières des Directeurs départementaux de l'Équipement, l'absence de diversification des carrières (par rapport à la "carrière type" en DDE), ont une influence néfaste sur la valeur technique des IPC.

CHAPON rappelle que l'IPC a toujours été **d'abord** un ingénieur... sachant faire autre chose, donc capable de diriger des affaires diverses. C'est pourquoi il faut sauvegarder notre valeur technique, mais surtout ne pas s'en contenter pour éviter d'être cantonnés dans notre sanctuaire, comme les Ingénieurs de l'Aviation Civile, de l'IGN, ou même comme la plupart des ingénieurs "infrastructures" dans les pays étrangers.

BONNEMOY trouve le rapport IPC 2000 trop pessimiste. Il ne faut pas battre sa coulpe excessivement, ni ôter aux architectes leurs responsabilités (chartre d'Athènes, grandes tours et barres...). Il est vital pour les IPC de garder confiance en eux et mieux vaut donc ne pas substituer à l'excès d'orgueil un excès d'humilité... d'autant que la polyvalence des IPC exige un effort personnel permanent de chacun d'eux dans de nombreux domaines d'application.

MORELLON souhaite que le rapport IPC 2000 insiste d'avantage sur les avantages qu'apporte aux IPC leur formation ration-

nelle qui leur permet de rester lucides au milieu des contradictions de la société. Contrairement aux ENA qui poseraient les problèmes en termes de pouvoirs, les IPC les poseraient en termes de services.

M. FAURE s'interroge sur cette désaffection apparente des IPC pour les problèmes techniques et y voit trois causes : la revalorisation du corps des ITPE ; l'intérêt du métier de DDE, métier de généraliste ; et surtout l'absence de volonté effective des IPC de faire des carrières techniques.

La discussion portant alors sur les conséquences néfastes de l'abandon des anciennes structures territoriales du service des Ponts et Chaussées, et la diminution corrélative des pouvoirs des IPC. M. FAURE rappelle que le pouvoir a surtout changé de nature : les IPC ont celui de créer et de lancer des projets, vaste pouvoir qu'il vaut mieux exercer dans la discrétion, bien plus intéressant que celui de "bloquer", et surtout qui ne peut échoir qu'aux hommes compétents et capables d'innovation.

La discussion s'engage ensuite sur l'organisation du Corps des IPC.

CHAPON précise que la notion de "chef de corps" ne lui paraît pas opérationnelle car celui-ci ne pourrait tirer sa légitimité que d'une élection, donc de l'ensemble des IPC, ou au contraire que du pouvoir de l'administration : concilier les deux légitimités serait une gageure.

CHAPON expose en revanche les mesures prises pour favoriser l'essaimage du Corps (mise en place d'un Comité des Sages), mais précise que celles-ci ne peuvent être équitables pour tous qu'à condition que chaque IPC soit mieux connu et suivi, ce qui devrait conduire à revoir le rôle de l'Inspection Générale territoriale.

Plusieurs camarades, après PAUFIQUE, évoquent alors le rôle de la Direction du Personnel, et se demandent si un système d'évaluation des IPC, neutre et extérieur au Corps, ne serait pas utile. Ce serait notamment la seule possibilité de prendre en compte à leur vraie valeur les capacités de créativité et d'innovation des IPC.

La discussion s'achève enfin sur l'appréciation par chaque camarade présent du sanctuaire du Corps, et de son devenir. J. LECLERCQ la conclut en remarquant que comme les autres groupes régionaux, le groupe Rhône-Alpes pense que le sanctuaire ne s'effrite pas et qu'il conserve sa richesse.

## FORMATION CONTINUE

### ENPC

#### Sessions prévues en janvier 1981

##### Assises de Chaussées

13 - 16 janvier PARIS

Responsables :

M. Jacques **BONNOT**  
M. Yves **MARTINEAU**

##### Le montage financier des opérations d'urbanisme

20 - 22 janvier PARIS

Responsables :

M. **BERTHUEL**  
M. **IFERGAN**

##### La gestion des eaux

20 - 23 janvier PARIS

Responsables :

M. **VALIRON**  
M. **LORIFERNE**

##### Liants hydrocarbonés

20 - 23 janvier PARIS

Responsables :

M. Raymond **SAUTEREY**  
Mme Anne-Marie **AJOUR**  
M. Jean-Pierre **GRIMAUX**

##### Pathologie de la construction et prévention des risques

27 - 28 janvier PARIS

Responsable :

M. **CUBAUD**

##### Les déchets urbains (collecte stockage transport)

27 - 29 janvier ANGERS

Responsables :

M. **LORIFERNE**  
M. **AFFHOLDER**

##### Les plans de la circulation

27 - 30 janvier PARIS

Responsable :

M. **PELLIARD**

##### Études en laboratoire des matériaux de Chaussées

27 - 30 janvier PARIS

Responsables :

M. Jacques **BONNOT**  
M. Bruno **CELARD**

# mouvements

## DÉCISIONS

M. Michel **LEBLANC**, I.P.C., est, à compter du 6 février 1980, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès du Centre National pour l'Exploitation des Océans, afin d'y exercer des fonctions de son grade. Arrêté du 1<sup>er</sup> août 1980.

M. Raymond **COLLOMBET**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1980, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès de l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, (A.N.A.H.) en qualité de Directeur Technique. Arrêté du 1<sup>er</sup> août 1980.

M. Jean-Claude **DROIN**, I.C.P.C., est, à compter du 7 mars 1980, placé en service détaché pour une période de deux ans éventuellement renouvelable auprès du Ministère des Affaires Étrangères pour exercer des fonctions de son grade au MAROC au titre de la Coopération Technique. Arrêté du 1<sup>er</sup> août 1980.

M. Dominique **SCHWARTZ**, I.P.C., est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1980, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès du Commissariat Général du Plan, sur un emploi de Chargé de Mission. Arrêté du 4 septembre 1980.

M. Claude **HOSSARD**, I.P.C., est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1979, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès de la Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale en qualité de Chargé de Mission. Arrêté du 4 septembre 1980.

M. Armand **BLANCHART**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement du NORD, est, à compter du 16 septembre 1980, affecté à la Direction Régionale de l'Équipement "CENTRE" pour être chargé auprès du Préfet de Région du programme d'aménagement de la LOIRE. Arrêté du 15 septembre 1980.

M. Philippe **GIRARDOT**, I.P.C., à la Direction des Routes et de la Circulation Routière, est, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1980, mis à la disposition du Ministère de l'Économie - Direction du Trésor - en qualité de Chargé de Mission auprès du bureau D 1 "Rentabilités des Investissements - critères de choix". Arrêté du 17 septembre 1980.

M. Michel **MALHERBE**, I.C.P.C., mis à la disposition du Ministère de l'Industrie, est, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1980, mis à la disposition du Ministère de la Jeunesse des Sports et des Loisirs. Arrêté du 23 septembre 1980.

M. Alain **BOUTOT**, I.P.C., en disponibilité depuis le 1<sup>er</sup> septembre 1978, est, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1980, réintégré dans son administration d'origine et mis à la disposition du Ministère de la Jeunesse, des Sports et des Loisirs, Service de l'Équipement, en qualité d'Adjoint au Chef du Département Technique et Opérationnel. Arrêté du 30 septembre 1980.

M. Émile **LAPLACE**, I.C.P.C., adjoint au Directeur Départemental de l'Équipement de la DROME, est, à compter du 15 octobre 1980, affecté à l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement pour recevoir une mission d'Inspection Générale. Arrêté du 2 octobre 1980.

M. Michel **BERNARD**, I.C.P.C., Directeur Départemental de l'Équipement d'ILLE et VILAINE, est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1980, réintégré dans son corps d'origine et mis à la disposition du Ministère de l'Éducation. Arrêté du 8 octobre 1980.

M. Antoine **COMPAGNON**, I.P.C. en service détaché auprès du Ministère de la Défense (Ecole Polytechnique), est, à compter du 15 septembre 1980, réintégré dans son administration et mis à la disposition du Ministère des Affaires Étrangères pour occuper un emploi de Professeur à l'Institut Français du Royaume-Uni à LONDRES. Arrêté du 13 octobre 1980.

M. Daniel **SCHERMAN**, I.P.C. affecté provisoirement à la Direction du Personnel est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1980, mis à la disposition du Centre National de la Recherche Scientifique pour occuper un emploi d'Attaché de Recherche. Arrêté du 20 octobre 1980.

M. Alain **PACI**, I.P.C., mis à la disposition du Ministère de la Défense - Direction de l'Infrastructure "AIR", est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1980, mis à la disposition de l'Établissement Public d'Aménagement de la Ville Nouvelle de MARNE-LA-VALLÉE en qualité de Directeur des Équipements et Services Collectifs. Arrêté du 22 octobre 1980.

M. Christian **BOIREAU**, I.P.C., à la Direction Départementale de l'Équipement de la MOSELLE, est, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1980, mis à la disposition de la Compa-

gnie Nationale AIR-FRANCE sur un emploi de jeune cadre Ingénieur. Arrêté du 22 octobre 1980.

M. Pierre **AVRIL**, I.G.P.C., détaché dans l'emploi de chef de service régional de l'Équipement "POITOU-CHARENTES", est, à compter du 17 novembre 1980, réintégré dans son corps d'origine et nommé membre de l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement. Arrêté du 18 octobre 1980.

M. Jean **KOENIG**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de la SAVOIE, est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1980, mis à la disposition de l'Office Français de Coopération pour les Chemins de Fer et les Matériels d'Équipement (OFERMAT) en qualité de Chef du Service des Travaux Neufs à l'Office du Chemin de Fer Transgabonais (OCTRA). Arrêté du 30 octobre 1980.

M. Marc **GARDIES**, I.P.C., chargé du "Groupe d'Études et de Programmation" à la Direction Départementale de l'Équipement de l'ESSONNE, est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1980, chargé du Groupe Urbanisme Opérationnel et Construction à la même Direction Départementale de l'Équipement. Arrêté du 30 octobre 1980.

M. Alexandre **OSSADZOW**, I.C.P.C., mis à la disposition du Ministère de l'Industrie, est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1980, remis à la disposition de son administration d'origine et mis à la disposition de l'Agence pour les Économies d'Énergie pour y exercer les fonctions de Chef du Service "Résidentiel et Tertiaire". Arrêté du 31 octobre 1980.

M. Yves **COUSQUER**, I.P.C., en service détaché auprès du Port Autonome de MARSEILLE en qualité de Directeur de l'Exploitation Technique, est, à compter du 1<sup>er</sup> août 1980, maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions auprès de cet organisme pour une nouvelle période de cinq ans éventuellement renouvelable. Arrêté du 31 octobre 1980.

## MUTATIONS

M. Pierre **LEMARIE**, I.C.P.C., Directeur du CETE de ROUEN, est, à compter du 15 septembre 1980, muté au S.E.T.R.A. pour y être chargé de la Division Ouvrages d'Art. Arrêté du 10 septembre 1980.

M. Georges **REVEST**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de l'ISÈRE, est, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1980, muté à la Direction Départementale de l'Équipement de la RHONE pour y être chargé de l'Arrondissement des Constructions Publiques.

Arrêté du 24 septembre 1980.

M. Paul **MADIER de CHAMPVERMEIL**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de la MEUSE, est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1980, muté à la Direction Départementale de l'Équipement de l'ISÈRE pour y être chargé de l'Arrondissement NORD-OUEST à VIENNE, en remplacement de M. REVEST.

Arrêté du 26 septembre 1980.

M. Bernard **PROLONGEAU**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement des LANDES, est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1980, muté à la Direction Départementale de l'Équipement de la LOIRE ATLANTIQUE en qualité de chargé de mission auprès du Directeur.

Arrêté du 30 septembre 1980.

## NOMINATIONS

M. Gilbert **BATSCH**, I.G.P.C., Directeur du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, est, à compter du 16 septembre 1980, nommé membre attaché au Conseil Général des Ponts et Chaussées.

Arrêté du 10 septembre 1980.

M. Jean-Claude **PARRIAUD**, I.G.P.C., au Conseil Général des Ponts et Chaussées, est, à compter du 16 septembre 1980, nommé Directeur du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, en remplacement de M. BATSCH.

Arrêté du 10 septembre 1980.

M. Jean-Pierre **MAILLANT**, I.C.P.C., en disponibilité depuis le 1<sup>er</sup> mai 1977, est, à compter du 15 septembre 1980 réintégré dans son administration d'origine et nommé Directeur du Centre d'Études Techniques de l'Équipement de ROUEN, en remplacement de M. LEMARIE.

Arrêté du 10 septembre 1980.

Les anciens élèves de l'École Polytechnique dont les noms suivent sont nommés Ingénieurs Elèves des Ponts et Chaussées, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1980 :

MM. **LARROUTOUROU**, Bernard

**DELPEUCH**, Pierre

**PIET**, Olivier

**FRIGGIT**, Jacques

**ARISTAGHES**, Pierre

**LAMBERTON**, Damien

**BONNET**, Jean-Marc

**DELAYE**, Marc

**PARADIS**, Charles

**PENDARIAS**, Daniel

**THIRIEZ**, Sébastien

**LIPPERA**, Daniel

**PINDAT**, Gilles

**SCHWOB**, Bernard

**BENABOU**, Roland

**SIMONNET**, Didier

**CORFDIR**, Alain

**FREROT**, Antoine

**DEBIERRE**, Félix  
**RAOUL-DUVAL**, Didier  
**BRANDYS**, Pascal  
**PHILIPPE**, Hervé  
**SEGUIN**, Richard  
**CAILLAUD**, Bernard  
**POCHET**, Frédéric

M. **DAMBRINE**, Antoine, ancien élève de l'École Normale Supérieure est nommé Ingénieur-Élève des Ponts et Chaussées, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1980.

Arrêté du 15 septembre 1980.

Les Ingénieurs du Corps des Travaux Publics de l'État (Service de l'Équipement) dont les noms suivent, sont nommés et titularisés Ingénieurs des Ponts et Chaussées :

MM. de **JOANNIS de VERCLOS**, Christian  
**COTTET**, Jacky  
**TUAL**, Yves  
**CALFAS**, Pierre  
**PASSERA**, Gérard  
**MERMET**, Michel  
**DALLAPORTA**, Jean-Paul  
**BORNAND**, Georges  
**ROBERT**, Bernard  
**BRUCHER**, Jacques

Arrêté du 2 septembre 1980.

M. Jean-Jacques **LEFEBVRE**, I.C.P.C., Directeur Départemental de l'Équipement des CÔTES-DU-NORD, est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1980, nommé Directeur Départemental de l'Équipement d'ILLE-ET-VILAINE, en remplacement de M. **BERNARD**.

Arrêté du 17 octobre 1980.

M. Jacques **GUELLEC**, I.C.P.C., à la Direction Départementale de l'Équipement du FINISTÈRE, est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1980, nommé Directeur Départemental de l'Équipement des CÔTES-DU-NORD, en remplacement de M. **LEFEBVRE**.

Arrêté du 17 octobre 1980.

M. André **PETIBON**, I.C.P.C., Directeur Départemental de l'Équipement de la HAUTE-VIENNE, est, à compter du 17 novembre 1980, nommé Chef du Service Régional de l'Équipement "POITOU CHARENTES", en remplacement de M. **AVRIL**.

Arrêté du 28 octobre 1980.

## RETRAITE

M. Paul **GAUD**, I.C.P.C., chargé du service du Contrôle des Sociétés Concessionnaires d'Autoroutes (LYON), est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1980, admis sur sa demande à faire valoir ses droits à la retraite.

Arrêté du 29 septembre 1980.

## DÉCÈS

Nous avons le regret de faire part du décès de nos Camarades :

M. Henri **PFAHL**, survenu le 28 juin 1980.

M. André **CARRUS**

M. Robert **DEVOUGE**, survenu le 5 août 1980.

M. Jean **EON**, survenu le 6 octobre 1980.

Nous présentons toutes nos condoléances à leur famille.

# Lu pour vous

## LE PRIX DE LA VIE HUMAINE

### Le coût des maux sociaux par Michel le Net

*Dans une économie de pénurie, aucun gaspillage n'est permis. Toute dépense est subordonnée à l'évaluation des avantages qu'elle procure. On ne retient que celle qui assure la meilleure rentabilité.*

*La majeure partie des investissements concourent à améliorer l'action sociale et notre cadre de vie. Les budgets de l'État et des collectivités locales servent à lutter contre les maladies. Contre les accidents. Contre les nuisances. Donc à épargner des vies humaines et des souffrances.*

*Comment comparer l'argent dépensé à des morts évitées, si ce n'est en cherchant à interpréter la vie et la peine en termes financiers ?*

*C'est cette gageure que relève Michel LE NET dans la nouvelle édition de son ouvrage "LE PRIX DE LA VIE HUMAINE", sous-titré "Le coût des maux sociaux".*

Étude éminemment pratique, puisque le coût social humain est maintenant l'élément privilégié de l'aide à la décision.

Elle s'adresse tout particulièrement :

#### • aux communes, départements et aux élus locaux

qui déterminent l'affectation des crédits aux actions de sécurité, de santé et d'environnement. Les décideurs doivent faire précéder toute dépense d'une analyse coût/efficacité reposant sur cette notion de la valeur individuelle de la vie humaine ;

#### • aux administrations

qui ont la responsabilité d'assurer avec rigueur la gestion des crédits d'État. Les indicateurs qui les permettent intègrent le coût social chaque fois que la personne est concernée. Par sa vie propre. Ou le cadre où elle s'exerce.

#### • aux universités, grandes écoles et enseignement supérieur

pour lesquels cette notion a maintenant acquis ses lettres de noblesse, permettant un progrès certain dans l'éclairage scientifique de la solution préférentielle.

Pour les nations modernes, le prix de la vie humaine devient ainsi un élément majeur du choix socio-économique. Donc politique.

LA DOCUMENTATION FRANÇAISE  
31, quai Voltaire 75340 PARIS CEDEX 07  
TÉL : 261-50-10



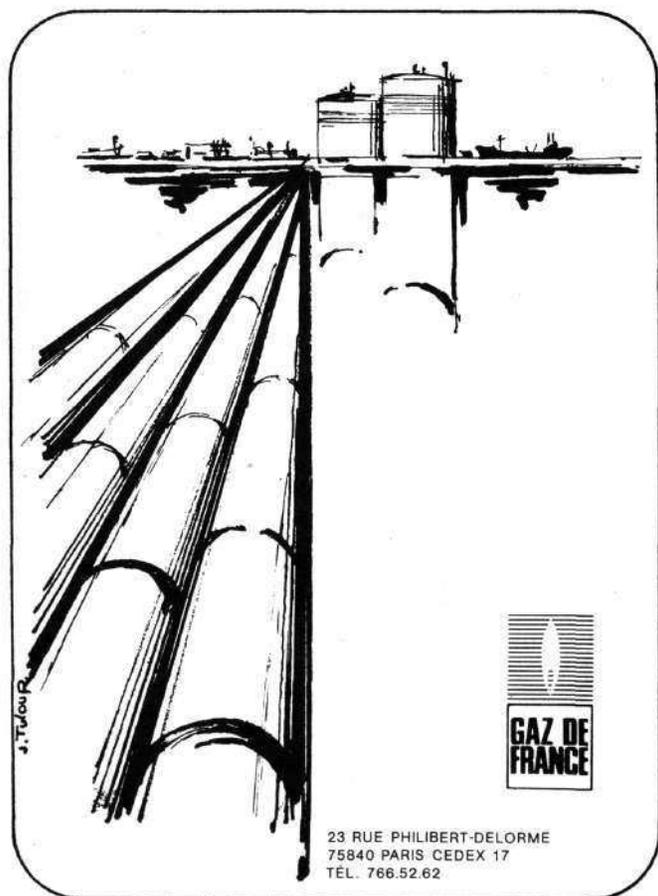
*Société d'Études  
Juridiques et Immobilières*

Société Anonyme au Capital de 100 000 F

**Études – Réalisations  
Ventes**

Appartements - Lotissements  
Expropriations

201, route de Lyon  
**67400 ILLKIRCH GRAFFENSTADEN**  
Tél. : 66.09.07 - 66.07.95



23 RUE PHILIBERT-DELORME  
75840 PARIS CEDEX 17  
TEL. 766.52.62



Échangeurs de chaleur

Séparateurs-surchauffeurs

Générateurs de vapeur

Transformateurs de vapeur

Évaporateurs et dégazeurs d'effluents radioactifs

Systèmes de purification de sodium

Tuyauteries - Circuits

*Pour ces matériels, STEIN INDUSTRIE  
met à votre service ses moyens d'ingénierie,  
de fabrication et d'assurance qualité  
(Certificats N et NPT Stamps de l'A. S. M. E.)*



**STEIN INDUSTRIE**

19/21 av. Morane Saulnier - Tél. : 946.96.93  
78140 VÉLIZY-VILLACOUBLAY  
Télex A 696947 F



## au service de la construction contrôle et prévention

### ■ contrôle technique de la construction et de la réhabilitation

examen préliminaire du projet, contrôle de l'assise et des calculs des structures, contrôle de l'exécution des travaux (sur plans et in situ : fondations, structures, matériaux, second œuvre, clos et couvert...), contrôle des équipements.  
Ce contrôle peut être exercé, en particulier, à l'appui d'une police d'assurance de la construction.

### ■ prévention de l'incendie

examen des projets, visite des établissements, étude des causes possibles de naissance d'un feu et des conditions de sa propagation. Etude des axes, passages et dégagements. Examen des aménagements de sécurité, susceptibles de réduire les risques. Examen des structures et de l'implantation (murs coupe-feu, pose d'un réseau de détection et d'extinction automatique...). Etude des matériaux. Liaisons avec le corps de sapeurs-pompiers et les commissions de sécurité. Appréciation de la nature, de la quantité et de la disposition des moyens de premier secours...

### ■ vérifications périodiques réglementaires

contrôle des installations électriques (dans les ouvrages neufs en vue d'obtenir l'attestation de conformité exigé par le conseil, application des dispositions relatives à la protection des travailleurs et aux établissements recevant du public). Installations de chauffage et de ventilation. Ascenseurs et monte-charge. Escaliers mécaniques. Contrôle de l'état d'entretien des extincteurs, robinets, lances, tuyaux, colonnes sèches sprinklers, etc. Matériels de levage et de manutention. Engins des chantiers du bâtiment et des travaux publics.

### ■ contrôles non-destructifs et mesures

recherche de défauts et de fuites - contrôle de soudure.



### CONTROLE ET PREVENTION

34, rue Rennequin - 75017 PARIS  
Tél. : 766.52.72 - Télex 290215 CEP PARIS

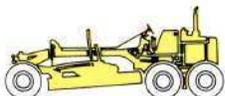
Bénéficiant de l'appui technique de ses services centraux et de ses laboratoires, chacune des agences de province ou d'Ile-de-France, dont la liste suit, est dotée d'une large autonomie qui lui permet d'intervenir avec souplesse et célérité. L'adresse de ces agences est fournie, par retour, sur demande au siège.

AMIENS, ANGERS, ANNECY, BELFORT, BIARRITZ, BORDEAUX, BREST, CAEN, CERGY, CHARLEVILLE, CLERMONT-FERRAND, CRETEIL, DIGNE, DIJON, DONGES, EVRY, FOS, GRENOBLE, LA ROCHELLE, LILLE, LIMOGES, LYON, VENISSIEUX, MARSEILLE, MELUN, METZ, MONTPELLIER, NANCY, NANTES, NICE, NIMES, NIORT, NOISY-LE-GRAND, ORLEANS-CENTRE, POITIERS, PONT-ST-ESPRIT, REIMS, RENNES, RODEZ, ROUEN, SAINT-ETIENNE, SAINT-OUEN-L'AUMONE, STRASBOURG-BISCHHEIM, TARBES, TOULOUSE, TRAPPES, VALENCE.

# Les niveleuses Komatsu



Une gamme complète de modèles à châssis rigide ou articulé.



**GD 500 R**  
94 kW - 10.500 kg -  
Châssis rigide



**GD 505 R**  
97 kW - 11.580 kg -  
Châssis rigide



**GD 605 R**  
108 kW - 12.500 kg -  
Châssis rigide



**GD 605 A**  
108 kW - 12.880 kg -  
Châssis articulé



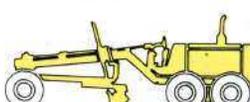
**GD 650 R**  
123 kW - 12.380 kg -  
Châssis rigide



**GD 655 R**  
123 kW - 12.680 kg -  
Châssis rigide



**GD 655 A**  
123 kW - 13.060 kg -  
Châssis articulé



**GD 705 R**  
134 kW - 17.500 kg -  
Châssis rigide

Komatsu, célèbre dans le monde entier grâce à ses bouteurs et chargeurs sur chenilles, fabrique également une gamme complète de niveleuses à châssis rigide ou articulé.

Huit modèles vous sont proposés, équipés au choix d'une transmission directe ou du type TORQFLOW ou HYDROSHIFT. A l'image des autres engins de la marque Komatsu, les niveleuses sont de construction fiable et de conduite précise, outre les coûts d'entretien réduits.

Par ailleurs, les niveleuses Komatsu sont universelles et permettent à leurs utilisateurs de réaliser dans des conditions de rendement et de coûts

optimum des opérations aussi variées que la réparation des routes, l'aménagement de fossés, de talus et de pentes, la finition des ouvrages, l'épandage et le nivellement, le mélange des matériaux, le défonçage et le remblayage, etc.

Chaque machine fabriquée par Komatsu est empreinte du savoir faire et de la longue expérience de la marque dans la fabrication de produits lourds. Qualité, fiabilité et économie ont fait la renommée des engins construits par Komatsu dont l'efficacité du service après-vente garantit aux utilisateurs une rentabilité maximum même après de nombreuses années d'utilisation.

## **KOMATSU EUROPE** s.a.

Siège social : Mechelsesteenweg 586 - B-1800 Vilvoorde - Belgique  
Tél. : national : 02/251.59.70 - international : 32 2 251 59 70 - Telex : 24 380 eukom b

Bureaux  
de liaison :

**FRANCE**  
KOMATSU EUROPE  
Rue de Berri 6  
75008 PARIS  
Tel. : (1) 562.38.30  
(1) 359.49.52  
Telex : 660347

**ROYAUME-UNI**  
KOMATSU EURO-AFRICA  
WORLD TRADE CENTER  
Europe House  
East Smithfield  
LONDON E1 9AA  
Tel. : (1) 480.68.89  
Telex : 8814342

**ESPAGNE**  
KOMATSU EURO-AFRICA  
Avenida Del Brasil, 23  
MADRID 20  
Tel. : (1) 455.13.73  
(1) 455.13.81  
Telex : 43284

**RÉPUBLIQUE FÉDÉRALE  
ALLEMANDE**  
KOMATSU EUROPE  
Alte Darmstädter Str. 100  
6080 GROS-GERAU  
DORNHEIM  
Tél. : (6152) 56.162  
(6152) 56.163  
Telex : 419-1106