

N°10 OCTOBRE 1977 / 74^{ème} ANNEE -
ISSN: 0397.4634

TECHNIQUE

**genie civil
et centrales nucléaires**

The logo for SGE (Société Générale d'Entreprises) is displayed in a stylized, bold, white font within a black rectangular frame. The letters are thick and blocky, with a slight shadow effect. The background of the entire page is a dark, high-contrast photograph of a construction site at night, featuring a large, curved structure under construction, illuminated by bright spotlights that create a dramatic, industrial atmosphere.

SGE

SOCIETE GENERALE D'ENTREPRISES

21 RUE DU PONT DES HALLES 94150 CHEVILLY-LARUE TEL : 687.22.36

Centrale nucléaire de Gravelines



mensuel
28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e

Directeur de la publication :

Jacques TANZI
Président de l'Association

Administrateur délégué :

Philippe AUSSOURD
Ingénieur
des Ponts et Chaussées

Rédacteur en chef :

Olivier HALPERN
Ingénieur
des Ponts et Chaussées

Rédacteur en chef adjoint :

Benoît WEYMULLER
Ingénieur
des Ponts et Chaussées

Secrétaire de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE DU PREY

Rédaction - Promotion

Administration :

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e

Bulletin de l'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, avec la collaboration de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole des Ponts et Chaussées, 28, rue des Saints-Pères, 75007 Paris. Tél. 260.25.33.

Abonnements :

— France 150 F.
— Etranger 150 F. (frais de port en sus)
Prix du numéro : 18 F.

Publicité :

Responsable de la publicité :
Jean FROCHOT
Société Pyc-Editions :
254, rue de Vaugirard
75015 Paris
Tél. 532-27-19

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.

Dépôt légal 3^e trimestre 1977
N° 5942

Commission Paritaire N° 55.306

IMPRIMERIE MODERNE
U.S.H.A.
Aurillac

sommaire

dossier

Editorial	27
Michel HUG	
Ouvrages à la mer de la Centrale de Gravelines	28
par Jean TOUYERAS et Jean REGEMBAL	
Les terrassements de la Centrale du Blayais	35
par Jacques LECLERCQ et Pierre HAMON	
Les terrassements sur le site de la Centrale de Paluel.	42
par M. POYATOS	
Les enceintes de confinement des bâtiments réacteurs de la Centrale du Tricastin	56
par B. REVEL	
La sûreté des centrales électronucléaires et les problèmes de génie civil	61
par Michel DEBES, Olivier HALPERN et Henri BOYE	
L'ingénieur et l'architecte face à la technologie	65
par Claude PARENT	
Transport et manutention des pièces lourdes	68
par B. ALEMANY	
Protection des centrales nucléaires contre les séismes.	74
par Jacques BETBEDER-MATIBET et Michel LIVOLANT	
Les réfrigérants à tirage naturel	
par Y. GROVALET	80
par P. FAESSEL	83
par A. FISCHER	87

rubriques

Vues sur l'éthique dans la construction	91
Qualité de la vie	93
J. TUTENUIT	
Formation continue	96
Mouvements	100

Maquette : Monique CARALLI.

Photo de couverture : P. BERENGER : réfrigérant du Bugey.

Contrôle de la construction et des équipements
d'une centrale nucléaire :

Trois raisons déterminantes de faire confiance à Socotec



Direction Générale
Direction Commerciale
17, place Etienne-Pernet
Tél. : 842.64.00
75015 Paris

Première société de contrôle et d'expertise de la construction en France, Socotec figure également en tête des spécialistes français du contrôle des équipements nucléaires.

A cela, trois raisons essentielles :

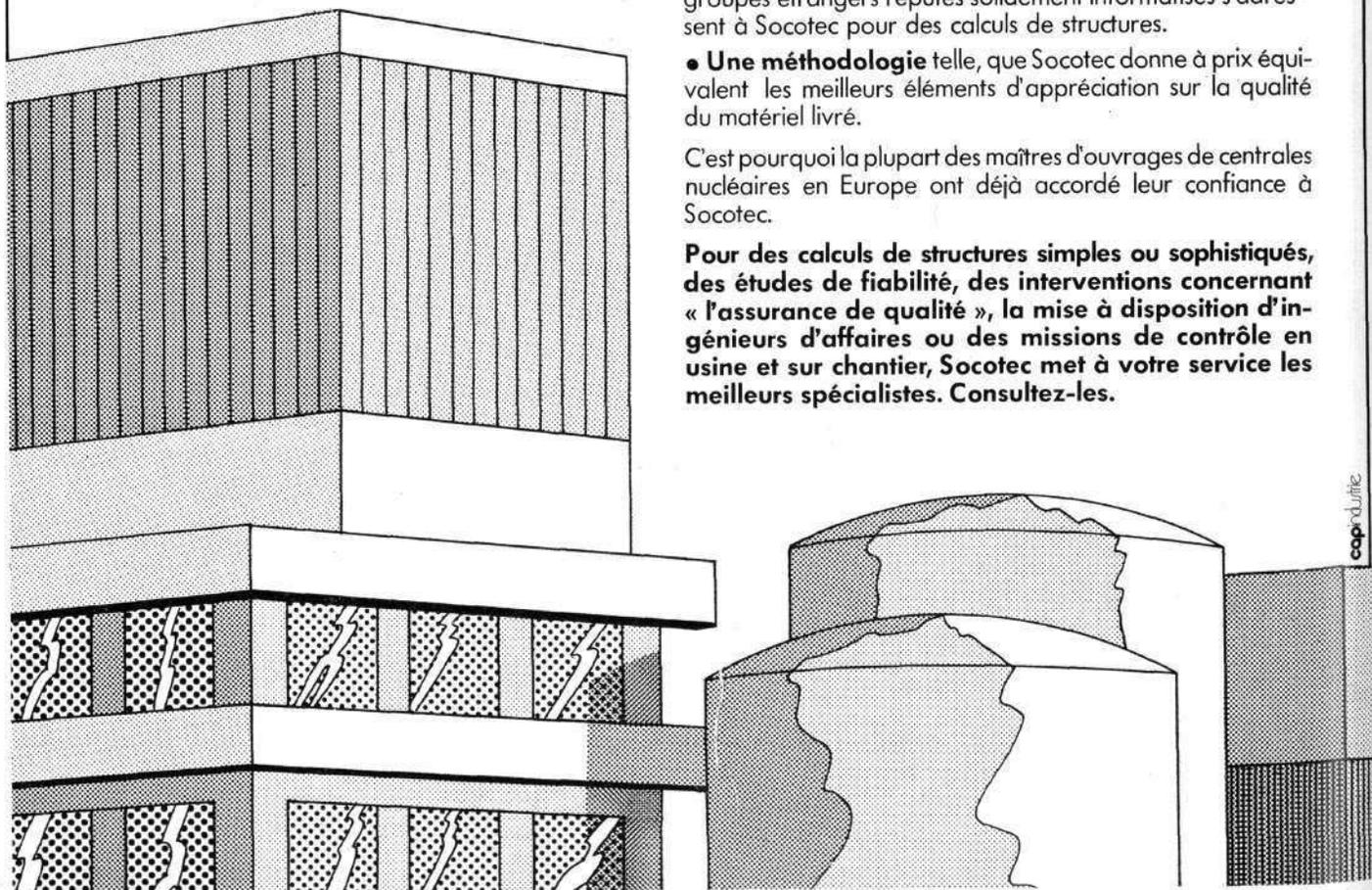
- **L'expérience** sans équivalent de ses quelque 1200 ingénieurs et techniciens qui l'autorise à faire état de plus de 100 000 chantiers contrôlés en près de 50 ans (on peut pratiquement avancer qu'il n'y a pas de problème que la Socotec n'ait affronté un jour).

- **Des moyens informatiques puissants** qui lui permettent de proposer des solutions de pointe, pour un rapport qualité/prix incomparable : pour ces deux raisons, certains groupes étrangers réputés solidement informatisés s'adressent à Socotec pour des calculs de structures.

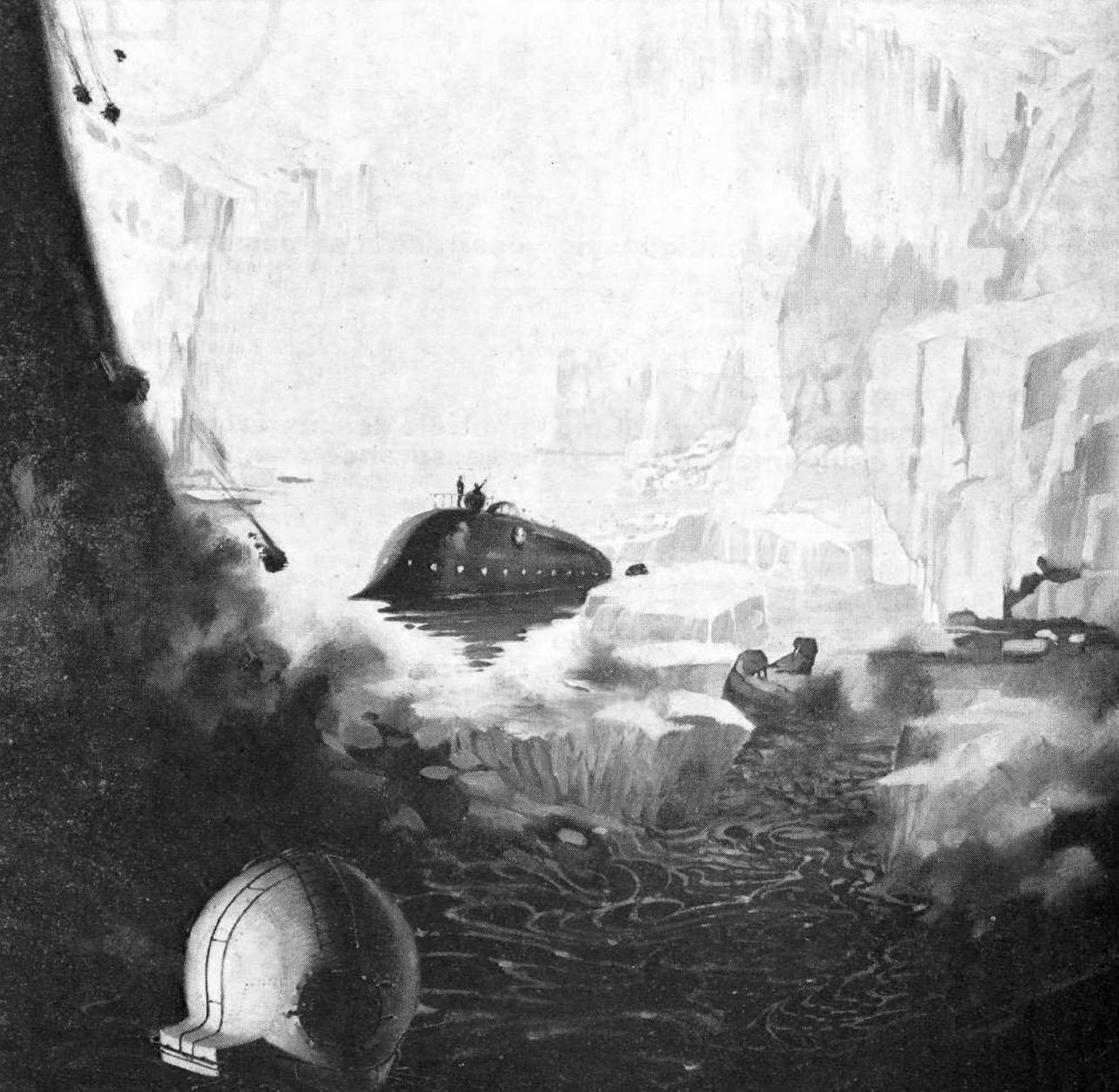
- **Une méthodologie** telle, que Socotec donne à prix équivalent les meilleurs éléments d'appréciation sur la qualité du matériel livré.

C'est pourquoi la plupart des maîtres d'ouvrages de centrales nucléaires en Europe ont déjà accordé leur confiance à 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 met à votre service les meilleurs spécialistes. Consultez-les.



emplois à froid, à chaud en constructions acier ?



aciers usiten usinor !

Notice Usiten sur demande au service "O C" - Direction Métallurgique et Direction Commerciale
B.P. 4 177 - 59307 Valenciennes - Tél. 47 00 00 - Télex 11700 Usinor Valci

...au service de la sûreté de l'industrie nucléaire



■ **contrôles techniques non-destructifs et mesures**

contrôles de soudures - recherches de défauts (radiographie, gammagraphie, ultra-sons, magnétoscopie, thermographie infrarouge, ressuage...)

tests d'étanchéité (fréon, ammoniac, hélium...)

essais mécaniques, hydrauliques et thermiques - mesures de contraintes et analyses (matériaux, eaux, poussières...) - mesures de bruits et de vibrations - mesures et analyses de bruits et de vibrations - mesures de caractéristiques d'équipements (débits, températures, puissances, rendements).

■ **inspection et expediting - contrôle des matériaux et équipements industriels - assurance de qualité**

Définition des conditions de contrôle et de recette (participation à la rédaction de cahier des charges et spécification, mise au point de gammes et de méthodes spécifiques de contrôle, études de méthodes statistiques) - **évaluation.**

exécution de contrôles de matériaux, sous-ensembles et équipements (vérifications des plans de fabrications et des notes de calcul, exécution et analyse de prélèvements, vérification et interprétation des contrôles effectués par les constructeurs, recouvrements de documents et dossiers, etc.).

■ **prévention de l'incendie**

■ **prévention des accidents du travail et de la pollution**

■ **vérifications de conformité à la réglementation**

(installations électriques, thermiques et mécaniques - installations à vapeur et à pression - appareils producteurs de rayonnements ionisants - engins de levage et de manutention - installation de transport et de stockage de produits pétroliers et de matières dangereuses : citernes - camions, wagons et bateaux - oléo et gazoducs).

■ **contrôle technique de la construction**

■ **formation (assurance de qualité)**

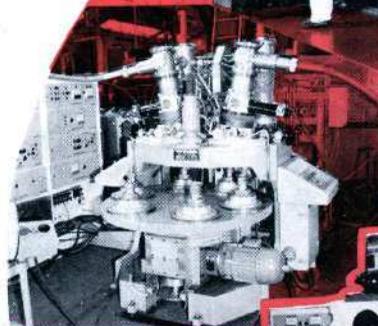
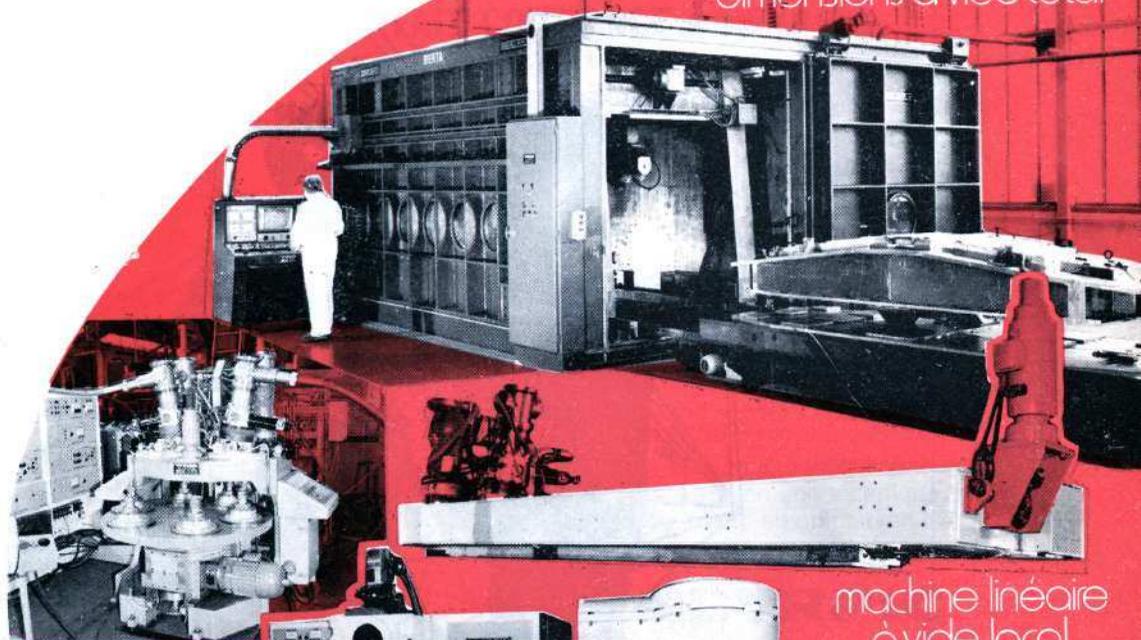
centre d'études de prévention

34 Rue Rennequin - 75017 PARIS
téléphone 766.52.72 - télex 290215 CEP PARIS

De par son appartenance à EUROTEST, association internationale à but scientifique, le C.E.P. peut assurer rapidement et efficacement ses missions de contrôle et d'assistance technique dans bon nombre de pays européens : Belgique, Danemark, Grande-Bretagne, Italie, Pays-Bas, Suède...

Bénéficiant de l'appui de ses services centraux et de ses laboratoires parisiens, le C.E.P. s'appuie sur un réseau de 37 centres de province, dotés d'une large autonomie leur permettant d'intervenir avec souplesse et célérité - L'adresse de ces centres est fournie, par retour, sur demande au siège.

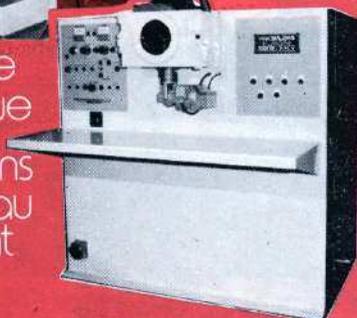
machine de très grandes dimensions à vide total



machine spécifique à 2 canons et plateau tournant



machine linéaire à vide local



"mini" soudeuse universelle



canon 100 kW

ENCEINTES LOCALES
ENCEINTES TOTALES
CANNONS MOBILES
INTERIEURS
ET EXTERIEURS
DE TOUTES PUISSANCES
(2 A 100 KW)
POUR
TOUTES APPLICATIONS
DE SOUDAGE ET
DE TRAVAIL DES METAUX

le soudage par faisceau d'électrons

une **TECHNIQUE**
SEIAKY

119, QUAI JULES GUESDE 94400 VITRY-SUR-SEINE FRANCE

partout, plus vite, plus sûr :



avec le train et une voiture de location

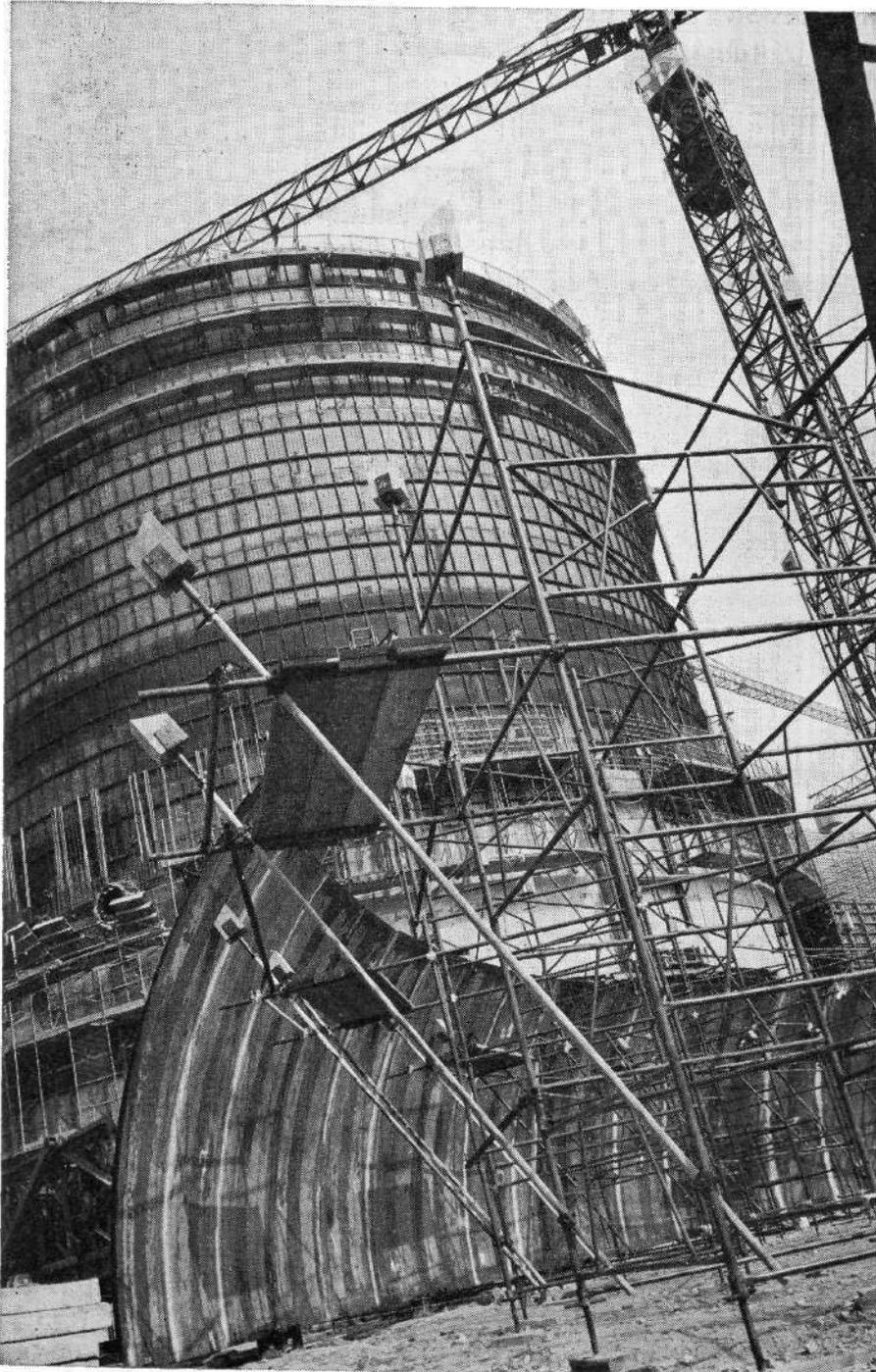
pour les longs parcours le train vous offre rapidité, sécurité et confort ; et vous pouvez louer dans 200 gares une voiture du service SNCF TRAIN + AUTO

réservation gratuite pour toute la France dans les gares,
bureaux de tourisme SNCF et agences de voyages ainsi que
dans les centraux de location "Train + auto" de :
PARIS tél. 292.02.92 / BORDEAUX tél. 91.20.65
MARSEILLE tél. 50.83.85 / LYON tél. 37.14.23

SNCF

SECURITE:

EDF CHOISIT LA SECURITE ... ET FAIT CONFIANCE A NEYRPIC POUR LA REALISATION DE LA PEAU D'ETANCHEITE DE 16 REACTEURS PWR



NEYRPIC conçoit et monte les peaux d'étanchéité des enceintes de sécurité des sites de :

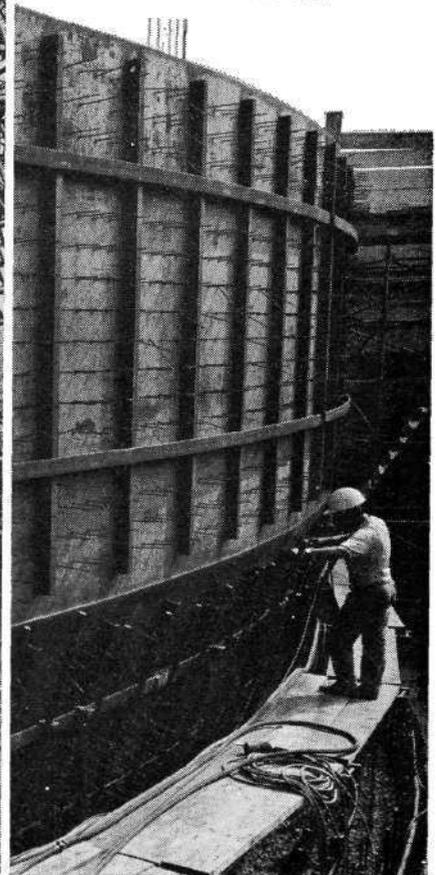
Bugey □ Tricastin □ Dampierre □ Saint-Laurent des Eaux

Ces revêtements en acier de 6 mm d'épaisseur ont un périmètre supérieur à 100 m et une hauteur de près de 60 m.

Ces structures métalliques sont réalisées selon une technique mise spécialement au point avec EDF.

NEYRPIC

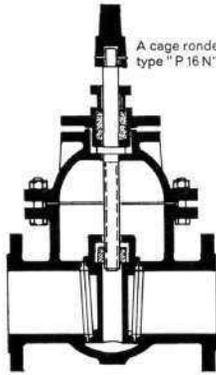
Département Applications Nucléaires
Rue G^{ral} Mangin - 38100 Grenoble - France
Tél. (76) 96.48.30 - Télex 320 750 F



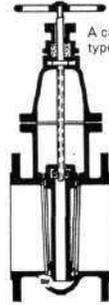
Bugey II (Génie Civil Bouygues)

TOUT CE QUI CONCERNE LA ROBINETTERIE ET LA FONTAINERIE POUR ADDUCTION D'EAU

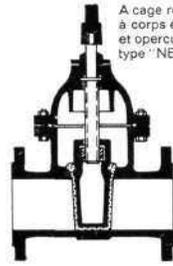
ROBINETS VANNES



A cage ronde type "P16N"

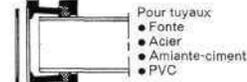


A cage méplate type "1V"



A cage ronde, à corps émaillé intérieurement et opercule vulcanisé, type "NEODISQUE"

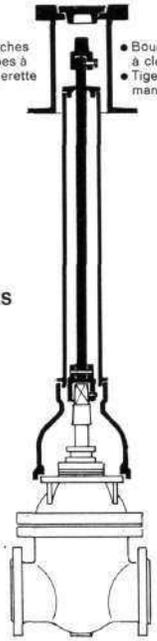
JOINTS "PERFLEX" ET "PRESTOPLAST"



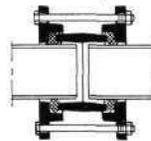
Pour tuyaux
 • Fonte
 • Acier
 • Amiante-ciment
 • PVC

GARNITURE DE ROBINETS VANNES

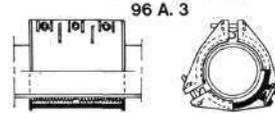
• Cloches
 • Tubes à collerette
 • Bouches à clé
 • Tiges de manoeuvre



"GIBAUPLAST" pour tubes PVC

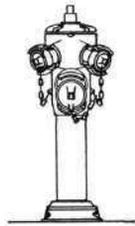


MANCHONS UNIVERSELS EN 3 PIECES 96 A. 3

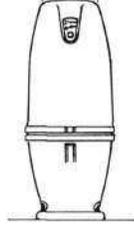


POTEAUX D'INCENDIE

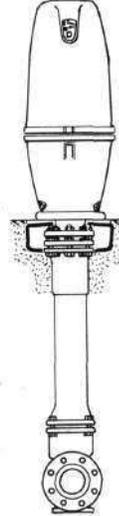
A prises apparentes types "22 B" et "VEGA"



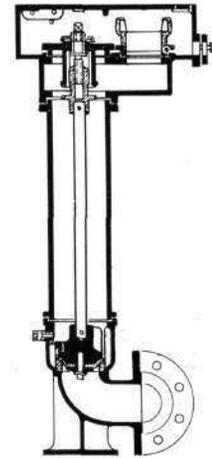
A prises sous coffre type "ORION"



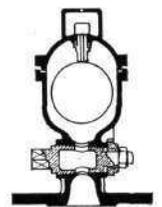
Types "ORION STOP" et "VEGA STOP", renversables sans perte d'eau



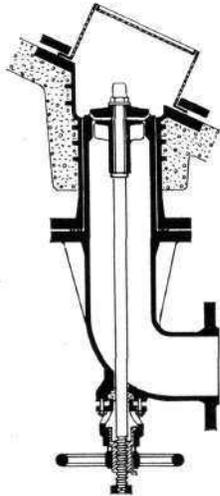
BOUCHES D'INCENDIE Incongelables et non incongelables D.N. 27-40-60-80-100 et 150



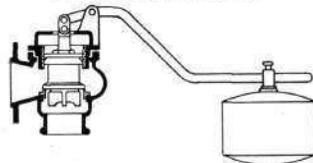
VENTOUSES AUTOMATIQUES à boule



SOUPAPES DE VIDANGE



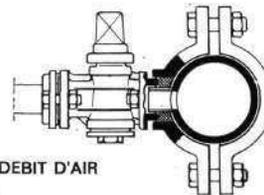
ROBINETS A FLOTTEUR



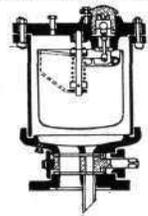
VANNES MURALES



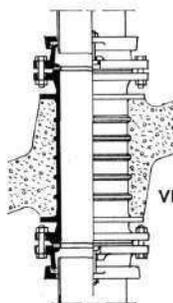
ROBINETS ET VANNES DE BRANCHEMENT BRANCHEMENTS "SECUR"



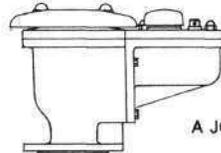
VENTOUSES "EUREKA" Simples et à grand débit d'air



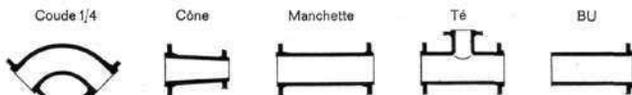
GAINES ETANCHES



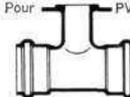
VENTOUSE M 31-32 A GRAND DEBIT D'AIR



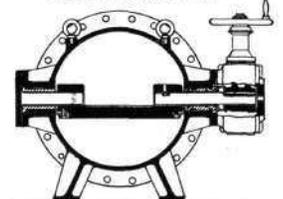
PIECES DE RACCORD A BRIDES



TE "134" A JOINT AUTOMATIQUE Pour PVC



VANNES PAPILLON



(extraits de notre album)

SOCIETE METALLURGIQUE HAUT-MARNAISE

B.P. 24 • 52300 JOINVILLE • TEL. (25) 96.09.23 • TELEX : OMARNEZ 840917 F

Pour assurer une bonne viabilité hivernale, il faut :



- 1°) Des hommes : nous les avons.
La réputation du corps des Ponts et Chaussées, ainsi que des services municipaux de voirie, n'est plus à faire.
- 2°) Des véhicules à adhérence totale. Cela, c'est l'affaire de **MAGIRUS DEUTZ** :
 - une robustesse légendaire.
 - 60 ans d'expérience Travaux Publics.
 - Le refroidissement par air.

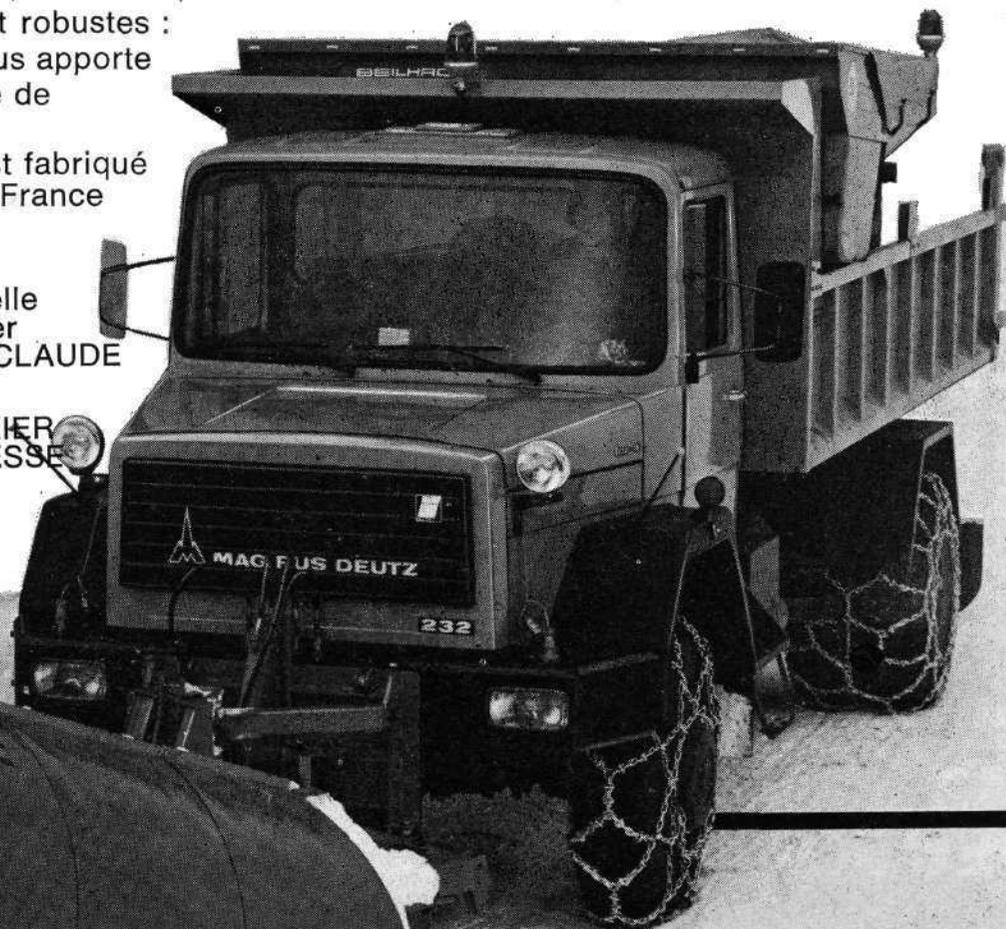
3°) Des matériels de déneigement

(lames, étraves, sableuses) fonctionnels et robustes : **BEILHACK** vous apporte un demi-siècle de spécialisation.

Ce matériel est fabriqué ou importé en France par :

SICOMETAL
Zone Industrielle
du Plan d'Acier
39200 SAINT-CLAUDE

S.I.D.E.B.
Ets **CROUVEZIER**
88250 LA BRESSE



MAGIRUS DEUTZ FRANCE

25 rue Pajol. 75018 PARIS - Tél. 205.71.09 +



SEULS QUELQUES FORGERONS DANS LE MONDE PEUVENT "FAIRE DU NUCLEAIRE"

Réacteurs Nucléaires :

Brides et Viroles,
plaques tubulaires.

Corps de pompes et
tuyauteries primaires.

Alliages spéciaux pour
industrie nucléaire.

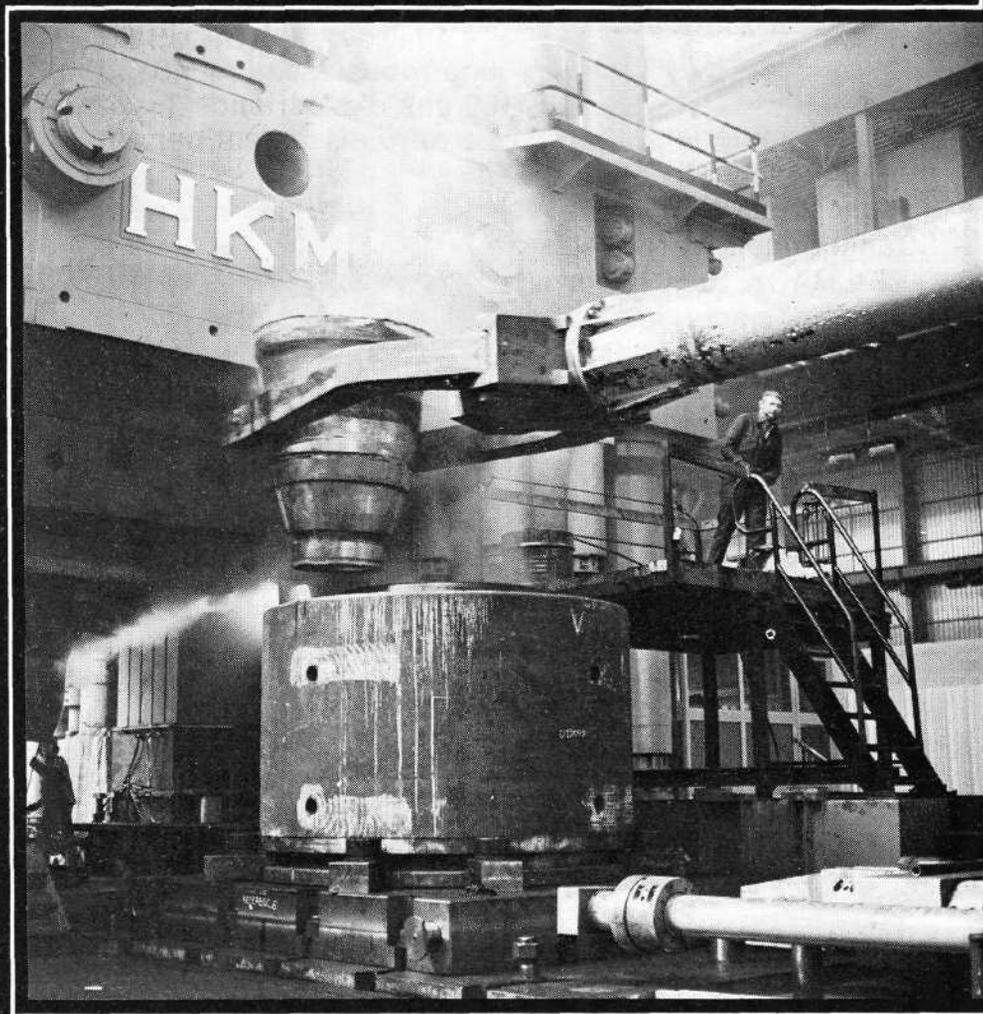
Arbres de turbines et
rotors d'alternateurs.

Aubes et ailettes estampées.

Frettes amagnétiques.

Pièces pour turbines à gaz.

*Matriçage à la presse
de 65.000 T. d'Interforge,
de tambours de
compresseurs,
pour l'industrie nucléaire.*



CREUSOT-LOIRE EST L'UN D'EUX

DIVISION FORGE ET ESTAMPAGE

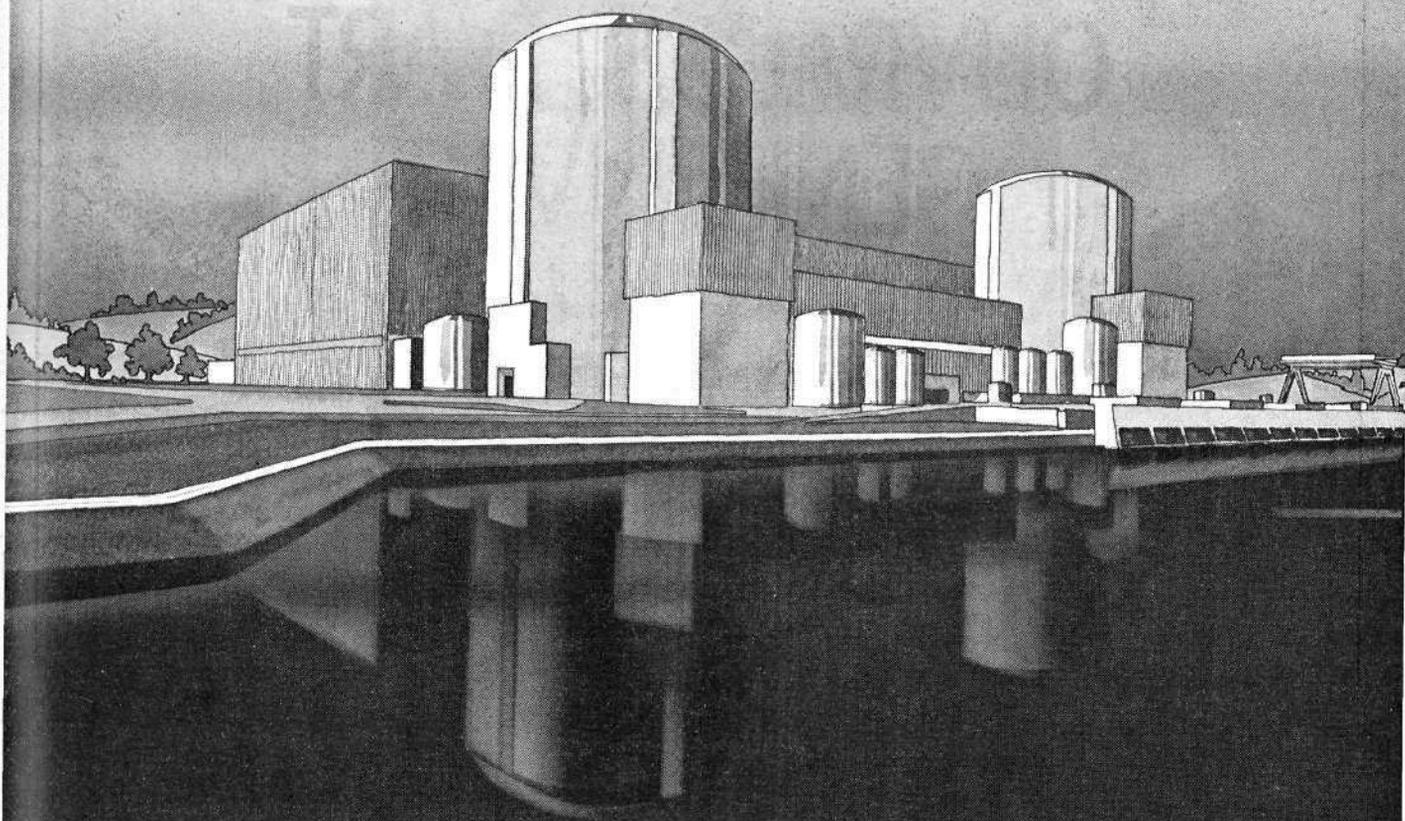
DÉPARTEMENT COMMERCIAL ÉNERGIE

12, rue de La Rochefoucauld - 75009 PARIS - Tél. 280-65-77

Télex 650 802 F

Adresse postale : B. P. N° 299-09 - 75425 PARIS CEDEX 09





Constructeur en France et à l'étranger de

46 installations nucléaires

de la chaudière à la centrale nucléaire complète
(au total 45 000 MWe)

 **FRAMATOME**

FRAMATOME, Tour Fiat - Cedex 16 - 92084 PARIS LA DÉFENSE - Tél. FRAMA 630635 F.

TERRASSEMENTS OUVRAGES D'ART GÉNIE CIVIL

RAZEL

ENTREPRISE RAZEL FRÈRES

Christ de SACLAY (Essonne)
BP 109 - 91403 ORSAY Cedex
Tel. 9418190+

Entreprise GAGNERAUD Père et Fils

S.A. au Capital de 30 000 000 F

Fondée en 1888

7 et 9, rue Auguste-Maquet, PARIS (16^e)

Tél. : 288.07.76 et la suite

TRAVAUX PUBLICS - TERRASSEMENTS - BÉTON ARMÉ
BATIMENT - CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES - VIABILITE
ASSAINISSEMENT - TRAVAUX SOUTERRAINS - CARRIÈRES
BALLAST - PRODUITS ROUTIERS - ROUTES - ENROBÉS

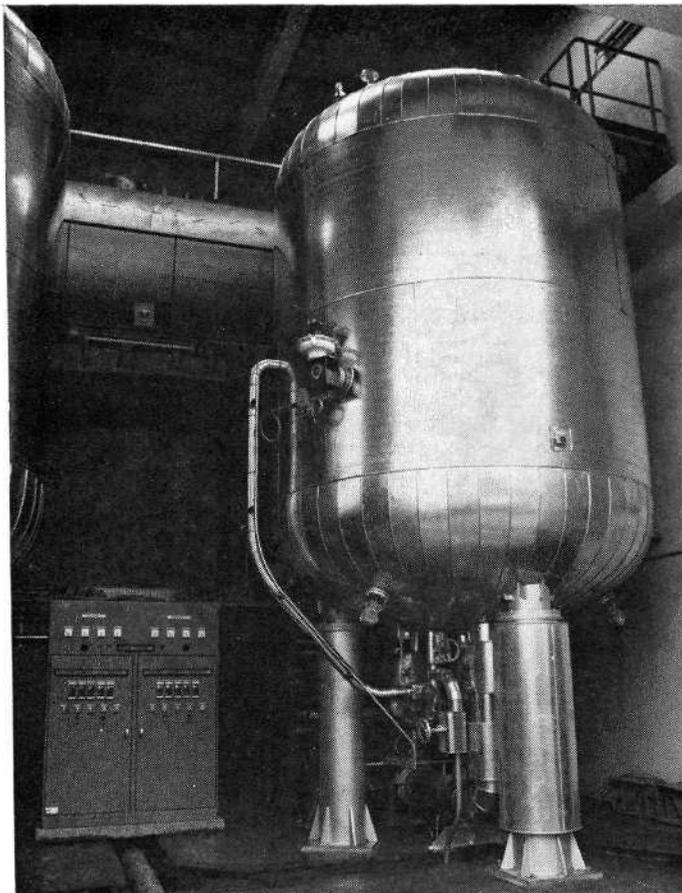
●
PARIS (Seine)

MARSEILLE, FOS-SUR-MER (Bouches-du-Rhône)

VALENCIENNES, DENAIN, MAUBEUGE, DUNKERQUE (Nord)

LE HAVRE (Seine-Maritime) - MANTES (Yvelines)

Alfa-Laval équipe les centrales nucléaires



Générateur de vapeur auxiliaire à chauffe électrique.
Puissance : 24 MW - Pression de timbre : 15 bar.
Tension d'alimentation : 6,6 kV.

Alfa-Laval fournit aux centrales nucléaires des échangeurs de chaleur compacts, des générateurs de vapeur auxiliaires, des modules de séparation centrifuge

Echangeurs de chaleur compacts

pour les circuits auxiliaires classiques et nucléaires.

- Débits de l'ordre de 4 m³/h à 3.000 m³/h.
- Températures de 110 à 400 ° C.
- Pressions de 15 à 30 bar.
- Coefficients de transfert de 2.000 à 5.000 kcal/m²/h/°C.

Générateurs de vapeur ou d'eau surchauffée à chauffe électrique

- Pression de service maximale : 40 bar.
- Puissance de 0,6 MW à plus de 70 MW.
- Plage de réglage continue de 5 à 150 %.

Modules de traitement centrifuge

des huiles des groupes turbo-alternateurs et des turbo-pompes alimentaires.

ALFA-LAVAL

Division Industrielle

62-70, rue Yvan-Tourgueneff
78380 BOUGIVAL

Téléphone : 977.02.20

Télex : 690 531 ALFALAV



**“Moi,
je m’arrête
chez Esso”**



**Esso Pneu
aquastable**



**INGENIERIE
POUR
L'INFRASTRUCTURE
LE BATIMENT
ET L'AMENAGEMENT**
MEMBRE SYNTEC

•
Siège social :

Immeuble « Le Mansard »
Place Romée-de-Villeneuve
13100 AIX - EN - PROVENCE
Tél. (91) 27.62.58

•
AGENCES :

**PARIS
NANCY
BEZIERS
LE BARCARES
VITROLLES**



Société Française d'entreprises de

**Dragages et
Travaux Publics**

Tour Eve, 1 place du Sud La Défense (Quartier Villon)
92806 Puteaux - Cedex France

**TERRASSEMENTS
TRAVAUX MARITIMES
BARRAGES ET CANAUX
ROUTES ET VOIES FERREES
AEROPORTS
OUVRAGES D'ART
BATIMENTS ET USINES
TRAVAUX SOUTERRAINS**

AMÉNAGEMENTS HYDROÉLECTRIQUES
 CENTRALES NUCLÉAIRES - CENTRALES THERMIQUES
 CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES
 TRAVAUX DE PORTS - ROUTES - OUVRAGES D'ART
 BÉTON PRÉCONTRAIT - CANALISATIONS POUR FLUIDES
 CANALISATIONS ÉLECTRIQUES - PIPE-LINES

Groupe

G T M

Société des Grands Travaux de Marseille

61, avenue Jules-Quentin - NANTERRE (Hauts-de-Seine)
 Tél. : (1) 769.62.40
 Téléx : GTMNT 611 306

ENTREPRISE

BOURDIN & CHAUSSE

S.A. au Capital de 21 000 000 F

NANTES :

Rue de l'Ouche-Buron - Tél. : 49.26.08

PARIS :

36, rue de l'Ancienne Mairie
 92 - BOULOGNE-BILLANCOURT - Tél. : 604 13-52

**TERRASSEMENTS
 ROUTES
 ASSAINISSEMENT
 RÉSEAUX EAU et GAZ
 GÉNIE CIVIL
 SOLS SPORTIFS**

**la qualité
 de la Vie**

SAUR

s'en préoccupe
 depuis plus
 de 40 ans



études,
 construction,
 exploitation
 de services publics,
 de distribution
 d'eau potable,
 d'irrigation,
 d'assainissement,
 de collecte
 et de traitement
 des ordures ménagères

SAUR

**SOCIÉTÉ D'AMÉNAGEMENT
 URBAIN ET RURAL**

Siège Social :
 50/56, rue de la Procession
 75015 PARIS
 Tél : 539 22 60
 Téléx : 640 989 F,

15

Directions Régionales en France
 Filiales :
 SODEN (Nîmes) - SAUR/AFRIQUE
 SODECI (Abidjan)



Chantiers Modernes

DIRECTION GÉNÉRALE :

88, rue de Villiers - 92300 LEVALLOIS-PERRET

Téléphone : 757.31.40

DIRECTIONS RÉGIONALES ET AGENCES A :

BORDEAUX - PARIS I ET II - VITROLLES - NANTES - LE HAVRE
POINTE-A-PITRE - LIBREVILLE - LA RÉUNION - ABIDJAN

GÉNIE CIVIL TRAVAUX PUBLICS

S.A. au Capital de 30 000 000 Francs

*participent actuellement
à la réalisation des centrales
nucléaires de **DAMPIERRE** et de **PALUEL***

J.-B. Sattanino **Entreprise Générale de Travaux Publics**

•
**TRAVAUX ROUTIERS
REVÊTEMENTS SPÉCIAUX
EXPLOITATIONS DE CARRIÈRES
SABLES ET GRAVIERS**
•

CADILLAC-SUR-GARONNE
(Gironde) Tél. 62.00.35

au service des collectivités...

LA SOCIÉTÉ DES EAUX DE MARSEILLE

première entreprise régionale
pour la distribution d'eau,
l'assainissement,
la destruction
d'ordures ménagères

Conseils techniques
Prestations de service
Affermages



SOCIÉTÉ DES EAUX DE MARSEILLE

25, rue Ed.-Delanglade
tél. : 53.41.36 - Marseille



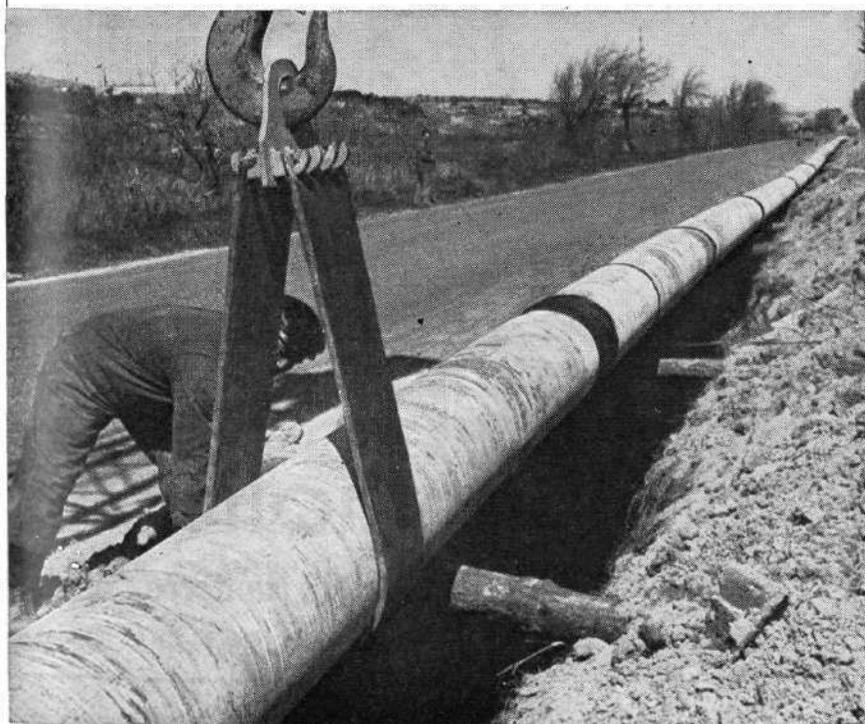
- constructions métalliques
- constructions mécaniques
- constructions nucléaires
- constructions off-shore
- aéroréfrigérants
- menuiserie métallique
- façades-murs-rideaux
- chaudronnerie-réservoirs
- ponts fixes et mobiles
- ouvrages hydrauliques
- entreprise générale

Compagnie Française d'Entreprises Métalliques

57, bd de Montmorency - B.P. 31816 - 75781 Paris Cedex 16 - Tél. 524 46 92 - Telex Lonfer Paris 620512

CFEM

LE TUBE D'ACIER à revêtement intérieur de mortier de CIMENT centrifugé.



est une synthèse de techniques éprouvées de l'Acier qui permet de réaliser des canalisations de transport et de distribution d'eaux potables ou industrielles

- incassables - étanches par des joints soudés - souples -
- inaltérables - économiques.

Le revêtement intérieur en mortier de ciment possède une très bonne inertie à l'agressivité des eaux véhiculées, et de plus n'est pas altéré par les opérations de soudures, coupes ou piquages.

stecta

108-110, avenue Jean-Moulin
78170 La Celle-St-Cloud
Tél. 918.47.27



- STECTA c'est encore :
- les tubes PVC ARMOSIG à joints «AS» ou «Collés»
 - les vannes papillon AMRI
 - la protection cathodique de structures métalliques enterrées
 - la robinetterie-fontainerie Sté METALLURGIQUE HAUT-MARNAISE
 - les compteurs EYQUEM

**LE TRAITEMENT
DES ORDURES
MÉNAGÈRES
C'EST**

triga La

33, avenue Maréchal-Joffre
92000 NANTERRE
Téléphone : 769-33-80
Télex : SAGETOL 600 302 F

COMPOSTAGE :

21 USINES
4 000 tonnes/jour

INCINERATION :

40 FOURS
2 300 tonnes/jour

15 USINES EN CONSTRUCTION
ACTUELLEMENT



L'Entreprise Industrielle

29, rue de Rome - 75008 PARIS
Tél. 296.16.60

TRAVAUX ÉLECTRIQUES

Centrales hydrauliques, thermiques, nucléaires • Postes de transformation HT et BT • Lignes de transport d'énergie HT et THT • Electrification rurale • Eclairage Public • Distribution BT/MT • Poteaux en béton armé et précontraint • Installations Industrielles • Courants faibles • Automatisation • Contrôle • Postes et Télécommunications • Usine de fabrication de tableaux électriques.

GÉNIE CIVIL

Aménagements hydro-électriques • Ouvrages d'art • Souterrains
Aéroports • Autoroutes • Canalisations.

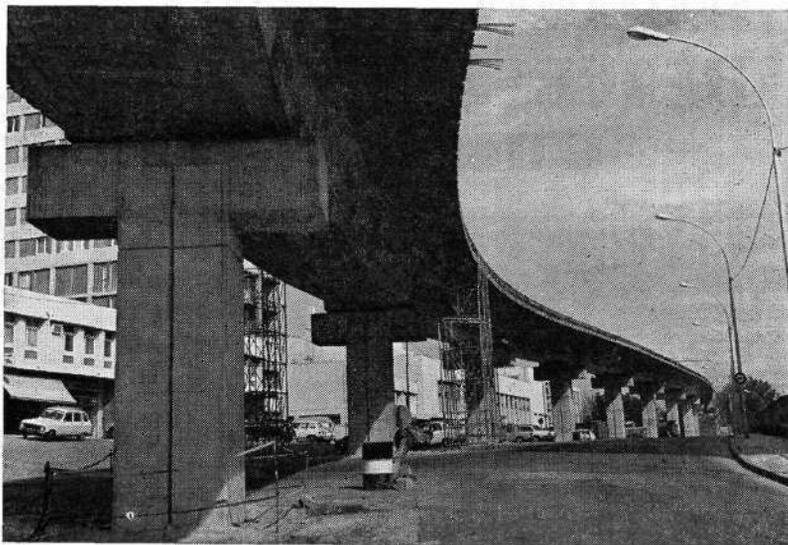
BATIMENT

Bâtiments Industriels • Publics • Privés • Parkings • Groupes
Scolaires • Stations Epuration et Pompage • Piscines.

BUREAUX D'ÉTUDES

TERRASSEMENTS
TRAVAUX PUBLICS
BÉTON ARMÉ
ET PRÉCONTRAIT
BATIMENTS
TRAVAUX SOUTERRAINS
FLUVIAUX et MARITIMES

Agence : Provence - Alpes
Côte d'Azur
Lotissement Industriel de Bagnol
Voie de la Glacière
13127 VITROLLES
Tél. : 91 - 89.14.83



Métro de Marseille (en participation).
Viaduc de la Rose (exécution Moinon).

Entreprise MOINON

57, rue de Colombes 92003 Nanterre Cedex

Télex : 691 755

Tél. : 769-92-90 (9 lignes)

études géotechniques
 et hydrologiques
 injections pour étanchement
 et consolidation des sols
 parois d'étanchéité • paroi moulée
 paroi préfabriquée "panosol"
 tirants d'ancrage • pieux et appuis moulés
 de haute capacité portante
 rabattement de nappes • captages
 drainage • électro-osmose
 pour consolidation de sols

SOLETANCHE ENTREPRISE

publité

6, rue Watford B.P. 511 / 92005 NANTERRE CEDEX
 Tél. 776.42.62

représentations en France et à l'étranger

FONDASOL

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



FONDASOL TECHNIQUE

Moyens mécaniques
 Bureau d'Etudes
 Ingénieurs conseils :

FONDASOL ETUDE

290, rue des Galoubets - B.P. 54
 84005 AVIGNON CEDEX
 Tél. : (90) 31.23.96
 Téléc : 431 999 FONDASOL MTFV

FONDASOL INTERNATIONAL

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

FONDASOL EST

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

FONDASOL CENTRE

19, rue Saint-Georges
 71100 CHALON-SUR-SAONE
 Tél. : (85) 48.45.60
 Téléc : 800 368 FONDASOL CHALN

FONDASOL ATLANTIQUE

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

CAMPENON BERNARD CETRA

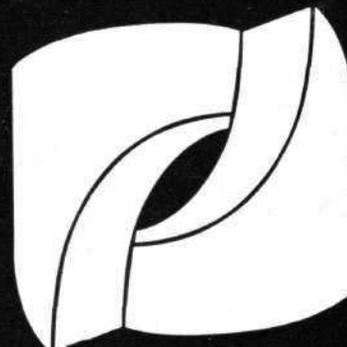
CBC
 CAMPENON
 BERNARD
 CETRA

ÉTUDES TECHNIQUES
 TRAVAUX PUBLICS

- PONTS ET VIADUCS
- BARRAGES
- TRAVAUX MARITIMES
 ET FLUVIAUX
- TRAVAUX SOUTERRAINS
- CENTRALES NUCLÉAIRES
 GÉNIE CIVIL INDUSTRIEL

CBC
 CAMPENON
 BERNARD
 CETRA

SIÈGE SOCIAL
 ET DIRECTION GÉNÉRALE :
 42, AV. DE FRIEDLAND
 BP 175.08
 75363 PARIS CEDEX 08
 TÉL. (1) 755.97.77
 TÉLEX 280.652 ECBTRAV



gpe



MICOPRENE

Bitume fluxé polymère
pour enduits

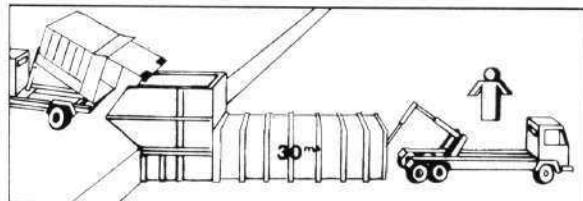
SCR
CHIMIQUE DE LA ROUTE

1 AVENUE MORANE SAULNIER 78140 VELIZY VILLACOUBLAY
BOITE POSTALE N°21 TELEPHONE 946 96 60

transfert des ordures et déchets

— Comment gagner des
kilomètres et économiser
de la main d'œuvre avec

marrel pac



Un matériel français :

conçu et réalisé par une firme de dimension internationale.

Un service pré-vente :

étude et préconisation des équipements et de leur implantation chiffrées par un bureau d'étude spécialisé.

Un service après-vente :

mise au point, entretien, intervention, assurés par le réseau Marrel.

Des références nationales et internationales :

16 centres Marrel à votre disposition :

42160 St-Etienne Bouthéon, tél. 55.08.30 • 69007 Lyon, tél. 72.67.55 • 92143 Paris-Clamart, tél. 630.22.63 • 13741 Marseille-Vitrolles, tél. 89.92.03 • 33027 Bordeaux-Cédex, tél. 29.36.05 • 86370 Poitiers Vivonne, tél. 43.40.08 • 31300 Toulouse, tél. 40.13.03 • 40000 Mont-de-Marsan, tél. 75.16.19 • 14730 Caen, tél. 84.70.30 • 18000 Bourges (Ets Boutin), tél. 70.20.90 • 21000 Dijon, tél. 71.33.01 • 67501 Haguenau (Métallurgie Gle), tél. 93.94.00 • 59113 Séclin (Nord Benne), tél. 97.24.29 • 53100 Mayenne (Ets Garnier) tél. 04.26.20 • 44390 Nort-sur-Erdre (A.C.F.A.), tél. 72.23.04 • 02200 Soissons (Ets Thévenon), tél. 53.09.81

bennes marrel 
marrel pac

BENNES MARREL S.A., Zone Industrielle de Bouthéon, B.P. 56
42160 ANDREZIEUX-BOUTHEON (tél. 55.08.30) Cedex 330 806 et 330 657

ENERGIE SOLAIRE ACTUALITÉS

INFORMATIONS INTERNATIONALES SUR LES APPLICATIONS DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

Nouveau service international d'information « Energie Solaire Actualités » est publiée

- en association étroite avec des éditeurs anglais et allemand
- en liaison avec un réseau international d'informateurs.

2 numéros par mois (10 à 20 pages maximum chacun) vous apporteront des informations brèves, nombreuses, variées, pratiques sur le développement des applications de l'énergie solaire en France et dans le monde.

Pas de larges développements ni d'articles habituels, mais des faits, des renseignements précis, des comptes rendus succincts sur les aspects technologiques, scientifiques et économiques de l'énergie solaire.

**ENERGIE SOLAIRE
ACTUALITES**
organise
prochainement
des voyages d'études
en ISRAEL, aux USA
et aux INDES

**Renseignements
sur demande**

Bulletin à retourner à

Energie Solaire Actualités - 254, rue de Vaugirard, 75740 PARIS
Cedex XV

Nom : _____

Fonction exercée : _____

Société ou organisme _____

Adresse : _____

- Quelles applications de l'énergie solaire vous intéressent plus particulièrement.
- Je souhaite recevoir sans engagement de ma part une documentation complète sur ESA.
- Je pense être en mesure de collaborer avec vous en vous adressant de temps à autre des informations sur nos recherches, nos projets ou nos réalisations.

(PCM)



ENERGIE SOLAIRE ACTUALITÉS est publiée 2 fois par mois par :
PYC-EDITION - 254, rue de Vaugirard, 75740 PARIS CEDEX 15 - Tél. : 532.27.19 +

En association avec : Promotor Verlags und Förderungsgesellschaft mbH, Karlsruhe :
Heating and Ventilation Publications, Croydon.

Le Service des
CONGÉS PAYÉS
dans les
TRAVAUX PUBLICS

ne peut être assuré que par

**LA CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS
DE TRAVAUX PUBLICS
de FRANCE et D'OUTRE-MER**

Association régie par la loi du 1^{er} Juillet 1901
Agréée par arrêté ministériel du 6 Avril 1937 (J.O. 9 Avril 1937)

7 et 9, Avenue du Général-de-Gaulle
Tél. : 772.24.25

— 92807 PUTEAUX
C.C.P. 2103-77 PARIS

La loi du 20 Juin 1936 et
le décret du 30 Avril 1949
font une obligation aux
Entrepreneurs de
TRAVAUX PUBLICS
de s'y affilier sans retard

Il n'existe pour toute la
France qu'une seule
Caisse de Congés payés
pour les Entrepreneurs
de TRAVAUX PUBLICS

FONDEDILE FRANCE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 3 200 000 F

9, rue Noblet, 92500 Rueil-Malmaison
tél. 977.22.40
télex COPEXIM 204098

Procédés brevetés pour renforcement des fondations « PALI RADICE »

ROME - NAPLES - MILAN - GÈNES - PALERME - FLORENCE - VENISE - BARI - CATANZARO - CAGLIARI - ATHÈNES - LONDRES - MADRID - ANVERS

FONDATEMENTS SUR PIEUX
PAROIS MOULÉES
CONSOLIDATIONS
INJECTIONS
ANCRAGES



VOILE PÉRIPHÉRIQUE EN PAROI MOULÉE
AVEC TIRANTS D'ANCRAGE PRÉCONTRAINTS

E.D.F. Centrale du Blayais, tranches 1 et 2.

(Travaux exécutés en groupement)



BUREAU
D'ÉTUDES

ROUTES
GÉNIE CIVIL
OUVRAGES D'ART

BATIMENT - USINES
OUVRAGES
HYDRO - ÉLECTRIQUES

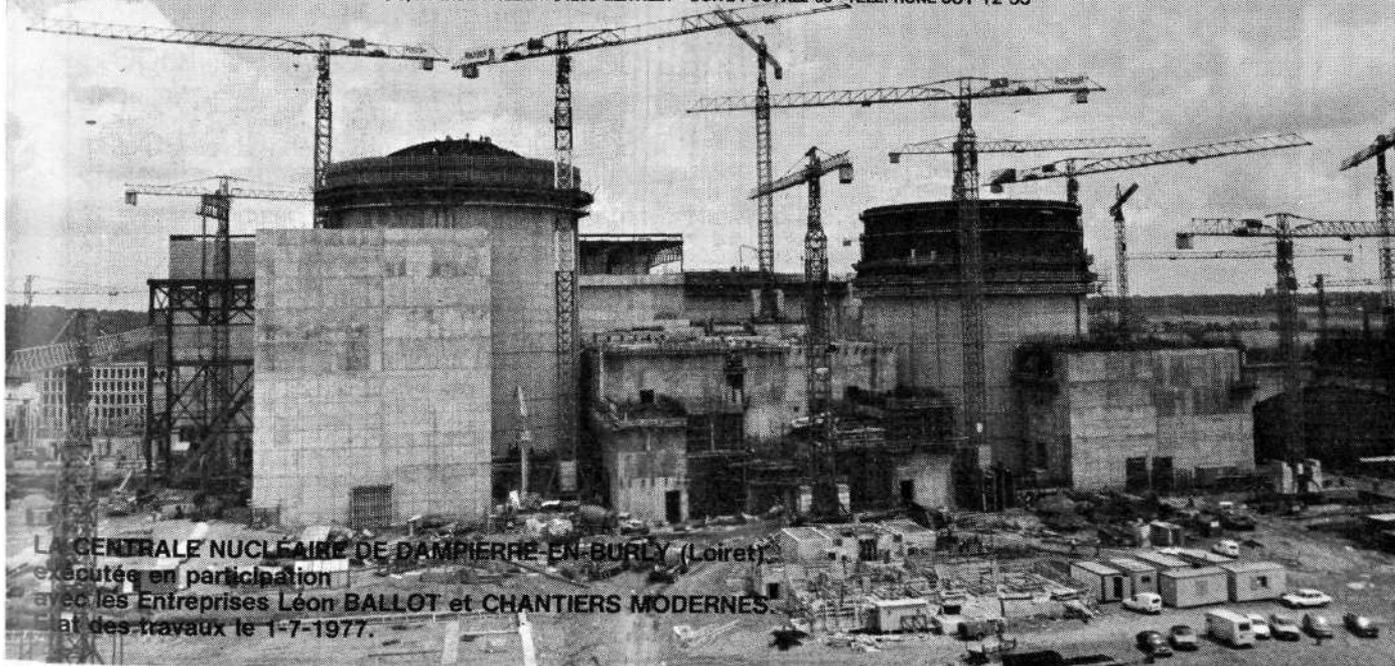
SOCIETE
d'**E**TUDES
TECHNIQUES
et **I**NDUSTRIELLES

31 - LABEGE
TELEPHONE (61) 80.82.90 et 80.82.91



SAINRAPT ET BRICE

3-5, AVENUE GALLIENI 94250 GENTILLY - BOITE POSTALE 96 - TELEPHONE 581.12.55



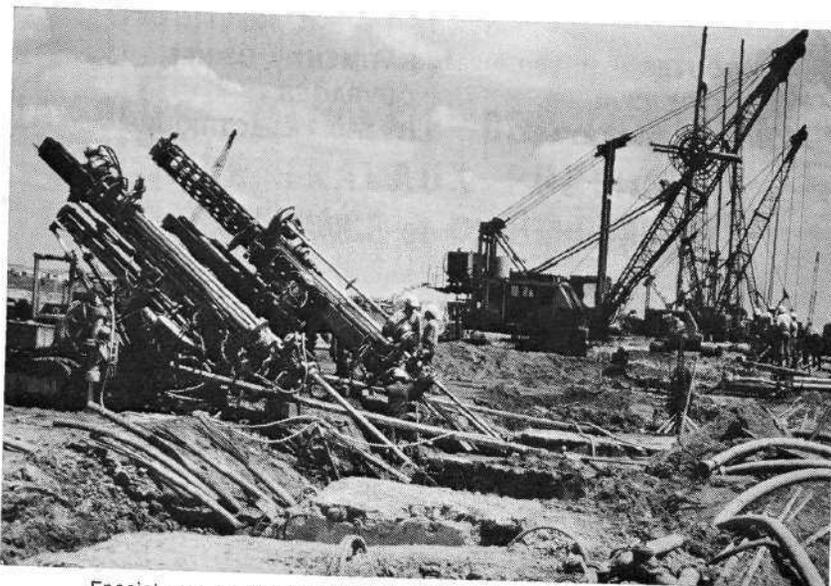
LA CENTRALE NUCLEAIRE DE DAMPIERRE EN BURLY (Loiret)
exécutée en participation
avec les Entreprises Léon BALLOT et CHANTIERS MODERNES
à partir des travaux le 1-7-1977.

SB

SPIE BATIGNOLLES

RÉGION SONDAGES et FONDATIONS SPÉCIALES

13, avenue Morane Saulnier - 78140 Vélizy Villacoublay



Enceinte en parois moulées de la Centrale Nucléaire du Blayais -
Tranches 3 et 4 - Travaux exécutés en groupement



tuyauteries industrielles

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.

ENTREPOSE

direction technique et commerciale: 127, r. de
saussure - 75850 paris cédex 17 - tél:766.03.89



11, AVENUE DU COLONEL BONNET
75016 PARIS TEL.: 520.99.60

- sondages
- injections
- forages
- parois et pieux moulés
- parois préfabriquées
- préfasif
- ancrages

PARIS I (94-VILLENEUVE LE ROI) - PARIS II (78-COIGNIERES) - EST (54-NANCY) - RHONE ALPES (69-MEYZIEU) - SUD (13-GEMENOS), (06-NICE), (06-PERPIGNAN) - ABIDJAN - ALGER - AMSTERDAM - BEYROUTH - BRUXELLES - CARACAS - CASABLANCA - COME (ITALIE) - DAKAR - FORT DE FRANCE - FRANCFORT - GUYANE - HONG KONG - LAUSANNE - LISBONNE - LONDRES - PACIFIQUE (NOUMEA - PAPEETE) - POINTE A PITRE - SANTIAGO (CHILI) - SYDNEY - SINGAPOUR - TANANARIVE - TEHERAN - TUNIS -

ANNUAIRE DU GENIE RURAL DES EAUX ET DES FORETS Edition 1977

Vous trouverez dans cet annuaire

— **Liste alphabétique des ingénieurs** avec leurs fonctions (grand corps d'état -

Organismes internationaux - Administrations et organismes para-étatiques - Recherche et expérimentation - Académie - Enseignement - Secteur privé)

— **Liste géographique,**

— **Toutes informations sur :**

- **Ministère de l'Agriculture** (Administration centrale - services régionaux et directions départementales de l'agriculture), avec indication du rôle et des fonctions des différents services ainsi que la mention des responsables,

- **Secrétariat d'Etat à l'Environnement,**

- **Office National des Forêts.**

**Pour le recevoir
retournez le présent bulletin**

à

PYC-EDITION,

**254, rue de Vaugirard -
75740 Paris cedex 15.**

Prix de l'ouvrage :

206,50 franco

A/GR - PCM

Nom :

Adresse :

Service ou référence :

Ci-joint règlement

par chèque bancaire

par virement postal au C.C.P. Paris
1382-45 à l'ordre de PYC-EDITION

Facture à nous adresser en
exemplaires.

Signature :

Date

Propre ou usée, l'eau c'est notre métier.



Qu'il s'agisse d'une ville ou d'un village, la Société Lyonnaise des Eaux prend en main, soit totalement, soit partiellement vos problèmes d'eau.

Il faut pouvoir, en effet, transformer, distribuer, rejeter un élément que la nature nous livre. L'eau en tant que produit fini doit présenter toutes les qualités que l'utili-

sateur est en droit d'exiger. L'eau après usage doit respecter les normes qui protègent la nature de la pollution. Et ceci pour un prix modeste.

Les différentes formules de contrats mises au point par la Lyonnaise des Eaux visent à répondre aux besoins exacts de vos collectivités.

Une structure décentralisée met partout

en France des interlocuteurs responsables face aux élus locaux. Derrière eux toute la logistique de la Lyonnaise des Eaux: laboratoires, centres de calcul, bureaux d'études, etc...

Potable ou non, si vous avez un problème d'eau, n'hésitez pas à nous consulter: nos spécialistes vous feront bénéficier d'une longue expérience acquise sur le terrain.



Société Lyonnaise des Eaux

45, rue Cortambert - 75769 PARIS CEDEX 16 - Tél. : 503.21.02

3500 spécialistes de l'eau au service des collectivités.

éditorial

Consacrer un numéro entier de la Revue P.C.M. aux activités de génie civil dans le domaine nucléaire peut paraître exagéré, tant sont nombreux les questions et les problèmes concernant le vaste programme nucléaire lancé par les pouvoirs publics.

Néanmoins, choisir d'évoquer de la façon la plus exhaustive possible les problèmes de génie civil me paraît important et ceci pour trois raisons :

La première est tout à fait évidente, elle tient à l'intérêt des ingénieurs des Ponts et Chaussées et des lecteurs de cette revue en général pour les questions touchant au génie civil. Le programme nucléaire français est l'occasion de la réalisation d'ouvrages qui sont à même d'attirer leur attention aussi bien par leurs dimensions que par l'intérêt de leur conception et de leur réalisation. Il permet la mise au point de techniques nouvelles, amène à approfondir les méthodes de calcul aussi bien que les techniques d'exécution ; il est et restera source de progrès technique.

La deuxième raison tient à l'importance des efforts consentis. Pour les mesurer je citerai quelques chiffres. Pour une paire de tranches de 900 MW, l'ensemble des dépenses liées au génie civil s'élève à environ 950 MF ce qui est à rapporter au coût total de la paire (soit 4800 MF aux conditions économiques de janvier 1977). Il est à noter que la part génie civil dans le coût d'une centrale PWR va en s'accroissant. Cette évolution place la technique à un niveau tout à fait exceptionnel et se matérialise par une augmentation sensible des quantités de béton utilisées : 70.000 m³ par tranche à Fessenheim, 200.000 m³ par tranche à Paluel. L'ensemble des tâches de génie civil a été partagé en plusieurs marchés attribués soit à une entreprise, soit à un groupement d'entreprises ; le marché



le plus important est le marché de génie civil principal (qui représente plus de la moitié du coût total du génie civil). On peut citer encore pour chaque site le marché de terrassement, le marché relatif aux prises d'eau, le marché des réfrigérants. Il serait trop long ici de citer toutes les entreprises qui participent au programme, mais je puis dire que tous les secteurs sont représentés, des entreprises locales et régionales à la grande entreprise nationale, chacune ayant reçu en partage des tâches correspondant à ses compétences. Plus de deux cents entreprises de génie civil ont été attributaires de marchés, individuellement ou en groupement ; parmi elles on trouve la plupart des grandes entreprises françaises.

Enfin, le troisième point sur lequel je voudrais insister est la spécificité des tâches de génie civil dans le domaine nucléaire. L'attention toute particulière portée à la sûreté nucléaire a conduit Electricité de France à poursuivre des efforts considérables déjà engagés du temps de la filière graphite-gaz pour assurer cette sûreté aussi bien dans le domaine de la conception des ouvrages que dans celui de leur réalisation.

En ce qui concerne la conception, les ouvrages sont dimensionnés et calculés pour résister aux agressions

externes les plus diverses : explosions, séismes (l'effort de calcul a prolongé très largement celui fait pour les ponts), chutes d'avions. Pour chaque problème, il a été nécessaire de trouver une solution acceptable, de vérifier sa comptabilité avec les contraintes liées aux autres sollicitations et de prouver aux autorités de sûreté que les mesures prises garantissaient la sûreté de la centrale.

Mais il faut souligner que cet effort théorique aurait été vain sans un soin tout particulier apporté à la réalisation des ouvrages. Dans cet esprit, Electricité de France a engagé tous les constructeurs à renforcer leurs contrôles de qualité aussi bien dans leurs activités d'études que dans leurs activités de chantiers. Cet effort permet de donner toutes garanties sur la bonne tenue des ouvrages.

En conclusion, je dirai que le génie civil constitue une part importante des activités induites par le programme nucléaire et que la valeur ajoutée par ces activités à la richesse nationale représente un apport considérable puisqu'elle participe à l'importante économie de combustible fossile que doit permettre de réaliser ce programme. Dès les années d'après-guerre le programme hydraulique avait constitué un pas important dans ce sens. Le programme nucléaire conduit à la réaffirmation de cette vocation au demeurant mal perçue des entreprises du fait des contraintes qu'elles rencontrent tant sur le plan de la qualité de la réalisation que celui des délais d'exécution. Ces nécessaires sujétions sont pourtant largement compensées par un surcroît de compétence et sont par ailleurs à même de renforcer la compétitivité des entreprises françaises au plan international.

M. HUQ.

Directeur de l'Équipement E.D.F.

ouvrages à la mer de la centrale nucléaire de Gravelines

par Jean TOUYERAS

Ingénieur E.C.P.

Adjoint au directeur de la Région d'Équipement Paris E.D.F.

et Jean REGEMBAL

Ingénieur E.C.P.

Directeur adjoint, Société Générale d'Entreprises.

Conception des ouvrages

SITUATION DES OUVRAGES

La centrale de Gravelines est la première centrale nucléaire française installée en bord de mer. Du type uranium enrichi — eau pressurisée, elle comporte dans la phase actuelle quatre tranches de 900 MW, le site étant prévu pour un équipement complémentaire de plusieurs tranches de 1 300 MW.

Le choix du site de Gravelines pour un tel équipement repose sur deux raisons :

- d'une part, le bilan production-consommation d'électricité de la région Nord-Pas-de-Calais est prévu déficitaire vers la fin de la décennie ;
- d'autre part, les cours d'eau de cette région ne disposent pas de débits suffisants pour assurer le refroidissement des centrales thermiques classiques ou nucléaires qu'il est nécessaire d'y construire.

La centrale est implantée sur la plage de la mer du Nord, immédiatement à l'Ouest de la jetée Ouest du nouvel avant-port de Dunkerque (Fig. 1). Les tranches de 900 MW sont alignées le long d'un canal d'amenée alimenté à partir d'une prise d'eau située dans le bassin de l'avant-port. Ce canal dessert deux stations de pompage, une par paire de tranches (Fig. 2). Des conduites en béton acheminent

l'eau depuis ces stations de pompage jusqu'aux condenseurs de vapeur, puis la ramènent à un canal de rejet, parallèle au canal d'amenée, débouchant sur la plage. La séparation entre les deux canaux est constituée d'une gabionnade en palplanches dans laquelle sont incorporés les déversoirs de rejet.

Cette disposition est en grande partie dictée par la présence des ouvrages de l'avant-port, et ce, pour les raisons suivantes :

- la prise d'eau située au fond de l'avant-port, est séparée du rejet situé sur la plage par la jetée Ouest de l'avant-port. Cette jetée d'une longueur de 2.200 m crée un obstacle important à un recyclage éventuel des eaux réchauffées ;
- la profondeur d'eau dans l'avant-port varie de 20 à 26,50 m et l'agitation est faible. De ce fait, l'avant-port joue le rôle de dessableur et les eaux sont en bonne partie décantées avant de parvenir à la prise d'eau, ce qui favorise la tenue des installations véhiculant l'eau de refroidissement (pompes, conduites et condenseurs).

ÉTUDES DES OUVRAGES

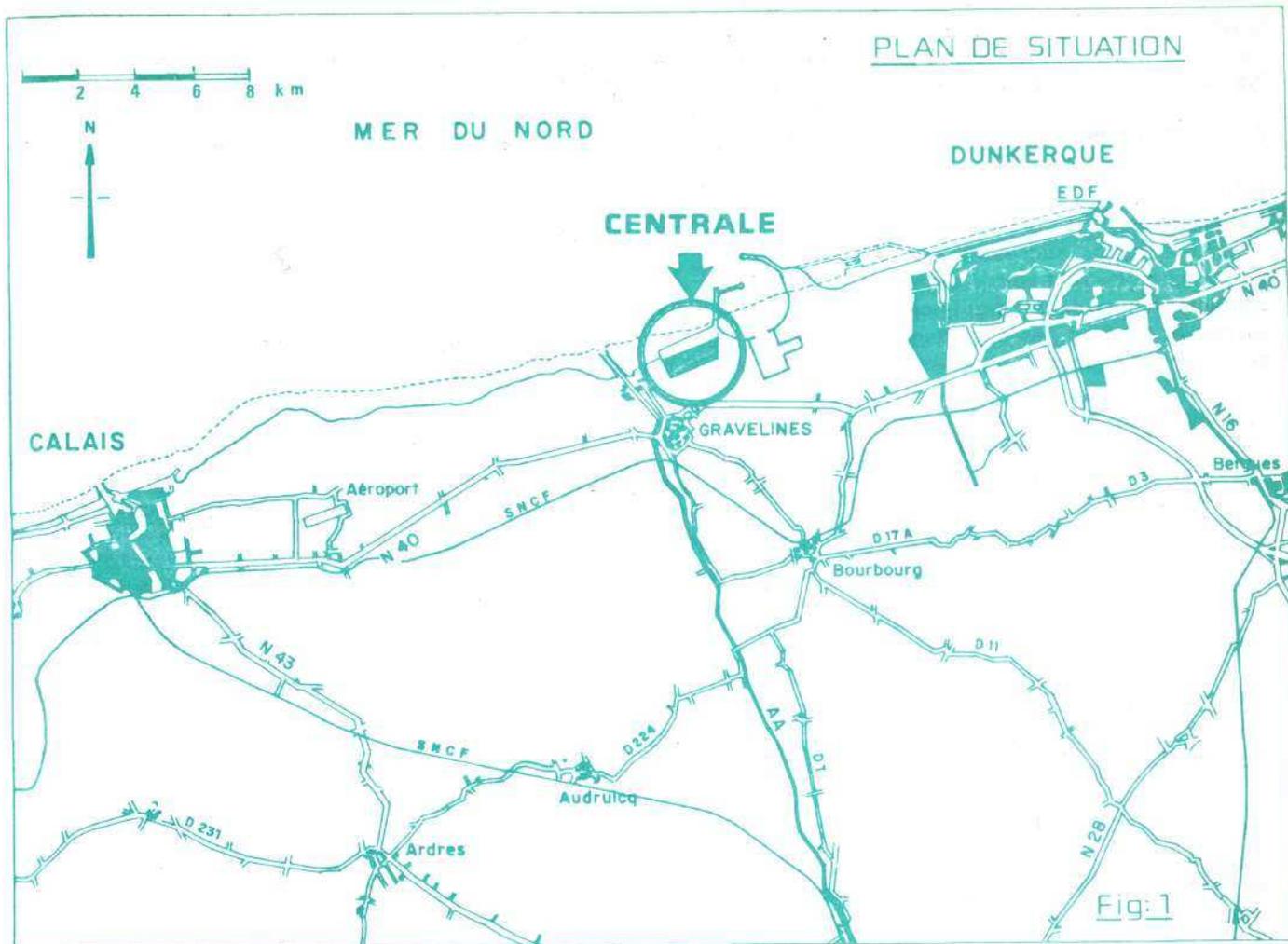
Les principaux problèmes qui se sont posés au cours des études des ouvrages d'eau ont été les suivants :

- l'importance des débits mis en jeu : pour éviter le surcoût dû au doublement des ouvrages ou les

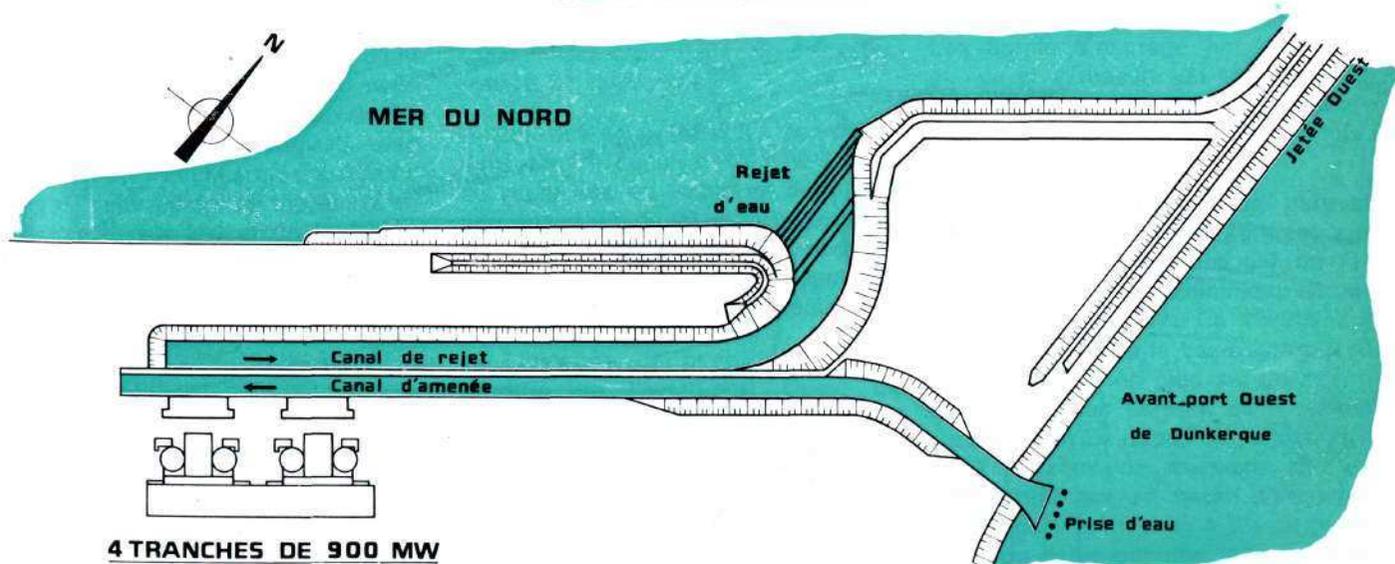
indisponibilités liées à une reprise des travaux, il a été retenu de dimensionner les ouvrages dès la première phase pour la capacité du site, celle-ci correspond à un débit de l'ordre de 420 m³/s, soit une valeur supérieure au débit moyen de la Seine à son embouchure. Ce débit implique, en particulier pour le rejet, des ouvrages d'une taille inhabituelle à ce jour d'autant plus qu'ils sont soumis à la marée et à la houle qui, en cette région de la mer du Nord voisine du Pas-de-Calais, atteignent des amplitudes importantes ;

- l'obligation de conserver la courantologie aux abords du site, ceci afin de ne perturber ni la stabilité des fonds ni les conditions de navigation dans le chenal d'accès à l'avant-port ou dans l'avant-port lui-même ;
- la nécessité de limiter la surface de la tache thermique, c'est-à-dire l'étendue au sein de laquelle se font ressentir sur le milieu marin les effets du réchauffement de l'eau par les condenseurs. Il fallait donc rechercher dès l'embouchure de l'ouvrage de rejet une décroissance rapide de l'élévation de température qui est de 11° 6 C à la sortie de la centrale.

Pour étudier ces problèmes, E.D.F. s'est appuyée, d'une part sur l'expérience du Port Autonome de Dunkerque, et d'autre part sur les moyens d'expérimentation et de calcul du Laboratoire National d'Hydraulique,



PLAN D'ENSEMBLE



← SENS DE L'EXTENSION

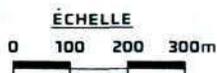


Fig. 2

ce dernier ayant d'ailleurs participé à l'étude de l'avant-port. Les principales études ont été les suivantes :

OUVRAGE DE PRISE D'EAU (Fig. 3)

Pour cet ouvrage, il a été utilisé un modèle réduit à fonds fixes au 1/150. Plusieurs projets successifs ont été examinés d'une part sous l'angle des courants induits dans l'avant-port, en particulier au droit des appontements pétroliers, et d'autre part, sous l'an-

gle des vitesses dans l'ouvrage lui-même. La meilleure solution s'est révélée être un ouvrage ayant la forme d'un convergent, perpendiculaire à la berge de l'avant-port composé :

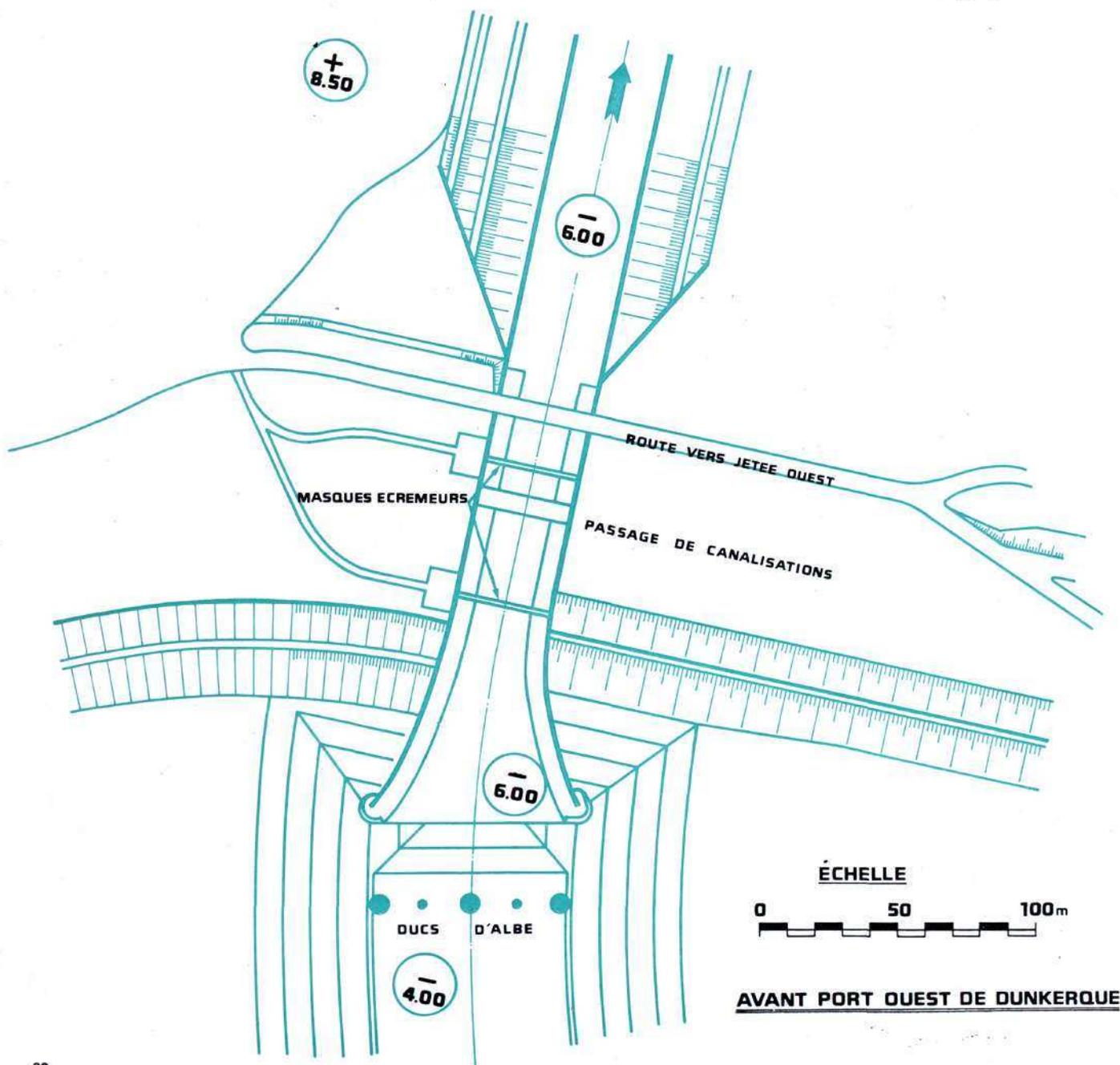
- d'un radier plat formé d'enrochements posés sur fascines pour éviter leur enfouissement dans le sable,
- de deux berges verticales plongeant dans l'avant-port, réalisées en parois moulées.

Il a été ensuite vérifié qu'avec ce type d'ouvrage, les intumescences résultant d'un arrêt brutal de toutes les tranches en service n'étaient pas préjudiciables au bon fonctionnement des installations du Port Autonome de Dunkerque.

Enfin, des dispositions particulières ont été prévues pour garantir le niveau de fiabilité requis pour les circuits assurant le refroidissement de certains auxiliaires nucléaires. A cet

OUVRAGE DE PRISE

Fig. 3



effet, d'une part des ducs d'Albe capables d'arrêter les navires à la dérive susceptibles d'obstruer l'entrée du canal d'amenée ont été installés en avant de la prise d'eau, et d'autre part des masques écrémeurs pouvant arrêter les corps flottants et les nappes superficielles d'hydrocarbure sont disposés en travers de l'ouvrage et plongent d'un mètre sous les plus basses eaux.

OUVRAGE DE REJET D'EAU

Un premier modèle réduit à fonds mobiles au 1/400 a servi à la détermination de la forme de cet ouvrage. Les critères examinés étaient l'influence du débit d'eau d'une part sur l'évolution des fonds marins, notamment au droit du chenal d'accès à l'avant-port, et d'autre part sur la stabilité du chenal de rejet. L'ouvrage retenu a la forme d'un coude à 90° divergent et de section trapézoïdale, dont la largeur en tête varie de 150 à 250 m. Il est traversé, dans sa partie aval, par un seuil biaisé de 1,35 m de haut qui, tout en assurant une meilleure diffusion du jet, maintient dans le canal de rejet une hauteur d'eau suffisante pour éviter un régime torrentiel à marée basse.

Dans une première phase, qui correspond à la mise en service des tranches de 900 MW, les travaux du chenal de rejet sont limités à la réalisation de ce seuil, ainsi que d'une protection réduite du pied du seuil. L'action, pendant quelques années du débit de 160 m³/s correspondant à ces quatre tranches créera un chenal qu'il suffira alors de tapisser d'enrochements sur 300 m de long pour qu'il puisse résister au débit total de 420 m³/s.

Un second modèle en canal à houle au 1/75 a permis de choisir les matériaux constitutifs de l'ouvrage : enrochements pour le radier et les berges inclinées à 3/1 dans la zone de marnage, béton bitumineux sur les talus à 4/1 au-dessus du niveau des vives eaux moyennes ; ce modèle a permis de vérifier que la houle ne pénétrait que peu dans le canal de rejet situé en amont de l'ouvrage.

La tache thermique a été déterminée à l'aide d'un modèle mathématique prenant en compte les phénomènes de dispersion et d'échange avec l'at-

mosphère ainsi que les phénomènes de convection par les courants de marées, ces derniers ayant été mesurés sur un modèle d'ensemble de l'avant-port. La présence des ouvrages de l'avant-port s'est révélée être très favorable sous l'angle du recyclage des eaux réchauffées, puisque pour quatre tranches de 900 MW celui-ci reste inférieur à 4 %. Par contre, ils entraînent un confinement des eaux chaudes dans la zone d'ombre de la jetée par rapport aux courants de marée, c'est-à-dire à proximité du rejet. Cependant, cette influence s'estompe très rapidement vers le large et toujours pour quatre tranches de 900 MW, la surface correspondant à un échauffement de 1° (variation naturelle de la mer au cours d'une marée) n'excède pas 8 km².

Dispositions constructives et réalisation des ouvrages

Les dispositions générales retenues pour les ouvrages d'eau de la Centrale de Gravelines étant définies comme il a été exposé ci-dessus, il convenait de préciser comment seraient conçues les protections des canaux, des rives et des côtes et quels procédés d'exécution seraient les plus appropriés.

Les données essentielles du problème étaient les suivantes :

— Les ouvrages étaient à construire dans un site où on ne rencontre que du sable très fin (sable de dune) sur une épaisseur de 25 à 30 mètres environ. Ce sable, avec les calcaires durs du Boulonnais, était le seul matériau disponible dans la région.

— L'ouvrage de prise implanté en bordure de l'avant-port Ouest de Dunkerque se situait dans l'emprise d'une plage de création récente.

— L'ouvrage de rejet, en raison de ses grandes dimensions, se trouvait à la fois sur la côte, sur la plage et en mer.

— L'amplitude maximale de la marée sur le site est de 6,50 mètres environ.

— En raison de la finesse du sable, les talus naturels en mer et dans la zone de marnage ont des pentes ex-

trêmement faibles de l'ordre de 50/1 et l'érosion éolienne au-dessus des hautes mers peut entraîner le déplacement rapide de grandes masses de sable.

— Les sables en place ou provenant de remblais se prêtent bien à l'établissement de rabattements de nappe.

— Des quantités importantes de sable provenant du creusement du bassin de marée du nouveau port Ouest de Dunkerque étaient disponibles.

— Les diverses techniques utilisées lors de la récente construction des digues du nouveau port constituaient un enseignement valable pour la détermination des procédés à employer.

CONSTRUCTION DE LA PRISE D'EAU

Les murs de la prise d'eau sont verticaux, de manière à réduire la portée des quatre ouvrages établis en travers de la prise : pont routier, pont supportant d'importantes conduites de pétrole et masques écrémeurs. Ils sont constitués de parois moulées en béton armé, de 38,50 mètres de hauteur, fichées à (— 18,00) et sont ancrés par tirants forés. Ces parois ont été exécutées depuis le terrain naturel dans des tranchées creusées dans le sable en présence de boue. Les tirants d'ancrage ont été forés au fur et à mesure du terrassement qui a été exécuté à l'abri d'un rabattement de nappe par puits profonds.

Les défenses de côte, de part et d'autre de la prise, sont formées au-dessus de la haute mer par un revêtement en béton bitumineux du talus de sable à 4/1. Ce revêtement dont l'épaisseur à la base est de 0,40 mètre est buté en pied sur un rideau de palplanches Larssen de 5 mètres de longueur. Le rideau de palplanches dans la zone de marnage est lui-même buté sur un massif d'enrochements de 0 à 1 000 kg à 3/1 de pente isolé du sable par une toile de polypropylène. Cette toile a pour but d'éviter l'érosion du sable à travers les enrochements et l'enfoncement de ceux-ci dans la masse du sable.

La construction de cette défense de côte a été faite à sec, à l'abri d'un batardeau en sable arasé à la cote



(Studio Sagot - Dunkerque)

Chantier de construction de la Centrale de Gravelines. Ensemble des ouvrages d'eau. A l'arrière plan, l'avant-port ouest de Dunkerque.

(+ 8,50), de 10 mètres de largeur en crête. Ce batardeau était protégé du côté mer par un revêtement en sable bitume et par des enrochements. Le massif de sable était en outre stabilisé par un rabattement de nappe.

RADIER DE PRISE D'EAU

Le radier est constitué par une simple protection contre l'entraînement de sable. Cette protection est constituée par une toile tissée en polypropylène recouverte d'un tapis de fascines lesté par une couche de 0,30 mètre en moyenne d'enrochements de 0-150 kg. Cette protection est renforcée sur une largeur de 5 mètres au pied de chaque bajoyer par un tapis d'enrochements de 1 à 3 tonnes d'une épaisseur moyenne de 1 mètre.

DUCS D'ALBE DE PROTECTION

Les ducs d'Albe protégeant l'entrée de la prise sont formés de cinq tubes métalliques à inertie variable fichés dans le sable. Ils sont dotés de défenses en caoutchouc moulé.

Les trois tubes principaux ont 1,60 mètre de diamètre et 31,80 mètres de longueur et comportent trois défenses.

Les deux tubes intermédiaires ont 1,40 mètre de diamètre et 29 mètres de longueur et comportent deux défenses.

Les cinq ducs d'Albe sont surmontés de balises lumineuses. Ils seront mis en fiche après mise en eau de la prise d'eau, par vibrofonçage, à partir de pontons.

CONSTRUCTION DU REJET D'EAU

REMBLAIS

La première phase des travaux consistait à gagner sur la mer les emprises nécessaires et à stocker sur le site le volume de sable nécessaire aux travaux.

Ce remblai a été fait par voie hydraulique à la cote (+ 8,50) à l'aide d'une drague suceuse refouleuse stationnaire à désagrégateur. Le sable était dragué dans le futur bassin de marée du port et refoulé à une distance variant de 3 à 4 km. Le volume de remblai ainsi constitué était de 3 millions de mètres cubes.

PROTECTION DE LA COTE

Les ouvrages de protection s'étend-

dent sur une longueur de 1 800 mètres de part et d'autre du débouché du canal de rejet. Ils se prolongent également dans la partie la plus ouverte du divergent jusqu'à l'amont du seuil.

Ils sont essentiellement constitués de talus en sable recouverts soit par des enrochements, soit par des tapis bitumineux. Le profil type est essentiellement constitué comme suit

A la limite des hautes mers, un rideau de palplanches Larssen de 5 mètres de longueur, couronné d'une lierne en béton armé arasée à (+ 6,00), est fiché dans le sable. Ce rideau limite un glacis à 4/1 de 10 mètres de largeur recouvert d'une couche de béton bitumineux dont l'épaisseur décroît de 0,60 mètre à 0,20 mètre. Une berme de 15 mètres de largeur à la cote (+ 8,50) recouverte de 10 centimètres de béton bitumineux sur une fondation en laitier concassé sépare le glacis d'un cavalier en sable à la cote (+ 12,00) de 6 mètres de largeur en crête avec pentes à 4/1 côté mer et 3/1 côté terre.

L'ensemble du glacis, de la berme et du cavalier a une largeur totale de 55,50 mètres permettant d'éviter tout franchissement des vagues.

Le rideau de palplanches est buté sur une couche de 1,50 mètre d'enrochements de 1 à 3 tonnes dont les vides sont remplis de pierres de 10 à 80 kg et de mastic bitumineux.

Cet épaulement est lui-même protégé par un talus à 2/1 formé d'une couche de 1,50 mètre d'enrochements 0-500 kg protégés par une couche de deux mètres d'épaisseur de blocs naturels de 2 à 4 tonnes. Les enrochements 0-500 kg reposent sur un talus de sable à 2/1 avec interposition d'une toile de polypropylène.

La partie de la défense de côte située côté mer par rapport au rideau de palplanches se trouve entre les cotes (+ 6,00) et (- 4,00) c'est-à-dire sous les basses mers et dans la zone de marnage.

La tenue de talus de sable à 2/1 étant impossible dans ces conditions, l'ouvrage de défense de côte a dû être construit à sec à l'abri d'un cavalier en sable de 30 mètres de largeur, protégé du côté du large par un cordon d'enrochements recouvert

d'une carapace en sable bitume. Des puits profonds permettaient de rabattre la nappe et d'assurer la stabilité des talus de fouilles.

PROTECTION DES RIVES DU REJET (Fig. 6)

Les rives entre le canal et les défenses de côtes sont analogues dans leurs structures aux défenses de côtes mais le profil est simplifié en raison de la moindre agitation à laquelle elles sont exposées. Le rideau de palplanches Larssen est ici surmonté d'un cavalier en sable, sans berme, à 4/1 dont le revêtement en béton bitumineux a 0,40 mètre d'épaisseur à la base.

Il est buté sur talus d'enrochements 0,500 kg à 3/1 isolé du sable par une toile de polypropylène.

RADIER ET SEUIL

Le radier du rejet est formé d'une simple protection contre l'érosion du sable constituée de fascines avec toile de polypropylène lestée par une couche d'enrochements 0-150 kg de 0,30 m d'épaisseur moyenne.

Le seuil oblique qui sépare le rejet du large constitue un déversoir à marée basse, il a une longueur de 170 m et une largeur de 78 m. En partant de la mer, il s'élève en très faible pente de (- 3,00) à (+ 1,35) et se termine du côté canal par un cavalier de 5 m de largeur recouvrant un rideau para fouille en palplanches Larssen de 5 m de longueur. Ce seuil a été constitué par des blocs naturels d'enrochements de 1 à 3 tonnes, en épaisseur croissante de 1 à 2,35 m, qui reposent sur des fascines avec toile de polypropylène recouverte d'une couche d'enrochements de 0-150 kg.

Après exécution des remblais hydrauliques, les travaux principaux de la prise d'eau et du rejet d'eau de la centrale de Gravelines ont duré 20 mois.

Les principales quantités de travaux étaient :

- Remblais 3 000 000 m³
- Terrassements 1 000 000 m³
- Fascines 75 000 m³
- Enrochements 150 000 t.
- Béton et mastic bitumineux 57 000 t.
- Puits de rabattement 70 u
- Surface de la zone rabattue 20 ha

Ils ont été exécutés par le groupement chargé des travaux de génie civil de la centrale de Gravelines, comprenant : la Société Générale d'Entreprises (S.G.E. Entreprise pilote) Dragages et Travaux Publics (D.T.P.) et S.C.R.E.G. avec le concours des principaux sous-traitants : S.N.T.P. — Soletanche — Tinèl — Zanen.

La Région d'Équipement Paris d'Électricité de France était le maître de l'ouvrage assisté du Service Travaux du Port Autonome de Dunkerque.

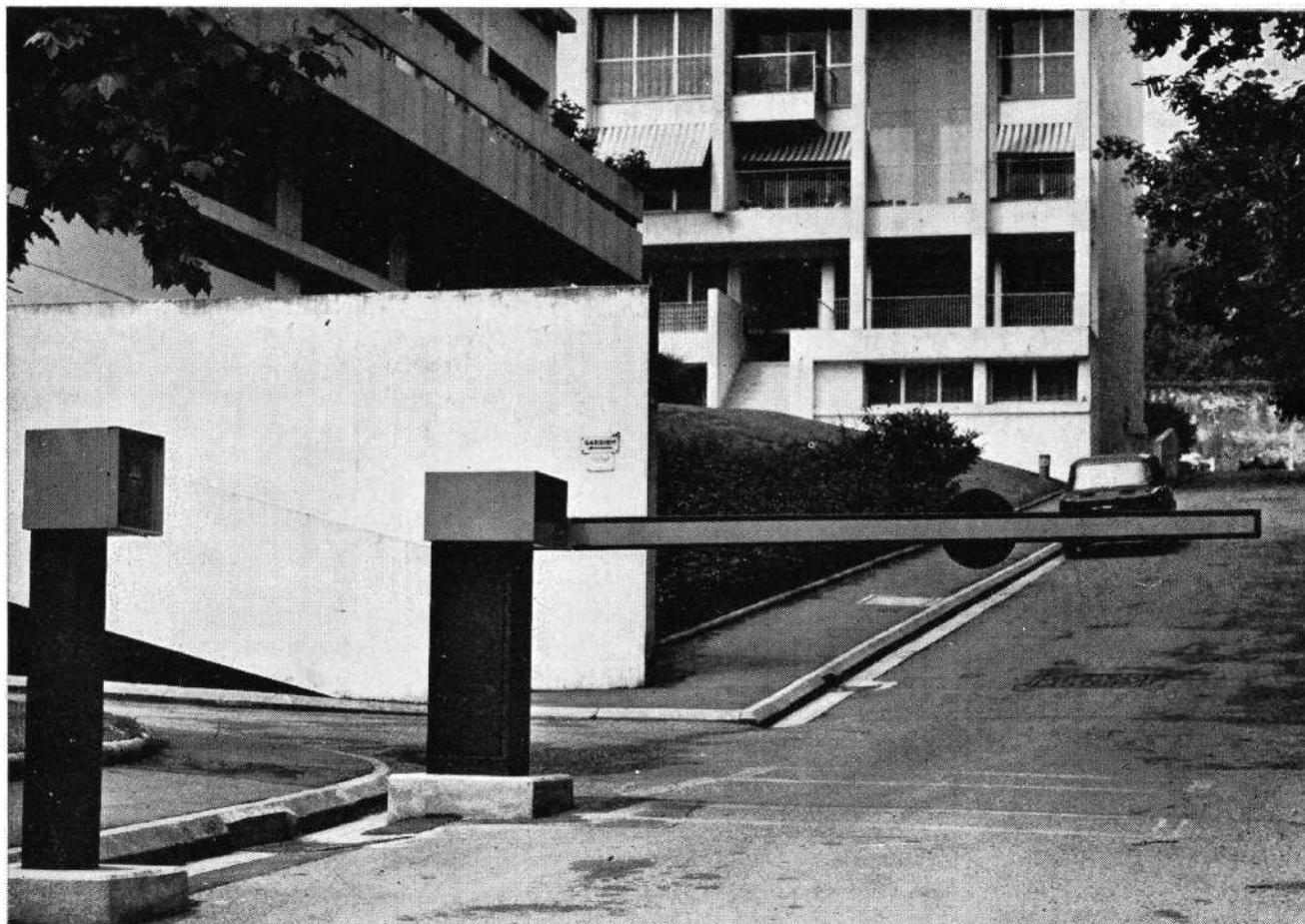
VOYAGE PROFESSIONNEL 1978

PAYS FRANCOPHONES D'AFRIQUE NOIRE

Retenez bien cette date :
29 AVRIL - 12 MAI 1978

stop

aux envahisseurs !



barrières automatiques pour parkings privés

Stop à tout véhicule étranger sur vos emplacements de parking ! CFEE rendra vos parkings réellement privés 24 heures sur 24. Grâce aux barrières automatiques et aux lecteurs de cartes codées CFEE, vos parkings seront dorénavant à l'abri des voitures envahissantes. Finies les plaintes et les réclamations si vous utilisez les équipements CFEE !...

UNE ROBUSTE ET ÉLÉGANTE SOLUTION POUR PROTÉGER LES PARKINGS PRIVÉS

recherchons distributeurs pour la province

prix et documentation sur demande à CFEE 90 rue danton - 92300 levallois - tél. 757.11.90

nom _____

adresse _____ tél. _____

CFEE

90 rue danton
92300 levallois
tél. 757.11.90

SETEP

les terrassements de la centrale nucléaire du Blayais

par Jacques LECLERCQ

*Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Chef d'Aménagement, Electricité de France.*

et Pierre HAMON

*Ingénieur E.T.P.,
Directeur des Travaux Spie-Batignolles.*

Les travaux de terrassements de la Centrale Nucléaire du Blayais n'échappent pas à la règle générale des grands travaux de terrassements :

- adaptation des projets et méthodes d'exécution aux caractéristiques des sols.

Nous rappelons que la construction de cette centrale de 4×900 MW, d'une emprise totale d'environ 230 ha, répartie en deux ensembles de 2 fois 900 MW se situe en bord de Gironde rive droite, dans une zone de marais de 6 000 ha, sur la Commune de Braud et Saint-Louis.

Géologie sommaire

Les études conduites par le B.R.G.M.-Aquitaine ont été prolongées par une campagne de sondages effectués par Soletanche et Temois.

Partant de la surface du sol naturel situé à la cote + 2,50 NGF, le terrain présente successivement en profondeur :

- des vases plus ou moins consolidées d'une épaisseur moyenne de 12 m,
- des sables et graves sur une épaisseur moyenne de 6 m,
- une couche très hétérogène sur 7 à 8 m présentant des alternances d'écaillés calcaires insérées dans des bancs d'argile plus ou moins sableux, l'ensemble relativement imperméable recouvrant des sables.

Ce complexe de l'éocène s'étend sur une épaisseur de 140 m,

- les calcaires du crétacé.

Les différentes couches constituent des « magasins d'eau » théoriquement indépendants les uns des autres : notons que les nappes dites « des graves » et « de l'éocène » ont un niveau piézométrique légèrement supérieur au terrain naturel.

Conception des projets

Nous distinguerons successivement la conception de la fouille où l'on construit actuellement les tranches 1 et 2, puis celle retenue pour les tranches 3/4.

La sécurité des ouvrages en béton implique la recherche du bon sol pour asseoir les fondations. Deux méthodes se présentaient au projeteur :

- asseoir les ouvrages sur des fondations profondes constituées de pieux ou murs ancrés dans les couches portantes,
- ou éliminer la totalité du mauvais sol que constituent les vases et le remplacer par un matériau portant.

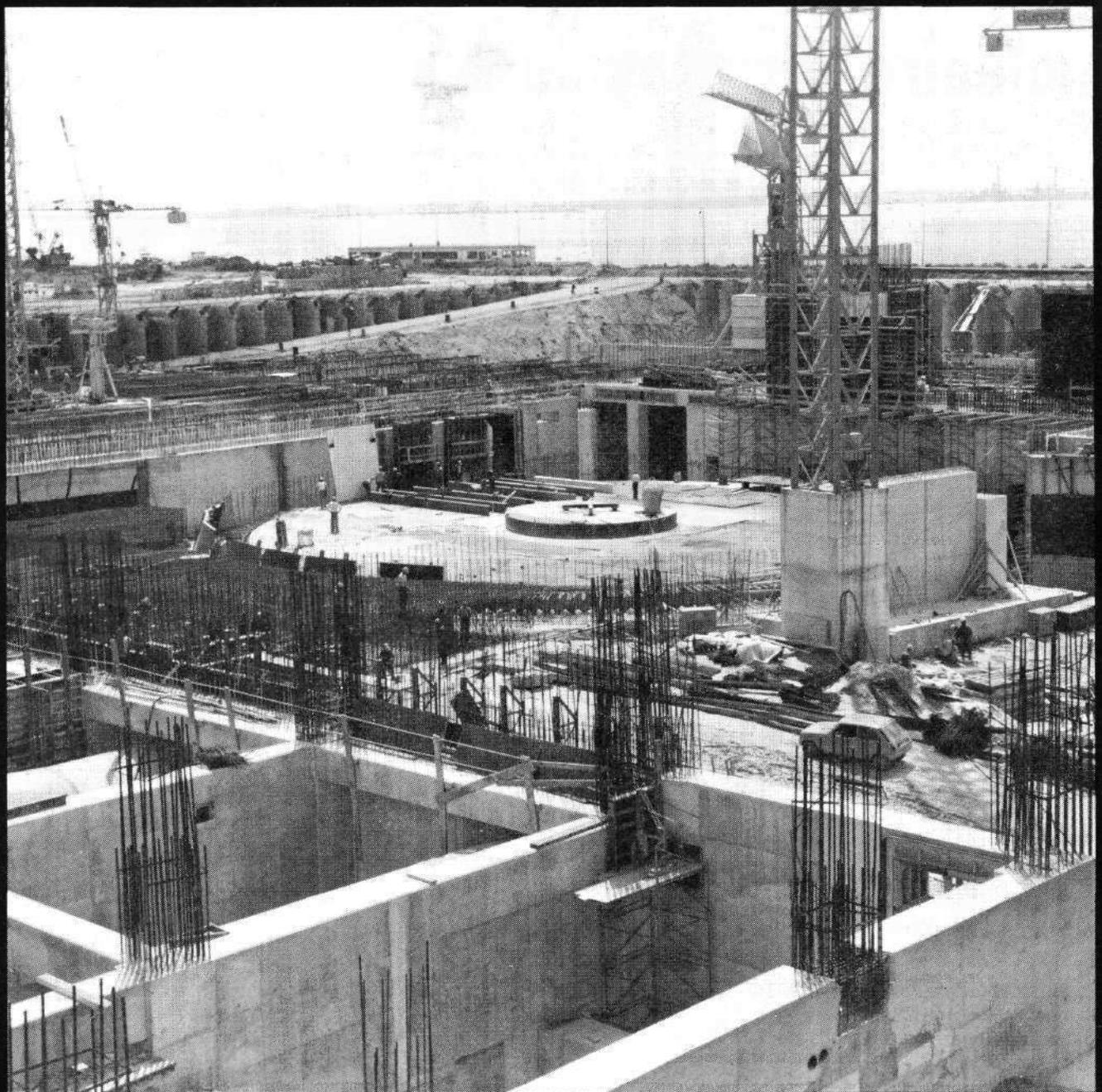
Pour des raisons de sûreté, le choix s'est porté sur la deuxième méthode dont la réalisation admet différentes solutions entraînant l'extraction de

volumes de matériaux plus ou moins importants suivant la forme de fosse à réaliser (fouille talutée ou à parois verticales). Le choix d'E.D.F. s'est porté sur le projet qui constitue à terrasser au plus près de l'emprise des ouvrages définitifs, à l'abri d'une enceinte en béton auto-stable.

La deuxième fouille prévue pour les tranches 3/4 est exactement de même dimension que la première ; on aurait pu penser à accoler ce deuxième ouvrage au premier de manière à faire l'économie de la réalisation d'une des parois d'enceinte. L'étude a montré que les conditions de stabilité de l'ouvrage auraient été compromises si l'on avait réalisé une paroi commune à ces deux fouilles, terrassées, puis remblayées à des époques différentes, sans aucun tirant. On a donc réalisé un deuxième ouvrage identique au premier, mais écarté de celui-ci.

Définition d'une enceinte de terrassements

Elle est constituée par un mur vertical de 0,80 m d'épaisseur ancré de 12 m environ dans le bon sol (l'ancrage réel variant avec la nature des terrains effectivement rencontrée). Le mur se développe sur les 4 faces de la « boîte » qui mesure 270 m suivant la grande dimension et 220 m suivant la petite dimension. Pour des raisons



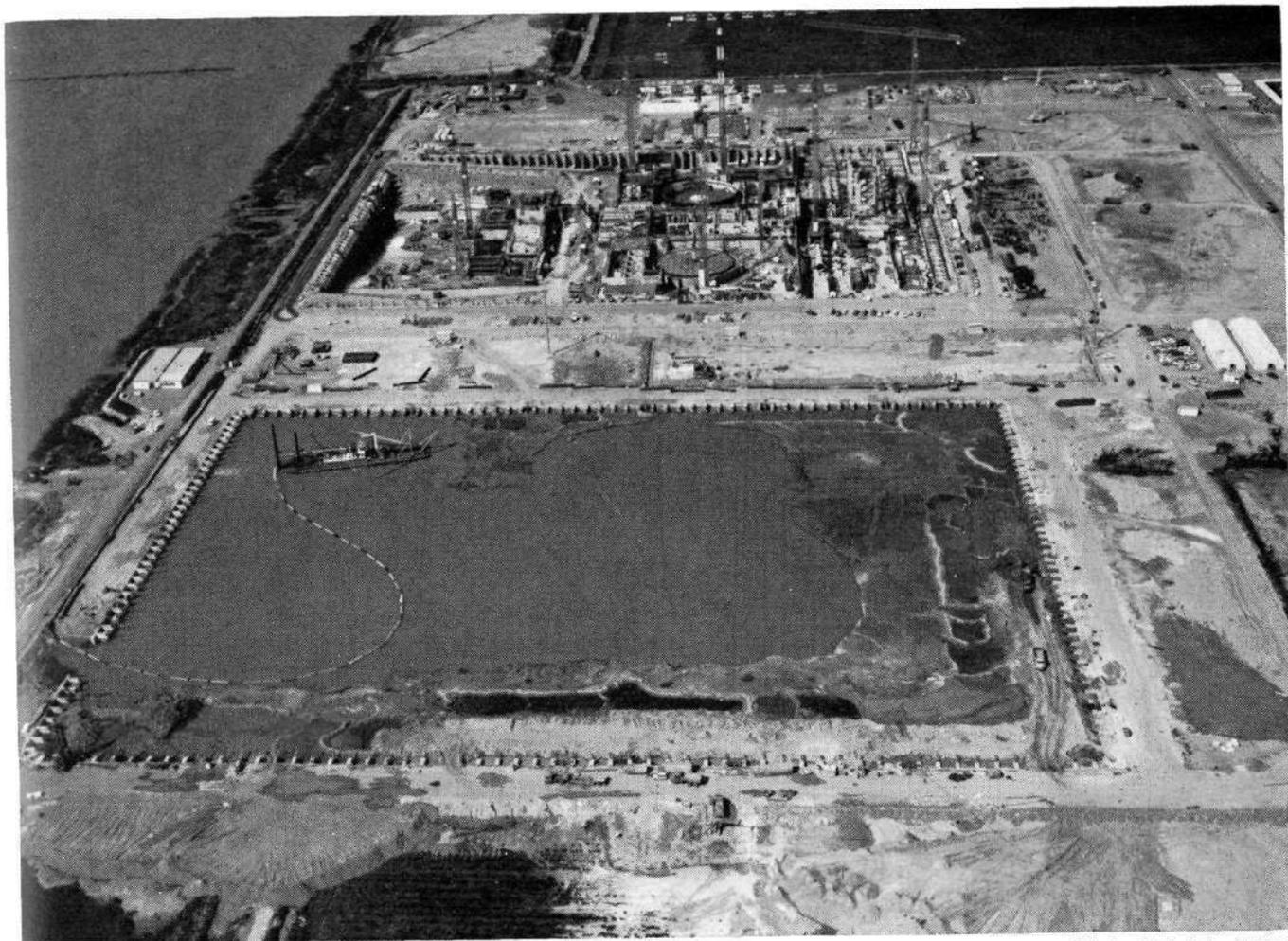
Centrale Nucléaire du BLAYAIS (Gironde) - 2 tranches de 900 M.W.

S.P.I.E. Batignolles

Tour Anjou - 33 quai National
92806 PUTEAUX - tél : 776.43.64

DUMEZ Travaux Publics

345, avenue Georges-Clemenceau
92000 NANTERRE - tél : 776.42.43



(Photo Michel Le Calien)

d'exécution, le mur est décomposé en éléments de 4,70 m appelés panneaux. L'ensemble est constitué de 208 panneaux.

La stabilité de chaque élément après extraction des vases est assurée partie par un contrefort intérieur de 1 m d'épaisseur et 3,50 m de long, partie par 4 tirants chacun réalisé par un ensemble de 12 câbles d'acier de 15 mm de diamètre. Chaque tirant fixé en tête du contrefort est scellé côté extérieur de la paroi dans le bon sol ; la longueur de chaque tirant est égale à 55 m. En plan, chaque extrémité de tirant est à 45 m de la paroi ; de manière à assurer l'indépendance des 2 fouilles, la paroi Nord de la fouille 3/4 a donc été réalisée à 100 m de distance de la paroi Sud de la fouille 1/2.

Réalisation des enceintes

Préalablement aux travaux, le terrain

naturel a été rehaussé de 2 m environ par remblai de sable mis en place par voie hydraulique pour constituer la plate-forme de travail, l'espace intérieur à la paroi étant laissé au niveau du terrain naturel sauf une banquette de circulation des engins.

La réalisation de la paroi confiée au Groupement Spie-Batignolles-Dumez-Soletanche a été exécutée selon la technique désormais classique des parois moulées :

- extraction des matériaux pour dégager l'emprise du panneau avec substitution en continu du volume extrait par un volume équivalent de « boue lourde » pour maintenir au mieux la stabilité des parois de l'excavation,
- mise en place des armatures, soustraitée à la Société Welbond,
- bétonnage au moyen de tubes plongeurs, le béton chassant la « boue » par effet de densité supérieure.

Après bétonnage des panneaux, exécution des tirants.

70 % des travaux de paroi ont été réalisés par Soletanche, 30 % par les départements ou filiales spécialisés de Spie-Batignolles-Dumez T.P.

Les travaux engagés le 2 février ont été terminés le 29 juin pour la fouille 1/2 ; ceux de la fouille 3/4 ont débuté le 14 avril, ils se sont terminés le 10 septembre.

Pour chaque ouvrage, ils ont nécessité la mise en œuvre de :

- 55 000 m³ de béton,
- 6 000 t d'acier à béton,
- 46 000 m de tirants.

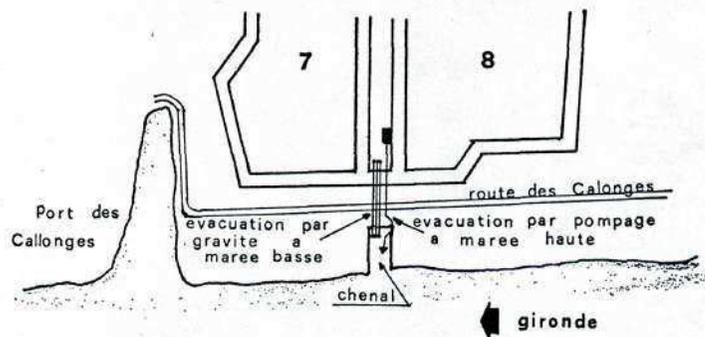
Chaque ensemble représente un mur de 1 080 m de développé et 30,50 m de hauteur moyenne.

Les délais d'exécution réduits (4 mois pour la paroi) ont entraîné la mise en action pour chaque chantier successif, d'un matériel important :

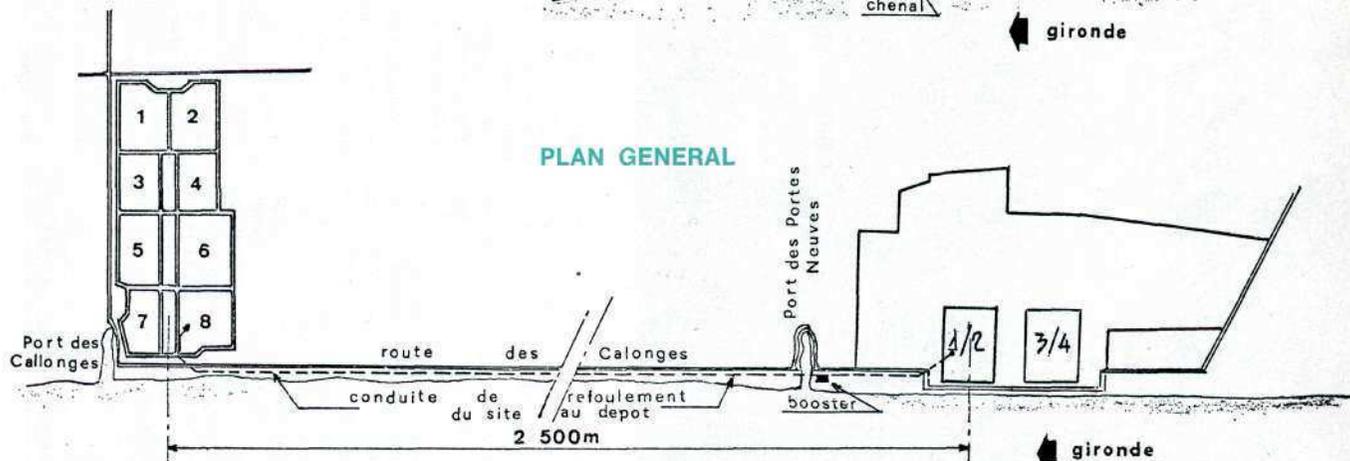
- 8 outillages d'excavation (5 Kelly, 3 bennes à câble),

REFOULEMENT DES VASES

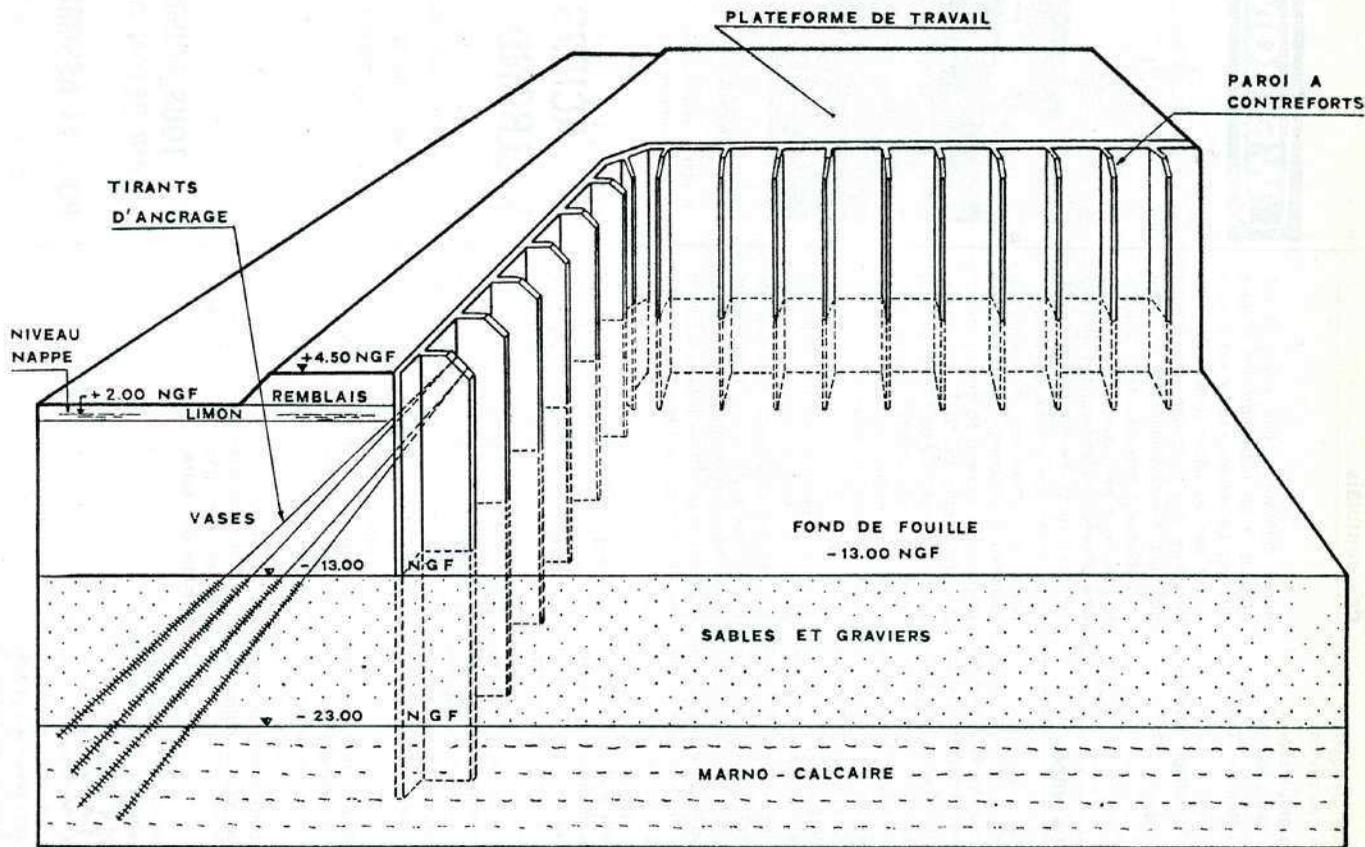
Schéma des systèmes d'évacuation



PLAN GENERAL



SCHEMA D'UNE ENCEINTE DE TERRASSEMENTS



SCHEMA D'UNE ENCEINTE DE TERRASSEMENTS

- 14 grues pour manutentions diverses,
- 7 outillages de perforation pour mise en place des câbles,
- 6 centrales de préparation du coulis d'injection des câbles,
- 1 centrale à béton de 70 m³/h de production,
- 1 atelier de ferrailage préparant 100 t/jour.

Extraction des vases

Pour la première fouille, la vase a été extraite au moyen d'une drague de 37 m de longueur amenée par route et montée sur plan d'eau créé à l'intérieur de l'enceinte béton. Les travaux sous-traités à la Société Sodranord, filiale française de la Société Van Oord Ham ont été engagés dès qu'un développé suffisant de paroi était terminé pour autoriser l'extraction des vases.

Le mélange eau-vase était refoulé dans des casiers de décantation aménagés environ à 4 km du site ; puissance de la pompe de refoulement 1 200 CV à laquelle s'ajoutait la puissance de deux pompes identiques installées en relais sur la conduite de refoulement de Ø 600. Le dragage était conduit à niveau constant d'eau à l'intérieur de l'enceinte, l'eau d'apport étant approvisionnée par une station installée en bord de Gironde. Après vidange totale de l'enceinte, le travail a été poursuivi au moyen d'engins terrestres.

Au total, 1 000 000 m³ ont été extraits. Il faut ajouter que préalablement à la vidange de la fouille, un système de rabattement a été mis en place afin d'éviter la décompression du fond sous la poussée de la nappe de l'éocène.

Pour la deuxième fouille, les travaux ont été sous-traités à PVW ; on a choisi une drague plus puissante avec notamment 750 CV sur l'outil d'attaque « cutter », qui déchiquette la vase avant aspiration et refoulement, ce qui a nécessité son amenée par voie maritime. Les travaux entrepris le 17 août sont en cours.

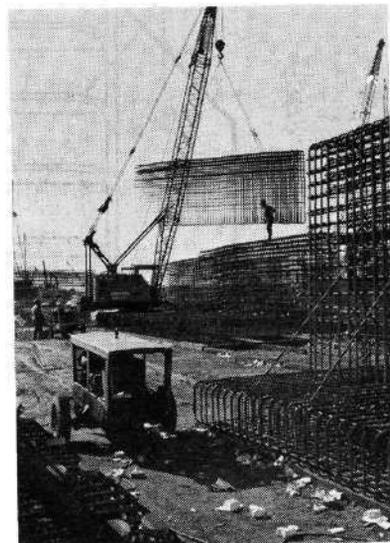
Mise en place des remblais

Après enlèvement des vases, il est procédé à un nettoyage très soigné du fond. Le volume excavé est à remblayer par du sable jusqu'à la cote inférieure des fondations d'ouvrages définitifs. Ce remblaiement intéresse une épaisseur moyenne de 8 m. Dans le cas de la première fouille, il a pu être entamé dès libération d'une aire suffisante pour permettre une circulation aisée des engins de mise en place et compactage du sable. Le matériau a été compacté par couche d'épaisseur égale à 50 cm au moyen d'un Géopactor de 50 T : ceci pour atteindre les 95 % de l'OPM, en tout point, taux de sécurité requis pour éviter tout risque de liquéfaction de sables en cas de séisme.

La mise en place du sable (430 000 m³) sous-traité à l'Entreprise Ducler, a été réalisée en 3 mois au moyen de motoscrapers qui s'approvisionnaient dans les zones remblayées hydrauliquement et pénétraient dans la fouille par des rampes réalisées le long des parois.

En conclusion, le caractère inhabituel de ces travaux dont il ne semble pas qu'il existe d'équivalent à ce jour, tient plus à la dimension des ouvrages et à la rapidité d'exécution qu'à la mise en œuvre de techniques nouvelles. S'il est encore prématuré de conclure sur le deuxième chantier puisque l'extraction des vases de la fouille 3/4 est en cours, en revanche l'avancement du génie civil des 2 premières tranches de 900 MW qui « sortent » de terre, permet de reléguer cet ouvrage important, réalisé dans de bonnes conditions, au rang des « travaux provisoires » puisque la paroi est désormais butée également par les vases d'un côté, le sable de remblai de l'autre.

WELBOND



BLAYAIS 1976-1977

12 000 T. d'armatures réalisées
en 2 interventions de 16 semaines

par

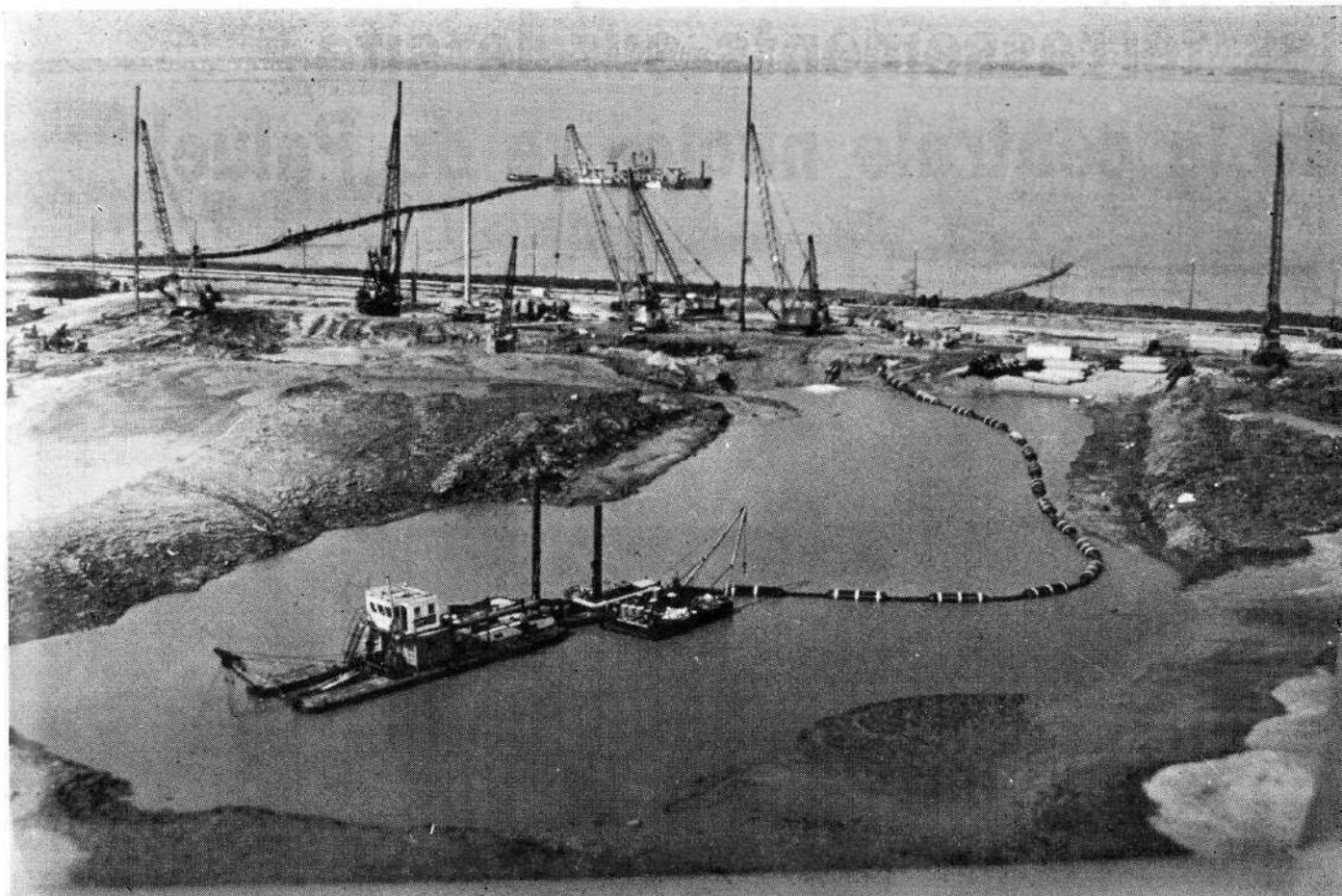
ACIERS WELBOND S.A.

Route de la Navale
44220 COUERON

Tél. : (40) 86.07.07

Télex 700 240

**TOUS ACIERS
POUR BÉTON ARMÉ
POSE ET ASSEMBLAGE**



Drague « TERNEUZEN » exécutant la fouille de la centrale nucléaire du Blayais, près de Bordeaux (Gironde)

SOCIÉTÉ DE DRAGAGE DU NORD

sodranord

Siège social : 59710 AVELIN (Nord) R.N. n° 353 - B.P. n° 41

Tél. (20) 59.10.04 - Téléx : 820325 Sodrano

Direction Générale : Centre d'Affaires de Paris-Nord - Im. Le Continental
93150 LE BLANC-MESNIL - B.P. n° 267

Tél. : (1) 931.61.32 - Téléx : 212506 Sodrano

DRAGAGES fluviaux et maritimes - **FASCINAGES**
PORTS - **DIGUES** - **AUTOROUTES** - **ZONES INDUSTRIELLES**

les terrassements sur le site de la centrale nucléaire de Paluel

par M. POYATOS

E.D.F. adjoint au directeur de la Région d'Équipement Clamart.

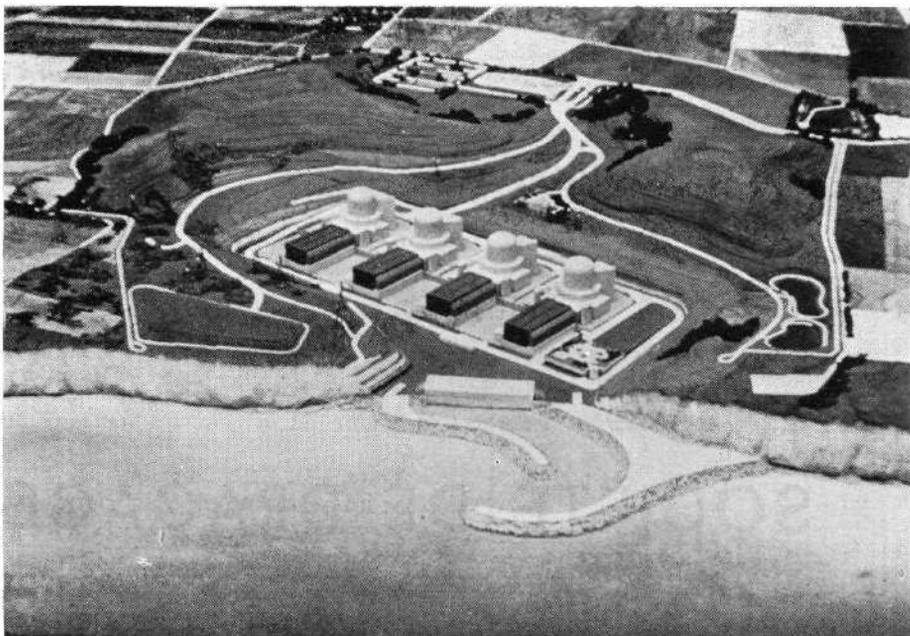
La Centrale Nucléaire de Paluel est implantée en bord de mer, entre St-Valéry-en-Caux et Veulette-sur-Mer, dans les falaises du plateau du Pays de Caux.

Cette Centrale doit comporter quatre tranches du nouveau palier technique 1300 MW électrique de puissance unitaire dans la même filière que les unités de production précédentes de 900 MW PWR (eau légère pressurisée utilisée comme modérateur et fluide caloporteur — combustible constitué d'uranium enrichi à 3% environ).

Le site de Paluel est relativement éloigné des zones à vocation touristique de la côte ; il bénéficie d'une source froide inépuisable (refroidissement des condenseurs par circulation de l'eau de mer en circuit ouvert) et il présente, en outre, l'avantage d'être à proximité de gros centres consommateurs d'énergie électrique (Basse-Seine et Région Parisienne).

Malgré la mise à profit de la topographie du site, la Centrale étant localisée au droit d'une « Valléeuse » (1), les excavations nécessaires à l'exécution des plates-formes, salles des machines et réacteurs représentent un volume total des déblais de l'ordre de 8 millions de mètres cubes. La mise en dépôt de ces matériaux est effectuée sur le site même et, pour ce faire, E.D.F. s'est assuré le concours d'un architecte-paysagiste dont la mission a été de définir la forme extérieure des dépôts — ainsi transformés en collines artificielles — et de les intégrer au mieux dans le paysage environnant.

Le chantier de la Centrale Nucléaire de Paluel a donc débuté au printemps 1976 par de gros travaux de terrasse-



Maquette de la Centrale de Paluel.

ments dont l'achèvement n'interviendra probablement pas avant la fin de l'été 1978.

La description des travaux, objet du présent article, comporte, après un rapport sommaire sur la géologie, l'examen des points suivants :

- Etude des matériaux (plus particulièrement de la craie),
- Conception et structure des dépôts,
- Spécifications particulières de mise en remblai,
- Talus des fouilles,
- Exécution des travaux.

Géologie de la région et du site

Géologie générale

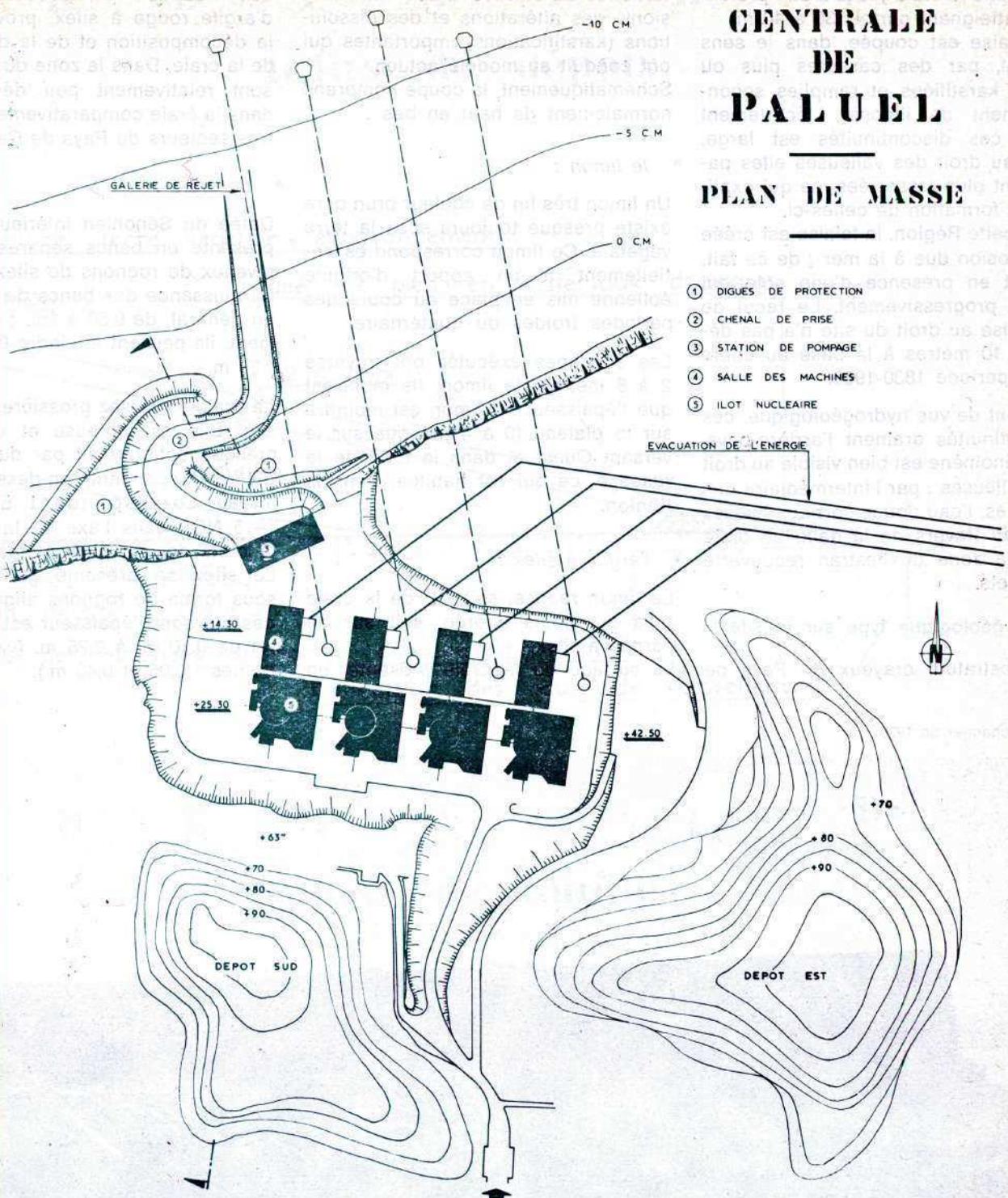
La côte de la Manche, dans la Région du Pays de Caux où se trouve le site de Paluel, est bordée de falaises.

La falaise est constituée par de la craie blanche avec intercalation de nombreux bancs de silex (Turonien supérieur dans la zone Ouest du Pays de Caux et Sénonien). La craie présente une « stratification entre-croisée » en grand. Mais, à l'échelle de plusieurs kilomètres, l'ensemble des bancs plonge vers le Nord-Est en direction de la Vallée de la Somme.

Le plateau situé en arrière de la falaise, faiblement ondulé, est couvert en surface par une couche de limon et d'argile à silex (résidu d'altération de la craie), qui pénètre dans la craie par l'intermédiaire d'une ancienne surface karstifiée, très irrégulière. Des « caries », véritables puits ou poches

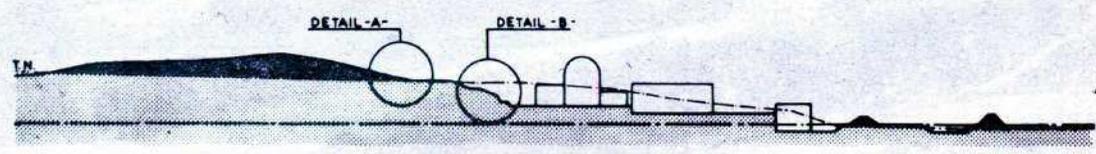
CENTRALE DE PALUEL

PLAN DE MASSE



- ① DIGUES DE PROTECTION
- ② CHENAL DE PRISE
- ③ STATION DE POMPAGE
- ④ SALLE DES MACHINES
- ⑤ ILOT NUCLEAIRE

V U E E N P L A N



C O U P E

remplis d'argile et de limon, s'enfoncent dans la craie jusqu'à une profondeur atteignant parfois 30 à 40 m.

La falaise est coupée, dans le sens vertical, par des cassures plus ou moins karstifiées et remplies secondairement de limons. L'écartement entre ces discontinuités est large, mais au droit des valleuses elles paraissent plus resserrées, ce qui explique la formation de celles-ci.

Dans cette Région, la falaise est créée par érosion due à la mer ; de ce fait, on est en présence d'une côte qui recule progressivement. Le recul de la falaise au droit du site n'a pas dépassé 10 mètres à la base au cours de la période 1830-1960.

Au point de vue hydrogéologique, ces discontinuités drainent l'arrière-pays. Ce phénomène est bien visible au droit des valleuses : par l'intermédiaire des cassures, l'eau douce sort aux basses eaux au travers de la dalle de craie dans la zone de l'estran recouverte de galets.

Coupe géologique type sur le site

Le substratum crayeux du Pays de

Caux est émergé depuis le début du tertiaire. Sa surface a subi des érosions, des altérations et des dissolutions (karstifications) importantes qui ont conduit au modelé actuel.

Schématiquement, la coupe comprend normalement de haut en bas :

- *Le limon :*

Un limon très fin de couleur brun ocre existe presque toujours sous la terre végétale. Ce limon correspond essentiellement à un apport d'origine éolienne mis en place au cours des périodes froides du quaternaire.

Les sondages exécutés ont traversé 2 à 8 mètres de limon. Ils montrent que l'épaisseur du limon est moindre sur le plateau (0 à 4 m.) que sur le versant Ouest et dans le fond de la valleuse, ce qui est habituel dans la Région.

- *l'argile à silex :*

Le limon repose, soit sur de la craie plus ou moins altérée, soit sur de l'argile à silex.

La surface de la craie présente, en

effet, une allure très irrégulière avec des « caries » ou poches remplies d'argile rouge à silex, provenant de la décomposition et de la dissolution de la craie. Dans la zone du site, elles sont relativement peu développées dans la craie comparativement à d'autres secteurs du Pays de Caux.

- *La craie :*

Datée du Sénonien inférieur, elle se présente en bancs séparés par des niveaux de rognons de silex.

La puissance des bancs de craie est, en général, de 0,50 à 1 m. ; plus rarement, ils peuvent atteindre 0,30 m. ou 1,50 m.

La craie est assez grossière, très tendre. Elle est poreuse et constituée presque entièrement par du CO₃ Ca (97 %). Cependant, en-dessous d'un niveau correspondant à la cote — 5 NGF dans l'axe de la valleuse, la craie devient plus compacte.

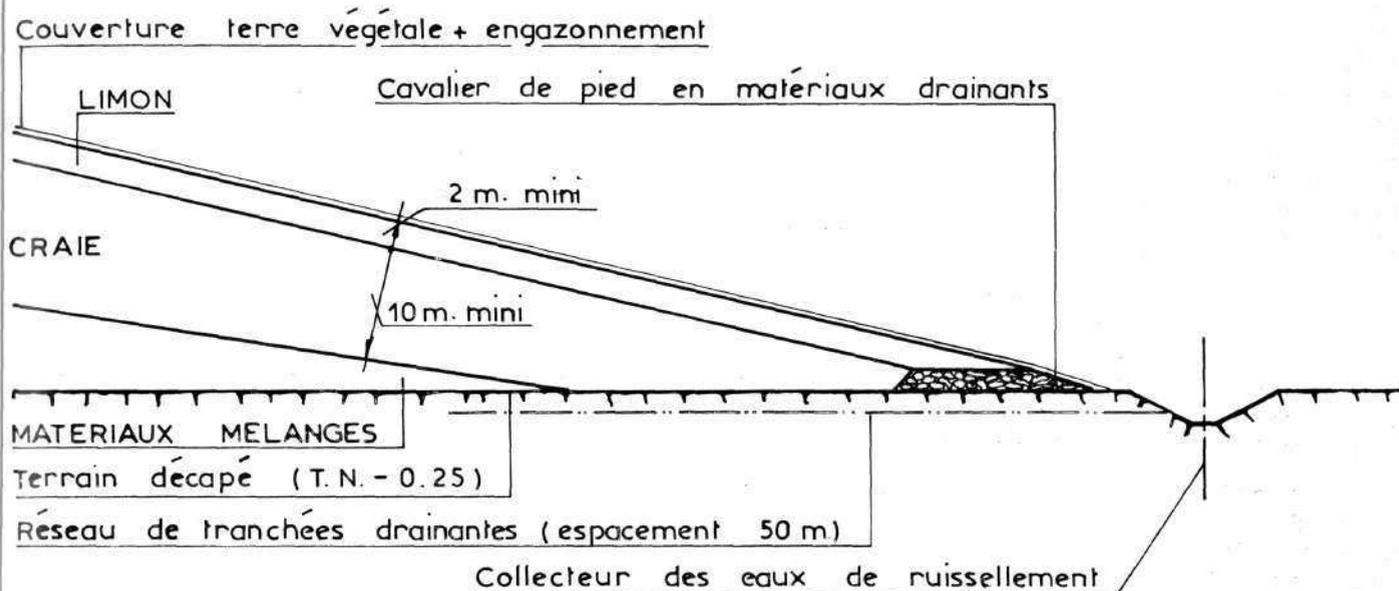
Le silex se présente généralement sous forme de rognons alignés selon des lits dont l'épaisseur est en général de 0,10 m. à 0,25 m. (valeurs extrêmes : 0,05 et 0,40 m.).

Vue du chantier fin 1976.



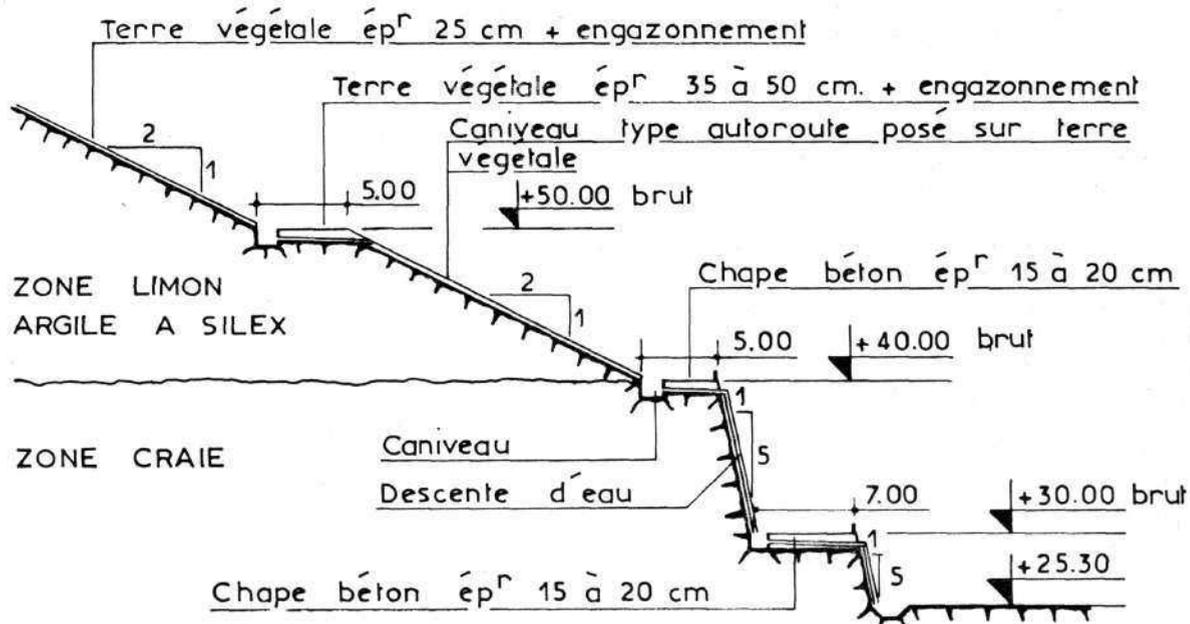
D E T A I L -A-

talus de dépôts



D E T A I L -B-

talus de fouilles



a) Reconnaissances

Une première campagne de sondages qui a débuté en 1972, a été réalisée afin de reconnaître la nature du rocher de fondation et des matériaux à déblayer sur l'emplacement même de la Centrale.

Une campagne complémentaire a été exécutée dans le but de reconnaître avec précision le niveau de la craie saine dans la zone éloignée de la mer et en certains points singuliers du relief de la vailleuse.

Dans la campagne initiale de sondages de reconnaissance, certains, destinés à la reconnaissance des terrains de surface en vue de l'étude de la stabilité des talus, n'ont pas été poussés très profondément dans la craie.

Les autres sondages ont reconnu une tranche d'au moins une dizaine de mètres sous la cote du radier des salles des machines ; deux de ceux-ci ont été poussés jusqu'à — 50 NGF pour reconnaître les niveaux traversés par les galeries de prise d'eau en mer.

Le carottage a été difficile et la récupération souvent médiocre.

Les difficultés de carottage sont, en effet, inhérentes à la nature du terrain constitué par des alternances de lits de silex très durs et de bancs de craie très tendre et très fissurée ; les fragments de silex entraînés par l'outil détruisent la craie.

La partie superficielle de la craie, très altérée, a perdu sa cohésion initiale par suite de dissolutions provoquées par les circulations d'eau superficielles. L'altération est sensible sur une profondeur de 6 à 30 mètres sous les terrains de couverture. La craie du site est, toutefois, sensiblement homogène dans toute l'emprise de la Centrale. Ses caractéristiques mécaniques ne sont pas élevées, mais sont suffisantes et l'homogénéité du terrain semble bien assurée.

La matrice rocheuse de la craie est pratiquement imperméable et la perméabilité du massif crayeux est donc liée à sa fissuration, et à son altération.

b) Renseignements tirés des essais de laboratoire

Les prélèvements de matériaux effectués lors des travaux de reconnaissance ont été soumis à une série d'essais en laboratoire, notamment identification, compressibilité, triaxiaux, etc... dont nous indiquons les principaux résultats en annexe. Ceux-ci permettent de définir les hypothèses à retenir pour les calculs de stabilité et la conception des ouvrages en terre.

Conception et structure des dépôts

Le volume des matériaux extraits des fouilles s'élève à environ 8 millions de m³ dont :

- 5 millions de m³ de craie,
- 2 millions de m³ de limons ou argiles,
- 1 million de m³ de matériaux, qualifiés de « mélangés » (mélange en proportion très variable de craie avec limons ou argiles) (1).

La structure des dépôts a bien entendu été choisie en fonction de la nature des matériaux, et notamment des précautions indispensables à prendre pour des remblais en craie de grande hauteur. Compte tenu de la surface disponible du site et de la géométrie des dépôts, la hauteur des remblais est en effet, sur des surfaces importantes, de 30 à 35 mètres.

Le matériau crayeux de Paluel est particulièrement fragile et sa structure est détruite par les efforts mécaniques dus au remaniement ou à la trituration. Lorsque la structure de la craie est complètement détruite, le matériau obtenu se comporte comme un silt dont la résistance peut varier très largement sous une faible variation de teneur en eau.

En conséquence, un remblai exécuté à la manière d'un dépôt en enrochements non compactés conduirait, en raison de la fragilité de la craie, et sous l'effet de la charge, à des désordres importants. Au contraire, une craie trop fracturée et triturée risque de comporter trop d'éléments fins et de compromettre la stabilité des talus lors de variations mêmes très faibles

de la teneur en eau. Ce matériau fin rendrait d'ailleurs quasi impossible tout compactage car la destruction de la structure libère de l'eau en excès dans un matériau dont la teneur en eau a précisément tendance, en général, à être un peu plus élevée que celle requise pour le compactage. En outre, comme le montrent les essais Proctor, la valeur de l'optimum de la teneur en eau devenant de plus en plus faible au fur et à mesure que le matériau est plus fin, les difficultés de compactage s'accroissent d'autant.

La mise en remblai de la craie suppose en conséquence pour garantir la stabilité des dépôts ainsi réalisés :

- un compactage du matériau crayeux afin de lui conférer une résistance mécanique suffisante,
- une granulométrie continue du matériau telle qu'elle permette d'éviter tout vide important (risque de remaniement des blocs en contact sous l'effet de la charge) tout en conservant une perméabilité suffisante (risque éventuel de saturation et de création d'eau libre avec écoulement).

La structure générale des dépôts repose donc sur le schéma de principe suivant :

- drainage en fondation au moyen de tranchées drainantes raccordées sur un fossé de collecte tracé autour des dépôts,
- cavalier de pied de talus en matériau drainant ceinturant les dépôts en bordure du fossé de collecte des eaux,
- remblais crayeux compactés, une spécification granulométrique étant imposée (2).
- protection des remblais de craie par une couverture limons-argiles sur deux mètres d'épaisseur,
- couverture des dépôts avec terre végétale et engazonnement,

(1) La nécessité d'une exploitation industrielle du chantier rend en effet inévitable à l'extraction un mélange des matériaux au voisinage des surfaces de contact, d'autant plus que le toit de la craie est très irrégulier et comporte de nombreuses poches d'argile.

(2) Les matériaux « mélangés » sont, le cas échéant, placés en noyau de dépôt et ils n'interviennent pas dans la stabilité générale des ouvrages.

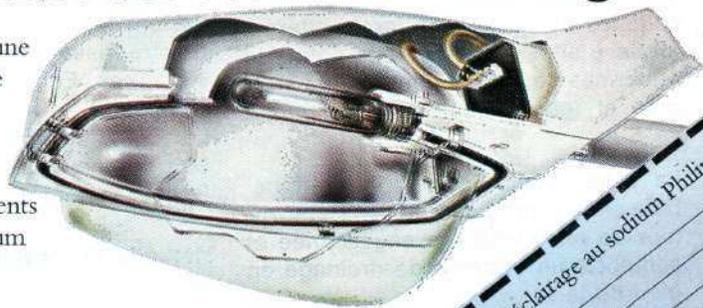
Pour les nuits où l'on ne rencontre pas un chat: lampes au sodium haute pression Philips.



Créez des rues plus sûres et faites des économies d'énergie.

L'éclairage au sodium haute pression Philips procure une lumière chaude et agréable. Il a de plus une efficacité lumineuse élevée.

Avec les nouvelles lampes au sodium haute pression Philips de 70 et 150 watts, toutes les installations de faibles puissances que l'on ne pouvait concevoir qu'en ballons fluorescents de 150 ou 250 watts, peuvent aujourd'hui être réalisées en sodium haute pression, pour économiser jusqu'à 40 % d'énergie.



Lampes au sodium haute pression Philips. 7 puissances de 70 à 1000 watts.



PHILIPS

Je désire recevoir une documentation sur l'éclairage au sodium Philips.

NOM _____
SOCIÉTÉ _____
ADRESSE _____

A retourner à Philips
Service Publicité Éclairage
50, avenue Montaigne
75380 Paris Cedex 08

Au travers de cette structure, deux soucis majeurs ressortent donc :

- empêcher l'infiltration des eaux de surface à l'intérieur du massif crayeux,
- drainer efficacement pour le cas où de l'eau libre apparaîtrait momentanément dans les remblais de craie.

Enfin, malgré toutes les précautions ainsi prises, il est prévu :

- une auscultation topographique des dépôts,
- la mise en place de piézomètres dans les remblais de craie afin de détecter l'apparition éventuelle d'un niveau piézométrique.

Spécifications particulières de mise en remblai

Les spécifications particulières applicables aux travaux de mise en dépôt ont été mises au point à partir des études relatives plus haut, complétées par les résultats d'essais de compactage exécutés sur le site. Elles sont rassemblées dans le tableau en annexe 2.

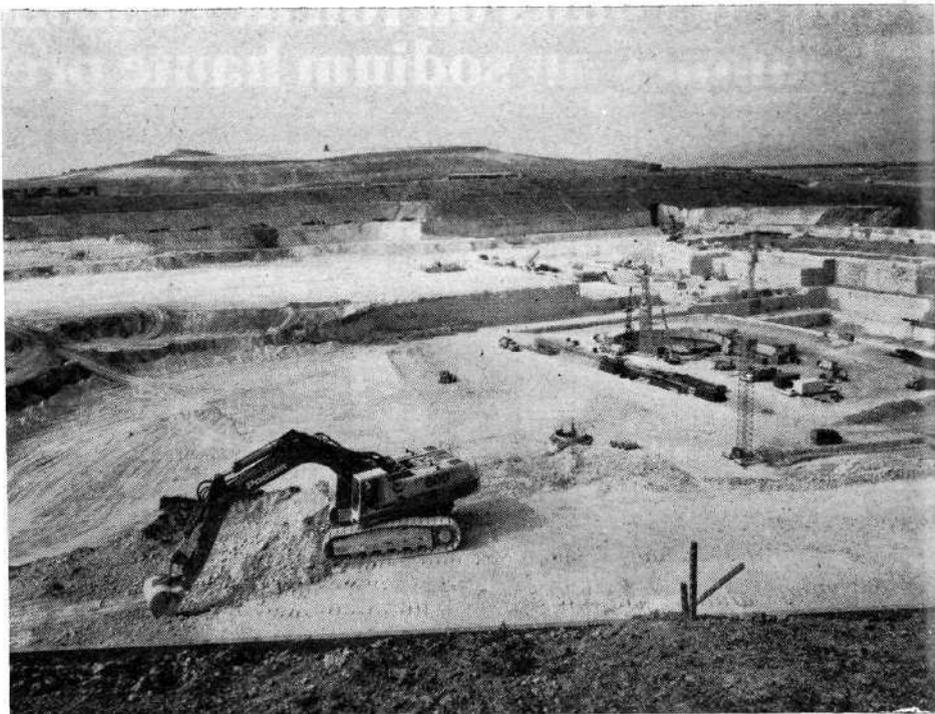
Talus des fouilles

Les talus de la fouille sont taillés dans la craie saine avec un fruit de 1/5, ce fruit étant porté à 2/1 dans les couches de couverture (craie altérée, argile à silex et limon). Les cotes de risbermes sont espacées de 10 m. au plus et leur largeur est en général de 5 m.

La zone à faible pente, talus et risbermes, est protégée par une couverture de terre végétale engazonnée et comporte un système de drainage en pied de talus.

En zone craie la risberme est protégée par une dalle béton ainsi que par un système de drainage et d'évacuation des eaux de ruissellement.

Dans les zones de talus en craie à 1/5 où le matériau a subi une certaine



Vue du chantier en août 1977.

altération, un traitement spécifique du talus est envisagé dans chaque cas. Ceci peut conduire à l'exécution de béton projeté, voire de murs de confortement ou de soutènement le cas échéant.

Ces talus de fouilles comportent enfin un dispositif permettant leur contrôle topographique sur un certain nombre de profils.

Exécution des travaux

Ils ont été confiés au groupement d'entreprises constitué de Chantiers Modernes, Entreprise Ballot et Entreprise Tinel.

La fouille s'étend sur une surface de 800 m. de longueur environ et sur une largeur variant de 350 à 400 m.

Méthode et moyens de réalisation

Le premier travail a consisté en un décapage général du site, c'est-à-dire l'enlèvement de la couche de terre végétale d'une épaisseur de 20 à 30 cm., puis des limons et argiles dont l'épaisseur pouvait atteindre 10 m et plus en certains endroits. Ce travail a été effectué par des scrapers et des

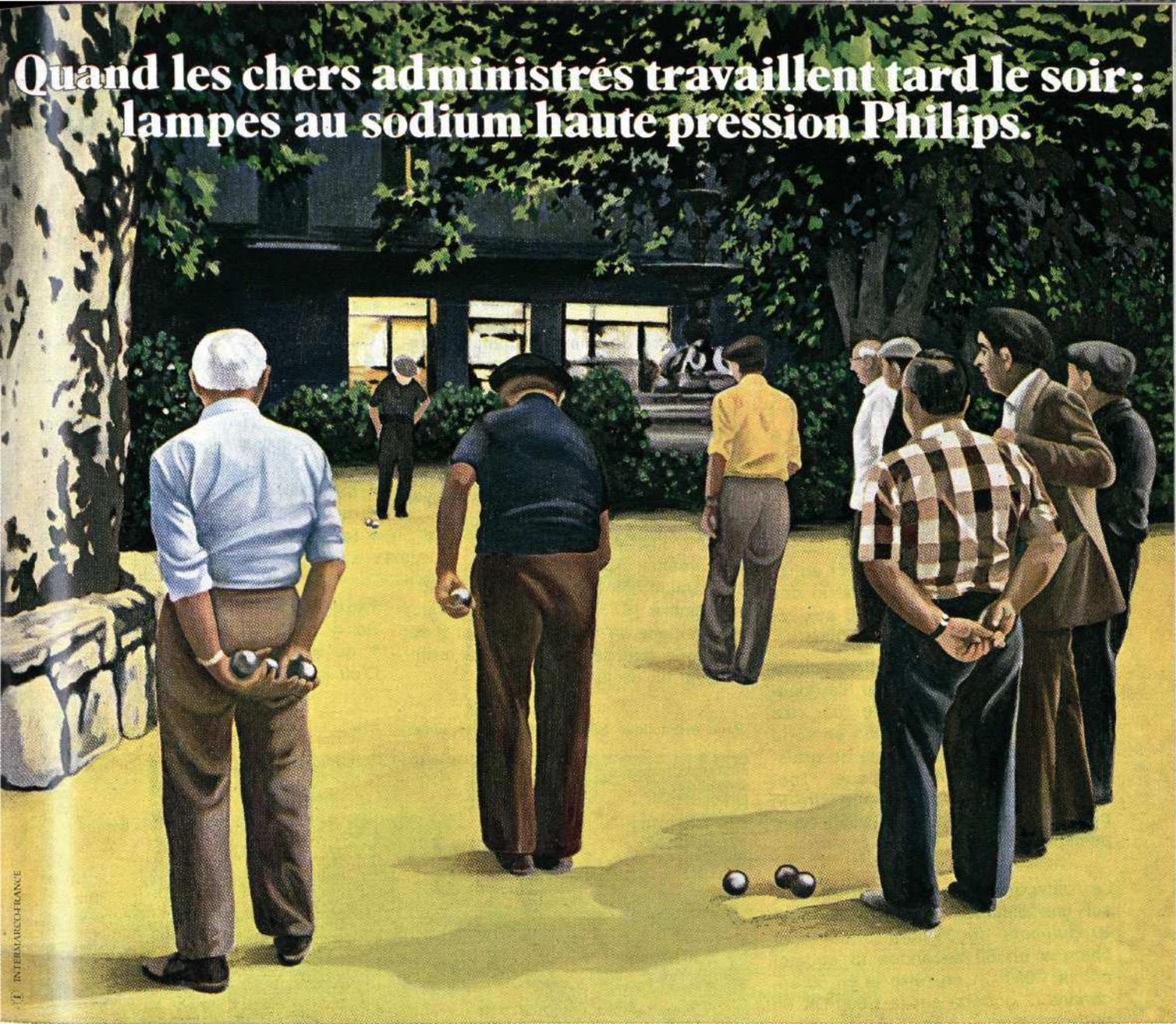
bulls, sans aucune difficulté particulière.

La craie a été ensuite attaquée : les spécifications requises pour ces travaux ont conduit à opter pour des pelles hydrauliques, seules capables de donner un matériau convenable après extraction.

En effet, l'utilisation de l'explosif aurait provoqué la création de gros blocs difficilement transportables et impossibles à compacter ; réciproquement, un procédé d'extraction par ripage aurait entraîné la formation de fines en quantité excessive, incompatible avec la granulométrie requise pour la mise en remblais. Par ailleurs, la solution du scraper ou celle de la chargeuse alliée aux bulls ne pouvait être retenue, en raison de la détérioration qu'elle aurait causée à la craie et de l'usure intolérable que les bancs de silex incorporés à la craie auraient provoqué aux pneumatiques des engins.

En raison des délais relativement serrés qui ont été imposés au groupement d'entreprises, il fallait utiliser des pelles hydrauliques à haut rendement. Après examen des divers matériels produits par les différents constructeurs dans cette gamme, le choix s'est porté sur la pelle hydraulique référencée 1.000 CK produite par la firme Poclain (godet benne : 8.300 l., godet rétro : 7.600 l.).

Quand les chers administrés travaillent tard le soir : lampes au sodium haute pression Philips.



Rénovez votre éclairage en faisant des économies d'énergie.

L'éclairage au sodium haute pression Philips procure une lumière chaude et agréable. Il a de plus une efficacité lumineuse élevée.

Avec les lampes SON H 210 et 350 de Philips, par un simple changement de lampe, vous obtenez 48 % de lumière en plus, tout en consommant moins d'énergie.

Ces lampes sont immédiatement interchangeables avec les lampes à vapeur de mercure 250 et 400 watts. Elles sont exécutées dans les mêmes ampoules et fonctionnent avec les mêmes accessoires.



Lampes au sodium haute pression Philips.
7 puissances de 70 à 1000 watts.



PHILIPS

Je désire recevoir une documentation sur l'éclairage au sodium Philips.

NOM _____
SOCIÉTÉ _____
ADRESSE _____

A retourner à Philips
Service Publicité Éclairage
50, avenue Montraigne
75380 Paris Cedex 08

La force importante (91 tonnes) développée en bout de dent permet une attaque franche de la craie, sans la broyer. La dislocation se fait en fragments suffisamment petits pour réaliser un compactage de bonne qualité.

L'étude de l'organisation du chantier a conduit à utiliser deux pelles de ce type.

Travaillant en deux postes de 10 heures, avec une interruption de 30 minutes entre chaque poste pour le changement de conducteur et le petit entretien. Les 1.000 CK, qu'elles soient en chargeur ou en rétro, chargent chacune en moyenne 1.200 tonnes à l'heure, soit 545 mètres cubes en place.

La pause de nuit est mise à profit pour procéder aux travaux de graissage, vidange, pleins, changement et entretien des filtres, contrôle général des machines et, le cas échéant, aux révisions préventives et réparations.

Ce travail de 20 heures presque ininterrompues est permis par l'autonomie de carburant offerte par les 1.000 CK et par l'installation en série sur ces pelles d'un système de graissage centralisé automatique. Tout arrêt est ainsi supprimé pour faire le plein ou graisser la pelle et ses équipements.

Le transport des déblais est effectué sur une distance d'environ 1 km par 20 dumpers de 35 tonnes qui sont chargés en 60 secondes (3 godets) par la 1.000 CK en rétro et en 50 secondes (2 godets) par la 1.000 CK en butte.

Outre les deux 1.000 CK, une 600 CK équipée soit d'un godet rétro de 4.000 l., soit d'un godet chargeur de 5.500 l., permet de pallier les incertitudes du climat tout en fournissant un rendement supplémentaire lorsque l'organisation du chantier le demande. Avec l'un ou l'autre de ses équipements, suivant les besoins du chantier, la 600 CK assure un rendement moyen de 830 tonnes/heure, soit 380 mètres cubes en place.

Un atelier de 162 m², abritant le magasin de pièces détachées, est installé sur le chantier. Le stock de pièces comporte, outre les pièces courantes telles que les flexibles ou les filtres, des pièces plus importantes (vérins, moteurs hydrauliques, etc...) dont le

pooids et l'encombrement seraient un handicap pour un acheminement rapide depuis l'usine en cas de besoin. Enfin, un camion équipé d'une centrale de graissage et de vidange est utilisé pour les interventions sur le lieu même du travail.

Situation des travaux au 1^{er} septembre 1977

L'ouverture du chantier étant intervenue au printemps 1976, la saison particulièrement sèche d'avril à début septembre a permis d'extraire environ 4 millions de mètres cubes de matériaux.

Pour l'année 1977, les conditions météorologiques beaucoup moins favorables ont bien entendu ralenti de façon notable l'activité du chantier de terrassements. Toutefois, le volume total cumulé des déblais est déjà au 1^{er} septembre 1977 légèrement supérieur à 6 millions de mètres cubes et il est probable que ce chantier sera terminé à la fin de la saison 1978.

Pelle hydraulique 1 000 CK équipée en butte.



En tous cas, les moyens mis en œuvre et les cadences de travail ont permis jusqu'ici de respecter les délais imposés par le planning de construction de la Centrale.

Annexe n° 1

RENSEIGNEMENTS TIRES DES ESSAIS DE LABORATOIRE

Argiles sableuses :

C'est un matériau de plasticité moyenne ($I_c = 0,7$ à $0,88$). Sa composition est très variable :

- de 22 % à 45 % d'argile,
- de 15 % à 72 % de sable,
- le complément étant constitué de silt.

Taux de saturation = 60 à 90 %.

$R_c = 1$ à $2 \cdot 10^5$ Pa

$\Phi'_{cu} = 17$ à 22°

$C'_{cu} = 0,3$ à $0,6 \cdot 10^5$ Pa

questionnaire

A l'attention de tous nos lecteurs

Le présent questionnaire a pour objet de recueillir vos avis sur la forme actuelle de la revue et de définir les changements que vous souhaiteriez y voir apporter.

Le Comité de rédaction attend vos réponses avec intérêt. Soyez donc nombreux à nous retourner ce questionnaire, dûment rempli, il contribuera à nous aider dans les orientations futures et à vous donner ainsi davantage de satisfaction.

LA REDACTION.

1. RENSEIGNEMENTS SUR LE REpondANT

1.1 Quelle fonction exercez-vous :

- Directeur Général
- Directeur de Département, Chef de service, ou Cadre supérieur
- Ingénieur ou Chargé d'études
- Autres fonctions, lesquelles :

1.2 Avez-vous

- un abonnement personnel
- un abonnement de service

1.3 Etes-vous

- Ingénieur des Ponts et Chaussées
- Autre formation, laquelle :

1.4 Age :

- moins de 25 ans
- 25 - 40 ans
- plus de 40 ans
- retraité

2. UTILISATION DE LA REVUE P.C.M.

2.1 Lisez-vous P.C.M.

- régulièrement
- de temps en temps
- exceptionnellement

2.2 Dans P.C.M. lisez-vous en général :

- le sommaire
- les éditoriaux
- le dossier du mois
- la rubrique formation continue
- les changements de postes
- autres rubriques, lesquelles :

2.3 Pouvez-vous indiquer quelques dossiers récents qui vous ont particulièrement intéressé.

.....
.....
.....
.....

2.4 Les articles ou les chroniques que vous lisez se situent plutôt

- Grands Ouvrages :
 - Travaux maritimes ou fluviaux
 - Travaux souterrains
- Ouvrages d'art :
 - Génie industriel
 - Bâtiment
- Politique sectorielle :
 - Logement
 - Urbanisme
 - Foncier
 - Transports

3.2 Trouvez-vous dans P.C.M. des informations utiles pour votre activité professionnelle :

OUI NON PARFOIS

-

Pourquoi :

2.5 Quels types de problèmes vous intéressent dans ces articles

- Techniques
 - Grandes réalisations
 - Recherche prospective
- Politique générale
- Organisation administrative
- Economique
- Vie locale
- Problèmes des Ingénieurs
- Environnement, qualité de la vie

3.4 Opinion sur les auteurs

- Trop d'I.P.C.
- Pas assez

Autres types d'auteurs souhaités :

2.6 Que recherchez-vous dans P.C.M.

- Témoignages professionnels
- Actualités sur la politique des administrations
- Vie du corps des Ingénieurs des Ponts et Chaussées
- Informations sur des techniques
- Informations sur des grands projets réalisés récemment
- Culture générale
- Autres, lesquelles :

3.5 Percevez-vous P.C.M. comme :

- une revue sur les ingénieurs des ponts et leurs problèmes
- une revue permettant aux ingénieurs des ponts de s'exprimer sur l'activité des Ministères pour un public large
- autres appréciations, lesquelles :

4. APPRECIATION GLOBALE DE LA REVUE

3. APPRECIATION SUR LE CONTENU DE LA REVUE

3.1 Etes-vous satisfait du contenu :

OUI NON PARFOIS

-
-
-

- des dossiers
- l'éditorial
- des rubriques =
qualité de la vie
mouvements
formation

POURQUOI :

4.1 La présentation de la revue vous paraît-elle :

- très bonne
- bonne
- médiocre
- mauvaise

4.2 Souhaiteriez-vous une plus grande continuité des sujets traités :

- OUI NON

4.3 La périodicité de la revue vous paraît-elle :

- trop faible
- bonne
- trop élevée

4.4 Le nombre d'articles contenus dans chaque numéro vous paraît-il :

- suffisant
- insuffisant
- trop élevé

4.5 Considérez-vous la longueur des articles comme :

- trop grande
- satisfaisante
- trop faible

4.6 Etes-vous satisfait de la qualité et de l'adéquation des :

- illustrations
- cartes et schémas

4.7 Dans l'ensemble, la revue vous semble-t-elle :

- facilement utilisable
- difficilement utilisable

4.8 Etes-vous abonné à travers l'A.I.P.C.

Si non, comment êtes-vous devenu abonné à P.C.M.

4.9 Le prix de l'abonnement (150 F) est-il :

- élevé
- faible
- normal

5. REPONSE AUX ASPIRATIONS

5.1 P.C.M. répond à vos aspirations :

- bien
- moyennement
- mal

5.2 Pensez-vous qu'un numéro vous intéressant pourrait être diffusé dans votre service, votre entreprise, votre région et intéresser un plus large public que les seuls lecteurs de P.C.M.

6. SUGGESTIONS ET CRITIQUES

6.1 Le dossier vous paraît trop important ou pas assez ?

Pouvez-vous suggérer des thèmes de dossiers que vous souhaiteriez voir traiter ?

6.2 Rubriques absentes :

- Libre opinion
- Offres et demandes d'emplois
- Carnet
- Vie de l'Ecole
- Histoire du corps ou des techniques
- Portrait d'une profession
- Une carrière originale
- Page du retraité
- Documents administratifs
- Vie des régions
- Etranger
- Tables rondes
- Autres

6.3 Critiques et suggestions sur la forme et la lisibilité de la revue :

6.4 Autres remarques ou suggestions, même sur des points non abordés dans ce questionnaire :

7. CETTE ENQUETE SERA PROLONGEE PAR DES INTERVIEWS SUR CERTAINS POINTS A APPROFONDIR. ACCEPTERIEZ-VOUS D'Y PARTICIPER ?

Si oui :

- Nom de la personne à joindre :
- Ville
- Téléphone Poste :
- Quel thème voudriez-vous développer au cours de cette interview ?

.....
.....
.....

Prière de retourner ce questionnaire dûment rempli à

**ASSOCIATION DES INGENIEURS
DES PONTS ET CHAUSSEES**

**28, rue des Saints-Pères
75007 PARIS**

Nous vous en remercions par avance.

$\Phi d = 24^\circ$
 $Cd = 0,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 Compacité γd variant de 15,9 à 18,8 kN/m^3
 Pression de consolidation $Pc = 2,5 \text{ à } 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 Indices de compression $Cc = 0,16 \text{ à } 0,19$

Argiles à silex :

Pour ce matériau, l'obtention de prélèvements intacts est quasi-impossible en raison de la présence de rognons de silex. Ce matériau est d'ailleurs variable en fonction de son ossature constituée de silex. Les essais ont porté soit sur l'ensemble des prélèvements, soit sur les éléments fins (liant argileux).

Ensemble des prélèvements

$W = 12,5 \text{ à } 18,5 \%$
 $\gamma d = 14,9 \text{ à } 18,6 \text{ kN/m}^3$
 $Rc \text{ moyen} = 1,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Liant

$W = 31 \text{ à } 46 \%$
 $\gamma d = 11,6 \text{ à } 14,5 \text{ kN/m}^3$
 $Pc = 2 \text{ à } 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 $Cc = 0,24 \text{ à } 0,37$

Limons

Leur composition est en moyenne la suivante :

- au moins 35 % de sable fin à très fin,
- 55 % de silt,
- 10 % d'éléments argileux.

Compacité moyenne ($\gamma d = 15,2 \text{ kN/m}^3$).

$W = 57 \%$ environ.

Les essais triaxiaux effectués sur un matériau non saturé ont donné les résultats suivants :

$\Phi uu = 25^\circ$

$Cuu = 0,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$\Phi d = 30^\circ$

$Cd = 0,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

(On peut remarquer les résultats très voisins pour ces deux essais).

Essais de compressibilité :

$Pc = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$Cc = 0,12$

Craie :

La craie étant particulièrement fragile, donc sensible au remaniement, il a

été assez difficile d'obtenir des échantillons intacts.

La teneur en eau de ce matériau est très variable en fonction du gîte et de la profondeur ($W = 17,4 \text{ à } 33 \%$). Sa valeur moyenne est de 26,6 %. Le degré de saturation varie de 75 à 100 %, il est essentiellement fonction de la fragmentation, de la fissuration, des infiltrations, des remontées capillaires.

γd moyen = 14,8 kN/m^3 , cette valeur est relativement constante sur l'ensemble des essais effectués.

Porosité moyenne = 45 %, assez peu variable également.

Les essais triaxiaux sur le matériau destiné à constituer les remblais des dépôts ont donné les résultats suivants :

Cisaillement rapide à drainage fermé après consolidation :

$\Phi' cu = 39^\circ$

$C'cu = 0$

Les résultats des essais triaxiaux sur la craie saine en place (stabilité talus de fouille) peuvent se résumer aux deux couples de valeurs suivants :

$Cd = 7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$\Phi d = 44^\circ$

$Cuu = 12 \text{ à } 15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$\Phi uu = 0$

Annexe n° 2

SPECIFICATIONS PARTICULIERES DE MISE EN REMBLAI

	Craie (1)	Limon	Argile à silex (1)
Granulométrie	avant compactage $\Phi < 250 \text{ mm}$ après compactage moins de 25 % < 0,1 mm plus de 60 % < 20 mm		
Ecart en % de la teneur en eau par rapport à l'optimum Proctor Compacité minimale requise	— 3 % et + 2 % 95 % de l'optimum Proctor normal	— 2 % et + 3 % 95 % de l'O.P.N.	— 2 % et + 3 % 95 % de l'O.P.N.
Epaisseur des couches avant compactage	40 cm	40 cm	40 cm
Matériel de compactage	rouleau à pneus lourd	rouleau à pieds dameurs ou rouleau à pneus lourd	rouleau à pieds dameurs ou rouleau à pneus lourd
Nombre de passages	6	6	6

(1) Les essais Proctor sont effectués sur la fraction des éléments < 20 mm.

N.B. : Pour les matériaux « mélangés » les spécifications sont celles applicables au matériau dominant dans la couche considérée.

les enceintes de confinement des bâtiments réacteurs de la centrale nucléaire du Tricastin

par B. REVEL

Ingénieur A.M.

Compagnon Bernard CETRA.

Introduction

Les centrales nucléaires du type PWR comportent :

- un circuit primaire fermé qui extrait la chaleur du cœur du réacteur et la cède au circuit secondaire à travers des échangeurs dénommés générateurs de vapeur,
- un circuit secondaire fermé transportant la vapeur issue des générateurs de vapeur vers les turbines et reprenant l'eau condensée vers les générateurs de vapeur,
- un circuit de refroidissement des condenseurs ouvert sur l'extérieur.

Le bâtiment du réacteur est destiné à abriter et supporter les principaux éléments de la chaudière nucléaire (circuit primaire et une partie du circuit secondaire).

L'enceinte de confinement constitue l'enveloppe extérieure du bâtiment réacteur. Elle a pour but d'assurer vis-à-vis de l'environnement une protection radiologique dans tous les cas de fonctionnement envisagés et de protéger le circuit primaire contre les agressions extérieures.

Ses fonctions sont donc les suivantes :

- Etanchéité pour confiner les gaz radio-actifs
- Résistance à la pression interne lors de l'accident de référence (A.D.R.) accompagné d'une élévation de température

- Conservation des caractéristiques précédentes en toutes circonstances y compris pendant les séismes
- Protection du bâtiment contre les missiles extérieurs.

L'enceinte Conception - Calculs

Les enceintes de confinement des bâtiments réacteurs peuvent appartenir aux types suivants :

- a) enceinte unique en B.P. avec chemisage interne en acier : solution notamment retenue par E.D.F. pour les réacteurs PWR 900 MWe.
- b) enceinte unique en B.A. avec chemisage interne en acier : solution généralement retenue aux U.S.A.
- c) enceinte double avec séparation des fonctions : une enceinte interne métallique chargée de la résistance à l'accident primaire, une enceinte externe en B.A. chargée de protéger la précédente des agressions extérieures, solution KWU Allemande.
- d) enceinte double avec enceinte primaire en B.P. chemisée (Tihange I et II) ou non chemisée (palier PWR 1300 E.D.F.) avec enceinte secondaire en B.A. pour collecter les fuites en provenance de l'enceinte primaire.

Les enceintes de confinement des bâtiments réacteurs des tranches 1 à

4 de Tricastin appartiennent au premier type cité.

Description de l'ouvrage

L'enceinte de confinement est constituée de 3 parties :

- le radier
- la jupe
- le dôme

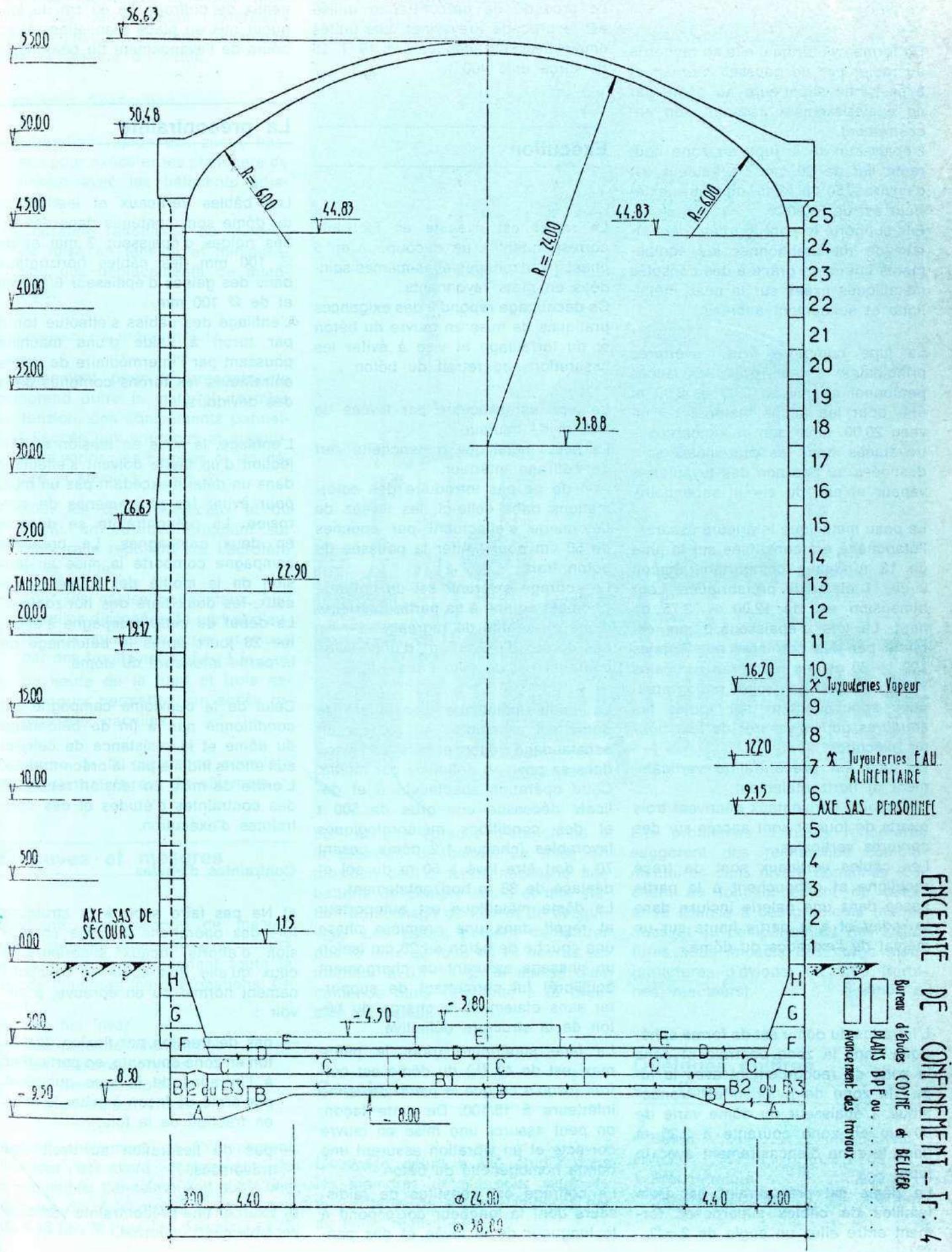
Le radier

Il constitue la fondation de l'ouvrage ; il repose sur un béton de propreté et comporte :

- une étanchéité souple remontant latéralement le long de la paroi de la jupe jusqu'au niveau du sol, de manière à constituer un cuvelage étanche isolant complètement l'enceinte du terrain.
- le radier proprement dit en B.A. dont l'épaisseur varie de 3,50 m à 5 m.
- le revêtement d'étanchéité en acier A 42 P1 ancré dans le béton du radier et se prolongeant latéralement pour former l'étanchéité au niveau de la jupe.

Ce revêtement d'étanchéité est surmonté d'une couche de béton de 1,00 m d'épaisseur destinée à répartir les charges dues aux structures internes du bâtiment réacteur, à permettre la réalisation des caniveaux et puisards et à protéger le revêtement d'étanchéité.

Le radier est fortement ferrailé, mais n'est pas précontraint.



ENCEINTE DE CONFINEMENT - Tr.: 4

Bureau d'études COTTE & BELLIER
 PLANS BPE ou ...
 Aménagement des trous

25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

16.70
X Tuyauteries Vapeur
12.20
X Tuyauteries EAU ALIMENTAIRE
9.15
AXE SAS PERSONNEL

55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
-5.00
-9.50

56.63
50.48
44.83
44.83
31.88
26.63
22.90
19.12
115
-4.50
-3.80
-8.00
-8.00

TAMPON MATERIEL
AXE SAS DE SECOURS

300 440 ϕ 2400 440 500
 ϕ 3800

La jupe

De forme cylindrique, elle se raccorde au radier par un gousset intérieur et à sa partie supérieure au dôme par un épaississement assurant son encastrement.

L'épaisseur de la jupe en zone courante est de 90 cm. Sa hauteur est d'environ 50 m. Son diamètre extérieur est de 38,80 m.

Elle supporte le pont tournant permettant de manutentionner les équipements intérieurs grâce à des consoles métalliques fixées sur la peau métallique et solidement ancrées.

La jupe comporte trois ouvertures principales : deux pour les accès personnel au niveau 0,00 et 8,00 et une pour les accès matériel au niveau 20,00, ainsi que de nombreuses traversées dont les principales sont destinées au passage des tuyauteries vapeur et eau du circuit secondaire.

La peau métallique intérieure assurant l'étanchéité est constituée sur la jupe de 12 rondeaux comportant chacun 9 ou 11 éléments préfabriqués. Leur dimension est de 12,00 × 3,75 de haut. La tôle d'épaisseur 6 mm est raidie par des cornières horizontales 120 × 80 et des cornières verticales 70 × 50. Des contrôles radiographiques sont effectués sur toutes les soudures pour s'assurer de leur bonne exécution.

La jupe est précontrainte verticalement et horizontalement.

Les câbles horizontaux décrivent trois quarts de tour et sont ancrés sur des nervures verticales.

Les câbles verticaux sont de tracé rectiligne et débouchent à la partie basse dans une galerie incluse dans le radier et à la partie haute sur un méplat de l'extrados du dôme.

Le dôme

L'intrados du dôme est de forme sphérique dans la zone centrale et dans la zone de raccordement avec la jupe ; la zone de jonction est tronconique. L'épaisseur du dôme varie de 80 cm en zone courante à 2,20 m dans la zone d'encastrement avec la jupe.

Le dôme est précontraint par trois familles de câbles superposés formant entre elles un angle de $2\pi/3$.

Le procédé de précontrainte utilisé est le procédé Freyssinet. Les unités employées sont des câbles 19 T 15 de force utile 400 t.

Exécution

Le radier est exécuté en 62 plots correspondant à un découpage en 5 phases horizontales elles-mêmes scindées en plots rayonnants.

Ce découpage répond à des exigences pratiques de mise en œuvre du béton et du ferrailage et vise à éviter les fissurations de retrait du béton.

La jupe est exécutée par levées de 2,00 m de hauteur.

La peau métallique d'étanchéité sert de coffrage intérieur.

Afin de ne pas introduire des déformations dans celle-ci, les levées de bétonnage s'effectuent par couches de 50 cm pour limiter la poussée du béton frais.

Le coffrage extérieur est un coffrage grim pant équipé à sa partie inférieure d'une passerelle de ragréage.

La durée d'exécution d'une levée courante est de cinq jours.

La peau métallique constituant le dôme est assemblée au sol sur un échafaudage léger et mis en place dans sa position définitive par moitié. Cette opération spectaculaire et délicate nécessite une grue de 500 t et des conditions météorologiques favorables (chaque 1/2 dôme pesant 70 t doit être levé à 50 m du sol et déplacé de 38 m horizontalement).

Le dôme métallique est autoporteur et reçoit dans une première phase une couche de béton de 20 cm (selon un phasage assurant un chargement équilibré) lui permettant de supporter sans étalement la charge du béton de la structure définitive.

La face supérieure (dont la pente maxi est de 40 %) du dôme est coffrée jusqu'à ce que la pente devienne inférieure à 15/100. De cette façon, on peut assurer une mise en œuvre correcte et un vibration assurant une bonne homogénéité du béton.

Le coffrage est constitué de raidisseurs dont la longueur correspond à la longueur de la levée et des pan-

neaux de coffrage de 60 cm de longueur mis en place manuellement au cours de l'avancement du bétonnage.

La précontrainte

Les câbles verticaux et les câbles du dôme sont contenus dans des tubes rigides d'épaisseur 2 mm et de \varnothing 100 mm, les câbles horizontaux dans des gaines d'épaisseur 6/10 mm et de \varnothing 100 mm.

L'enfilage des câbles s'effectue toron par toron à l'aide d'une machine poussant par l'intermédiaire de galets entraîneurs les torons contenus dans des dévidoirs.

L'enfilage, la mise en tension et l'injection d'un câble doivent s'effectuer dans un délai n'excédant pas un mois pour éviter les phénomènes de corrosion. La précontrainte se déroule en deux campagnes. La première campagne comporte la mise en tension de la moitié des câbles verticaux, les deux tiers des horizontaux. Le début de cette campagne s'effectue 28 jours après le bétonnage de la partie inférieure du dôme.

Celui de la deuxième campagne est conditionné par la fin du bétonnage du dôme et la résistance de celui-ci aux efforts induits par la précontrainte. L'ordre de mise en tension répond à des contraintes d'études et des contraintes d'exécution.

Contraintes d'études

a) Ne pas faire subir à la structure lors des opérations de mise en tension d'efforts locaux supérieurs à ceux qu'elle doit subir en fonctionnement normal ou en épreuve, à savoir :

- pas de traction par flexion du béton en zone courante, en particulier à l'intrados de la jupe qui n'est pas armé de façon à éviter la mise en traction de la tôle,
- pas de fissuration au droit des traversées.

b) Exercer une précontrainte verticale sensiblement uniforme.

c) Eviter de tendre la nappe intérieure des cerces avant l'extérieure pour éliminer un éventuel feuilletage dans l'épaisseur du béton.

Contraintes d'exécution

- Libération rapide des zones basses pour exécuter les planchers de liaison avec les bâtiments adjacents.
- Utilisation rationnelle du matériel de mise en tension et minimisation des déplacements de matériels.

Equipement de précontrainte

L'équipement pour la précontrainte comprend outre le matériel de mise en tension, des équipements permettant l'accès aux ancrages et supportant les vérins, les pompes et les dévidoirs. A savoir :

- pour les câbles verticaux et du dôme, un portique circulant sur deux rails reposant sur l'acrotère et le dôme,
- pour les câbles horizontaux, huit nacelles disposées de part et d'autre des quatre nervures et mues par des treuils accrochés à la partie haute de la jupe et trois ascenseurs permettant un accès rapide aux nacelles.

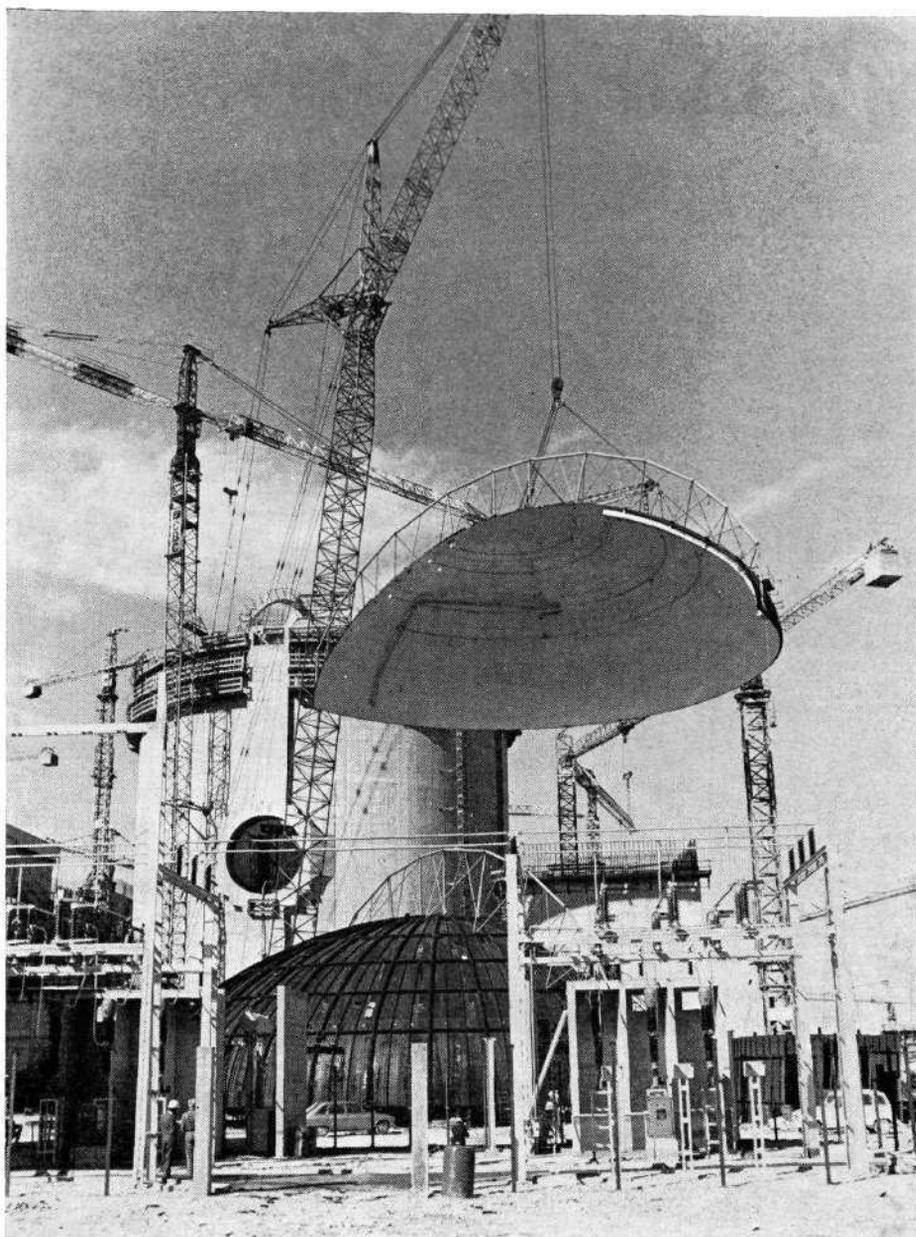
La durée de la campagne complète de précontrainte est de six mois.

Epreuves et mesures

Différents appareillages de mesure sont installés pour suivre en cours de construction et pendant toute la vie de l'ouvrage les déformations. Ce sont :

- des fils invar
- des pots de nivellement
- des témoins sonores
- des thermocouples
- des pendules verticaux

Après achèvement de l'équipement intérieur et avant chargement du combustible, l'enceinte doit subir une épreuve de résistance à une pression de 1,15 fois la pression de calcul (3,75



bar) et une épreuve d'étanchéité à la pression de calcul. La mise en pression de l'enceinte nécessite une batterie de compresseurs et une station de séchage de l'air et de déshuilage. Les essais doivent démontrer que le taux de fuite en 24 heures est inférieur à 0,1 % de la masse d'air contenue dans l'enceinte à la pression de calcul.

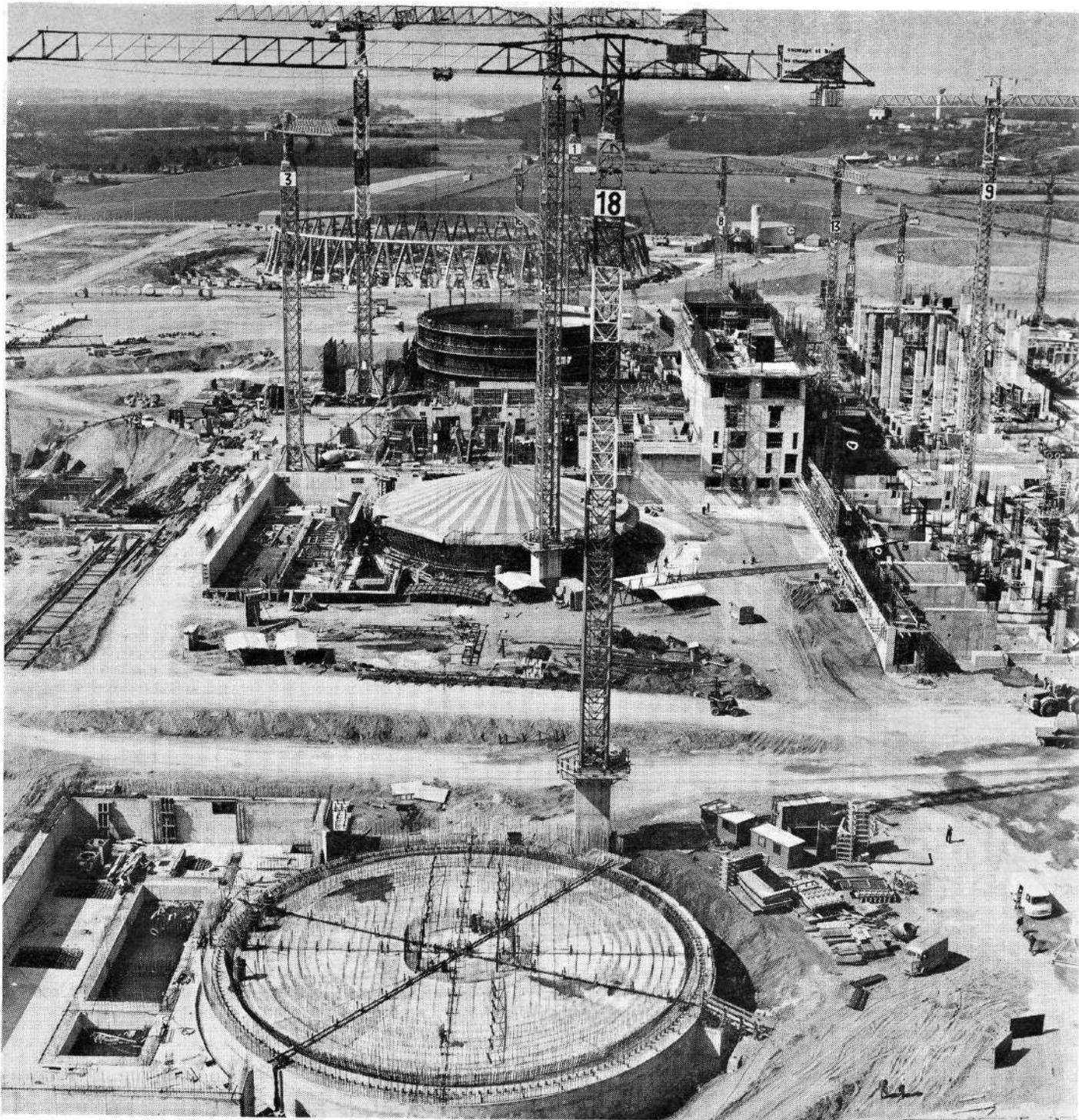
Conclusion

L'ouvrage décrit a été étudié dans les moindres détails pour satisfaire aux critères de sécurité imposés par de telles réalisations.

Les problèmes d'études rencontrés suggèrent des recherches complémentaires dans divers domaines touchant au fonctionnement du béton armé soumis à des gradients thermiques et au comportement des structures sous impacts des corps mous (structures d'avions) ou durs (turbines, réacteurs).

Quelques chiffres sur l'enceinte

• Béton	13 500 m ³
• Acier	1 700 t
• Précontrainte	900 t
• Délai d'exécution ...	30 mois



Photothèque E.D.F. - Photo Marc Morceau

AMENAGEMENT DE DAMPIERRE-EN-BURLY (Loiret)

Cette centrale nucléaire comprendra 4 tranches de 935 MW, dont le couplage des 2 premières est prévu en 1979 et les 2 autres en 1980 et 1981. Les travaux de génie civil ont été commencés en 1975.

Le bétonnage du fût du réacteur de la 1^{re} tranche est terminé. Le dôme a été posé. La table du groupe turbo-alternateur est coulée. Les ponts roulants de la salle des machines ont été mis en place. Les mêmes travaux se poursuivent sur les 2^e et 3^e tranches avec un décalage de sept mois entre chacune. C'est ainsi que les travaux de génie civil sont commencés sur la 4^e tranche.

la sûreté des centrales électronucléaires et les problèmes de génie civil

par Michel DEBES

*Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires.*

Olivier HALPERN

*Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Service Technique de l'Energie Electrique et des Grands Barrages.*

Henri BOYE

*Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Service de l'Industrie et des Mines — Rég'ion Centre.*

*Inspecteurs des installations nucléaires de base
Ministère de l'Industrie du Commerce et de l'Artisanat.*

Après une présentation générale de l'organisation et de l'action des pouvoirs publics en matière de sûreté nucléaire en France, est exposée, dans ses grandes lignes, la façon dont certains problèmes de génie civil des centrales nucléaires sont examinés dans le cadre de l'action des pouvoirs publics en matière de sûreté.

La sûreté nucléaire en France

1. Présentation

Les installations nucléaires sont des installations où sont produites, transformées, mises en œuvre ou stockées des substances radioactives. Le potentiel de danger inhabituel que présentent les installations nucléaires importantes, dû à la concentration de grandes quantités de matières radioactives, justifie que les pouvoirs publics y portent une attention particulière, en imposant des contraintes et en exerçant une surveillance d'une rigueur exceptionnelle et en veillant ainsi, selon les modalités indiquées plus loin, à ce qu'il en résulte aucun risque inacceptable pour les travailleurs et le public. Mais ils ne sauraient

cependant assurer la sûreté des installations nucléaires, définie comme l'ensemble des dispositions à prendre en vue de prévenir les accidents et d'en limiter les effets. Seuls les constructeurs et les exploitants d'installations nucléaires peuvent, à tout moment, prendre les dispositions techniques permettant d'assurer leur sûreté et, aux termes de la réglementation nucléaire, c'est l'exploitant d'une installation nucléaire qui est finalement responsable de la sûreté de celle-ci.

2. Aspect réglementaire et organisation des pouvoirs publics en matière de sûreté nucléaire.

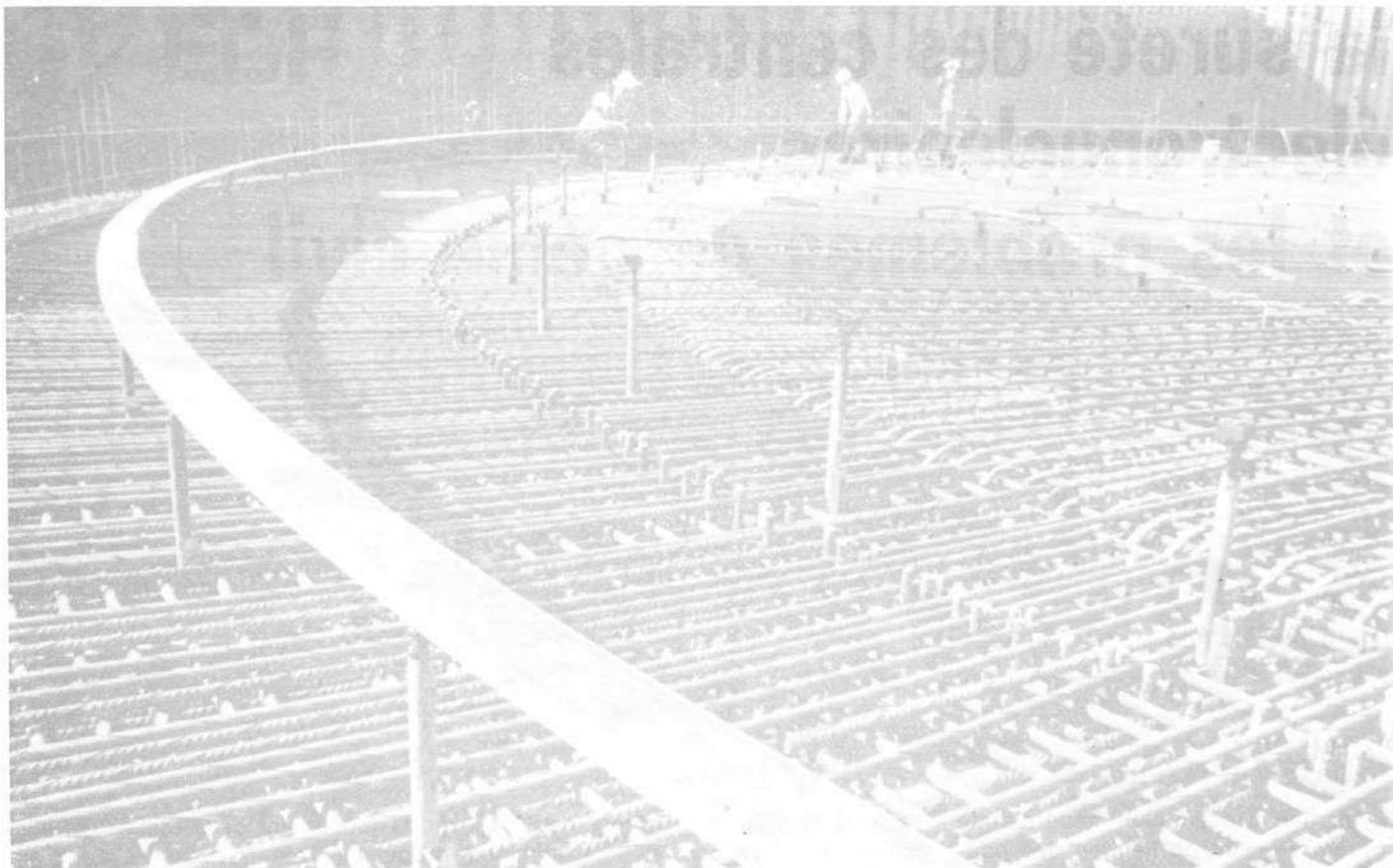
Le texte réglementaire fondamental est le décret n° 63-1228 du 11 décembre 1963 modifié par le décret n° 73-405 du 27 mars 1973. Ce texte, s'applique à une catégorie particulière d'installations nucléaires appelées « installations nucléaires de base », comprenant notamment les réacteurs nucléaires fixes, les usines de séparation des isotopes des combustibles nucléaires et de traitement des combustibles nucléaires irradiés et les installations importantes de stockage de substances radioactives (à noter que les réacteurs nucléaires faisant partie d'un moyen de trans-

port, notamment ceux utilisés pour la propulsion des navires, en sont exclus).

L'action des pouvoirs publics en matière de sûreté relève du ministère de l'industrie, du commerce et de l'artisanat dont l'organisation résulte essentiellement du décret n° 73-278 du 13 mars 1973, modifié par le décret n° 77-623 du 6 juin 1977, portant création d'un service central de sûreté des installations nucléaires (S.C.S.I.N.) responsable de l'étude, de la définition et de la mise en œuvre de la politique en matière de sûreté nucléaire. Pour mener à bien son action, ce service peut faire appel en particulier au commissariat à l'énergie atomique (institut de protection et de sûreté nucléaire) qui lui fournit un appui technique très important. Par ailleurs, pour tout ce qui concerne les réacteurs électro-nucléaires, le S.C.S.I.N. agit en liaison étroite ou conjointement avec la direction du gaz, de l'électricité et du charbon qui exerce notamment la tutelle d'Electricité de France.

3. Actions des pouvoirs publics.

Conformément au décret (modifié) du 11 décembre 1963, le S.C.S.I.N. est notamment chargé de mener l'action réglementaire des pouvoirs publics en



Radier - Base réacteur.

(Photo E.D.F.)

matière de sûreté dans trois voies principales et complémentaires :

- a) *Un système d'autorisations individuelles concernant chaque installation, après un examen technique approfondi notamment des dispositions destinées à en assurer la sûreté :*

Une installation nucléaire de base ne peut en effet être créée qu'après une autorisation donnée par décret. La demande d'autorisation de création, adressée au ministre de l'industrie, du commerce et de l'artisanat, doit faire l'objet d'une enquête locale permettant de recueillir les observations du public (qui peut être l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique) et est accompagnée d'un « rapport préliminaire de sûreté » décrivant notamment les dispositions projetées pour assurer la sûreté de l'installation. L'examen technique de ce rapport est confié par le S.C.S.I.N. à l'institut de protection et de sûreté nucléaire qui en rapporte les résultats devant un « groupe permanent » spécialisé comprenant des experts nommés par le ministre de l'industrie, du

commerce et de l'artisanat et des représentants de l'administration.

Muni de l'avis de ce groupe, des résultats de l'enquête locale et des observations des ministres ou secrétaires d'états informés de la demande (santé, intérieur, équipement et aménagement du territoire, transport, culture et environnement, agriculture), le S.C.S.I.N. établit un projet de décret d'autorisation et en saisit pour avis la commission interministérielle des installations nucléaires de base qui regroupe des représentants des différents ministères et organismes concernés ainsi que des personnes choisies en raison de leur compétence.

Le projet de décret doit ensuite recevoir l'avis conforme du ministre de la santé avant d'être soumis à la signature du Premier ministre.

Le décret fixe notamment les prescriptions particulières auxquelles doit se conformer l'exploitant, sans préjudice de l'application des règlements de caractère général, concernant la sûreté des installations et, en tant que de besoin, la protection de l'en-

vironnement contre les nuisances possibles pouvant résulter de l'installation.

Des examens complémentaires sanctionnés par des autorisations ministérielles (sous réserve du respect de certaines prescriptions techniques et, le cas échéant, de modifications à apporter à l'installation) sont également prévus par les décrets d'autorisation de création et sont pour les réacteurs :

- avant le chargement, l'examen (suivant la même procédure) du rapport provisoire de sûreté comportant notamment toutes les précisions sur la réalisation effective de l'installation,
- avant la mise en exploitation normale, l'examen du rapport définitif de sûreté précisant les conditions réelles du début de fonctionnement et les enseignements tirés des essais.

Par ailleurs, sont prévus l'examen à un stade précoce des grandes options de sûreté des projets nouveaux de centrales électronucléaires, des examens complémentaires intermé-

diaires entre les étapes précédentes ainsi qu'un suivi en exploitation des problèmes de sûreté.

b) *L'élaboration et l'application de la réglementation technique générale concernant la sûreté :*

Deux textes importants ont été publiés :

- arrêté du 15 juin 1970 relatif aux caissons en béton précontraint,
- arrêté du 26 février 1974 relatif au circuit primaire principal des chaudières nucléaires à eau.

c) *La surveillance des installations nucléaires de base :*

Les inspecteurs des installations nucléaires de base sont notamment chargés de surveiller l'application de la réglementation technique générale des installations nucléaires et celle des prescriptions techniques contenues dans les décrets d'autorisation de création et les approbations ministérielles.

Les problèmes de génie civil examinés dans le cadre de l'action des Pouvoirs Publics

1. Analyse de la sûreté de chaque installation (cas des centrales nucléaires à eau pressurisée d'Electricité de France).

a) **Conception :** Les problèmes liés à la conception des dispositifs importants pour la sûreté et se rapportant au génie civil concernent essentiellement l'enceinte de confinement et la tenue de l'installation aux séismes, aux projectiles (chutes d'avions, éclatements de turbines) et aux agressions externes (crués, ruptures de barrages, environnement industriel) :

- L'enceinte de confinement (dans sa conception actuelle, soit une enceinte simple en béton précontraint avec peau d'étanchéité, soit une enceinte double avec enceinte interne en béton précontraint et externe en béton armé et reprise des fuites entre les deux enceintes) constitue principalement l'ultime barrière entre les produits radioactifs et l'environnement en cas de fuite ou de rupture du circuit primaire (celle-ci pouvant,

dans certains cas graves, entraîner la rupture des gaines des éléments combustibles). Le maintien du confinement des produits radioactifs, dans les conditions de température et de pression pouvant en résulter, est donc essentiel. Par ailleurs, il est particulièrement important qu'une enceinte de confinement présente, de par sa conception, un comportement non fragile, grâce notamment à des marges de sécurité suffisantes et soit, si nécessaire, adaptée pour tenir compte des conditions particulières pouvant résulter du choix d'un site.

- La tenue aux séismes de l'installation, notamment de l'enceinte de confinement et des bâtiments et structures qui contiennent ou supportent des équipements importants pour la sûreté, est examinée. Celle-ci pose des problèmes difficiles liés au choix de l'intensité et des fréquences des vibrations des séismes à considérer et à l'interaction dynamique entre le sol et les structures qui font, à l'occasion des examens de sûreté des centrales nucléaires, l'objet de recherches approfondies.
- La résistance des structures aux différents projectiles plausibles (résistance de l'enceinte de confinement en cas de chute d'avion notamment) en vue de protéger les composants importants pour la sûreté constitue également un problème difficile (problème de la tenue globale et de la perforation locale, des projectiles secondaires) qui fait actuellement l'objet d'essais.
- Signalons enfin certains problèmes de tenue des structures au rayonnement thermique et aux ondes de surpression qui peuvent se poser pour certains types d'environnement industriel de l'installation. C'est ainsi que les tranches de la centrale nucléaire de Gravelines situées dans la zone industrielle et portuaire de Dunkerque, résisteront à une explosion engendrant une onde de choc triangulaire à front raide de 0,2 bar, de durée 0,4 seconde, de même qu'à l'incendie simultané de tous les réservoirs de stockage d'hydrocarbures liquides voisins.

b) **Réalisation :** les conditions effectives dans lesquelles ont été exécutés au niveau des chantiers les différents ouvrages sont examinées et les conséquences pour la sûreté des éventuels incidents de réalisation sont analysées. Signalons par exemple l'analyse des différents incidents survenus dans la réalisation des enceintes de confinement des centrales de Fessenheim et de Bugey (cloquages de la peau d'étanchéité lors de l'injection des câbles de précontrainte, défauts de tracé des câbles, bouchages des gaines, écaillages des dômes, ...).

c) **Essais :** chaque enceinte de confinement fait l'objet, avant le chargement du réacteur correspondant, d'un essai de résistance et d'étanchéité dont les résultats sont examinés et donnent de précieux renseignements quant au comportement réel de l'enceinte soumise à une pression interne ; en outre, combinés avec ceux des essais périodiques ultérieurs, ils devront permettre un suivi de celui-ci dans le temps. Signalons en particulier l'instrumentation mise en place sur les enceintes des tranches nucléaires à eau pressurisée de Bugey en vue de détecter d'éventuelles ruptures de câbles.

2. La surveillance :

L'action des inspecteurs des installations nucléaires de base en matière de génie civil porte essentiellement sur la surveillance de la qualité de la réalisation des tranches nucléaires sur les chantiers.

Sont examinés en particulier l'organisation retenue en la matière, les problèmes de réalisation et les mesures prises en vue d'éviter le renouvellement d'incidents sur les tranches en construction. A cet égard, il convient de rappeler qu'un système d'organisation de la qualité est demandé à chacune des entreprises travaillant pour la réalisation des tranches nucléaires d'Electricité de France, de telle sorte que soit définie la qualité à rechercher, pour chaque équipement en fonction notamment de son importance pour la sûreté, que celle-ci soit obtenue, que ce résultat soit contrôlé et que soient rectifiées les erreurs éventuelles, sur la base d'un ensemble contrôlé d'actions planifiées et systématiques, fon-

dé sur des procédures écrites et archivées (avec un « contrôle interne » hiérarchique et un « contrôle externe » indépendant du précédent) et qu'en outre, l'action des entreprises est surveillée par les agents d'Electricité de France sur chaque aménagement.

Une réflexion est en cours actuellement sur ce point important et des progrès apparaissent possibles (en particulier en matière d'organisation) compte tenu des expériences propres aux divers aménagements nucléaires. En outre, les services de l'industrie et des mines, chargés au plan local du contrôle des chantiers de centrales nucléaires, peuvent également participer, de façon complémentaire, à cette mission de surveillance de la qualité de la réalisation.

Sur le plan technique, signalons que certaines améliorations sensibles ont déjà été apportées à la réalisation des enceintes de confinement, à la suite notamment des différents incidents de réalisations précités.

D'autres progrès sont possibles par une meilleure qualification du personnel et surtout, pour ce qui concerne tant les études que l'exécution des ouvrages importants pour la sûreté, par une prise de conscience accrue de l'importance de la notion de qualité.

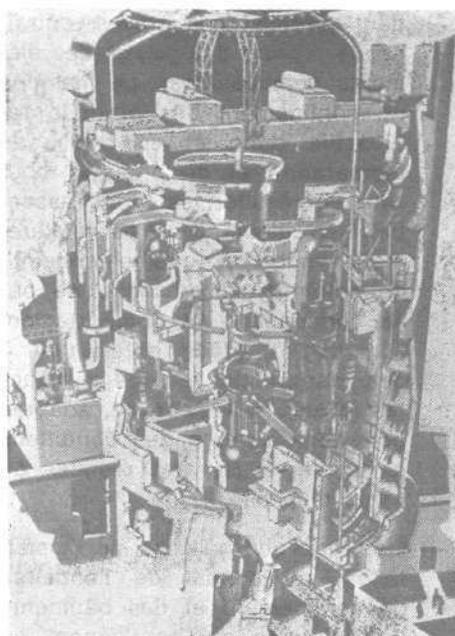
3. Application de la réglementation et suivi en exploitation :

En application de l'arrêté du 15 juin 1970 relatif aux caissons en béton précontraint, ceux-ci font l'objet d'une surveillance régulière (caissons des tranches de la filière à uranium naturel, graphite-gaz de Chinon 3, Saint-Laurent-des-Eaux 1 et 2, Bugey 1) grâce à leur instrumentation très complète. Des problèmes délicats de fluage localisé important du béton de certains de ces caissons dus à des conditions thermiques particulières sont actuellement examinés.

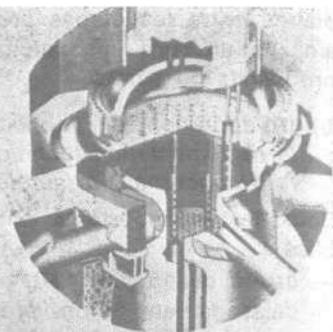
4. Elaboration de la réglementation :

Deux textes importants sont en préparation :

- texte sur la prise en compte des séismes dans la conception des centrales nucléaires : un groupe de



Structure interne.



CHAUDIERE PWR
900 MW
type BUGEY

travail, comprenant des spécialistes, notamment du LCPC, des différentes disciplines (calcul des structures, mécanique des sols, sismologie, ...), présidé par M. Robert, ingénieur général des ponts et chaussées, a été chargé d'assister le S.C.S.I.N. dans l'élaboration de ce texte dont le sujet est particulièrement difficile ;

- texte sur les enceintes de confinement en béton concernant les différents aspects de leur conception et de leur réalisation : le groupe de travail en cours d'élaboration pour assister le S.C.S.I.N. dans la préparation de ce texte comprendra, sous la présidence de M. Lacroix, des représentants des constructeurs et bureaux d'études d'ouvrages d'art, d'ingénierie nucléaire, des organismes de contrôle, d'Electricité de France, du commissariat à l'énergie atomique, du laboratoire central des ponts et chaussées et du ministère de l'industrie, du commerce et de l'artisanat (S.C.S.I.N., D.I.G.E.C.).

Conclusion

Comme on le voit, les problèmes de génie civil, comme de bien d'autres domaines techniques spécialisés (métallurgie, appareils à pression, thermohydraulique), liés à la sûreté nucléaire sont complexes et très variés et, seul un bref aperçu incomplet a

pu en être donné ici. Ils concernent toutes les phases de la conception, de la réalisation et des essais des différentes structures. Par ailleurs, sur certains points (séismes), ces problèmes se trouvent souvent à la limite des connaissances technologiques ou scientifiques du moment et font, à l'occasion des examens de sûreté des installations nucléaires, l'objet d'utiles recherches.

Plus largement, en matière de génie civil les impératifs liés à la sûreté des centrales nucléaires ne peuvent être respectés que par une action bien comprise d'une part, des services d'Electricité de France et, d'autre part, des bureaux d'études et des entreprises, portant sur la qualité tant des études que de la réalisation. Une prise de conscience de l'importance de l'enjeu par les entreprises est commencée et doit se poursuivre. Il s'agit là, bien sûr, d'un effort important s'inscrivant au sein d'un véritable dialogue entre les organismes de sûreté, Electricité de France, les bureaux d'études, les constructeurs et les services techniques compétents de l'administration en vue d'aboutir à une sûreté satisfaisante des centrales nucléaires.

l'ingénieur et l'architecte face à la technologie

par Claude PARENT

Architecte.

L'ingénieur est-il toujours aussi différent que l'on veut bien le dire de l'Architecte ?

L'intervention de ce dernier est-elle toujours jugée comme superflue voire fautive par l'ingénieur dès qu'elle a tendance à se manifester dans le territoire réservé de la technologie ? Pense-t-on toujours que plus la technique est complexe et impérative, moins l'architecture peut prétendre à être présente ?

Le nucléaire a le mérite de bien se prêter à éclaircir ces questions. Il s'agit en effet d'une aventure technologique en pleine évolution, dans laquelle les problèmes de contrainte technique, de coût, de sûreté et de sécurité se posent de façon autoritaire si l'on ajoute à cela les délais d'exécution on peut penser que la part de l'Architecte est bien mince pour ne pas dire inexistante.

Il ne faut pas cacher que c'était là un point de vue assez répandu dans le milieu ingénieur et que l'on risquait de ce fait de voir l'intervention architecturale diminuer progressivement de qualité depuis les barrages, qui ont pourtant si longtemps servi d'exemple de synthèse architecturale et technologique, jusqu'aux centrales nucléaires en passant par les centrales thermiques.

Il est intéressant de noter que sur ce sujet le bon sens dit populaire rejoint souvent le point de vue de l'ingénieur. Combien de fois n'ai-je pas entendu poser cette question : mais comment peut-on bien intervenir sur les centrales nucléaires en tant qu'Architecte ? Il est d'autant plus significatif et méritoire que, dans ces circonstances, la Direction de l'Équipement d'Électricité de France ait pris la décision de lancer une grande campa-

gne de recherche architecturale sur le nucléaire.

Cette étude se divise en deux chapitres complémentaires.

1°) L'analyse des formes des bâtiments constituant les centrales 900 CP2 et 1300 mer et plaines, analyse intéressant les salles des machines, les îlots nucléaires et les réacteurs avec les bâtiments de combustibles.

2°) La résolution pour l'ensemble des sites envisagés des problèmes d'insertion de cette architecture caractéristique dont l'importance en dimension et la nature technologique posent aux paysages français et à la population des questions psychologiques et esthétiques auxquelles il est difficile de répondre.

Cette initiative de la Direction de l'Équipement qui a abouti à une étude systématique, remonte maintenant à trois ans pendant lesquels les principaux problèmes ont été abordés et traités.

Aussi quand les Ministères de l'Industrie, de la Culture et de l'Environnement ont demandé à Électricité de France d'explicitier les dispositions prises pour obtenir une qualité du traitement du site vis-à-vis de l'ambiance du paysage comme de la valeur de l'architecture, s'est-il trouvé qu'Électricité de France était déjà préparée pour répondre. Et ceci non pas au seul niveau de l'intention mais à celui des faits.

Car il faut savoir qu'en architecture on n'improvise pas une recherche ou une étude. On ne peut répondre correctement à une sollicitation extérieure que si l'on a longuement mûri

les problèmes. Toute réponse immédiate est souvent inefficace, nocive même, car elle est coupée d'un contexte qui lui sert de structure. Il s'agit de dégager lentement, par approches successives, une philosophie générale de l'intervention de l'architecture dans le nucléaire, puis de donner des réponses plus ponctuelles se référant à quelques principes de base, pour pouvoir par la suite se permettre d'affiner sans cesse l'étude sans jamais perdre de vue la réflexion première.

C'est un peu le scénario qu'E.D.F. a proposé aux Architectes.

Tout d'abord une recherche libre sans souci des contraintes.

Pendant plus de six mois, j'ai été chargé de cette étude, seul, seul contre tout, si l'on veut bien me permettre de le dire, afin de démontrer que tout était architecturalement possible et surtout qu'il était possible, face aux impératifs de la technologie nucléaire, de donner un visage, d'imaginer une esthétique spécifique. Lentement, patiemment de degré en degré, j'ai donc avec croquis d'études, maquettes, dessins, ordinateurs, aperçus techniques, remonté le courant hiérarchique. Car j'ai eu la chance de rencontrer à chaque présentation, à chaque épreuve pourrait-on dire, des hommes qui ont su apprécier les difficultés, encourager les premiers résultats en les jugeant comme des espérances et non des fins en soi, et finalement me faire confiance. Que ce soit à l'Équipement, au Septen et dans les Régions, combien réticentes pourtant par définition, il s'est toujours trouvé des hommes de grande qualité pour soutenir mon effort, donner leur caution pour prolonger cette recherche (dont l'animateur initial était à E.D.F. Monsieur Lebreton), et croire.

Car la foi est nécessaire dans une entreprise de ce genre. Sans elle que ce soit chez l'Architecte comme chez l'Ingénieur, pas de réussite. Là réside peut-être une des premières leçons de l'architecture : il faut déposer les armes, se rendre vulnérable pour laisser à l'imagination sa première chance. Et j'ai eu la grande chance de bénéficier de cette confiance, de cette foi de l'homme qui a, pour un instant privilégié, accepté de laisser au vestiaire son doute méthodique.

Il est toujours temps de reprendre en main son destin logique.

E.D.F. dans la conscience de son immense responsabilité, ne s'est pas fait faute de recourir à ce processus inéluctable. La seconde partie de l'étude nous l'a amplement prouvé. Après les premières esquisses d'architecture, on me demanda de me pencher plus particulièrement sur les problèmes d'insertion dans les sites en prenant deux exemples types : le paysage de falaise au bord de la mer et en pays de plaine le déroulement d'un estuaire. Les mouvements du terrain, la disposition dans le site, la façon dont depuis les villages environnants on percevait la centrale, tout fut étudié au stade du principe y compris couleurs et matières. C'est de ce temps-là que date dans la recherche ma lutte pour le tout béton (pour réaliser une meilleure insertion) contre la solution mixte assise de béton et couverture des ponts roulants en bardage d'acier.

Lutte difficile dont les échos persistent encore dans certains mémoires et dans mon entêtement.

Là, je dois avouer que cette bataille peut-être inutile mais combien significative m'a permis de mesurer à quel point l'Architecture était souvent mal équipée pour convaincre. En fait m'apparut très vite la notion de mes limites.

Tout d'abord la limite de l'homme seul qui peut emporter par la force de conviction certaines décisions mais qui émousse petit à petit son potentiel. Il y a usure du pouvoir solitaire. Au bout d'un moment d'exercice l'homme seul doit être relayé, renforcé et même dépassé par une action de groupe.

Ensuite limite des moyens d'expression de l'Architecture face à l'Ingénieur. Ce n'est rien de dire qu'ils n'ont pas le même langage.

C'est beaucoup plus grave d'apprendre à ses dépens que l'on manque non pas d'arguments pour convaincre mais que l'on ne dispose pas dans son bagage de la nature d'argumentation qui fait basculer la décision. Autrement dit, on s'aperçoit très vite que l'on se trouve dialectiquement démunis, et que ce manquement dialectique est toujours de nature technologique. Lorsqu'on se rend compte que cette carence remonte à la formation même de l'Architecte, on commence à s'inquiéter. En fait, il ne s'agit pourtant que d'un malentendu, car ce n'est pas une compétence technique réelle qu'il faut à l'Architecte, mais une crédibilité dans le dialogue technique. L'Architecte doit se présenter face à l'Ingénieur avec un ensemble d'arguments techniques présentés de façon dialectiquement acceptable pour qu'ils aient une chance d'être reçus comme possibles, comme base d'une discussion à ouvrir. Si j'insiste sur ce point, plus que lourdement, c'est parce que j'ai toujours souffert dans ma vie d'Architecte de voir des arguments techniques très sains, refusés parce que non présentés de façon crédible donc, a priori, non reçus.

Je pense donc que les agences d'architecture devront se compléter à l'avenir d'intercesseurs techniciens chargés de présenter l'argumentation technologique de l'Architecte, faute de quoi elle sera toujours perçue uniquement comme une brillante fantaisie et refusée.

Etant de formation scientifique, je suis bien placé pour croire qu'un Architecte, même Polytechnicien et Ingénieur des Ponts, se heurtera, s'il se présente seul, au même mur du refus. Cette longue digression est nécessaire à mon avis pour faire comprendre la nécessité de mettre en place un groupe d'Architectes pour prolonger et rendre plus percutante l'action architecturale entreprise.

Dans ce groupe sous ma direction se rencontrèrent des Architectes venant de deux voies différentes. Des Architectes déjà connus d'E.D.F. et ayant souvent travaillé avec les Directeurs de certaines Régions comme MM. Dufau, Bourdon, Lecouteur, Homberg et plus tard M. Dubuisson prenant la succession de De Mailly.

Des Architectes plus jeunes rencon-

LTM CONSULTANTS

Logistique Transport Manutention

recherche pour la filiale
d'une société d'exploitation
forestière un futur

DIRECTEUR TRANSPORT 150 - 200000 F

(Côte d'Ivoire)

Dans le cadre d'un plan de carrière défini à 3 ans (période d'initiation au cours de la quelle il sera adjoint de direction), il reprendra la direction entière de la société de transport.

Il devra notamment assurer :

- la gestion technique : études de rentabilité, prévisions d'investissements, choix techniques, diagnostic du matériel. Il supervise les ateliers (6 chefs de garage, 45 mécaniciens, 150 chauffeurs) et gère les stocks de pièces détachées.

- la gestion administrative et du personnel (200 personnes). Le poste convient à un jeune ingénieur diplômé (Arts et Métiers, TP ou équivalent) ayant une expérience de la gestion de parc et de solides connaissances techniques et mécaniques acquises soit dans une société de Travaux publics, soit dans une société de Transport.

Tout avantage lié au statut expatrié, salaire en fonction de l'expérience du candidat.

Envoyer lettre manuscrite + CV
+ photo sous R. 276 à

LTM CONSULTANTS

Département sélection cadres
52, quai National - 92806 PUTEAUX

trant pour la première fois E.D.F. sur l'action nucléaire comme MM. Andreu, Willerval et plus tard Taillibert. La jeune équipe avait la chance de rencontrer ses aînés au moment où E.D.F. avait décidé de faire intervenir les Architectes non plus en aval lorsque toutes les dispositions étaient pratiquement figées, mais en amont quand il était encore possible d'intervenir sur certaines formes et dispositions de l'espace.

C'est là, il faut le dire, que réside la chance du groupe. Aussi la fusion s'opéra-t-elle d'elle-même entre Architectes d'abord, puis Ingénieurs et Architectes dès qu'E.D.F. fit, et ce immédiatement, la preuve de sa sincérité. Elle ne jugeait plus les Architectes comme des habilleurs de formes, comme des dessinateurs de façades, des hommes de goût qui choisissaient en dernier lieu couleurs et peau, mais comme des intervenants à part entière, compte tenu de la hiérarchie des impératifs évidemment.

Après un très bref tâtonnement où les anciennes habitudes persistèrent, un premier résultat fut obtenu : vouloir apprendre, puis savoir travailler ensemble.

Il faut dire que le groupe d'Architectes bien qu'hétérogène et comprenant autant de fortes têtes d'un côté que de l'autre, manifesta à la stupéfaction de certains Ingénieurs qui ne connaissaient pas les Architectes sous ce jour, une remarquable cohésion et une rare communauté d'idées.

Alors l'effet de groupe joua à plein, comme l'expression de la certitude d'une conscience collective.

Les études se déroulèrent sans à-coups et, à part un ou deux incidents de parcours dus à des susceptibilités plus qu'à la persistance de privilèges oubliés, des résultats positifs furent enregistrés tant pour l'architecture des centrales elles-mêmes que pour les dispositions prises pour l'insertion dans les sites.

E.G.P.S.E. put alors en toute quiétude passer le flambeau aux Régions pilotes et des équipes de 3 Architectes responsables devant l'ensemble du groupe travaillèrent directement avec la Région de Tours pour le 900 CP2, la Région de Clamart pour le 1300

mer et la Région de Paris pour le 1300 plaine, ainsi que pour les sites correspondant aux différentes Régions E.D.F.

Le travail se poursuit, mais déjà pour le 1300 mer et le 900 on en est à l'appel d'offres.

L'étude du 1300 plaine, s'appuyant sur certains invariants du 1300 mer comme la charpente, a commencé. Les réfrigérants à tirage induit, les surgénérateurs ont été déjà regardés. Les Régions font maintenant appel pour des points délicats où l'architecture peut et doit intervenir à ce qu'il est convenu d'appeler le collège des Architectes.

Que dire en conclusion ?

Se féliciter de voir de bonnes et productives relations de travail s'établir directement entre les Régions chargées d'une lourde responsabilité technique et financière et les Architectes. Se féliciter aussi de voir que le Service de l'Équipement continue à soutenir cette action architecturale qu'il a déclenchée il y a trois ans.

Se féliciter d'être, grâce à toutes ces études préalables arrivés à temps, pour pouvoir répondre aux demandes de plus en plus instantes de la population, de ses élus locaux et des Ministères responsables devant le pays comme celui de la Culture et de l'Environnement ou celui de l'Industrie.

Grâce à 3 ans d'efforts faits avant toute demande, nous sommes préparés pour répondre de façon authentique et immédiatement.

Mais au delà de toute cette autosatisfaction, il faut surtout se placer devant nos véritables responsabilités architecturales, face à la modification très importante que nous allons faire subir au paysage Français. Cette modification ne doit pas traumatiser la population, mais au contraire se faire accepter par elle de façon à constituer à la limite une partie (importante) de son patrimoine culturel. Il peut sembler à certain utopique et sacrilège de dire que les centrales nucléaires sont les temples de demain. Mais il faut admettre que l'énergie sans jamais être appelée à se prendre pour Dieu est une des données capitales d'un monde à venir plus juste où chaque homme aspirera à la certitude de survivre pour lui et sa descendance, ce qui est loin d'être le cas du

monde actuel. Ces centrales d'énergie s'implantant dans les sites du paysage Français, patrimoine d'une qualité esthétique inoubliable, doivent constituer de nouveaux exemplaires.

Car ce nouvel état du lieu se doit d'être remarquable, face à ce legs ancestral, œuvre de générations de paysans. Dans le cas contraire, face à ce futur qui nous demandera des comptes, notre responsabilité à tous Architectes et ingénieurs serait gravement engagée. Pour le moment il faut rester conscient en considérant l'action architecturale entreprise sur le nucléaire comme un premier résultat modeste certes, mais prometteur. Nos intentions, nos ambitions doivent aller bien au delà.



forclum

société de force et lumière électriques

Centre d'Affaires Paris Nord
Bât. Ampère n° 1
93153 LE BLANC-MESNIL CEDEX
Tél. 931.42.41

TOUTES INSTALLATIONS
ÉLECTRIQUES
TOUTES PUISSANCES
Chauffage électrique
domestique et industriel

EQUIPEMENT D'USINES, DE CENTRALES
ET DE POSTE DE TRANSFORMATION
IMMEUBLES DE BUREAUX
ET D'HABITATION
HOPITAUX - UNIVERSITES
EQUIPEMENTS SPORTIFS
ECLAIRAGE PUBLIC
RESEAUX DE DISTRIBUTION
TABLEAUX - CONTROLE - REGULATION
AUTOMATISME - TELECOMMANDE

transport et manutention des pièces lourdes

par B. ALEMANY

E.D.F. Direction de l'Équipement
 Chef de la Division Techniques d'Exécution.

Le relèvement brutal et massif du prix du pétrole brut en 1973, a conduit Electricité de France, dans le double souci :

- d'une part, d'assurer une meilleure sécurité de ses moyens de production,
- d'autre part, de réduire le prix de revient du kwh produit, tout en contribuant à l'amélioration de la balance des comptes extérieurs de la nation,

à s'orienter résolument vers la production d'énergie électrique d'origine nucléaire à partir d'unités de grande puissance.

Le programme comprend à ce jour :
 30 unités de 900/1 000 MWe
 et 4 unités de 1 350 MWe, de la filière

uranium enrichi et eau pressurisée PWR (Pressurized Water Reactor) en cours de réalisation ou de commande.

La technologie des moyens de production et les caractéristiques du cycle vapeur (70/75 bar, 270/290° C) très différentes des cycles classiques (165 bar - 560° C) conduisent à des matériels : cuves de réacteur, générateurs de vapeur, groupes turbo-alternateur dont la masse indivisible et les caractéristiques dimensionnelles (voir tableau) posent des problèmes importants pour leur acheminement entre les usines de fabrication et les sites. A ces matériels principaux, s'ajoutent de nombreux autres colis : équipements internes et pressuriseurs, éléments monophasés de transformateurs — postes d'eau — poutres de ponts roulants dont la masse ou les

dimensions nécessitent des moyens spéciaux entrant dans le cadre des transports exceptionnels de la 3^e catégorie au regard de la circulaire n° 75-173 du 19 novembre 1975 du Ministère de l'Équipement et du Secrétariat d'Etat aux Transports.

Considérations sur les différents modes de transports Moyens mis en œuvre

a) L'implantation des usines de production de matériels électro-nucléaires (Creusot-Loire, Alsthom, CEM) qui à l'exception de Framatome (usine de Chalon-sur-Saône) ne sont pas reliées

	Nucléaire				Thermique classique
	Palier 900/1 000 MW		Palier 1 350 MW		Palier 600/700 MW
	Masse avec colisage	Dimensions	Masse	Dimensions	
Cuve réacteur	280 t	6,4 × 6,0 × 10,8 m	345 t	6,5 × 6,1 × 11 m	Ballon chaudière (BW) 260 t ∅ 1,68 × 40 m
Générateur de vapeur	330 t	∅ 5,2 × 21 m	435 t	∅ 5,8 × 22,1	
Stator alternateur	335 t.At. 360 t.CEM	∅ 3,95 × 11,8 ∅ 3,95 × 11,8	420 t	4,15 × 12,4	360 t ∅ 3,9 × 11,4 m
Rotor alternateur	180 t.At. 235 t.CEM	∅ 1,75 × 15,2 ∅ 1,95 × 20,9	290 t	∅ 2,00 × 22	60 t ∅ 1,15 × 17,4 m
Arbres rotor BP	270 t.CEM	∅ 3,78 × 13,5	270 t	∅ 3,78 × 13,5	54 t ∅ 2,76 × 7,4 m
		(2 rotors identiques partiellement désailetés)	(3 rotors identiques partiellement désailetés)		(3 rotors identiques partiellement désailetés)



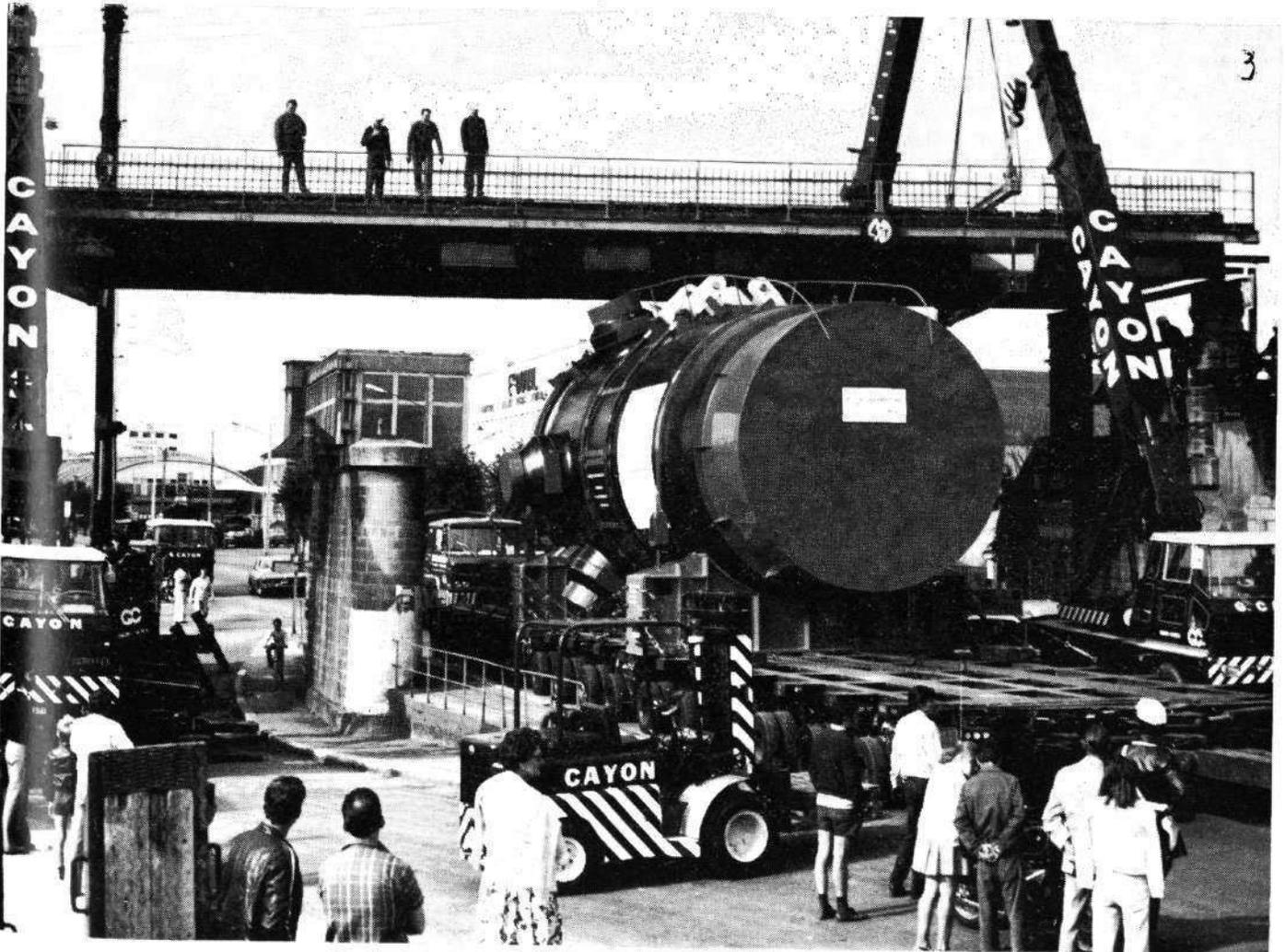
Passage d'une bretelle sur la route express Le Creusot - Chalon-sur-Saône.
Transport d'une cuvée de réacteurs.

directement à la voie d'eau, ou se trouvent enclavées par rapport aux grands axes routiers,

b) La localisation des sites à équiper en dehors des voies d'eau à grand gabarit (sites de Loire par exemple) ou de ports maritimes accessibles et équipés de moyens de manutention « ad hoc », les difficultés posées par leur raccordement au réseau ferré,

c) L'impossibilité d'effectuer, de bout en bout par transport terrestre, l'acheminement des grandes masses indivisibles lourdes et encombrantes (limitation de charge ou du tirant d'air des ouvrages d'art - largeur et nature des chaussées...), ont conduit E.D.F. à envisager des solutions mixtes lui permettant d'assurer le transport de ces grandes masses indivisibles, d'en prévoir les moyens et les modalités compte tenu des contraintes dues aux réseaux

Traversée du convoi à Chalon-sur-Saône. Soulèvement du pont-rail.



proprement dits et de celles inhérentes aux divers règlements en vigueur.

Transport fluvial

Sur les 8 700 km de voies d'eau que comporte le réseau français, 1 400 km sont au grand gabarit (largeur utile 11,40 mètres) permettant la circulation de convois poussés de plus de 1 300 tonnes.

En fonction des tirants d'air H_a et tirants d'eau H_e variables avec le débit, la hauteur H_c du colis admissible est approximativement pour une barge ballastable et en eaux moyennes

$$H_c = H_e + H_a - (1,00 \text{ à } 1,50 \text{ m})$$

ou $H_c = D - 1,40 \text{ m}$ (D distance entre le fond de la rivière et l'intrados du pont).

Grâce au ballastage, il est possible de réduire le tirant d'air du convoi de telle sorte, qu'au point le plus contraignant, Pont de Saint-Laurent à Macon de l'axe Saône/Rhône, la hauteur admissible du colis soit d'environ 7,80 mètres.

Les moyens actuellement retenus pour le transport des composants nucléaires au départ du port de Chalon-sur-Saône sont :

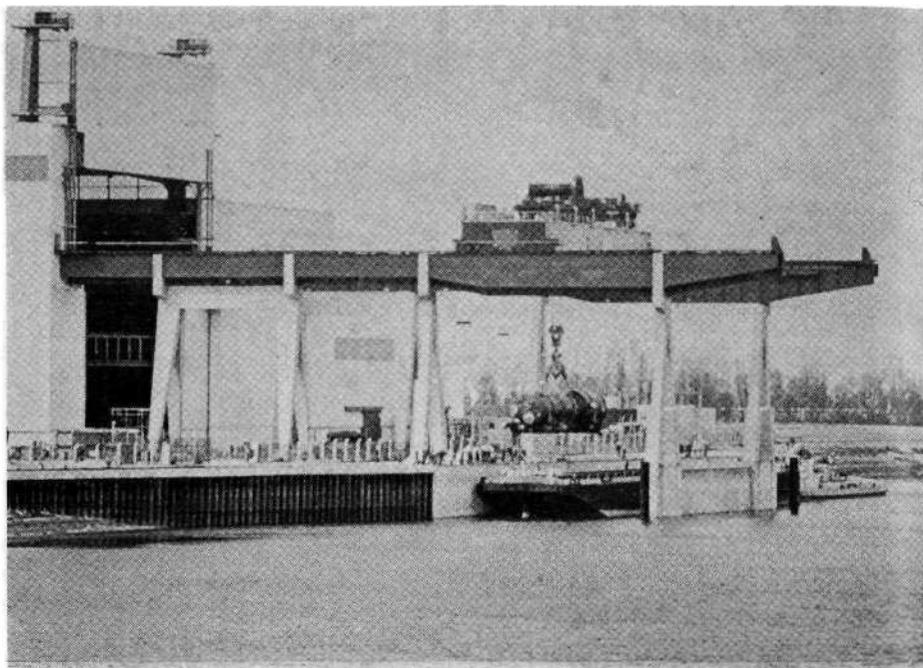
— sur la Saône et le Rhône :

- une barge « ballastable » du type Ro/Ro, appartenant à la Tisve, pouvant embarquer les colis sur remorques et mise en service en 1976,
- une barge ballastable du type « puits » appartenant à la T.A.F., mise en service en 1977.

— sur la Seine :

- une barge Tisve identique à celle exploitée sur le Rhône.
- Ces trois barges ont des caractéristiques sensiblement équivalentes : 1 000 t de charge utile pour un enfoncement de 2 mètres.

Les barges Tisve sont utilisées en priorité pour les points de débarquement équipés de rampes Ro/Ro, rampes dont E.D.F. a assuré le finance-



Chargement d'un élément de générateur à vapeur à l'usine Framatome. Chalon-sur-Saône.

ment à Tricastin sur le Rhône et au port d'Evry sur la Seine pour les colis destinés à la centrale de Dampierre-en-Burly.

La barge T.A.F. est plus spécialement utilisée pour les colis transitant par le port de Fos-sur-Mer qui est équipé d'une grue Manitowoc 4600 appartenant à la Société Fostrans et permettant de manutentionner des colis de 500 tonnes à 15/17 mètres de portée. Le port autonome de Marseille doit également disposer, d'ici fin 1977, d'une bigue flottante de 500 t à 15 mètres.

Le port autonome du Havre dispose d'un derrick de 600 t mis en service au mois d'août 1977, utilisé pour les colis destinés à la centrale de Dampierre, alors que, pour les colis livrés à la centrale de Gravelines, nous utilisons la bigue flottante CFEM d'une capacité de 330 tonnes à 11 mètres et servant normalement au montage des plates-formes « off shore ».

Enfin, pour les matériels devant transiter par des ports non équipés de moyens « ad hoc » tels que Blaye, Fécamp (site de Paluel) etc... (voir carte), Electricité de France disposera début 1978 d'une grue Manitowoc 4600 série 4 d'une capacité de 550 tonnes à 17 mètres. Cette grue montée sur chenilles avec « ringer » pourra éventuellement être utilisée en se-

cours en cas de défaillance des moyens portuaires ou pour des manutentions très particulières sur les sites eux-mêmes (mise en place des dômes en une seule pièce : 140 t).

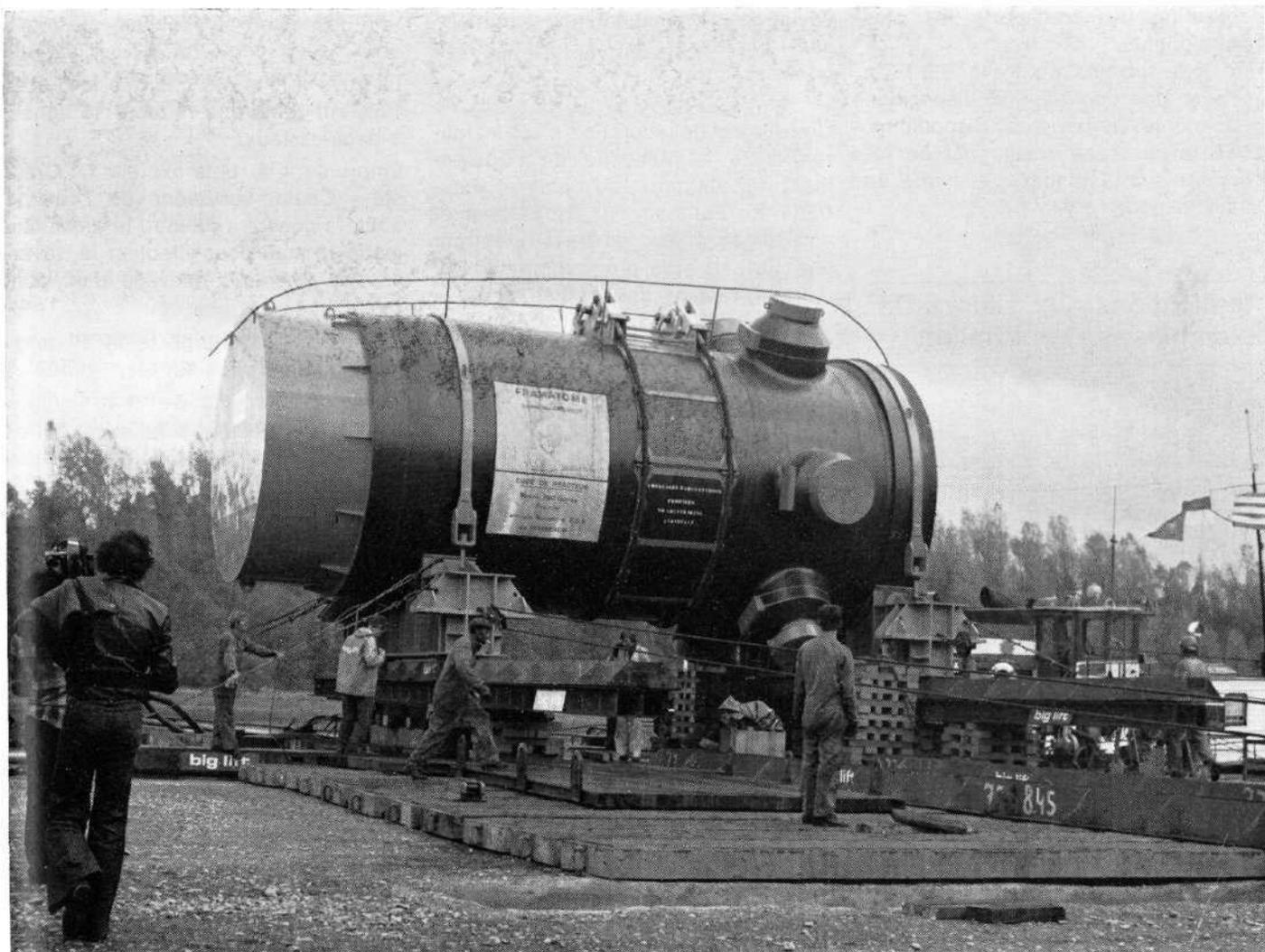
Transports par fer

Ils sont limités par le gabarit et la charge par essieu (23 tonnes maximum), aux colis de $\varnothing 4,15 \times 12,40 \text{ m}$ et de 450 tonnes.

Dès 1961 et en liaison avec la Société des Transports Spéciaux Industriels (S.T.S.I.) filiale de la S.N.C.F., E.D.F. a participé à la constitution d'un parc de wagons spéciaux comprenant :

- 1 wagon de 16 essieux - charge utile 230 t
- 1 wagon de 20 essieux - charge utile 280 t
- 1 wagon de 32 essieux - charge utile 450 t
- 1 wagon de 2×10 essieux - charge utile 305 t (porte-conteneur)
- et 1 wagon de 28 essieux (mise en service octobre 1977) 400 t pour l'utilisation desquels, les transports E.D.F. sont prioritaires ; 300 colis ont ainsi été planifiés d'ici fin 1985, pour alléger en partie le trafic routier.

Le fer présente toutefois une contrainte de durée due à l'intensité du trafic normal et aux restrictions de



Déchargement de la cuve de Fessenheim 1 à Ottmasheim.

circulation en période de charge, qui ne s'accorde malheureusement pas toujours avec les impératifs de nos chantiers ou les dépannages en cas d'incidents d'exploitation.

Transports terrestres

Ce mode de transport constitue le complément indispensable à la voie d'eau et au fer, lorsque :

- les contraintes dimensionnelles des colis l'imposent,
- les points de débarquement par voie d'eau ou par fer sont éloignés du site,
- enfin, la solution route s'avère notablement plus économique et plus rapide.

Son rôle, sur le plan du développe-

ment économique des industries lourdes : mécanique et électrique, est donc très important. Aussi, un groupe de travail interministériel présidé par M. l'Ingénieur Général Dutilleul a été chargé d'étudier dès 1968 les conditions dans lesquelles pouvaient être définis, aménagés, classés et sauvegardés les itinéraires routiers dits « hauts et lourds » permettant, à partir des usines productrices, les transports vers un port maritime ou fluvial des matériels destinés à l'exportation.

Les conclusions déposées en 1969 ont défini un certain nombre d'itinéraires dits de classe E, limités à 250 tonnes de charge utile et 400 tonnes de P.T.R. Malheureusement, aucun début de réalisation n'ayant été engagé, le démarrage du programme nucléaire en 1972 a relancé le groupe de travail dont les conclusions étaient insuffisantes pour E.D.F., tant sur le

plafond de la masse des charges à transporter que sur celui des itinéraires retenus.

Sur notre proposition et pour tenir compte des progrès techniques et technologiques intervenus depuis la parution de la circulaire n° 45 de juillet 1967 : suspension hydraulique, nombre de demi-essieux par ligne porté à 3 ou 4, la charge admissible par ligne d'essieux fut étendue et portée en 1972, respectivement à 23,5 tonnes et 28,5 tonnes par ligne au lieu des 16,5 tonnes retenus jusqu'alors.

Par ailleurs, une procédure particulière aux transports exceptionnels des grandes masses indivisibles fut établie (circulaire n° 75).

Parallèlement, E.D.F. confiait à un groupement de transporteurs G.I.E., doté de moyens « ad hoc » : 4 remorques de 16 lignes, 3 demi-essieux,

l'exécution des transports les plus contraignants.

Une telle formule assure à E.D.F. la sécurité par une mise à disposition permanente de moyens disponibles, et le respect des délais tout en répondant sur le plan économique au souci de leur rentabilité.

Applications aux sites E.D.F. Exemples de réalisation

Chaque étude de transport comporte l'établissement d'un dossier, soumis à la Direction des Routes, et portant sur l'étude de l'itinéraire, la nature et les caractéristiques des convois en ordre de marche, en vue de mettre au point l'itinéraire possible, compte tenu des travaux d'aménagement à réaliser et de leur coût, E.D.F. s'engageant à prendre en charge les dépenses : renforcement d'ouvrages,

déviations, aménagements de chaussées nécessités par le passage des convois.

Une étroite collaboration s'est instaurée entre le Ministère de l'Équipement - Direction des Routes et Électricité de France, pour coordonner et adapter au mieux les travaux entrant dans le cadre du programme général de la Direction des Routes et ceux relevant des besoins spécifiques à E.D.F.

Ces études d'itinéraires sont à engager assez tôt par les Constructeurs concernés, afin de respecter dans leur fabrication, les contraintes résultant de difficultés insurmontables lors de l'acheminement de leurs matériels. A titre d'exemple et pour bien souligner la complexité des problèmes à résoudre, nous indiquons ci-dessous quelques exemples d'itinéraires retenus et dont les photos jointes donnent certains détails :

Centrale de Fessenheim

La cuve n° 1 a été chargée le 6 août 1974 sur remorque routière 16 lignes, 3 demi-essieux.

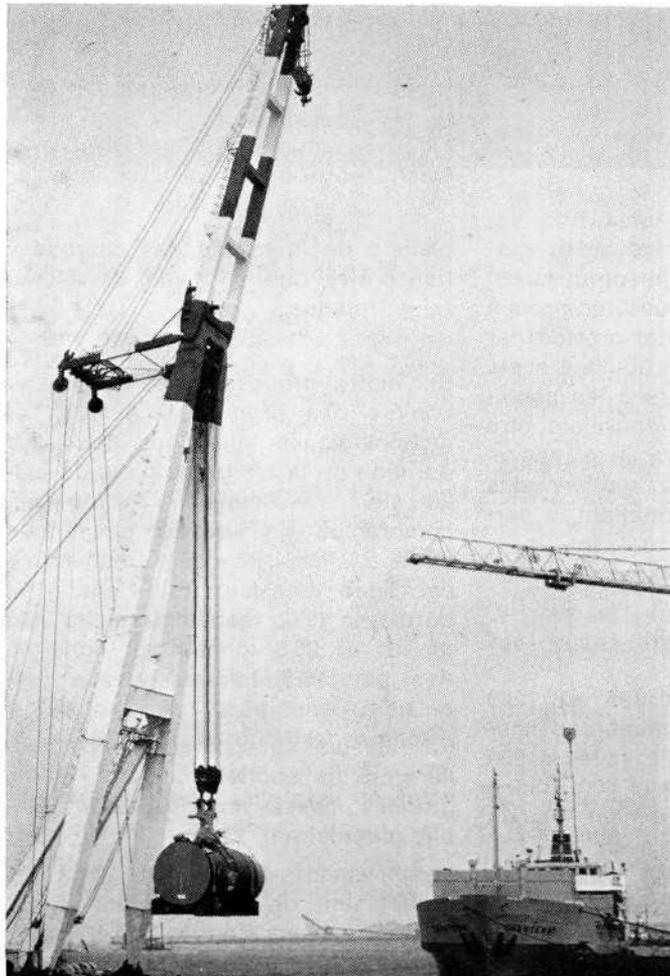
Empruntant la route express Le Creusot - Chalon-sur-Saône du 7 au 11 août, le convoi a attendu le dimanche matin 13 août pour effectuer la traversée de Chalon : relevage d'un pont rail.

Le colis a été chargé le 14 et acheminé jusqu'à Fos-sur-Mer, durée 3 jours.

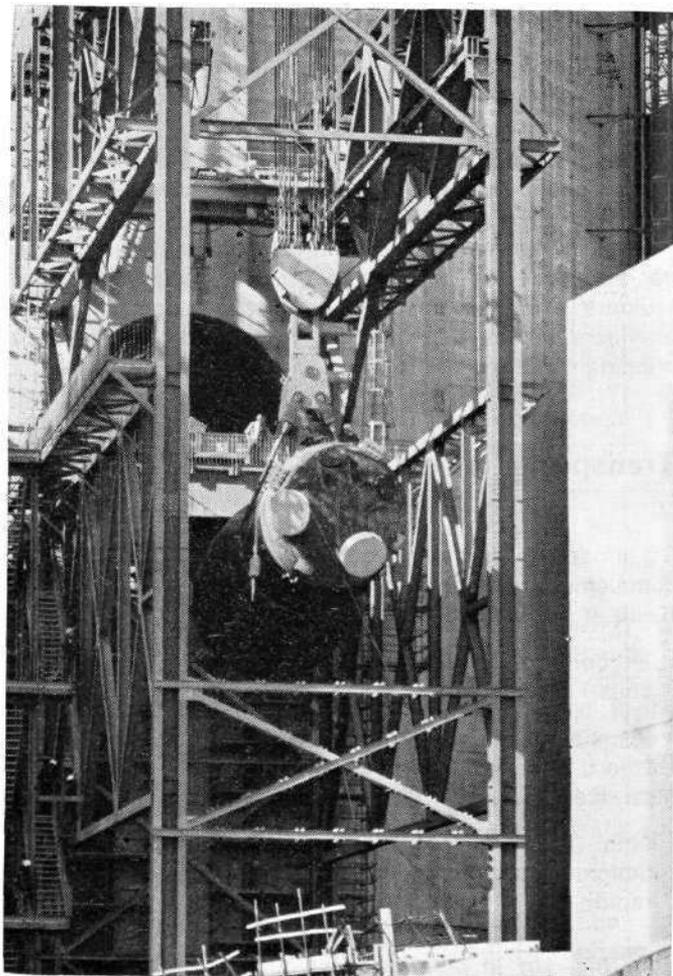
Une grève a bloqué la cuve à Fos jusqu'au 4 septembre où elle a été chargée par une grue Manitowoc déplacée spécialement depuis le Nord. Le trajet Fos/Rotterdam a demandé 8 jours (4 au 12 septembre).

Reprise au moyen d'une bigue flottante, et placée sur une « barge ponton », la cuve est arrivée près du site, à Ottmarsheim, le 19 septembre où à

Déchargement à Gravelines par ponton bigue CFEM 330 tonnes à la cuve.



Introduction dans le bâtiment réacteur à la cote + 20 d'un générateur de vapeur. Disposition Tricastin-Gravelines-Dampierre.



défaut de disposer de moyen de manutention, elle fut ripée avec l'aide de vérins et placée sur camarteau. Enfin, reprise sur remorque routière, elle est arrivée sur le site de Fessenheim le 23 septembre.

Centrale de Tricastin : Mai 1977

L'élargissement des moyens disponibles :

- chargement direct à l'usine Framatome de Chalon-sur-Saône,
- l'installation d'une rampe Ro/Ro près du site ont permis de réduire le délai global à 3 jours d'usine à site.

A noter également, qu'il a été achevé le 7 septembre 1977, 3 rotors BP, 180 t par colis, en provenance d'Alsthom, par route de Belfort à l'usine de Chalon-sur-Saône ; regroupés puis chargés sur la barge Ro/Ro de la Tisve, un des rotors étant placé sur la remorque routière.

Le déchargement était terminé le 10 septembre.

Centrale de Dampierre-en-Burly (cuve et générateur de vapeur monoblocs).

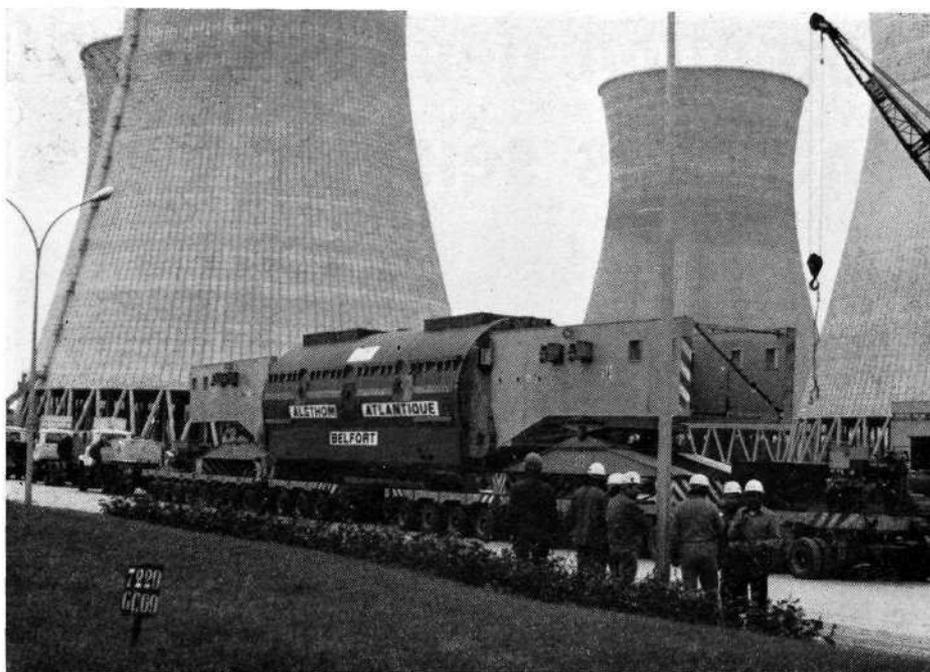
Embarqués à Chalon-sur-Saône sur la barge puits de la T.A.F. le 28 juillet, les 2 colis ont été transférés à Fos sur bateau haute mer le 3 août 1977 à l'aide de la grue Manitowoc de Fos-trans ; celui-ci a été déchargé au Havre à l'aide du derrick du port autonome le 13 août, les deux colis étant transférés sur la barge Ro/Ro de la Tisve jusqu'au port d'Evry, équipé d'une rampe Ro/Ro.

La traversée de Paris s'est effectuée dans la nuit du 21 août 1977.

Le transport routier jusqu'à Dampierre-en-Burly par Fontainebleau, La Chapelle-la-Reine, Bellegarde et qui s'étale sur 2 jours, a nécessité la traversée à niveau de l'autoroute A 6 Paris-Lyon, au droit d'Ury (le pont enjambant cette autoroute n'autorisant pas le passage du convoi ; le blocage de la circulation n'a pas excédé trois minutes.

La cuve partie de Chalon-sur-Saône le 28 juillet est arrivée sur le site le 25 août.

L'étude générale de cet itinéraire avait été entreprise dès 1973 ; il n'en



Convoi routier 2 remorquess 12 x 2 1/2 du stator alternateur 335 T.

reste pas moins que des difficultés sont apparues un mois avant le passage des premiers convois :

- découverte de l'existence sur le carrefour de la R.N. 5 et du C.D. 16 à la Chapelle-la-Reine d'anciennes cavernes et de salles partiellement maçonnées ayant été plus ou moins utilisées comme abri au cours des siècles passés. Un confortement par injection de coulis (1 000 m³) a été rendu nécessaire, tout en préservant les salles maçonnées et leur accès,
- aménagement de chaussées dans la traversée de Corbeil,
- renforcement à Corbeil d'un pont en maçonnerie de la ligne S.N.C.F. Corbeil-Melun, par la mise en place de deux rangées de tirants horizontaux de 25 tonnes traversant l'ouvrage.

A noter, que cet itinéraire est commun jusqu'à la bifurcation de Bellegarde, pour la centrale de Saint-Laurent-des-Eaux.

Conclusion

Les exemples ci-dessus montrent l'intérêt de procéder dès le début de l'ouverture d'un site aux études d'iti-

néraires afin, non seulement de limiter les incertitudes de dernière heure qui retarderaient le passage des convois, mais aussi, de définir en temps utile, l'enveloppe équitable des travaux d'aménagements pouvant incomber à Electricité de France, en fonction du choix des modes et moyens de transports retenus.

N'y aurait-il pas à cet égard, ainsi que l'avait envisagé la Commission Dutilleul, à étudier une participation financière des autres utilisateurs concernés par les aménagements ainsi réalisés ?

Nous tenons à remercier la Direction des Routes et ses Services (SETRA, DDE...) ainsi que la Société Autoroute Paris-Lyon, la S.N.C.F. et toutes les municipalités qui nous ont permis de résoudre les difficultés techniques du passage de ces convois exceptionnels et ont accepté les sujétions qui en découlent.

protection des centrales nucléaires contre les séismes

par Jacques BETBEDER-MATIBET

Service des Etudes et Projets thermiques et nucléaires E.D.F.

et Michel LIVOLANT

Département des études mécaniques et thermiques CEN Saclay C.E.A.

Introduction

La prise en compte des séismes dans la conception des centrales nucléaires est actuellement imposée par les autorités responsables de la sûreté dans la quasi-totalité des pays qui sont engagés dans un programme nucléaire civil. Les raisons en sont les suivantes :

- l'appréciation du risque sismique dans une région donnée se fonde sur les résultats des études géologiques et sur les données historiques disponibles. Les renseignements ainsi obtenus sont souvent insuffisants pour permettre une appréciation quantitative du risque, exprimée en termes de probabilité ; en effet, les failles de l'écorce terrestre susceptibles de provoquer des séismes, peuvent ne pas être visibles dans les terrains superficiels et échapper ainsi à l'analyse géologique ou géophysique ; d'autre part, la période couverte par les observations historiques (un ou deux millénaires au plus et souvent beaucoup moins) est trop courte pour qu'on puisse chiffrer en probabilité le risque de séisme important à partir des fréquences observées, sauf dans les régions où l'activité sismique est intense. Il convient donc de ne pas exclure la possibilité d'un séisme, même dans des zones réputées non sismiques ; on connaît d'ailleurs plusieurs exemples de zones considérées comme telles jusqu'à ce qu'un séisme notable s'y soit produit de façon imprévue,

- les effets des séismes, et notamment ceux dus aux composantes horizontales du mouvement, sollicitent les ouvrages d'une façon particulière, qui n'a généralement pas d'équivalent dans les conditions de service normal. Ainsi, la plupart des bâtiments sont soumis à des charges de service essentiellement verticales, dues au poids propre et aux surcharges d'exploitation ; le dimensionnement requis pour résister à ces charges de service peut être insuffisant pour reprendre les efforts de cisaillement et de flexion induits par les forces d'inertie horizontales engendrées par un séisme.

Les coefficients de sécurité pris dans le dimensionnement vis-à-vis des charges de service ne sont donc pas a priori suffisants pour garantir que l'ouvrage peut résister à des efforts d'origine sismique, lesquels doivent faire l'objet d'une étude et d'un dimensionnement spécifiques.

- une particularité du séisme par rapport aux autres accidents externes qui sont envisagés dans les études de sûreté (explosion d'un stockage d'hydrocarbures, chute d'avion) est qu'il sollicite simultanément tous les bâtiments et matériels de la centrale, alors que les autres accidents ont des effets essentiellement locaux. Il convient donc que tous les éléments jouant un rôle dans la sûreté de l'installation soient protégés contre l'effet du séisme, ce qui peut avoir une influence importante sur leur conception.

Rappels

Origine des séismes

Les mouvements relatifs des différentes parties de l'écorce terrestre produisent une accumulation de contrainte dans les terrains qui peut atteindre le seuil de rupture et provoquer un mouvement brutal le long de plans de failles ; ce mouvement se propage à partir de la source sous forme d'ondes sismiques qui traversent les terrains, en subissant des réfractions et réflexions quand elles franchissent des discontinuités, jusqu'à atteindre la surface où elles produisent un mouvement vibratoire du sol dont l'amplitude décroît en général quand on s'éloigne de la source.

Accélérogrammes

Ces mouvements vibratoires, généralement tridirectionnels (deux composantes horizontales, une composante verticale), sont enregistrés par des sismographes, le plus souvent sous forme d'accélérogrammes, qui sont des courbes décrivant la variation, en fonction du temps, de l'accélération dans une direction donnée du point du sol supportant l'appareil. La grande sensibilité des sismographes modernes leur permet d'enregistrer des mouvements dont la source est distante de plusieurs milliers de kilomètres ; de tels enregistrements, d'un niveau très faible, n'ont que peu d'intérêt pour l'ingénieur en génie parasismique, qui a besoin d'enregistrements de fort niveau, obtenus à faible

distance (quelques dizaines de kilomètres au plus) de la source. On dispose actuellement de quelques centaines d'enregistrements obtenus dans ces conditions (essentiellement dans l'Ouest des Etats-Unis, au Japon, en Amérique Latine, en Europe méridionale et au Moyen Orient), à l'aide de sismographes spéciaux, dits « strong motion ».

Ces enregistrements présentent des accélérogrammes ayant le plus souvent l'allure de signaux aléatoires, d'une durée allant de quelques secondes à plusieurs dizaines de secondes, d'un niveau d'accélération maximale compris le plus souvent entre 5 % et 50 % de l'accélération de la pesanteur.

Foyer et épïcentre

Le foyer, ou hypocentre, est le point où s'est produite la première rupture et donc la première émission d'ondes sismiques. L'épicentre est la projection de ce point à la surface du sol. L'énergie libérée par le séisme sous forme d'ondes sismiques ne représente qu'un pourcentage assez faible (environ 10 %) de l'énergie totale fournie par le relâchement des contraintes, dont la plus grande partie est consommée, de façon irréversible au voisinage de la zone de rupture. Le foyer, point de première rupture, ne renseigne pas sur l'étendue de cette zone, qui peut être considérable pour de grands séismes (la faille de San Andreas a joué sur une longueur de plusieurs centaines de kilomètres lors du séisme de 1906 qui détruisit une partie de San Francisco). C'est pourquoi il a récemment été proposé de caractériser la source sismique par la longueur de faille intéressée ou, à défaut, par le centre de gravité de la zone de rupture (foyer énergétique).

Magnitude

La magnitude est un nombre qui cherche à représenter l'énergie libérée sous forme d'ondes sismiques. La relation magnitude-énergie est logarithmique, un écart de 2 en magnitude correspondant à un rapport d'énergie de l'ordre de 1000.

Dans cette échelle de magnitude, dite de Richter, les plus forts séismes ont une magnitude de l'ordre de 9 (valeur estimée pour le grand séisme

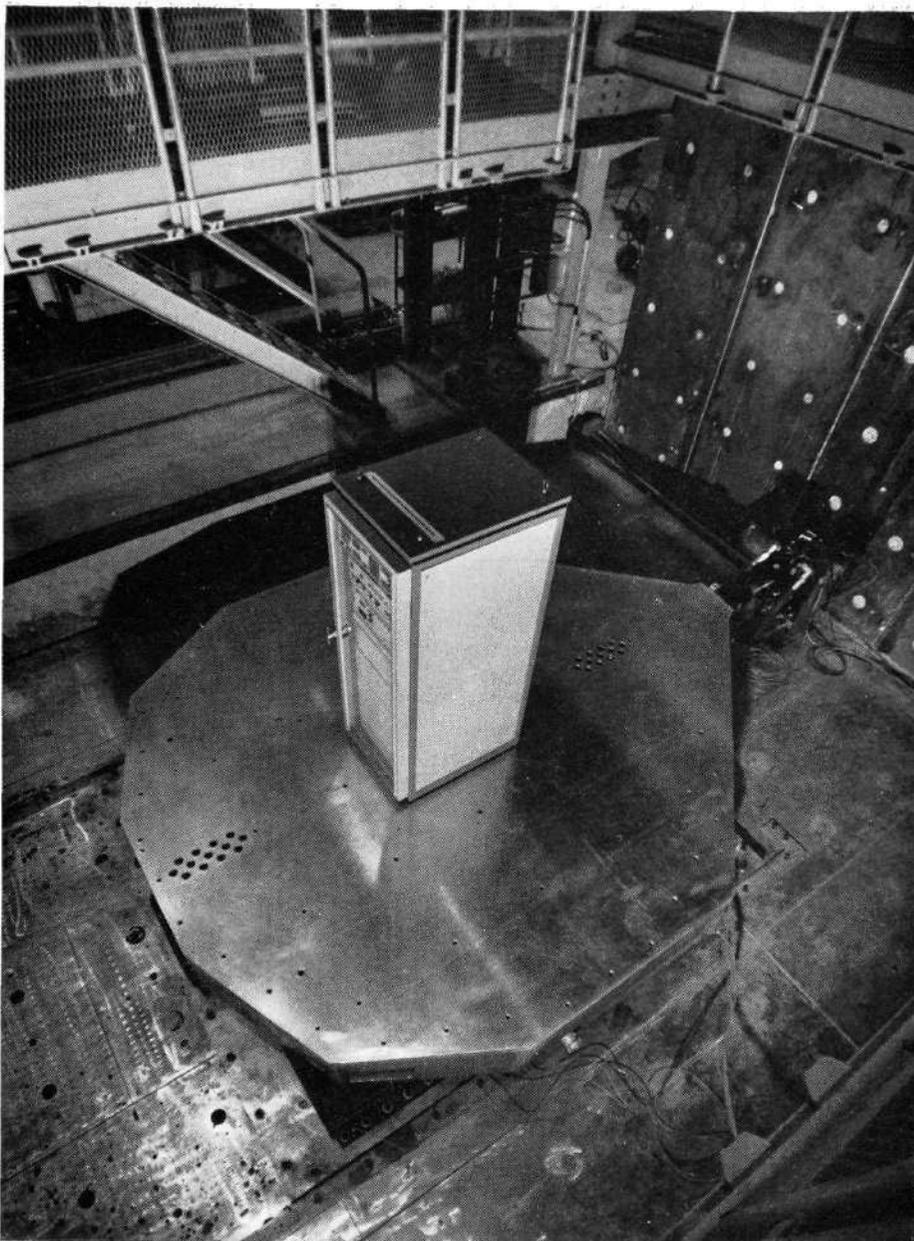


Table sismique Vésuve.

(Photo P. Jahan)

de Lisbonne en 1755). Il faut insister sur le fait que la magnitude n'est qu'une mesure globale de l'énergie mise en jeu et ne représente pas l'importance des dégâts provoqués. Ainsi le séisme d'Agadir (1960), avec sa magnitude modérée de 5,8, correspondant à une énergie environ 30 000 fois plus faible que celle du séisme de Lisbonne, a cependant produit des dommages considérables, car son foyer s'est trouvé malencontreusement être très proche de la ville.

Intensité macrosismique

Cette notion concerne l'appréciation

des dégâts. Différentes échelles ont été proposées, les plus utilisées actuellement étant l'échelle macrosismique internationale, l'échelle MSK 1964 et l'échelle Mercalli modifiée qui sont d'ailleurs très proches les unes des autres.

Elles comportent douze degrés, numérotés de I à XII ; le degré I correspond à des secousses non perceptibles par l'homme, le degré XII au maximum concevable (rien ne demeure plus des œuvres humaines, changements dans le paysage...); les premiers dégâts notables (lézardes dans les murs, chute de cheminées en mauvais état) apparaissent au degré VII.

Diverses corrélations ont été propo-

sées entre l'intensité et les paramètres caractérisant les accélérogrammes, notamment l'accélération maximale et la vitesse maximale du sol. Par exemple, la corrélation de Medvedev (1964) admet un doublement des valeurs de ces paramètres lorsque l'intensité augmente d'une unité ; on a ainsi :

Intensité	Accélération maximale	Vitesse maximale
VI	0,5 m/s ²	0,05 m/s
VII	1,0 m/s ²	0,10 m/s
VIII	2,0 m/s ²	0,20 m/s
IX	4,0 m/s ²	0,40 m/s

Les séismes en France

L'activité sismique en France est modérée si on la compare à celle des pays de la ceinture de feu du Pacifique, ou même, plus près de nous, à celle de pays méditerranéens comme l'Italie, la Yougoslavie ou la Grèce. Cependant, certaines régions (Alpes, Pyrénées, Provence notamment) subissent des secousses sismiques relativement fréquentes qui, si elles sont le plus souvent de faible amplitude, peuvent parfois atteindre des niveaux d'intensité notables. Ainsi, en se limitant à un passé récent, on peut citer le séisme ressenti en 1909 au nord d'Aix-en-Provence qui détruisit partiellement ou totalement plusieurs villages et celui d'Arette (Pyrénées Atlantiques) qui provoqua des dégâts importants en 1967.

Ces séismes sont de magnitude moyenne ou faible et ne peuvent se comparer, du point de vue de l'étendue de la zone affectée, avec les grands séismes de magnitude égale ou supérieure à 7,5, dont la Californie fournit les exemples les mieux connus. On estime généralement que, sur la plus grande partie du territoire français, la magnitude de séismes éventuels ne devrait pas dépasser 5 ; en quelques endroits, elle pourrait atteindre 6 ou 6,5. De tels séismes peuvent cependant produire des dégâts importants au voisinage de leur épicer, comme le montrent les exemples cités plus haut.

Les données dont on dispose en Fran-

ce reposent essentiellement sur les observations historiques, dont les plus anciennes remontent au premier millénaire de l'ère chrétienne. Les accélérogrammes enregistrés font défaut, du moins ceux correspondant à des niveaux d'intensité significatifs du point de vue du génie parasismique ; en effet, la France ne possède pas de

réseau de sismographes strong-motion. Les intensités observées, qu'il faut souvent déduire de documents anciens imprécis et sujets à caution, constituent la base de l'appréciation du risque sismique.

Un important effort d'analyse de ces données a été entrepris dans le cadre de l'établissement d'une carte sismotectonique de France, regroupant l'ensemble des informations sur les séismes passés et les structures géologiques sismiquement actives ; ce travail est coordonné par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) avec la participation d'EDF et du CEA.

Critères actuellement utilisés pour l'analyse sismique des centrales nucléaires

Ces critères s'inspirent, dans la majorité des pays construisant des réacteurs de la filière eau légère, et notamment en France, des pratiques américaines codifiées par l'USNRC (United States Nuclear Regulatory Commission) pour ce type de réacteurs. Ces pratiques ne constituent pas un code réglementaire complet, comme le code ASME (American Society of Mechanical Engineers) applicable aux chaudières nucléaires, mais plutôt un ensemble de critères de sûreté à respecter et de règles de l'art ayant obtenu le consensus d'une majorité d'experts. Elles sont évoluti-

ves et présentent des lacunes sur les points où un consensus n'a pu être dégagé.

Devant cette situation, beaucoup de pays, dont la France, ont entrepris actuellement un effort de réglementation qui vise, tout en s'appuyant sur l'expérience américaine, à :

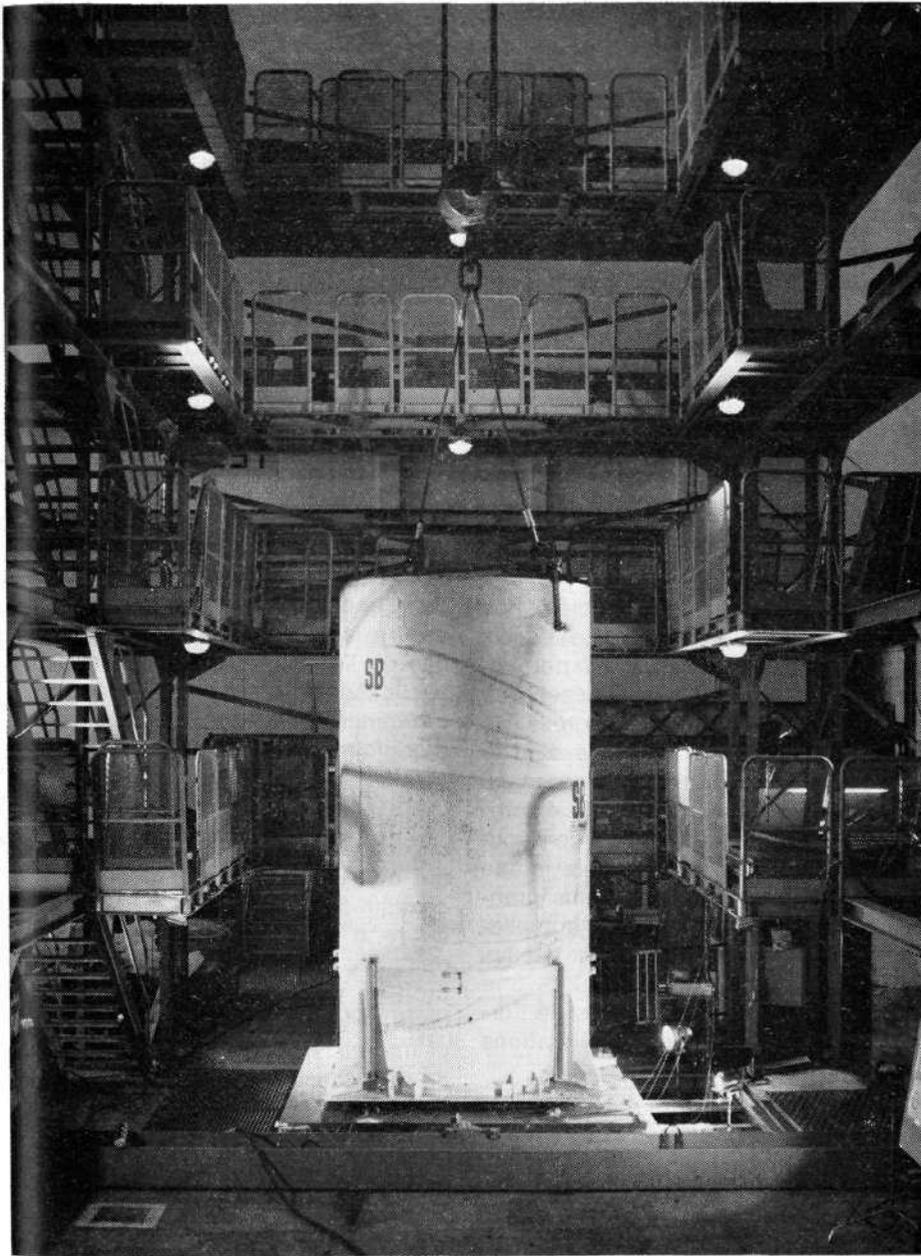
- combler les lacunes existantes,
- adapter les prescriptions réglementaires aux codes de construction de génie civil et de mécanique en vigueur dans les différents pays,
- à tenir compte du caractère spécifique de la sismicité de certaines régions, qui peut différer par certains aspects de la sismicité de type californien qui a servi de base aux règles américaines.

En France, le groupe de travail chargé de préparer un projet de règlement sur la prise en compte des séismes n'a pas actuellement conclu ses travaux ; il devrait aboutir bientôt, sans doute l'année prochaine. On ne peut donc, aujourd'hui, que présenter les pratiques utilisées jusqu'à présent par EDF et soumises, pour les centrales actuellement en construction ou en projet, au contrôle du Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires.

Pour un site donné, la détermination du niveau sismique auquel les installations doivent résister s'effectue de la manière suivante :

- on détermine le « séisme maximal historique vraisemblable » (SMHV) qui est le plus fort séisme ayant été ressenti dans la « province sismotectonique » du site (région présentant une unité du point de vue structure géologique et activité sismique) dont on déplace le foyer au point le plus proche du site compatible avec la structure des accidents géologiques (failles) qui l'ont engendré. Le SMHV est caractérisé par son niveau d'intensité et par l'estimation de sa magnitude et de sa profondeur de foyer,
- à partir du SMHV on détermine le « séisme majorité de sûreté » (SMS) en majorant le niveau d'intensité d'une unité.

Au point de vue des critères de sûreté, on impose que :



Essai de dispositif parasismique sur la table Vésuve.

- en cas de SMS, la centrale doit pouvoir être arrêtée et maintenue en état d'arrêt sûr,
- en cas de séisme égal à la moitié du SMS, tous les éléments ayant un rôle de sûreté doivent pouvoir continuer à fonctionner sans avoir subi aucun dommage, ce qui implique que la centrale pourra être remise en exploitation après une inspection détaillée et les réparations des dégâts éventuellement subis par les éléments ne jouant pas un rôle de sûreté et qui peuvent ne pas avoir été dimensionnés pour résister au séisme.

Pour l'exécution des calculs, ces séismes sont définis par un spectre de réponse qui est un diagramme fournissant les valeurs maximales des réponses en accélération, vitesse et déplacement d'un oscillateur simple (système masse-ressort-dash-pot schématisant une structure simple à un degré de liberté) en fonction de sa fréquence propre et de son taux d'amortissement, lorsque le support de cet oscillateur est animé du mouvement vibratoire correspondant au séisme considéré. Ce mode de représentation du séisme est plus parlant pour l'ingénieur qu'un accélérogramme, mais c'est à partir de l'étude

d'accélérogrammes réels que les spectres de réponse ont été construits. Faute d'enregistrements obtenus en France, les accélérogrammes utilisés pour définir le spectre proviennent d'enregistrements californiens.

Méthodes d'analyse

La méthode de calcul la plus simple pour étudier l'effet des séismes consiste à se donner a priori la répartition des accélérations, et donc des forces d'inertie, dans la structure et à en déduire les efforts internes nécessaires pour équilibrer ces forces. Cette méthode suffit pour étudier le cheminement et la transmission des efforts dans la structure et permet le plus souvent de mettre en évidence les points où des renforcements sont nécessaires. Elle est cependant plus qualitative que quantitative, car la répartition réelle des forces d'inertie dépend, non seulement du mouvement sismique, mais aussi des caractéristiques dynamiques de la structure et le fait de se donner cette répartition a priori peut conduire à négliger des phénomènes d'amplification dynamique (résonance, couplage) difficiles à prévoir. Son emploi demande donc l'utilisation de coefficients de sécurité compatibles avec l'incertitude des hypothèses, ce qui peut conduire à adopter des dimensionnements peu économiques.

Cette méthode simpliste mais peu coûteuse reste utile au niveau de l'avant-projet et même, au niveau du projet définitif, pour certains composants d'un faible coût de fabrication, pour lesquels le gain sur le dimensionnement que l'on pourrait obtenir en utilisant une méthode d'analyse plus fine serait inférieur au coût de cette analyse ; c'est notamment le cas pour certaines tuyauteries de petit diamètre.

Ce cas mis à part, la grande majorité des éléments devant résister au séisme font l'objet d'un calcul dynamique, dans lequel les forces d'inertie sollicitant la structure résultent d'un calcul prenant en compte ses caractéristiques dynamiques. On utilise des modèles schématisant la structure

étudiée, soit au moyen d'un ensemble de masses reliées entre elles par des ressorts, soit au moyen d'un découpage en éléments finis. Le mouvement sismique est imposé à la base du modèle qui peut être, pour un matériel, l'élément de Génie Civil auquel est fixé son support, et, pour un bâtiment, l'interface sol-fondation si le sol est suffisamment rigide pour qu'on puisse négliger ses déformations ou un substratum rocheux situé à une certaine profondeur, si les couches superficielles sont susceptibles de se déformer de façon appréciable. Dans ce dernier cas, un certain volume de sol doit être représenté dans le modèle.

Ces calculs dynamiques peuvent s'effectuer soit par une intégration numérique dans le temps des équations du mouvement, soit par décomposition de la solution suivant les modes propres de vibration de la structure et combinaison des réponses de ces modes, qui se comportent comme des oscillateurs simples indépendants les uns des autres (cette propriété montre l'intérêt de la notion de spectre de réponse). La première méthode est la plus puissante, car elle permet de prendre en compte des non-linéarités de comportement ; la seconde, qui n'est applicable que dans l'hypothèse d'un comportement linéaire élastique, a l'avantage de mettre en évidence les fréquences sensibles et les risques de résonance ou de couplage, ce qui est très utile au stade de la conception.

Les efforts et contraintes résultant de ces calculs, ajoutés à ceux provenant des autres cas de chargement dont l'action est supposée pouvoir s'exercer pendant le séisme, font l'objet des vérifications prescrites par les règlements utilisés (essentiellement le code ASME pour la chaudière, les règles CCBA 68 pour les ouvrages en béton). Il est probable que le fait d'admettre, pour les contraintes d'origine sismique, les mêmes limites admissibles que celles fixées par ces règlements pour des cas de charge essentiellement statiques est une hypothèse pénalisante pour les structures ductiles, c'est-à-dire possédant des capacités importantes de déformation avant rupture, en raison du caractère transitoire de ces contraintes. En attendant que des critères mieux adaptés soient disponibles, ce qui

demandera d'importantes recherches expérimentales, il a paru prudent de s'en tenir à cette hypothèse.

Pour ce qui concerne les cas de charge dont l'effet est combiné à celui du séisme, il faut signaler que l'on suppose la simultanéité du séisme majoré de sûreté et de l'accident de rupture du circuit primaire principal, ce qui est une hypothèse très pénalisante puisque le circuit primaire est conçu pour ne pas se rompre en cas de séisme. Les efforts dus à la rupture étant généralement supérieurs à ceux dus au séisme, il en résulte que le dimensionnement du circuit primaire n'est que peu influencé par le séisme.

Certains matériels sont étudiés, non par le calcul, mais par des essais sur des tables vibrantes qui permettent de reproduire les secousses que subirait ces matériels en cas de séisme. Il s'agit des matériels dont le bon fonctionnement doit être garanti pendant le séisme : matériels électriques de commande, vannes de sécurité, mécanismes assurant la chute des barres de contrôle. La plus grande table vibrante existant actuellement en France est la table Vésuve du CEA à Saclay, qui mesure 3×3 m et peut sciemment des masses de l'ordre de 15 tonnes à des accélérations de l'ordre de 2 g.

Influence du séisme sur la conception des centrales

Comme il vient d'être dit, l'influence du séisme est relativement faible sur la conception du circuit primaire principal ; elle se traduit essentiellement sur le dimensionnement des supportages qui doivent, soit être renforcés, soit être munis de dispositifs limiteurs de déplacement : butées avec jeux réduits, amortisseurs permettant les mouvements lents dus aux dilatactions thermiques, mais bloquant les mouvements rapides dus au séisme. Pour les autres circuits, l'influence peut être plus importante, mais c'est aussi au niveau des supportages que des dispositions sont prises pour assurer la tenue au séisme. Par contre, certains matériels doivent être consi-

dérablement renforcés ; c'est le cas des réservoirs de stockage de liquides, pour lesquels le séisme représente le cas de charge le plus important en raison des efforts de flexion qu'il provoque et du risque de flambage des parties comprimées dont il convient de se protéger.

Pour les bâtiments, la prise en compte du séisme se traduit par un renforcement du ferrailage dans les sections les plus sollicitées et par des dispositions constructives visant à assurer une bonne transmission des efforts entre les différentes parties de l'ouvrage, sans accumulation excessive de contraintes en certains points, et à garantir une ductilité suffisante des différents éléments. Le gousset de l'enceinte de confinement, qui assure la liaison entre le radier et le bas de l'enceinte, est un exemple de section dont le ferrailage est significativement influencé par les efforts d'origine sismique.

Tant qu'on ne considère que des séismes d'un niveau d'accélération maximale inférieur à 0,2 - 0,25 g (ce qui correspond à des intensités macrosismiques de l'ordre de VIII, c'est-à-dire à des dégâts déjà importants dans des bâtiments ordinaires), le surcroît de dimensionnement nécessaire pour assurer la tenue des ouvrages et matériels reste relativement faible ; au-delà de cette limite, il croît de façon rapide.

Il a donc paru judicieux, pour des sites présentant un risque sismique important, ce qui est le cas des sites actuellement étudiés pour l'exportation (Afrique du Sud, Iran), et peut-être aussi de certains sites français susceptibles d'être retenus dans l'avenir, de mettre au point de nouvelles dispositions visant à réduire les efforts sismiques.

Une idée très séduisante, proposée par EDF et la Société SPIE Batignolles, a été récemment avancée dans ce but. Elle consiste à assouplir le supportage des bâtiments, de façon à abaisser les fréquences de résonance dans une zone où les efforts sismiques sont réduits. Pratiquement, il faut atteindre 1 Hz, ou moins, pour qu'une telle disposition soit efficace ; ce résultat peut être obtenu en plaçant sous le radier des appuis constitués de blocs de caoutchouc spécial fretté, éventuellement recouverts d'une

plaque de friction. Sous l'action des composantes horizontales du mouvement sismique, ces blocs travaillent au cisaillement et le bâtiment est animé d'un mouvement oscillatoire de translation ; pour des séismes extrêmement forts, la présence des plaques de friction à la partie supérieure des appuis permet d'écrêter les accélérations subies par le bâtiment à une valeur d'environ 0,2 g, en rendant possible le glissement d'ensemble du bâtiment sur ses appuis, le coefficient de frottement des plaques étant voisin de 0,2.

Bien entendu, si les accélérations et les efforts sont réduits, les déplacements sont augmentés ; comme les bâtiments d'une centrale nucléaire présentent entre eux de nombreuses liaisons (tuyauteries), il faut, pour annuler l'effet des déplacements différentiels entre bâtiments, que ce soit l'ensemble de la centrale qui se déplace en bloc sur des appuis, ce qui implique de lier entre eux les radiers des différents bâtiments ou de réaliser un radier général.

Cette idée est à rapprocher de la pratique, très répandue pour les immeubles de grande hauteur, consistant à assouplir le premier étage. Elle n'est donc pas nouvelle dans son principe.

Actuellement, des études sont activement menées pour préciser la technologie des appuis et vérifier l'applicabilité de cette conception à un projet concret ; des essais de validation ont été effectués sur la table vibrante du CEA et leurs résultats confirment les prédictions théoriques. Le projet de centrale pour l'Afrique du Sud utilise déjà cette nouvelle technique.

Conclusion

Cet article ne peut donner qu'un aperçu sommaire des différentes disciplines et méthodes mises en œuvre pour réaliser des centrales dont on puisse garantir la sûreté en cas de séisme : analyse des séismes passés, études géologiques et géotechniques, physique des mouvements sismiques, caractérisation du comportement des sols et matériaux sous chargement dynamique, calcul de structures, essais sur tables vibrantes, conception et réalisation de dispositifs spéciaux.

On assiste actuellement dans le monde à une évolution rapide dans tous ces domaines, suscitée en grande partie par les besoins de l'industrie nucléaire, dont les exigences en matière de sûreté dépassent de loin les précautions habituellement prises pour les ouvrages courants. On peut citer comme témoignages de cette évolution :

- le développement des réseaux de sismographes strong-motion dans les pays à forte activité sismique, qui a permis d'augmenter le nombre des enregistrements significatifs et d'améliorer la compréhension des mouvements sismiques,
- les progrès spectaculaires des méthodes de calcul, dûs à l'apparition d'ordinateurs de plus en plus puissants,
- les programmes de recherche très importants lancés dans différents pays. Pour ne citer qu'un exemple, le Japon a entrepris l'étude et la réalisation d'une « super table vibrante » pouvant supporter mille tonnes.



BLACKWOOD HODGE
distribue en France

TEREX GM

Dumpers : de 17 t à 150 t
Chargeuses s/pneus : de 2,5 m³ à 7 m³
Bulldozers : de 225 ch à 370 ch
Scrapers : de 15,3 m³ à 35 m³

NCK Ransomes & Rapier

Pelles à câbles
(dragline/butte) de 800 t à 3000 t
Grues sur chenilles de 20 t à 150 t

BLACKWOOD HODGE

La Boursidière (F) R.N. 186 Tél. : 630.10.40
92357 Le Plessis-Robinson Téléx : 270 644

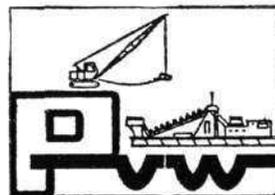
tous matériels aux normes françaises

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DE DRAGAGES ET DE TRAVAUX HYDRAULIQUES

P V W S.a.

89, rue Jacquemars-Giélée
59800 LILLE

- Travaux publics, maritimes et fluviaux
- Travaux de Dragage
Dragues à godets, aspiratrices, stationnaires en marche
Pontons à grappin, avec pelle hydraulique
- Travaux de Déroctage
Explosifs sous eau
- Travaux Hydrauliques
- Remblaiement de terrain
- Pose de câbles et de conduites immergées
- Vibrofonçage et Battage de palplanches
- Ouvrages en béton armé et béton précontraint
- Construction de Ports de Yachting
- Aménagement et Protection de Berges
- Glissières de sécurité



Téléphone (20) 54.40.70
54.14.70

Télex PVW Lille 110 363

les réfrigérants à tirage naturel

par Y. GROVALET

Ingénieur civil des Ponts et Chaussées.

Fonction des réfrigérants atmosphériques

La source froide des Centrales Thermiques est réalisée soit en circuit ouvert (l'eau traverse le condenseur et est ensuite rejetée dans son milieu naturel) soit en circuit fermé. C'est alors la même eau qui refroidit le condenseur et cède ensuite ses calories à l'air dans un réfrigérant, avant de retourner au condenseur.

L'échange de calories entre l'eau et l'air peut s'effectuer de diverses manières. La circulation de l'air est assurée soit par des ventilateurs, soit par effet de cheminée dans le cas du tirage naturel, soit par une combinaison de ces systèmes.

Nous nous intéresserons ici uniquement au cas du tirage naturel.

Description de l'ouvrage

La structure d'un réfrigérant, dont le seul rôle est de canaliser l'air, comporte de bas en haut :

- une semelle circulaire éventuellement fondée sur pieux,
- des poteaux inclinés de grand élancement que l'on nomme suivant le cas diagonales ou poteaux en X,
- la cheminée, voile mince dont la surface atteint par exemple près de 6 hectares pour une tranche de 900 MW,
- la ceinture supérieure terminant l'ouvrage.

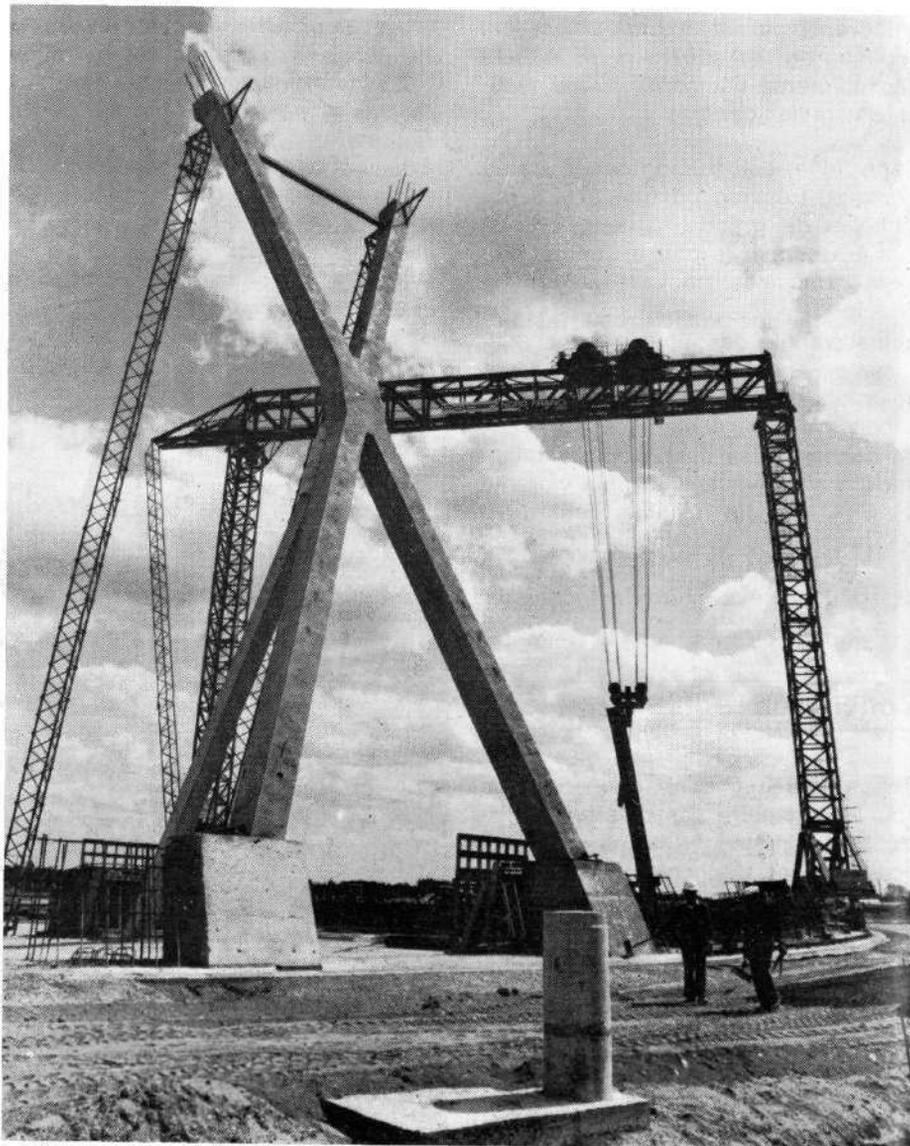
Dans le cas où l'échange de calories entre l'eau et l'air se fait par courants

croisés, l'intérieur du réfrigérant est entièrement vide. Dans le cas où cet échange se fait à contre courant, un bassin de réception occupe toute l'aire du cercle d'implantation et le dispositif de dispersion, reposant sur des poteaux verticaux, se trouve légé-

rement au-dessus de la cote de la ceinture inférieure. Tout l'intérieur de la cheminée est également vide.

Un réfrigérant atmosphérique représente un investissement important : de l'ordre de 4% du montant de la

Eléments de réfrigérants - Saint-Laurent.



tranche pour une centrale nucléaire. L'augmentation de la puissance unitaire des groupes ainsi que le passage du thermique fossile au nucléaire conduit à un saut technique dans les dimensions de réfrigérants de sorte que, compte tenu des nécessités de la lutte contre la pollution thermique, la production d'énergie électrique est pratiquement la seule utilisatrice de très grands réfrigérants.

Dimensionnement

Au point de vue Génie Civil, c'est la cheminée dont la conception présente le plus d'intérêt. Les données ci-après en matérialisent la croissance des dimensions :

	Hauteur (m)	Diamètre à la base (m)	Epaisseur au col (cm)
Les Ansereuilles (1965) : 115 MW	83	61	8
Bouchain (1970) : 250 MW	99	74	10
Bugey (1976) : 900 MW/2	127	101	18
Dampierre : 900 MW	165	128	21
Projet : 1300 MW	188	145	23

et l'on envisage déjà des puissances de 1800 MW.

Le feuillet moyen de la cheminée est généralement un hyperboloïde, ou un tore hyperbolique, ou des portions de tores hyperboliques avec même en partie basse un tronc de cône.

Etude

La cheminée est soumise principalement aux actions suivantes : poids propre, gradient thermique, éventuellement séisme et tassements différentiels et enfin vent, ainsi qu'aux effets secondaires suivants : hygrométrie, ambiance corrosive, ensoleillement, gel, foudre.

Les efforts horizontaux à la base étant repris par les fondations (éventuellement partiellement par la semelle) le

poids propre ne crée que des compressions sauf toutefois à la partie supérieure où se produisent de très légères tractions circonférentielles.

La différence de température entre l'extérieur et l'intérieur varie suivant le fonctionnement et les conditions météorologiques. Elle est de l'ordre de 20 et 25°C avec parfois des pointes à 35°C sous des climats rigoureux. Si cependant ces pointes sont de courte durée, le gradient thermique ne peut s'établir dans la paroi en raison de la mauvaise conductibilité du béton. Etant donné les coefficients d'échange en surface, le gradient est d'une quinzaine de degrés. Le moment thermique dû à ce gradient conduit à des contraintes de l'ordre de 10 bars, puisqu'il fait intervenir le module de déformation différée du béton. Les séismes font travailler la chemi-

née en console selon l'hypothèse de Navier et ce cas de charge n'est pas prépondérant en France. Ce sont les poteaux qui sont le plus sollicités.

Etant donné le diamètre de la semelle, un soin tout particulier doit être porté à l'homogénéité des fondations. Les tassements différentiels sont dus principalement à l'action du poids propre, le module de réaction du sol étant plus faible pour une charge lente que pour un chargement rapide tel que le vent. Les tassement différentiels peuvent entraîner des moments d'ovalisation à la partie supérieure. En raison cependant de la rigidité des grands réfrigérants, une défaillance ponctuelle de la fondation n'affecte pas l'ouvrage.

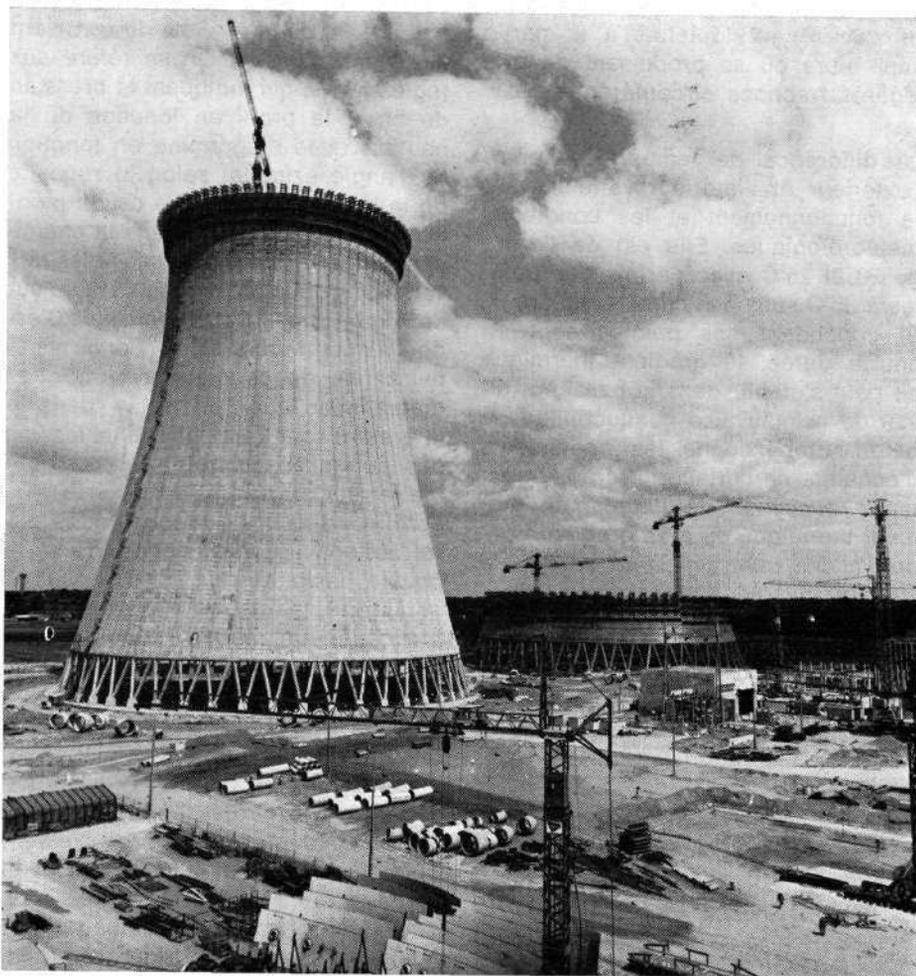
Vent

Le vent est enfin l'action majeure à étudier. En fait, les effets du vent sont assez mal connus. On se réfère aux règles NV 65 qui indiquent la pression de base, le profil en fonction de la hauteur et le diagramme en fonction de l'angle azimutal selon la rugosité de la surface externe. Le calcul montre que les contraintes dans la cheminée sont beaucoup plus sensibles aux variations de la pression qu'à la valeur de cette pression elle-même. C'est dire l'importance d'une bonne connaissance de ce diagramme. Or les diagrammes que l'on trouve dans la littérature sont assez différents les uns des autres et leur interprétation même (erreur graphique) laisse une marge d'incertitude. La rugosité de la paroi est souvent mal connue, de sorte qu'une hésitation est possible sur le choix de la courbe. Il est vraisemblable d'ailleurs que ce diagramme ne reste pas homothétique aux différents niveaux. De même, l'adoption d'un seul profil en fonction de la hauteur, néglige le facteur rugosité du sol amont. Enfin, les Règles NV ne précisent pas les durées et les périodes de retour respectivement pour le vent normal et le vent extrême. L'action dynamique du vent est forfaitée dans ces Règles par une méthode peu adaptée au cas des réfrigérants. C'est pour préciser tous ces points qu'EDF a entrepris des campagnes de mesure sur des ouvrages réels.

Sans entrer dans l'exposé des méthodes de calcul, nous dirons qu'autrefois les cheminées étaient calculées en membrane en négligeant les moments de paroi, d'ailleurs faibles sauf aux extrémités. Actuellement, l'ordinateur permet le calcul en coque en utilisant des programmes sophistiqués par exemple le programme Hercule aux éléments finis de la SOCOTEC.

Cloquage

Outre la répartition du vent, un phénomène encore mal connu inquiète les spécialistes. C'est le phénomène du cloquage ou voilement local. Actuellement on fait usage de diverses formules par rapport auxquelles les coefficients de sécurité sont mal définis. Le cloquage est sensible aux tolérances d'exécution (et aux défor-



Réfrigérant terminé. Dampierre.

mations lentes s'il se produit des tassements différentiels différés). Il est vraisemblable aussi que l'état de fissuration du béton ait une influence.

Remarques concernant le béton

On peut d'ailleurs faire une observation générale concernant cette fissuration. Tous les calculs actuels s'appliquent à un matériau homogène avec un module de déformation théorique. La fissuration fait chuter ce module d'une manière importante. Le comportement homogène ne reste plus qu'une hypothèse car malheureusement on est bien obligé de constater que ces ouvrages se fissurent. Tout doit être fait pour diminuer ce risque au stade de l'étude en s'efforçant de limiter les contraintes de traction. Un bon ferrailage est aussi souhaitable car il permet de réduire, par adhérence, la déformabilité du

matériau fissuré. A cet égard, un progrès a été réalisé ces dernières années, notamment par l'adoption généralisée de la double nappe d'armatures. Qu'il soit permis ici d'exprimer un vœu : celui d'augmenter le ferrailage minimal jusqu'au pourcentage de non-fragilité.

Exécution

On a vu ci-dessus que le calcul de la cheminée d'un réfrigérant comportait quelques points d'interrogation. En fait ceci n'est pas inquiétant à condition de ne pas procéder à une extrapolation trop hâtive de la taille de ces ouvrages, pourvu que la réalisation en soit correcte. Une bonne exécution est en effet plus importante qu'un calcul sophistiqué. Cet effort sur l'exécution est à porter à tous les stades. La fondation doit éviter les tassements différentiels différés. Une étude de mécanique du sol très approfondie

est indispensable. Dans le cas de fondation superficielle, la compacité sera obtenue au prix, si besoin est, d'un préchargement d'une durée suffisante. Les tolérances d'exécution doivent être rigoureuses dès l'implantation des poteaux. Ceux-ci sont en effet fortement sollicités en compression et une faible excentricité d'implantation y crée des moments importants. Le respect des tolérances de la cheminée demande de la part de l'entreprise un soin particulier, mais il ne faut pas oublier qu'un défaut de forme aurait tendance à augmenter par fluage, aggravant ainsi le risque de cloquage.

La principale qualité à rechercher pour le béton est la résistance à la traction et les reprises de bétonnage sont à soigner tout particulièrement. Une autre qualité essentielle est l'étanchéité avec corrélativement la résistance au gel. Le positionnement des aciers doit respecter en particulier l'enrobage, ce qui est plus facile avec la double nappe de ferrailage. La hauteur de coffrage ne doit pas gêner le traitement de la reprise et la vibration.

Conclusion

Les grands réfrigérants vont se multiplier avec la demande croissante d'énergie et l'évolution de l'écologie. Pour qu'ils soient des ouvrages fiables, il convient d'être prudent dans l'extrapolation de leur taille. Une très bonne exécution est essentielle. Un effort de recherche reste à faire en ce qui concerne l'action du vent et l'étude du phénomène du cloquage.

la conception des tours de réfrigération en vue de leur calcul

par P. FAESSEL

Directeur du Service Ouvrages d'Art.

Une coque est une structure extrêmement cohérente. Ce n'est pas un ensemble d'éléments plus ou moins liés entre eux, mais un tout. Sa forme est sa caractéristique principale. La loi de son épaisseur est un caractère secondaire mais non négligeable. Une telle structure, qualitativement différente des autres, s'impose en général par les grandes dimensions de la construction. La définition de sa forme laisse au projeteur une liberté limitée mais aux conséquences souvent considérables. On ne peut espérer trouver dans une coque les possibilités d'adaptation « plastique » que l'on trouve dans les structures formées d'éléments linéaires ou plans, assemblés. Malgré leur complexité, les coques sont souvent des structures quasi-isostatiques internes. De plus, toute plastification entraînerait une modification de la forme qui constitue, on l'a dit, la seule réalité d'une coque. Plus encore, une simple fissuration en flexion de la coque dans son épaisseur entraîne une chute de rigidité, qui peut être fatale à la stabilité de forme. Les moments internes de flexion doivent donc toujours rester limités dans le but de maintenir l'intégrité des propriétés élastiques du béton. Le constructeur de coques ne peut s'appuyer sur l'adage : « les efforts sont là où sont les aciers ». Si les aciers doivent être calculés avec soin, car ils pallient aux discontinuités de la fabrication et aux faiblesses locales du béton en traction, ils ne modifient pas le comportement d'une coque qui a ses lois propres dont nous risquons de payer cher l'ignorance.

Les tours à tirage naturel sont de gigantesques voiles minces de révolution. Leur forme n'est pas déterminée par des considérations de tirage, mais seulement leurs dimensions prin-

cipales — diamètres à la base et au sommet, ainsi que la hauteur (qui atteint 180 m dans les projets actuels). Cette forme qui, historiquement, fut tout d'abord cylindrique, tronconique puis, chez de nombreux constructeurs en cône toroïde ou en hyperboloïde de révolution, est destinée à améliorer la résistance de la structure soumise aux efforts du vent. Cette notion de résistance est complexe dans ce cas précis.

En effet, l'équilibre de ces tours est essentiellement un équilibre de membrane. Dans un tel équilibre, les tensions principales ne sont plus réparties suivant une loi constante, comme la loi de Navier, mais dépendent de la répartition des charges (et non de leur résultante seulement) et de la forme de la coque.

La sécurité des tours soumises au vent dépend en réalité de plusieurs vérifications :

1. Les tensions de membrane, sous l'action du vent extrême et du poids propre, doivent rester en tous points inférieures à des valeurs limites. En particulier, les tensions maximales de traction ne doivent pas créer une fissuration relativement généralisée qui, en remplaçant les allongements du béton par ceux de l'acier, amplifieraient considérablement les déformations d'ovalisation.

2. Les conditions aux limites doivent être satisfaites au niveau des fondations, où aucune traction n'est possible entre la tour et le sol.

3. La stabilité de forme doit être assurée, sous poids propre et surtout sous l'effet du vent, ce qui suppose tout d'abord la non-fissuration dans les déformations d'ovalisation.

Voyons donc comment la forme du méridien influe sur ces différents

points et considérons d'abord pour cela une tour cylindrique dans l'équilibre de membrane sous l'action du vent.

Vérification de l'équilibre

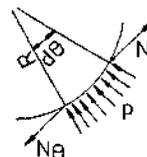
Isolons un petit élément de coque, dont les côtés ont pour longueur l'unité. Suivant l'hypothèse fondamentale de la théorie des membranes, cet élément de coque est en équilibre uniquement sous l'action des forces extérieures et des seules tensions dites « de membrane » qui sont :

N_{θ} = Traction dans la direction des parallèles.

N_x = Traction dans la direction des méridiens.

T = Cisaillements suivant ces deux directions.

En projetant les forces sur trois axes, il vient :



$$\frac{N_{\theta}}{R} + p = 0$$

$$N_{\theta} = -p \times R$$

$$\frac{\partial N_{\theta}}{\partial s} + \frac{\partial T}{\partial x} = 0$$

$$N_{\theta} + dN_{\theta} = N_{\theta} + \frac{\partial N_{\theta}}{\partial s} ds$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = -\frac{\partial N_{\theta}}{\partial s} = \frac{\partial p}{\partial \theta}$$

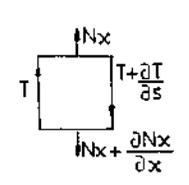
$$T = x \frac{\partial p}{\partial \theta}$$

$$\frac{\partial T}{\partial s} + \frac{\partial N_x}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial N_x}{\partial x} = -\frac{x}{R} \frac{\partial^2 p}{\partial \theta^2}$$

$$N_x = -\frac{x^2}{2R} \frac{\partial^2 p}{\partial \theta^2}$$

$$N_{x \max} = -\frac{H^2}{2R} \frac{\partial^2 p}{\partial \theta^2}$$



Ces calculs élémentaires mettent tout de même en évidence deux résultats importants :

1° les tensions de membrane ne dépendent que des valeurs locales des pressions, ainsi que de celles de leurs dérivées première et seconde par rapport à θ , et non de la résultante générale de ces pressions. Il faut donc se demander si le diagramme des pressions dues au vent autour d'un cylindre est bien connu.

2° la valeur maximale des tensions N_x est beaucoup plus grande qu'en Navier. Nous aurions en effet :

$$N_{x_{\max}} = \frac{c p_0 H^2}{\pi R}$$

et nous avons en équilibre de membrane :

$$N_{x_{\max}} = - \frac{H^2}{2R} \frac{\partial^2 p}{\partial \theta^2} = 6,25 p_0 \frac{H^2}{2R}$$

soit environ 20 fois la valeur qui aurait été obtenue en Navier.

Les équations d'équilibre des tours à double courbure diffèrent de celles des cylindres essentiellement par un seul terme dans une seule équation.

Quand on projette les forces sur la normale à la surface du petit élément étudié, le rayon de courbure du méridien R_x , intervient de la même façon que dans le cylindre de tout à l'heure, le rayon R_θ du parallèle. Cette équation devient :

$$\frac{N_\theta}{R_\theta} - \frac{N_x}{R_x} + p = 0$$

D'où :

$$N_\theta = - R_\theta \left(p - \frac{N_x}{R_x} \right)$$

Tout se passe comme si la pression P était diminuée de la valeur $\frac{N_x}{R_x}$

Près du sommet ce terme a peu d'influence car N_x est encore très faible. Près de la base son influence est aussi négligeable, car le bras de levier par rapport à la base des forces N_θ est alors très petit.

On devine donc qu'un choix judicieux de la forme du méridien permet d'optimiser les tensions N_x et de minimiser le soulèvement à la base de la coque.

Vérification de la stabilité de forme

Si la rigidité de membrane est suffisante pour justifier un équilibre statique, il n'en est pas de même de la stabilité de forme. Celle-ci requiert une rigidité de flexion de la coque.

En effet, la région de la tour supportant les surpressions du vent doit résister au cloquage sous l'action des compressions circulaires N_θ dues à ces surpressions.

Il est toujours nécessaire de faire le calcul de cette sécurité car elle varie considérablement avec les proportions et les formes des tours.

Si le calcul est fait avec les hypothèses classiques d'un matériau homogène élastique, la sécurité des tours apparaît en général considérable (encore faut-il tenir compte de la souplesse du sol et des poteaux supportant la coque).

Mais l'analyse de ce calcul montre que cette sécurité est liée à l'énergie de déformation de flexion circulaire (M_θ) de la coque ; une chute de la rigidité de flexion entraînerait un abaissement brutal de la pression critique.

Donc s'il est nécessaire de faire le calcul dans les hypothèses classiques dont on vient de parler, il faut aussi s'assurer que ces hypothèses sont effectivement réalisées, c'est-à-dire que les courbures d'ovalisation sous le vent extrême ne produisent pas la fissuration de la coque en flexion. La seule solution correcte de cet important problème réside dans une conception d'ensemble de la structure, qui minore les contraintes de flexion.

L'importance de cette conception

d'ensemble peut être comprise en analysant les points suivants :

1. Les déformations sont imposées par l'équilibre de membrane.

La minoration des tensions, que nous avons étudiée plus haut, est donc un premier but à atteindre.

2. Ces déformations de membrane $\epsilon_x, \epsilon_x', \epsilon_\theta$ sont inversement proportionnelles aux épaisseurs ; donc les déplacements u, v, w de chaque point de la coque, et par conséquent les courbures ϵ_θ . Mais les contraintes de flexion d'ovalisation sont, elles, proportionnelles aux épaisseurs :

$$T_{f\theta} = \epsilon_\theta \frac{E\theta}{2}$$

Une augmentation générale de toutes les épaisseurs dans un même rapport en peut donc diminuer les contraintes de flexion, au contraire, la souplesse du sol et des poteaux restant les mêmes, cette façon de faire augmente les contraintes. Notons aussi que, dans ce cas, les tassements différentiels (dûs à l'hétérogénéité du sol) augmentent proportionnellement aux épaisseurs, les contraintes correspondantes de flexion augmentent elles-mêmes proportionnellement aux carrés des épaisseurs.

3. La solution parfois proposée d'augmenter localement les épaisseurs aux niveaux où les moments d'ovalisation sont maximaux ne peut qu'augmenter les contraintes de flexion à ces niveaux (puisqu'elles sont proportionnelles à l'épaisseur locale).

4. Une première solution consiste donc à répartir judicieusement les épaisseurs, en particulier en affinant la partie haute de la tour, et en épaississant les niveaux inférieurs où les tensions méridiennes sont très élevées.

5. La forme du méridien a une influence considérable sur la valeur maximale des déplacements normaux et des courbures de flexion dans la coque.

On peut le comprendre aisément en calculant ces courbures avec quelques approximations permettant de mettre en évidence le rôle essentiel de la courbure du méridien.

Nous avons les relations suivantes :
Entre les tensions et les déformations :

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{N_x - \nu N_\theta}{E e} \\ \epsilon_{x\theta} &= \frac{2(1+\nu)N_x\theta}{E e} \\ \epsilon_\theta &= \frac{N_\theta - \nu N_x}{E e} \end{aligned}$$

Entre les déformations et les déplacements :

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{dv}{dx} + \frac{W}{R_x} \\ \epsilon_{x\theta} &= \frac{du}{dx} + \frac{dv}{ds} - \frac{u \cos \psi}{R_\theta} \\ \epsilon_\theta &= \frac{du}{ds} - \frac{W \sin \psi}{R_\theta} - \frac{v \cos \psi}{R_\theta} \end{aligned}$$

En faisant $\sin \psi \cong 1$, $\cos \psi \cong 0$ et en négligeant ϵ_θ et $\epsilon_{x\theta}$ devant ϵ_x il vient :

$$\begin{aligned} \epsilon_\theta &= \frac{du}{R_\theta ds} - \frac{W}{R_\theta} = 0 \\ \Rightarrow W &= \frac{du}{de} \\ \Rightarrow \frac{dw}{dx} &= \frac{d^2u}{dx d\theta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{x\theta} &= \frac{du}{dx} + \frac{dv}{ds} = 0 \\ \Rightarrow \frac{d^2u}{dx d\theta} &= -\frac{d^2v}{R_\theta ds^2} \\ \Rightarrow \frac{dw}{dx} &= -\frac{d^2v}{R_\theta ds^2} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow W = - \int_0^x \frac{1}{R_\theta} \frac{d^2v}{ds^2} dx$$

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{dv}{dx} + \frac{W}{R_x} \\ \Rightarrow V &= \int_0^x \left(\epsilon_x - \frac{W}{R_x} \right) dx \end{aligned}$$

soit, pour chaque terme de la série de cosinus de la pression du vent :

$$\begin{aligned} W_n &= n^2 \cos n\theta \int_0^x \frac{1}{R_\theta} dx \\ &\int_0^x \left(\epsilon_{xn} - \frac{W_n}{R_x} \right) dx \end{aligned}$$

(avec origine à la base de la tour).

Les courbures de flexion ρ_θ sont obtenues à partir de w :

$$\rho_\theta \cong \frac{d^2w}{ds^2} + \frac{W}{R_\theta^2}$$

ou pour chaque terme de la série de Fourier :

$$\begin{aligned} |\rho_\theta| &= (n^2 - 1) \frac{W_n}{R_\theta^2} = n^2 (n^2 - 1) \\ \frac{\cos n\theta}{R_\theta^2} \int_0^x \frac{1}{R_\theta} dx &\int_0^x \left(\epsilon_{xn} - \frac{W_n}{R_x} \right) dx \end{aligned}$$

On peut donc imaginer la détermination des déplacements w au moyen d'un calcul itératif depuis la base (où w est connu à partir de la souplesse des poteaux) jusqu'au sommet de la tour, l'intégrale double de $(\epsilon_x - \frac{W}{R_x})$ étant faite à chaque niveau avec les valeurs de w précédemment calculées.

Cette présentation des calculs permet de dégager des conclusions importantes :

- Dans une tour tronconique, R_x étant infini, les valeurs de W et de M_θ croissent de plus en plus vite jusqu'au sommet.
- Si dans les tours à double courbure, les moments d'ovalisation M_θ passent par un maximum dans la région du col, ce n'est pas parce que cette zone « attire » les moments, mais au contraire parce qu'elle stoppe leur croissance : le terme $\frac{W}{R_x}$ y est beaucoup plus grand que ϵ_x (qui lui-même diminue).
- dans les cônes toroïdes $\frac{W}{R_x}$ est

nul sur toute la surface tronconique et, jusqu'au tore, les moments M_θ ne cessent de croître de plus en plus vite, comme dans les tours tronconiques. Puis l'action inhibitrice de la courbure du méridien se fait sentir brutalement, mais trop tardivement alors que les courbures ρ_θ et les moments correspondants M_θ ont déjà atteint des valeurs très élevées.

Sur la figure où sont représentées les valeurs de M_θ dans 3 hypothèses : — Tronc de cône, cône toroïde, hyperboloïde — on observe parfaitement le changement brutal de pente et de courbure du diagramme des M_θ au niveau du tore (pour le cas du cône toroïde).

Ainsi un raisonnement analogue à celui que nous avons fait pour les tensions de membrane, montre que le terme minorateur des déformations méridiennes ϵ_x , soit $\frac{W}{R_x}$, n'est effi-

cace qu'à partir du niveau où w atteint des valeurs non négligeables. La courbure du méridien n'est donc pas utile à la base de la tour. Mais elle ne l'est pas non plus au sommet si les déplacements w ont pris des valeurs déjà trop grandes. Il existe donc ici aussi des formes optimales. Il est certain que la sécurité vis-à-vis de la stabilité de forme dépend de l'absence de fissuration généralisée sous le vent extrême. Or, comme on le voit sur la figure, les moments dans le cône toroïde sont plus du double de ceux d'un hyperboloïde de mêmes dimensions.

" Informatique et circulation routière "

Vendredi 30 septembre 1977, à 15 heures, a eu lieu au SICOB, le débat organisé par l'A.I.P.C. sur le thème « Informatique et Circulation Routière ».

A la table ronde, présidée par M. Fève (D.R.C.R.), étaient présents :

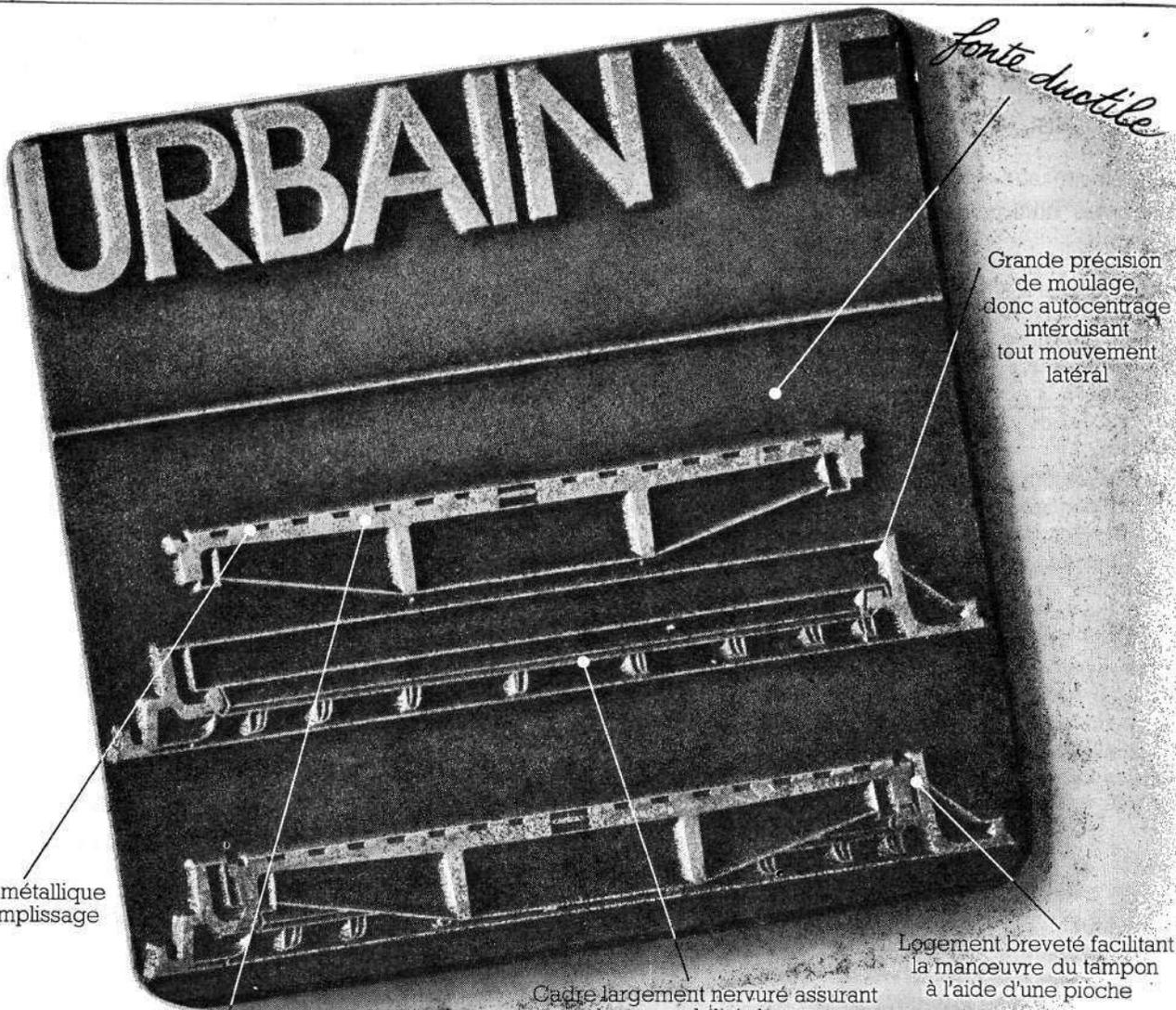
M. Poulit (S.E.R.E.S.), M. Perrin (A.I.P.C.), M. Bernardini (S.E.R.E.S.), M. Berthier (A.T.E.C.), M. Burgay (A.T.E.C.), M. Cuny, M. Dauxerre (Ville de Caen), M. David (I.R.T.), M. Gressier (C.E.T.U.R.), M. le Colonel Lagache (Protection civile), M. Léger (S.R.E.I.F.), M. Le Hir (A.T.E.C.), M. Lepingle (C.E.T.E. d'Aix), M. Liautaud (Ville de Nice), M. Ozanne (Ville de Paris), M. Vexiau (DI du SETRA, organisateur du débat).

Il y a d'abord eu présentation par les représentants des villes de Caen, Nice et Paris, de leurs solutions de régulation du trafic, puis le point sur l'état actuel de la technique.

Après un débat avec l'assistance, M. Fève a conclu sur la nécessité d'une analyse préalable correcte de la situation existante, sur la nécessité d'un choix politique d'organisation du trafic et sur la nécessité d'éviter le perfectionnisme et de savoir mesurer l'efficacité des systèmes mis en place.

NOUVEAU

URBAIN VF, le regard de chaussées à grand trafic, a été choisi pour équiper le taxiway de Concorde à l'aéroport de Toulouse-Blagnac.



fonte ductile

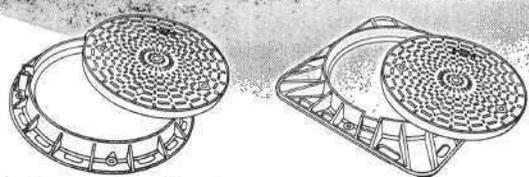
Grande précision de moulage, donc autocentrage interdisant tout mouvement latéral

Surface métallique sans remplissage

Solidité de la fonte ductile

Cadre largement nervuré assurant une bonne stabilité du tampon

Logement breveté facilitant la manœuvre du tampon à l'aide d'une pioche



52 kilos de fonte ductile dans une feuillure de 50 mm, ça tient, et c'est encore manœuvrable (article R 233/1 du Code du Travail)

LA FONTE DUCTILE, C'EST L'INTELLIGENCE DE L'ADAPTATION.



PONT-A-MOUSSON S.A.

Il agences à votre service : Bordeaux, Bourges, Caen, Lille, Lyon, Marseille, Nancy, Nantes, Paris, Strasbourg, Toulouse.

Bon à retourner au Service Publicité PONT-A-MOUSSON S.A. 4 X 54017 - NANCY CEDEX.

Je désire recevoir une documentation sur le regard Urbain VF.

Nom _____ Société _____
Adresse _____ Téléphone _____

les réfrigérants à tirage naturel

organisation du chantier et exécution des ouvrages

par A. FISCHER

*Directeur de la Société Générale des entreprises Quillery,
Conseiller technique de l'E.G.I.*

Figure n° 1.

Introduction

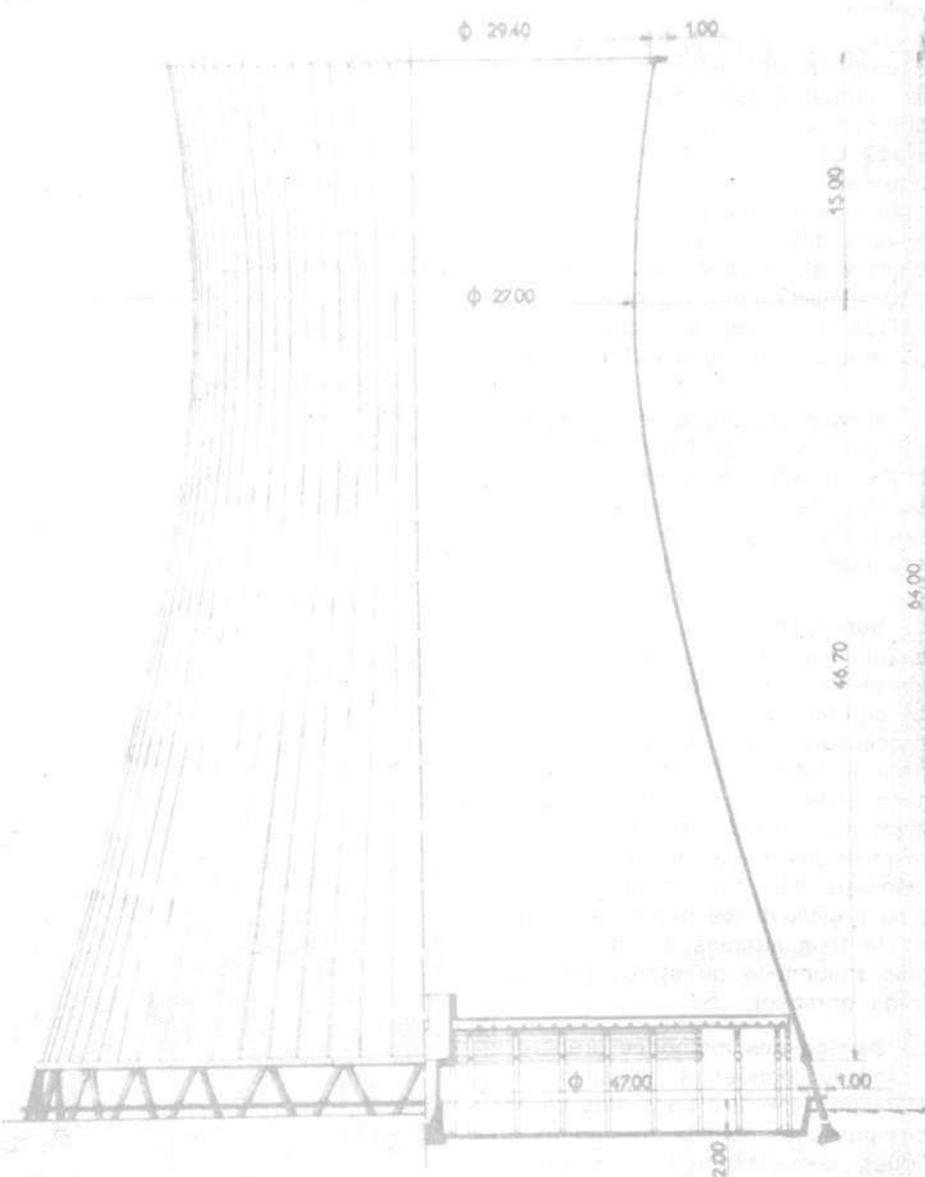
Le réfrigérant est constitué par une grosse cheminée qui crée le courant d'air nécessaire au refroidissement de l'eau chaude du circuit secondaire, amenée par une ou plusieurs conduites principales et distribuée par un système de ruissellement situé dans la partie basse de la tour.

La figure 1 indique les éléments principaux d'un réfrigérant :

- fondations, diagonales, linteau, voile, ceinture supérieure, bassin, ruissellement, arrivée et sortie d'eau.

Avant la guerre, la plupart des tours étaient de dimensions relativement peu importantes. Les hauteurs étaient de l'ordre de 30 m., avec des diamètres de base d'environ 20 m. Elles étaient réalisées en ossature métallique avec remplissage en panneaux bois. Pour les premières réalisations en béton armé, les constructeurs prenaient modèle sur les charpentiers comme dans d'autres domaines.

Mais, quand on a voulu réaliser des tours de plus de 100 m., il a fallu repenser les problèmes de réalisation. C'est le voile mince, c'est-à-dire la conception monolithique de la tour qui a provoqué les recherches et les développements qui ont porté, essentiellement, sur les méthodes de coffrage et d'échafaudage.



Construire des tours de 180 m de hauteur et de 150 m de diamètre suppose la maîtrise d'un certain nombre de problèmes que nous allons examiner rapidement.

Organisation et préparation du chantier

Les données du problème, avec ses contraintes, sont définies par le marché et portent essentiellement sur :

- le planning, les contraintes techniques et technologiques,
- les contraintes administratives et financières.

A partir de ces éléments, on prépare le chantier. C'est la phase essentielle qui conditionne la réussite de l'ouvrage. La préparation peut et doit être poussée aussi loin que possible. En effet, des modifications de fondations dues à des variations des sols rencontrés, et non décelées par les sondages, mises à part, les ouvrages sont définis et ne subissent pas de changement une fois le marché établi.

Le **service technique** définit les phases principales de l'ouvrage, les méthodes d'exécution pour chaque phase, le matériel et le personnel nécessaire, les recherches technologiques à entreprendre, les essais à réaliser.

Le **bureau d'études** est informé des techniques retenues et doit établir les plans en conséquence. Les plans de coffrage doivent tenir compte des procédés prévus ; des détails permettront la fabrication de ces coffrages sans ambiguïté, notamment pour les éléments préfabriqués du ruissellement et des diagonales. Le poids des éléments doit correspondre aux engins prévus et les plans de coffrage de la tour adaptés à l'utilisation la plus rationnelle du système de coffrage grim pant.

Le **Service des méthodes** prépare le travail du chantier et met au point le planning général à partir des phases, des passages obligés, des points critiques. Les plannings du 2^e ordre : approvisionnement, études, installations, matériel, équipes et leur rotation, sont établis par lui.



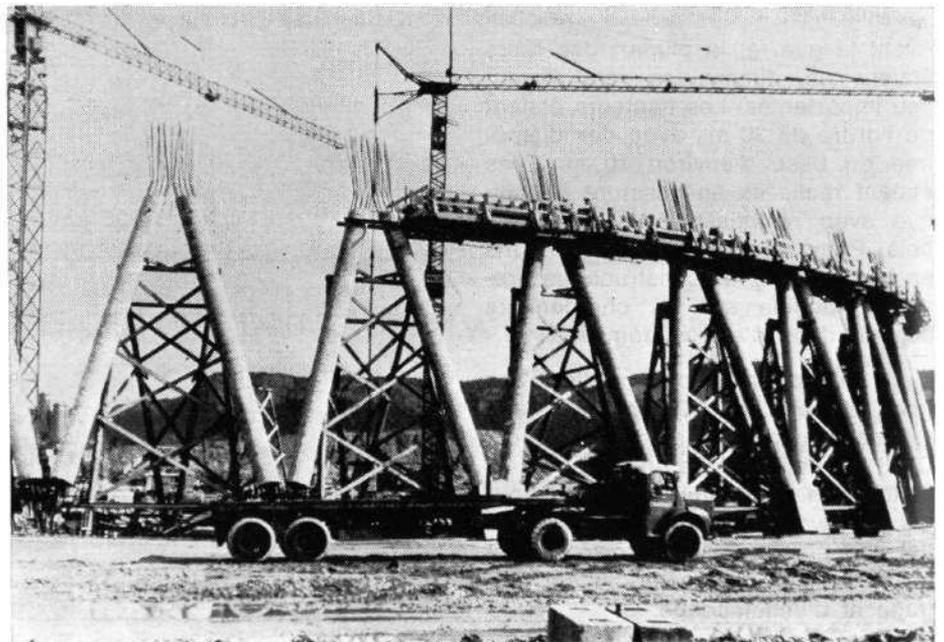
Photo n° 2.

Il termine son travail par l'établissement du budget prévisionnel.

Exécution des travaux

Les **travaux préparatoires** sont dirigés par le directeur de travaux et comprennent : les contacts avec les responsables locaux des clients, la reconnaissance des lieux, l'établissement de l'organigramme avec la phase de démarrage des travaux et la

Photo n° 3.



phase opérationnelle. Ceci fait, tout est prêt pour l'exécution proprement dite.

Les **fondations** sont généralement conçues en semelles filantes sur lesquelles s'appuient les socles des diagonales ; c'est un travail classique.

Les **diagonales** préfabriquées sont placées avec une auto-grue sur des chevalets en bois ; ils permettent le réglage et le maintien jusqu'au coulage du linteau et de l'encastrement au pied, opération délicate qui détermine la précision de départ de la tour (photo 2).

L'échafaudage du **linteau** est fixé sur les diagonales et permet l'opération de coffrage, ferrailage et coulage (photo 3).

Le **voile** comprend deux parties :

- a - le voile renforcé (photo 4), partie de transition entre linteau et partie courante, formant poutre cloison, est réalisé à l'aide du coffrage grim pant par hauteur de 60 cms/jour vu les épaisseurs importantes de béton (70-100 cm au-dessus du linteau). Une fois atteinte la hauteur de 2,40 m de voile, les consoles intérieures et extérieures, pièces maîtresses de l'échafaudage, sont accrochées à l'aide de la grue à tour au voile. Planchers de service, garde-



Photo n° 4.

corps mis en place, le système est prêt pour l'attaque de la partie la plus spectaculaire de l'ouvrage ;

- b - la partie courante est exécutée avec notre système de coffrage grim pant, au rythme de 1,20 m par jour. Il suffit de trois hauteurs de panneaux bois de 60 cm extérieures et intérieures pour l'exécution de la tour. Ces panneaux sont fixés sur des montants métalliques ; le soin apporté au réglage journalier est déterminant

pour la précision de l'ouvrage, tant pour l'inclinaison que pour le diamètre.

L'organisation du travail journalier comprend à la suite : décoffrage du panneau inférieur sur le béton de la veille, ferrailage, mise en place des montants, réglage mise en place des panneaux et, parallèlement, relevage de l'échafaudage, coulage du béton.

Le croquis n° 5 indique le détail de notre système. Tous les autres systèmes employés sont dérivés de celui-ci.

Traité des arts céramiques ou des poteries

par

ALEXANDRE
BRONGNIART

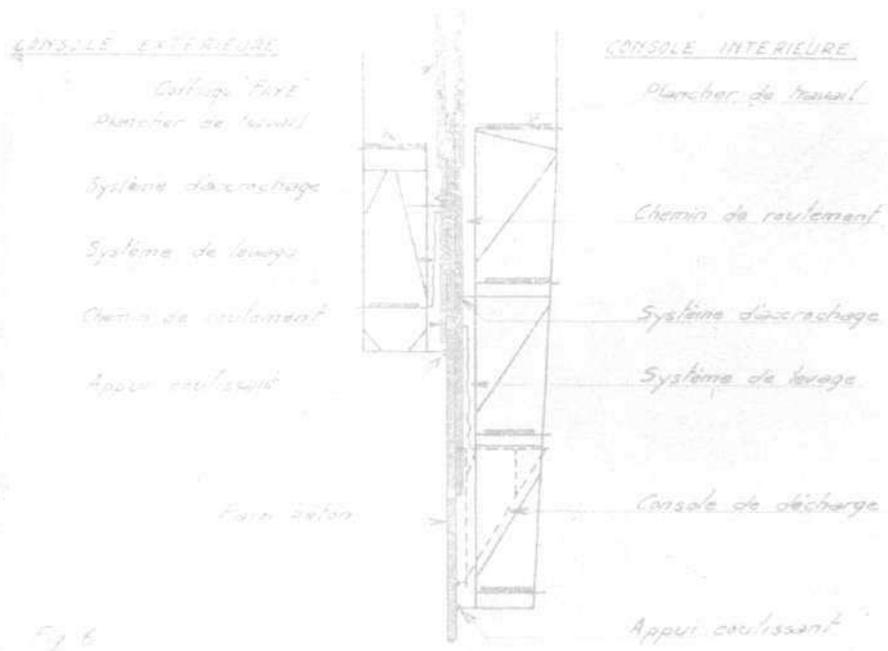
Tome I :
760 pages 13,5 x 21

Tome II :
824 pages 13,5 x 21

Atlas :
9 tableaux et 71 planches.

chez votre libraire :
les trois volumes : 600 F

DESSAIN ET TOLRA
10, rue Cassette 75006 PARIS



Croquis n° 5.

La **ceinture supérieure** termine l'ouvrage, après quoi, le coffrage et l'échafaudage sont démontés avec la grue

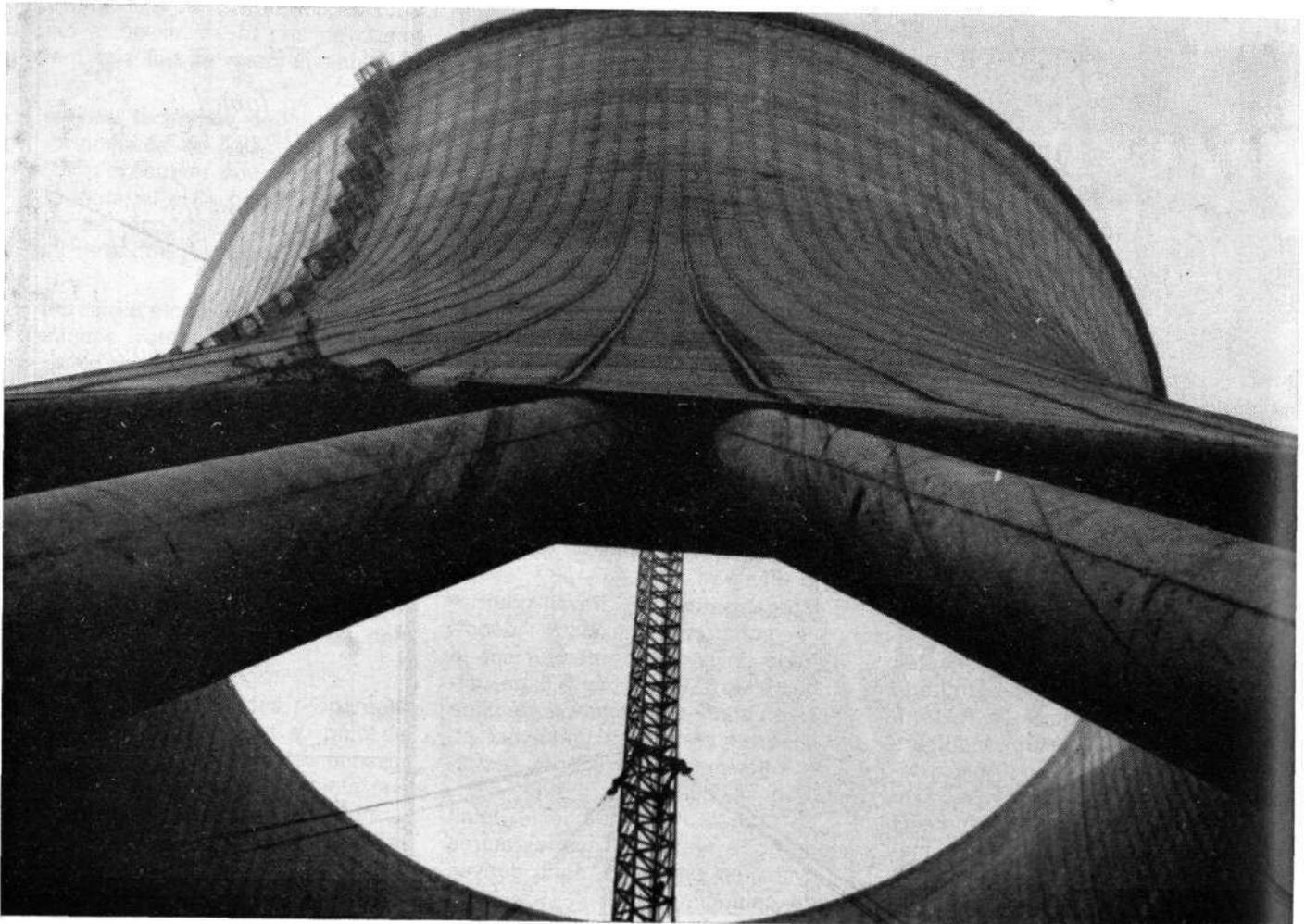
Le **ruissellement** comprend une ossature préfabriquée et un packing en amiante ou en plastique.

La préfabrication est réalisée dans un atelier de chantier, utilisé également pour la fabrication des diagonales. Un soin particulier est à apporter à la mise au point des moules (diagonales, poteaux et poutres). Le nombre de moules et la cadence de fabrication en dépendent.

Le montage doit être précis et son organisation bien étudiée au départ.

Ce court aperçu sur l'organisation et l'exécution des chantiers des grands réfrigérants à tirage naturel peut seulement donner des indications sur les opérations essentielles. La réalisation doit être confiée à des entreprises spécialisées disposant du personnel et du matériel qualifié. Une bonne préparation, une bonne équipe d'exécution, sont les conditions et les garanties de la réussite.

Réfrigérant terminé.



Eugène FREYSSINET

1889-1962

Ses vues sur l'éthique dans la construction

L'Ingénieur Général Robert, en écho à l'article sur la revalorisation du métier de constructeur, propose de relire cette page de Freyssinet.

Ceux de mes lecteurs qui n'ont pas suffisamment réfléchi aux conditions dans lesquelles s'exerce l'activité des techniciens, et qui les ignorent, s'étonnent peut-être de l'importance que je donne au rôle de moral dans la technique. Je puis leur assurer que si parmi les certitudes que j'ai pu acquérir au cours d'un demi-siècle de recherches et de travaux, il en est une vraiment sûre, c'est que les qualités du caractère — courage, probité, amour et respect de la tâche acceptée — sont infiniment plus nécessaires à l'ingénieur que celles de l'intelligence qui n'est jamais qu'un outil aux ordres de l'être moral.

Si l'emploi des précontraintes entraîne des conséquences techniques considérables, la décision de les utiliser est étrangère à toute technique. Elle n'est qu'une prise de position vis-à-vis du monde extérieur d'un technicien qui décide d'accepter pour mieux dominer le monde, un surcroît de responsabilité et d'efforts. Cette prise de position constitue un élément d'un problème infiniment plus vaste, purement moral, dont la solution conditionne le développement des sociétés humaines. C'est celui de l'équilibre entre nos décisions et nos moyens d'y satisfaire. L'Homme a le choix entre deux groupes de solutions : il peut limiter son effort et se borner à prendre ce que la nature lui donne quasi directement, ou tenter de lui arracher le maximum d'avantages et de satisfactions matérielles, au prix d'une connaissance de plus en plus parfaite

et d'une soumission de plus en plus complète à ses lois.

L'Homme d'Occident a choisi d'obtenir les meilleures conditions de vie possibles, au prix du plus grand effort ; et en réalité, ce choix lui était imposé par son besoin impérieux d'action. Il ne pourrait y renoncer qu'en cessant d'être lui-même. Cette orientation est la cause de l'énorme développement matériel de notre civilisation. Beaucoup de contemporains considèrent que ce développement n'a que des avantages, et n'y voient qu'une légitime récompense des efforts collectifs de notre Société.

Je me permets d'avoir une opinion n'us nuancée ; les avantages matériels de la civilisation sont certainement agréables, et favorisent du moins l'accroissement numérique de l'humanité ; mais ils constituent, en raison même des facilités qu'ils apportent, une toxine, qui est la conséquence de l'activité des sociétés à haute civilisation matérielle, aussi naturellement et inévitablement que les toxines musculaires sont celles de l'activité de nos muscles. Cette toxine est un poison terriblement destructeur en raison du relâchement d'efforts et de discipline qu'engendre inévitablement la suppression des besoins et de la souffrance, et nous n'en voyons que trop les effets funestes. L'humanité n'a qu'un seul besoin véritablement capital qui est d'avoir des raisons d'agir avec vigueur, et ne pourra résister à l'avachissement mor-

tel causé par le développement du bien-être, que si elle est capable de trouver de telles raisons, assez puissantes pour jouer efficacement le rôle d'anti-toxines.

Or, l'effort technique à base de plus en plus scientifique, qui a créé et qui perfectionne sans cesse notre civilisation, est imposé par elle à un nombre d'hommes de plus en plus grand. Il constitue précisément une de ces anti-toxines grâce auxquelles l'humanité peut espérer triompher de ses causes internes de dépérissement.

Sa puissance est due pour une part aux passions qu'ils développent chez ceux qui acceptent ses disciplines et aux joies qu'ils leur dispensent ; passion de la recherche et de l'invention ; joie de créer, joie de vivre sur un plan où la fraude ne prévaut pas contre la probité ; pour une autre part aux punitions sans merci que subissent ceux qui cherchent à tricher ; car dans ce domaine l'effort sincère est seul payant. Le monde technique ignore ces bluffs de longue durée, ces fausses gloires, qui, dans d'autres domaines, peuvent faire illusion pendant des générations.

La rapidité de la diffusion actuelle de l'idée de précontrainte est due à ce qu'elle constitue un filet de ce vaste courant qui emporte l'humanité vers une extension à la fois de ses pouvoirs matériels et de certaines de ses obligations morales.

JOURNEE D'ETUDE

Mercredi 14 décembre 1977

Palais des Congrès - Porte Maillot - A 9 heures

LE BETON D'AUJOURD'HUI ET SES PERSPECTIVES D'AVENIR

*Organisée par la Section « Matériaux » de la Société des Ingénieurs Civils de France
avec le concours de l'Industrie Cimentière Française
sous la présidence de M. Raymond Poitrat,
Président du Syndicat National des Fabricants de Ciments et de Chaux.*

Cette journée s'adresse à l'ensemble des ingénieurs et techniciens concernés par les problèmes de ciment et de béton, qu'il s'agisse de maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, architectes, de bureaux d'études, de laboratoires de contrôle, de fabricants ou d'utilisateurs, et ceci pour tous les types d'utilisation : bâtiments et ouvrages de génie civil.

La situation actuelle et les perspectives d'évolution seront traitées sur le plan technique et sur celui de l'environnement.

PROGRAMME

Introduction de M. Manet, Président de la Section « Matériaux » des Ingénieurs Civils de France.

Matinée - Thème : Le béton et l'environnement

Sous la présidence de M. Delouvrier, Président d'EDF, du Comité directeur du Plan Construction et de l'Association Française pour un Beau Béton.

— Le ciment et la défense de l'environnement

- Fixation des boues industrielles par les silicates du ciment par M. Gontard, Président Directeur Général de la S.A.R.P.

- Limitation de la pollution atmosphérique dans les cimenteries par M. Charreton, Président du C.E.R.I.L.H.

— Aménagement des rues piétonnes par les dalles et pavés de couleur - audio-visuel

— Confort et économie d'énergie par les nouveaux blocs

par M. Muller, Président de la Fédération de l'Industrie du Béton

— Les ressources offertes par le béton clair

par M. L. Arsène-Henry, Architecte D.P.L.G.

— Le béton et l'expression architecturale

par M. J.-B. Ache, Professeur au CNAM

DEJEUNER

Après-midi - Thème : Les innovations dans les applications du ciment et du béton

Sous la présidence de M. Bonomme, Président de l'Association Française du Béton.

Introduction par M. Bonomme.

— Qualité des ciments d'aujourd'hui par M. Méric, Directeur Général du C.E.R.I.L.H.

— Perspectives de développement du béton à l'horizon 1990

par M. Charreton, Président du C.E.R.I.L.H.

— Développements nouveaux dans les ponts, viaducs et installations portuaires

— Les innovations dans l'usage du ciment en technique routière

- les dalles en béton de ciment (routes et aéroports) - film : reconstruction A1

par M. Michel Ray, Chef de la section Béton au Laboratoire central des Ponts et Chaussées

- les graves-ciment

par M. Bonnot, Chef du Dépar-

tement Chaussées au Laboratoire central des Ponts et Chaussées

- la voirie secondaire en béton (dalles et stabilisation des sols) par M. Guimarro du Syndicat National des Fabricants de ciments et de chaux

Conclusions par M. Ponchon, Président du Syndicat Professionnel des entrepreneurs de chaussées en béton.

— Applications du ciment dans les travaux de la S.N.C.F. (dalles, traverses, stabilisation)

par M. Janin, Ingénieur en Chef à la SNCF, Département Etudes et Recherches Voies

— Le béton dans les centrales nucléaires

par M. Alémany, Ingénieur en Chef à EDF

— Les plates-formes off shore (film) par M. Lacroix, Vice-Président de la Fédération Internationale de la Précontrainte et de la Société Sea-Tank.

Discussions

Conclusions de la journée par M. Raymond Poitrat.

Pour tous renseignements, s'adresser à **Mme Lambert - 359 08 93**

Nota. — *Da participation aux frais s'inscrit dans le cadre de la formation continue. (Le nombre de places est limité. Prière de s'inscrire rapidement).*

la réduction du bruit des chantiers

une réglementation bien acceptée

par Jean TUTENUIT

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Nécessité et opportunité de la nouvelle réglementation

La nouvelle réglementation du bruit des engins de chantier promulguée par le Ministère chargé de l'environnement, est intéressante non seulement parce qu'elle constitue un progrès important de la qualité de vie urbaine et des conditions de travail dans le bâtiment et les travaux publics, mais aussi parce que les conditions de son élaboration et la façon dont elle a été rendue applicable peuvent être considérées comme un modèle d'efficacité.

Le sujet était cependant difficile. L'objectif était une réglementation purement contraignante, sans contrepartie mesurable ni même sensible pour ceux à qui elle devait s'appliquer, les seuls bénéficiaires, voisins et ouvriers des chantiers n'étant pas partie active dans les procédures de conception ou de commercialisation des matériels.

C'était aussi un sujet difficile dans ses aspects techniques en raison du caractère subjectif et complexe de nos connaissances et de nos appréciations du bruit et de ses effets : principes de mesure et unités difficiles à préciser, effets physiologiques difficilement décelables et mesurables, mais surtout variables suivant les individus et les circonstances.

A ces difficultés s'ajoutait la terrible force de l'habitude qui faisait que le domaine des chantiers de bâtiment et

de travaux publics était considéré à beaucoup de points de vue comme temporaire et dérogoire du droit commun, comme un mal nécessaire et inévitable, une gestation honteuse pendant laquelle les meilleures intentions s'effaçaient devant les dures réalités. C'est ainsi qu'au même moment où toute l'attention se portait à la qualité des objets finis, bâtiments et ouvrages d'art, afin d'en améliorer l'architecture, l'efficacité, l'intégration dans le site et la participation à la vie urbaine, on négligeait la plupart de ces préoccupations pour la période des travaux.

On acceptait aisément l'insécurité des chantiers ; leur inconfort devenait partie intégrante de leur image, les pieds dans la boue devenant symbole d'efficacité ; on acceptait aussi la gêne des chantiers pour l'environnement, leur encombrement, leur laid et leurs nuisances diverses : bruit, fumées, poussières, etc...

On semblait oublier qu'en estimant à 50 ans la vie des ouvrages et à deux ans la durée de leur construction, et en estimant à un mois tous les deux ans la durée des travaux d'entretien, toute unité de quartier, toute perspective, tout environnement de plus d'une vingtaine d'édifices est en permanence le cadre d'un chantier, sans compter les classiques ouvertures successives de tranchées pour l'entretien des divers réseaux enterrés.

L'idée pouvait donc paraître révolutionnaire ; il pouvait aussi paraître téméraire de vouloir ajouter de nouvelles contraintes à l'ensemble déjà lourd des règles techniques, administratives, sociales et fiscales qui enca-

drent dans notre monde civilisé, la liberté individuelle et plus particulièrement la liberté d'entreprise.

Le bon sens l'a semble-t-il emporté. Pourquoi améliorer l'architecture des bâtiments, des ouvrages et des sites urbains si un chantier doit toujours les défigurer ? Pourquoi améliorer les règles sociales du travail si les conditions de travail sur les chantiers restent aussi mauvaises ? Pourquoi construire des bâtiments ou des objets, automobiles en particulier, aussi confortables, et notamment aussi silencieux et feutrés si des chantiers viennent constamment troubler la vie urbaine de nuisances graves, en particulier par leur bruit ?

Historique et procédures

Les traits principaux de la mise en place de cette nouvelle réglementation semblent être sa progressivité, le parallélisme des actions menées dans des instances diverses et l'importance de la concertation.

- 12 avril 1969 décret, pris en application du code de travail, traitant de l'intensité sonore supportée par les ouvriers.
- 18 avril 1969 décret relatif à l'insonorisation des engins de chantier.
- 11 avril 1972 arrêté d'application aux moto-compresseurs.
- 11 avril 1972 arrêté d'application aux moteurs thermiques associés

aux engins de chantier (modifié le 5 mai 1975).

- 4 novembre 1975 arrêté relatif aux marteaux piqueurs et brise béton.
- 26 novembre 1975 et 10 décembre 1975 arrêtés relatifs aux groupes électrogènes de soudage et de puissance.
- 17 octobre 1975 décret relatif aux appareils domestiques ou non, qui concerne entre autres objets, les appareils de conditionnement d'air, les ascenseurs et divers équipements des bâtiments.

Cet étalement, qui peut paraître excessif, des dates de promulgation des textes doit être rapproché des nombreuses procédures parallèles :

- Normalisation des définitions, des critères et des méthodes de mesure, poursuivie par l'AFNOR depuis une vingtaine d'années.
- Réglementations dans des domaines voisins ; ainsi dans celui des bruits des véhicules automobiles, les textes se sont-ils succédés depuis 1954 pour aboutir à un décret général le 13 avril 1972.
- Elaboration de politiques gouvernementales relatives à l'environnement : Conseil des Ministres du 10 juin 1970, groupe de travail interministériel de mai 1971, rapport sur les nuisances de chantier en juillet 1972, nomination d'un responsable national Monsieur Silence en 1972, création du Label Confort Acoustique en août 1972.
- Contacts à l'échelle internationale au sein des organismes tels que l'organisation internationale de normalisation ISO ou au sein de la Commission des Communautés Européennes, contacts ayant débouché sur une convention le 5 mars 1973, relative à l'harmonisation des mesures en faveur de l'environnement.

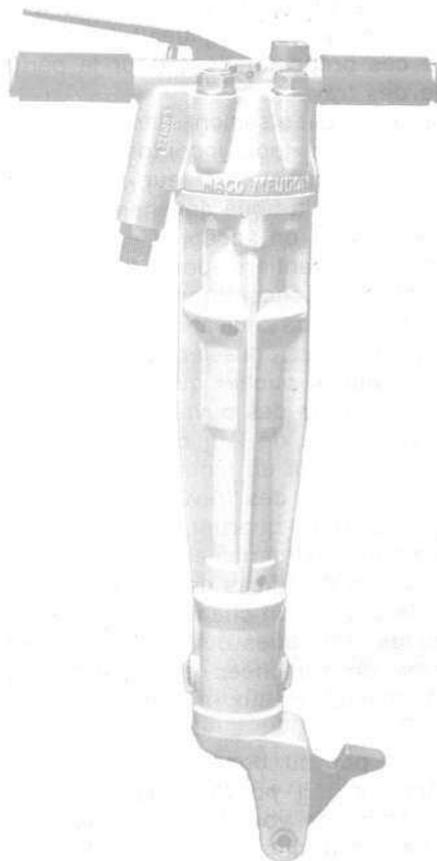
Ce parallélisme illustre certes la complexité du sujet et explique la lenteur de travaux constamment soumis aux difficiles progrès de la connaissance scientifique, mais il montre surtout que le succès final de la réglementation provient de l'adhésion générale recueillie par des procédures auxquelles tous ont été associés dès le

début, dans la recherche des meilleurs compromis et des meilleures tactiques. Grâce à cette multiplicité des instances, la puissance publique n'est pas apparue comme désireuse d'appliquer à un partenaire récalcitrant une politique déjà établie, mais simplement comme coordinateur des efforts à faire par tous, scientifiques, constructeurs, utilisateurs et partenaires sociaux, pour que les choses changent dans le sens du bien public.

Importance de la concertation

Ces procédures parallèles, dont plusieurs s'appuient sur une large concertation au sein de commissions et de groupes de travail, étaient d'autant plus nécessaires que le problème se situe, comme pour beaucoup de sujets sociaux, au croisement des bonnes intentions humanitaires et des intérêts économiques.

Brise-béton généralement rendu silencieux par une conception originale de la cinématique et de la disposition des origines d'échappement.



Pour bien d'autres règles, telles que celles qui influent sur la qualité des ouvrages, les surcoûts immédiats trouvent une contrepartie à long terme ; il suffit d'une largeur de vue suffisante pour comprendre l'intérêt des contraintes.

Dans le domaine de la qualité de l'environnement au contraire, aucune contrepartie n'est à attendre par les acteurs financièrement touchés. Il s'agit d'une charge pure, et celui qui l'accepte se place indiscutablement et sans espoir de revanche en position défavorable par rapport à ses concurrents sur le marché des prix.

Il en était ainsi du bruit des engins de chantier. L'insonorisation coûte un prix non négligeable. Le constructeur proposant à la vente des engins insonorisés, donc plus chers, n'a aucun argument à faire valoir, tel qu'une récupération à long terme de sacrifice à consentir ; l'entrepreneur achetant de tels engins n'a non plus aucun argument vis-à-vis de son client, le maître d'ouvrage, pour lui faire admettre un tel surcoût par rapport à la concurrence. Dans ces conditions aucun constructeur, ni aucun entrepreneur ne peut se lancer isolément dans une politique d'insonorisation. Aucun avantage, même à long terme ne peut venir récompenser un tel engagement individuel.

Il importait donc que la concertation fut large et surtout que la règle se présentât sous des formes précises, bien que progressives.

Tel a bien été le cas des arrêtés d'application qui ont fait l'objet de longs préparatifs interministériels, associant constructeurs et utilisateurs, prenant en compte l'importance des stocks, la durée des études de conception, la durée d'amortissement des matériels, le temps d'adaptation des prix des marchés, et dont l'essentiel consiste en un calendrier élaboré et accepté par les parties, suffisamment raisonnable pour que ceux qui l'appliquent soient sûrs de n'être pas isolés.

Les échecs antérieurs

Les intentions et les occasions n'avaient cependant pas manqué dans le passé pour avancer dans le do-

maine de la réduction du bruit. La loi Municipale de 1884 elle-même donnait au Maire le pouvoir de « réprimer les atteintes à la tranquillité publique ». Quel Maire aurait pu seules prendre avant les autres des initiatives aussi difficiles à imposer ; aucun n'a en effet dépassé la seule limitation des heures de nuit pendant lesquelles tout bruit était interdit.

Le décret du 10 juillet 1913 relatif à la protection de la main d'œuvre de l'industrie contre le danger des bruits « intenses et persistants » ne put lui non plus renverser le préjugé suivant lequel les chantiers de bâtiment et de travaux publics étaient un monde à part ou rien ne pouvait être amélioré parce que tout était temporaire, improvisé et fatalement grossier.

La loi du 19 décembre 1917, relative aux Etablissements dangereux insalubres et incommodes, avait bien reconnu les bruits et trépidations comme des nuisances à combattre, mais elle témoigna de la même incapacité à comprendre les chantiers dans son champ d'application.

Ces trois échecs font ressortir le mérite des procédures utilisées depuis quelques années.

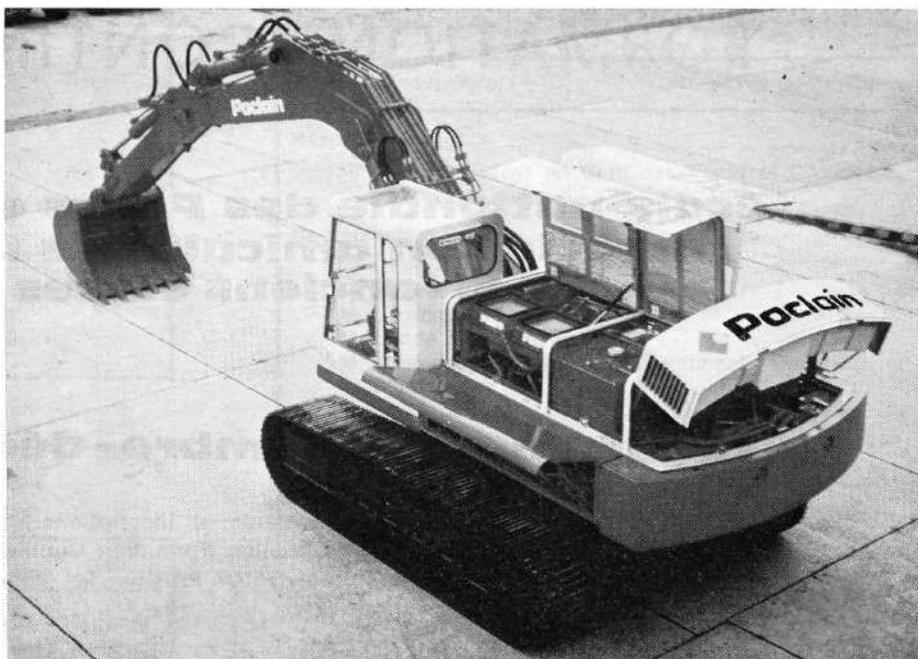
Les résultats

Les résultats sont en effet là pour attester que l'affaire a été bien menée. Le temps passé à la concertation et à l'élaboration minutieuse de calendriers d'application réalistes a été largement rattrapé.

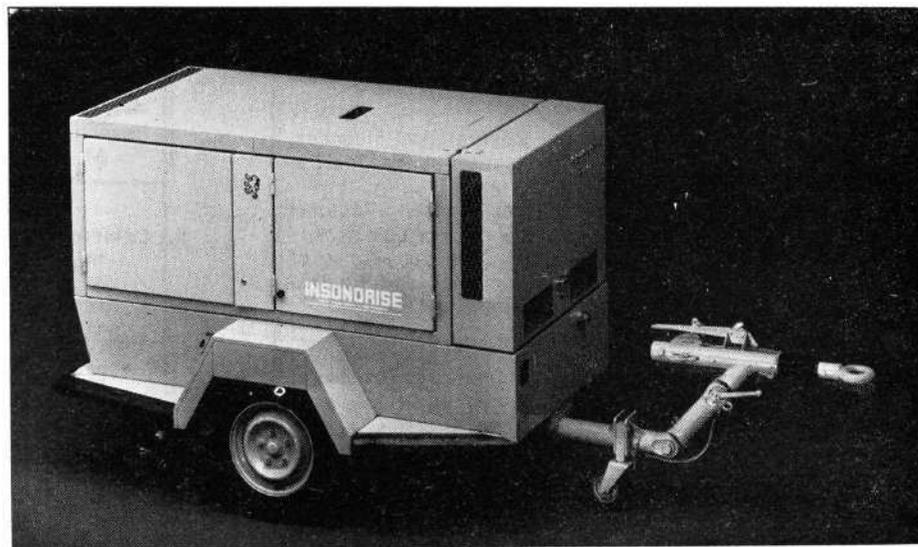
Sûrs de n'être pas seuls pénalisés dans la concurrence, les entrepreneurs ont sans retard modifié leurs commandes de matériels ; de leur côté, les fabricants et les importateurs de matériels, sûrs d'être suivis en temps voulu par leur clientèle, ont aussitôt conçu, fabriqué et mis en vente des matériels respectant les nouvelles règles. L'adhésion a été telle que les calendriers sont largement respectés, et que les matériels construits dépassent, par leurs caractéristiques, les strictes exigences de la nouvelle réglementation.

Les leçons à retenir

Ce succès repose sur deux éléments essentiels :



Pelle hydraulique insonorisée grâce à un chicanage des entrées d'air et à la garniture des capots par des matériaux absorbants.



Groupe motocompresseur de 4 500 l/mn rendu silencieux par un chicanage des entrées d'air et des joints d'étanchéité.

- les objectifs et les modalités de la réglementation ont été largement concertés avec tous les intéressés,
- les contraintes ont été discutées et définies avec beaucoup de précision et de réalisme.
- Aucun excès d'autoritarisme n'est venu bloquer la procédure, ni aucune suspicion née d'une élaboration clandestine.

Malgré les difficultés du sujet, malgré ses incidences financières certaines tant sur l'économie générale des travaux que sur ses aspects individuels

dans la dévotion des marchés, l'objectif a pu être atteint.

Il y a donc bien là un exemple à retenir dans de nombreux domaines comme ceux de la législation sociale et de l'aménagement urbain, dans lesquels l'intérêt général se heurte aux usages, aux intérêts particuliers et au libre jeu de la concurrence.

Les pouvoirs publics doivent alors jouer avec persévérance non pas un rôle coercitif et brutal, mais un rôle de coordination pour que tous les intéressés adoptent au même moment le même sacrifice.

FORMATION CONTINUE 1977

école nationale des Ponts et Chaussées association amicale des ingénieurs anciens élèves

programme novembre - décembre 1977

Renseignements et Inscriptions :
E.N.P.C. - Direction Formation Continue
28, rue des Saints-Pères - 75007 PARIS - Tél. 260.14.80 - P. 308

LES COLLECTIVITÉS LOCALES ET L'AMÉNAGEMENT

8 et 9 novembre 1977

Paris

INFORMATION ET COMMUNICATION

- M. Gabriel Pallez, Inspecteur Général des Finances, Directeur Général de l'Assistance Publique de Paris.
- M. Pierre Mauroy, Président du Conseil Régional Nord - Pas-de-Calais, Député-Maire de Lille.
- M. René Bouchet, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur Départemental de l'Équipement de l'Hérault.

GRANDS EQUIPEMENTS ET ENVIRONNEMENT

- M. Michel Fève, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur des Routes et de la Circulation Routière.
- M. Jean-Marie Giraud, Sénateur-Maire de Caen.
- M. Philippe Saint-Marc, Conseiller Référéndaire à la Cour des Comptes.
- M. Jean-Jacques Servan-Schreiber, Président du Conseil Régional de Lorraine, Député de Nancy.

AMENAGEMENT URBAIN ET VIE LOCALE

- M. Michel Rousselot, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur de l'Établissement Public d'Aménagement de la Ville Nouvelle de Marne-la-Vallée.
- M. François Le Chevalier, Président de la Chambre de Commerce du Havre.
- M. Marcel Rosette, Maire de Vitry, Délégué aux Collectivités Locales du Parti Communiste Français.
- M. Christian Gabolde, Vice-Président du Tribunal Administratif de Lyon.

LE DEVELOPPEMENT DES RESPONSABILITES

- M. François Maisse, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées D.D.E. de la Nièvre, Président de l'Association des Chefs des Services Extérieurs du Ministère de l'Équipement.
- M. Michel Aurillac, Préfet de la Région Provence-Côte-d'Azur.
- M. Olivier Guichard, Président du Conseil Régional de Loire-Atlantique.
- M. Pierre Racine, Conseiller d'Etat.

CONSTRUIRE AVEC DES COMPOSANTS : expériences et réalisations

8 au 10 novembre

Paris

Responsable :

- M. Bertière, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chargé de Mission, Direction du Bâtiment et des Travaux Publics et de la Conjoncture (DBTPC).

Conférenciers :

- M. Albizzati (Société GBA).
- M. Briant (Entreprise Briant).
- M. Colette (FILDIER S.A.).
- M. Consigny (DBTPC).
- M. Cubaud (CNET-HLM).
- M. d'Andoque (Association ECO).
- M. Delabarthe (Multifluid).
- M. Fay (Architecte).
- M. Guihenneuc (Alpha Ingénierie).
- M. Hamburger (AREA).
- M. Herzberg (Architecte).
- M. Lallement (Foyer Rémois).
- M. Letourneur (Association ECO).
- M. Moulet (GIBAT).
- M. Terrin (Architecte).
- M. Westphal (Architecte).

PATHOLOGIE DES OUVRAGES D'ART

La session sera partagée en deux demi-sessions qui se dérouleront : à Paris, du 14 au 17 novembre 1977 ; dans la région de Toulouse, du 12 au 14 décembre 1977

Responsables :

- M. Bois, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef du Département des Structures et Ouvrages d'Art, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- M. Darpas, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Chef du Département Béton, Division des Ouvrages d'Art A, Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes.

Conférenciers :

- M. André (LCPC).
- M. Brignon (SETRA).

M. Chatelain (LCPC).
 M. Cornet (CETE de Nantes).
 M. Gervais (RCA).
 M. Gourmelon (LCPC Nantes).
 M. Guerber (DDE de la Haute-Garonne).
 M. Lamblin (Entreprise Arnodin).
 M. Lecrocq (CETE de Lyon).
 M. Le Franc (SETRA).
 M. Mehue (SETRA).
 Mme Paillère (LCPC).
 M. Poineau (SETRA).
 M. Resse (AFB).
 M. Thomas (SNCF).
 M. Vallantin (SETRA).
 M. Wolf (G.T. Fores).

AMÉLIORATION DE L'HABITAT ANCIEN

15 au 17 novembre

Paris

Responsable :

M. Trichard, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef de la Division des Etudes et de la Politique Energétique, Direction de la Construction, Ministère de l'Équipement.

Conférenciers :

M. Cagnot (SECOBA).
 M. Guthmann (Ministère de l'Équipement).
 M. Maire (Ministère de l'Équipement).
 M. Petit (Fédération Nationale des Centres PACT).
 M. Vidil (CATED).

CONNAISSANCE ET PRATIQUE DU BÉTON HYDRAULIQUE

15 au 18 novembre

Région Parisienne

Responsables :

M. Baron, Ingénieur Civil des Ponts et Chaussées, Docteur ès Sciences, Chargé de Mission, Département des Bétons et Métaux, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
 M. Lebel, Président d'honneur, Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie des Liants Hydrauliques.
 M. Sauterey, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur de la Prévision, du Contrôle et de l'Information (LCPC).

Conférenciers :

M. Acker (LCPC).
 Mme Brachet (LCPC).
 M. Bretonnière (LCPC).
 M. Charonnat (LCPC).
 M. Darcemont (CERIB).
 M. Deloye (LCPC).
 M. Gorisse (CEBTP).
 M. Legrand (INSA de Toulouse).
 M. Lesage (LCPC).
 M. Lino (ENPC).
 M. Mamillan (CEBTP).
 M. Maso (INSA de Toulouse).
 Mme Paillère (LCPC).
 M. Ray (LCPC).
 Mme Regourd (CERILH).
 M. Voinovitch (LCPC).

SOUTÈNEMENT DES TUNNELS

21 au 25 novembre

Aix-en-Provence

Responsable :

M. Pera, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur, Centre d'Etudes des Tunnels.

Conférenciers :

M. Guellec (LCPC).
 M. Hueber (SETEC).
 M. Legrand (CETU).
 M. Londe (Coyne et Bellier).
 M. Loubignac (Omnium d'Entreprises Dumesny et Chapelle).
 M. Louis (BRGM).
 M. Marin (EDF).
 M. Nelva (CETU).
 M. Panet (LCPC).
 M. Raffoux (GERCHAR).
 M. Vouille (Ecole des Mines de Paris).

GESTION DES EAUX ET PLANIFICATION DES ÉQUIPEMENTS

22 au 24 novembre

Orléans

Responsables :

M. Rousset, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Chef du Service Technique de l'Urbanisme, Direction de l'Aménagement Foncier et de l'Urbanisme (DAFU), Ministère de l'Équipement.
 M. Valiron, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie, Professeur, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Conférenciers :

M. Barbet (DDE de Seine-Maritime).
 M. Bozon (DDE de Meurthe-et-Moselle).
 M. Coupy (DDE de Haute-Garonne).
 M. Courant (DDE de Meurthe-et-Moselle).
 M. Emsellem (ARLAB).
 M. Galinou (Agence d'Urbanisme de l'Agglomération Rennaise).
 M. Getti (Services Techniques de Rouen).
 M. Lafond (Direction Générale des Collectivités Locales).
 M. Lefrou (Ministère de la Culture et de l'Environnement).
 M. Lesouef (Agence Financière de Bassin Seine-Normandie).
 M. Levy (DDE de Seine-Saint-Denis).
 M. Maillard (CETE de l'Est).
 M. Marchand (DDE de Seine-Saint-Denis).
 M. Picard (Agence Financière de Bassin Loire-Bretagne).
 M. Pinoit (Agence Financière de Bassin Seine-Normandie).
 M. Roger (Services Techniques de Toulouse).
 M. Suzanne (Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse).
 M. Tenière-Buchot (Agence Financière de Bassin Seine-Normandie).
 M. Ternant (Société d'Équipement du Bassin Lorrain à Metz).
 M. Vernier (Agence Financière de Bassin Artois-Picardie).

L'APPROCHE PAR LE CALCUL DE LA RÉSISTANCE AU FEU DES STRUCTURES :

nécessités - hypothèses - calculs -
évolution

23 au 25 novembre

Paris

Responsable :

M. Desmadryl, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef de la Division de la Réglementation Technique, Direction de la Construction, Ministère de l'Équipement.

Conférenciers :

M. Adam (UTI).
M. Barthélémy (CTICM).
M. Boutin (SOCOTEC).
M. Coin (SAE).
M. Kroupa (CTICM).
M. Leduff (CSTB).
M. Mathez (CSTB).
M. Velut (Direction de la Sécurité Civile).

ORGANISATION DES DÉPLACEMENTS DANS LES CENTRES URBAINS

28 au 30 novembre

Paris

Responsable :

M. Trotignon, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef du Département « Etudes générales », Centre d'Études des Transports Urbains (CETUR).

Conférenciers :

M. Bassière (DEE).
M. Hue (CETE de Rouen).
M. Meykuchel (Communauté Urbaine de Strasbourg).
M. Pelliard (CETUR).
M. Perret (CETUR).
M. Peylet (DDE d'Ille-et-Vilaine).
M. Pierron (CETUR).
M. Rousset (DAFU).
M. Salun (Services Techniques de la Ville d'Alençon).
M. Schaeffer (BERU).
M. Smadja (CETUR).
M. Skriabine (CETUR).
M. Villemain (Coordinateur Ville d'Alençon).

CONDITIONS DE VIE ET DE TRAVAIL SUR LES CHANTIERS SÉCURITÉ ET HYGIÈNE

29 novembre au 1^{er} décembre

Aix-en-Provence

Responsable :

Mme Weill, Chargée de Mission, Sous-Direction de la Commande Publique, Direction du Bâtiment et des Travaux Publics et de la Conjoncture (DBTPC), Ministère de l'Équipement.

Conférenciers :

M. Bois (Ministère du Travail).
M. Boisselier (Société Corporative d'Hygiène et de Sécurité dans les Chantiers).
M. Dentan (OPP - BTP).
M. Joubert (Entreprise Bouygues).

Mme Jurgensen (DBTPC).
M. Leroy (Office Parisien du Bâtiment).
M. Linotte (OPP - BTP).
M. Litasse (Entreprise Bouygues).
M. Marchi (Parquet de Paris).
M. Martin (EPAD).
M. Meunier (Caisse Régionale d'Assurance Maladie de Paris).
M. Nutte (Ministère du Travail).
M. Pigenet (Entreprise Fougerolle).
M. Vallet (OPP - BTP).

ÉLIMINATION DES RÉSIDUS URBAINS

29 novembre au 1^{er} décembre

Aix-en-Provence

Responsables :

M. Affholder, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur, Agence Nationale des Déchets.
M. Loriferne, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, Conseiller Technique auprès du Préfet de la Région d'Île-de-France.

Conférenciers :

M. Agacinski (Service des Mines de l'Île-de-France).
Mme Aloisi (Ministère de la Culture et de l'Environnement).
M. Baguenier (DGCL).
M. Bassalo (Bureau des Etudes des Equipements Publics Ruraux).
M. Collardeau (Service des Problèmes des Résidus Urbains).
M. Emsellem (SEMA).
M. Fouquet (Ingénieur Général des Ponts et Chaussées).
M. Giloux (Carel et Fouché).
M. Gony (BRGM).
M. Julien (TIRU).
M. Labonne (Compagnie Générale d'Entreprises Automobiles).
M. Lafond (DGCL).
M. Millet (BETURE).
M. Pommel (Ministère de la Culture et de l'Environnement).

DÉFAUTS ET DÉSORDRES DU BATIMENT CAUSES - REMÈDES - PRÉVENTION

29 novembre au 1^{er} décembre

Région Parisienne

Responsable :

M. Thibeau, Expert, Professeur à l'École Nationale des Ponts et Chaussées et à l'École Nationale Supérieure d'Architecture.

Conférenciers :

M. Bareau (Entreprise Laurent Bouillet).
M. Cirodde (CEBPT).
M. Coin (SAE).
M. Geoffray (Société Kula).
M. Logeais (Bureau Securitas).
M. Meisser (CATED).
M. Parez (ASQUAF).
M. Queinnec (Société Européenne d'Expertise Industrielle et d'Arbitrage).
M. Rabate (Expert près les Tribunaux).
Maître Zerah (Avocat à la Cour d'Appel).

LE CALCUL DES FONDATIONS FONDATIONS SUPERFICIELLES ET FONDATIONS SUR PIEUX

29 novembre au 2 décembre

Région Parisienne

Responsables :

- M. Baguelin, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef du Département des Sols et Fondations, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- M. Calgaro, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef d'Arrondissement, Division des Ouvrages d'Art, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes.

Conférenciers :

- M. Amar (LCPC).
- M. Haiun (SETRA).
- M. Namy (Société SOLETANCHE).

LES TERRASSEMENTS

5 au 9 décembre

Aix-en-Provence

Responsable :

- M. Planes, Les Chantiers Modernes - Valerian.

Conférenciers :

- M. Audoin (Razel Frères).
- M. Couturier S.E.P.R. (Centre de Gardanne).
- M. Da Costa (Bec Frères).
- M. Daric (Razel Frères).
- M. Debrandère (LRPC de Lille).
- M. Delorme (Bergerat-Monnoyeur).
- M. Ferdy (LRPC d'Aix-en-Provence).
- M. Fourches (S.A. Poclair).
- M. Gabillon (SETRA).
- M. de la Gardette (Groupe Garon) (Bedel).
- M. Girard (Albaret).
- M. Girouy (Scetauroute Caen).
- M. Lambert (CNR).
- M. Martin ((SCREG).
- M. Puig (LRPC de Toulouse).
- M. Puntous (S.A. Frantir).
- M. Savey (CNR).
- M. Schaeffner (LCPC).

AMÉNAGEMENT DES COURS D'EAU A RÉGIME TORRENTIEL

5 au 9 décembre

Perpignan

Responsable :

- M. Estienne, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Chef du Service Central de l'Hydrologie et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement.

Conférenciers :

- M. Belin (DDE des Pyrénées-Orientales).
- M. Blanchet (SOGREAH).
- M. Darnis (DDA des Pyrénées-Orientales).
- M. Dussel (C.E.M.E.T.E. d'Aix-en-Provence).
- M. Ferrand (Service Hydrologique Centralisateur de Toulouse).
- M. Golossoff (DDE des Pyrénées-Orientales).
- M. Lelu (Société Shell).
- M. Morin (SOGREAH).
- M. Ramette (Laboratoire National d'Hydraulique).
- M. Siméon (BCEOM).

CONSTRUCTION ET SÉISMES

6 au 8 décembre

Orléans

Responsable :

- M. Fauchart, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur Consultant, Société d'Etudes Techniques et Economiques, Professeur d'Initiation à la Construction et au Calcul des Constructions, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Conférenciers :

- M. Betbeder (EDF).
- M. Coste (C.E.A.).
- M. Despeyroux (SOCOTEC).
- M. Jalil, SOCOTEC (Bureau SECURITAS).
- M. Levy (SETEC).
- M. Pecker (Société MECASOL).

TRACÉS DES ROUTES ET AUTOROUTES EN RASE CAMPAGNE

6 au 8 décembre

Bordeaux

Responsables :

- M. Farran, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef de l'Arrondissement Etudes et Projets, Division Rase Campagne, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA).
- M. Lugiez, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef d'Agence Scetauroute.
- M. Massenot, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef de la Division Tracés, Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement (CETE) de Bordeaux.

Conférenciers :

- M. Bordonado (SCETAUROUTE).
- M. Chabert (SCETAUROUTE).
- M. Citerne (CETE de Bordeaux).
- M. Collomb (LRPC de Toulouse).
- M. Deniau (SCETAUROUTE).
- M. Désiré (CETE de Nantes).
- M. Diez (SCETAUROUTE).
- M. Fougea (CETE de Nantes).
- M. Gaillard (SCETAUROUTE).
- M. Joyau (Commune de Montaigu), (Vendée).
- M. Olalainty (CETE de Bordeaux).
- M. Pouget (DDE de la Haute-Garonne).
- M. Rat (LCPC).
- M. Spake (SETRA).
- M. Vandevoorde (CETE de Bordeaux).

MÉTHODES ÉNERGÉTIQUES EN MÉCANIQUE DES STRUCTURES

12 au 16 décembre

Aix-en-Provence

Responsable :

- M. Bisch, Ingénieur Civil des Ponts et Chaussées, Société d'Etudes Séchaud et Metz, Maître des Conférences, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC).

Conférenciers :

- M. Anquez (ONERA).
- M. Cercelet (SEEE).
- M. Deschamps (Creusot-Loire).
- M. Hauguel (Electricité de France).
- M. Lemoine (ENPC).

NOMINATIONS

Sont nommés ingénieurs élèves des Ponts et Chaussées, à compter du 1^{er} septembre 1977, les anciens élèves de l'Ecole Polytechnique dont les noms suivent :

M. Bureau Dominique
M. Vidal Philippe
M. Wastiaux Thierry
M. Bursaux Daniel
M. Chappet Didier
M. Allet Jean-Claude
M. Granboulan Jérôme
M. Jean-François Michel
M. Fessard Jérôme
Mlle Gély Anne
M. Landouer Pierre
M. Desrousseaux Jacques
M. Rebeyrotte Eric
M. Douthe Jean-Paul
M. Barbaroux Eric
M. Gerbenne Jean-Louis
M. Legrand Marc
M. Caude Geoffroy
M. Ott Jean-Michel
M. Louis Thierry
M. Petrique Pierre-Louis
M. Ayoun Philippe
M. Avenas Michel
M. du Peloux de Saint-Romain Cyrille
M. Lebental Bruno
M. Jacob Bernard
M. Habib François
M. Vergobbi Bruno
M. Deroubaix Bertrand
M. Branche Robert
M. Dufay Jean-Pierre
M. Mahé Jean-François
M. Himpens Etienne

Décret du 21 juin 77.

M. François Rouille, I.C.P.C. détaché dans l'emploi de DR de la D.D.E. de la Guadeloupe est à compter du 1^{er} septembre 77, nommé DR de la D.D.E. de la Haute-Garonne.

Arrêté du 13 juillet 77.

M. Charles Salva, I.C.P.C., détaché dans l'emploi de Dr. de la D.D.E. de la Haute-Garonne, est à compter du

1^{er} septembre 77, nommé Chef du S.R.E. Midi-Pyrénées.
Arrêté du 13 juillet 77.

Les ingénieurs du Corps des travaux publics de l'Etat, dont les noms suivent, sont nommés et titularisés ingénieurs des Ponts et Chaussées :

M. Denis André
M. Vezinet Jean-Pierre
M. Cagniard Jean
M. Budillon Alain
M. Gérard Claude
M. Madier de Champvermeil Paul
M. Chatain Joël
M. Lorriot Alain
M. Colin Henri.

Arrêté du 27 juillet 77.

M. Raymond Celton, I.P.C. à la D.D.E. de l'Eure, est nommé Dr. de la D.D.E. de la Guadeloupe.

Arrêté du 8 août 77.

M. Henri Billouhet, I.C.P.C., détaché dans l'emploi de Dr. de la D.D.E. des Pyrénées-Atlantiques est à compter du 15 septembre 77, nommé Chef du S.R.E. Aquitaine.

Arrêté du 25 août 77.

M. Emile Quinet, I.C.P.C., est nommé directeur du cabinet du Secrétaire d'Etat à la Jeunesse et aux Sports.
J.O. du 11 juin 1977.

RETRAITES

MM. Raymond Guitonneau et **Yves Aubert**, I.C.P.C. en disponibilité, sont réintégrés pour ordre dans leur administration d'origine et admis sur leur demande à faire valoir leurs droits à la retraite.

Arrêté du 21 juin 77.

M. Aimé Thille, I.C.P.C., en position hors cadres est, à compter du 1^{er} août 77 réintégré pour ordre dans son administration d'origine et admis sur sa demande à faire valoir ses droits à la retraite.

Arrêté du 27 juillet 77.

DECISIONS

M. Le Picard, I.P.C., Directeur de l'Ecole Nationale des Techniciens de l'Equipement, est chargé, en sus de ses fonctions, d'assurer l'harmonisation des enseignements dispensés dans les deux établissements d'Aix en Provence et de Montpellier ainsi que des méthodes pédagogiques mises en œuvre.

Arrêté du 15 juin 77.

M. Gérard Blachère, I.G.P.C., en service détaché auprès du Centre scientifique et technique du bâtiment, est à compter du 1^{er} juillet 77 réintégré pour ordre dans son administration d'origine et mis à la disposition du Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat.

Arrêté du 11 juillet 77.

M. Michel Giacobino, I.P.C., à la D.D.E. de Seine-Saint-Denis, est à compter du 1^{er} juillet 77 mis à la disposition du Ministère de la Culture et de l'Environnement pour y être chargé de l'atelier central de l'Environnement.

Arrêté du 11 juillet 77.

M. Georges Benghouzi, I.C.P.C. est à compter du 1^{er} mars 77 mis à la disposition de la Cour des Comptes pour y exercer les fonctions de Rapporteur à plein temps.

Arrêté du 12 juillet 77.

M. Georges Reverdy, I.C.P.C. est à compter du 1^{er} mars 77, mis à la disposition de la Cour des Comptes pour y exercer les fonctions de Rapporteur à plein temps.

Arrêté du 12 juillet 77.

M. Alain Jausseme, I.P.C. est à compter du 1^{er} janvier 77, mis à la disposition de la Cour des Comptes pour y exercer les fonctions de Rapporteur à plein temps.

Arrêté du 12 juillet 77.

M. Raymond Perret, I.G.P.C., chef du S.R.E. Midi-Pyrénées, est à compter du 1^{er} septembre 77, réintégré dans son corps d'origine et mis à la disposition de l'Agence Nationale pour l'amélioration de l'habitat.

Arrêté du 13 juillet 77.

M. Jean-Paul Alduy, I.P.C. en service détaché auprès de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région Ile-de-France, est à compter du 1^{er} septembre 77, réintégré dans son Administration d'origine et affecté à la D.D.E. du Val-de-Marne en qualité de chargé de mission auprès du Directeur.

Arrêté du 20 juillet 77.

M. Jean Mills, I.C.P.C., au service d'études techniques des Routes et Autoroutes, est à compter du 15 juin 77, affecté à la Direction des routes et de la circulation routière en qualité d'adjoint du Directeur.

Arrêté du 20 juillet 77.

M. Michel Pariat, I.P.C. est à compter du 15 juillet 77, placé en service détaché pour une période de 5 ans éventuellement renouvelable, auprès de la société d'économie mixte pour la construction de logements économiques pour un emploi de directeur.

Arrêté du 22 juillet 77.

M. Jacques Fischer, I.P.C., en service détaché auprès du Port autonome de Nantes Saint-Nazaire en qualité de directeur de l'exploitation et travaux neufs, est à compter du 1^{er} juin 77 maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions auprès de cet organisme.

Arrêté du 25 juillet 77.

M. Georges Chaix, I.P.C. en service détaché auprès du Crédit Lyonnais en qualité d'ingénieur conseil est à compter du 1^{er} juillet 77 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 8 août 77.

M. Lucien Gallas, I.P.C., en service détaché auprès de la ville de Marseille en qualité de chef de l'agence d'urbanisme, est à compter du 1^{er} mars 77 maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions auprès de cette ville pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable.

Arrêté du 8 août 77.

M. Michel Ficheur, I.P.C., en service détaché auprès de l'établissement public d'aménagement de la ville nouvelle de Lille Est en qualité de directeur des projets, est à compter du 16 septembre 77 maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions auprès de cet organisme pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable.

Arrêté du 8 août 77.

M. Christian Parent, I.P.C. au Centre d'études techniques de Lyon, est à compter du 1^{er} juillet 77, mis à la disposition du Bureau central d'études pour les équipements d'outre-mer pour y exercer les fonctions de chef de la mission d'entretien routier en Iran.

Arrêté du 8 août 77.

M. Christian Maisonnier, I.P.C. est à compter du 11 octobre 76, placé en service détaché pour une période de deux ans auprès du Ministère des Affaires Etrangères pour exercer les fonctions de son grade au Maroc, au titre de la coopération.

Arrêté du 11 août 77.

M. Jacques Roudier, I.P.C., mis à la disposition de l'Institut de Recherche des Transports, est à compter du 1^{er} octobre 77, réintégré dans son administration d'origine et affecté à l'administration centrale, direction des Ports maritimes et des voies navigables, service économique et financier.

Arrêté du 12 août 77.

M. Jean-François Coste, I.C.P.C., en service détaché auprès de l'agence

foncière et technique de la région parisienne, est à compter du 1^{er} septembre 77 réintégré dans son administration d'origine et affecté à la D.D.E. des Hauts-de-Seine pour y être chargé du groupe infrastructures.

Arrêté du 19 août 77.

Les ingénieurs élèves des Ponts et Chaussées dont les noms suivent reçoivent les affectations suivantes à compter du 1^{er} septembre 77 :

M. d'Annunzio Dario, affecté provisoirement à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

M. Bancourt Pascal, D.D.E. Alpes-Maritimes, chargé de l'Arrondissement Entretien et Exploitation de la Route.

M. Bauchot Philippe, D.D.E. Deux-Sèvres, chargé du Groupe d'Etudes et de Programmation.

M. Bouchard Georges, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat - Service Interdépartemental de l'Industrie et des Mines.

M. Boutot Alain, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat. Direction du Gaz, de l'Electricité et du Charbon.

M. Cléret Christian, mis à la disposition du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

M. Delcambre Bertrand, affecté provisoirement à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

M. Dupont Charles, mis à la disposition de l'Administration Générale de l'Assistance Publique de Paris.

Mme Dupont Elisabeth, Direction de l'Aménagement Foncier et de l'Urbanisme.

M. Duthilleul Jean-Marie, affecté provisoirement à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

M. Gaillot Jean-Claude, mis à la disposition du Ministère de la Culture et de l'Environnement. Direction de la Prévention, des Pollutions et des Nuisances.

M. Girardot Philippe, Direction des Routes et de la Circulation Routière. Service de l'Exploitation Routière et de la Sécurité.

Mlle Gontier Nicole, S.R.E. Ile-de-France. Groupe Spécialisé Informatique.

M. Gounon Jacques, D.D.E. Indre-et-Loire. Chargé de l'Arrondissement Opérationnel.

Gounot Denis, D.D.E. Eure. Chargé de l'Arrondissement Opérationnel.

M. Guilhaudin Patrick, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat. Service Interdépartemental de l'Industrie et des Mines.

M. Mesqui Jean, Service d'Etudes des Routes et Autoroutes. Division Rase Campagne.

M. Millan Angel, Service d'Etudes des Routes et Autoroutes. Division Ouvrages d'Art B.

M. Petitjean Alain, Service Technique des Ports Maritimes et des Voies Navigables.

M. Prolongeau Bernard, D.D.E. Landes. Chargé de l'Arrondissement Fonctionnel.

M. Richard Jean-Michel, affecté provisoirement à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

M. Roche Max, affecté provisoirement à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

M. Scherman Daniel, mis à la disposition du Centre National de la Recherche Scientifique.

M. Scherrer Paul, D.D.E. Seine-Maritime. Chargé de l'Arrondissement Maritime de Dieppe.

M. Schuhl Jean-Claude, D.D.E. Moselle. Chargé de l'Arrondissement Grands Travaux I.

M. Serre Paul, C.E.T.E. de Lyon. Département Etudes Urbaines.

M. Simon Bernard, D.D.E. Ardennes. Chargé de l'Arrondissement Opérationnel.

M. Velter Gérard, Service Maritime et de la Navigation du Languedoc-Roussillon.

M. Claude Fouilloux, I.P.C. au centre d'études techniques de l'équipement de Lille est à compter du 1^{er} octobre 77, mis à la disposition de l'institut de recherche des transports à Lyon.

Arrêté du 19 août 77.

M. Jean-François Janin, I.P.C., en service détaché au Ministère de la Culture et de l'Environnement est à compter du 1^{er} août 77 réintégré dans son administration d'origine et mis à la disposition du Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat - service interdépartemental de l'Industrie et des Mines d'Auvergne Limousin.

Arrêté du 19 août 77.

M. Georges Lacroix, I.C.P.C. en service détaché auprès de la ville de Marseille en qualité de Directeur des Services techniques, est à compter du 1^{er} janvier 77 maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions pour une période de cinq ans.

Arrêté du 22 août 77.

M. Joël Maurice, I.P.C. en service détaché auprès du Ministère des Affaires Etrangères est à compter du 23 septembre 77 réintégré dans son administration d'origine et mis à la disposition du Commissariat Général du Plan d'équipement et de la productivité.

Arrêté du 25 août 77.

M. Christian Queffelec, I.P.C., à la direction de l'aménagement foncier et de l'Urbanisme est à compter du 1^{er} octobre 77 mis à la disposition du centre scientifique et technique du Bâtiment pour y exercer les fonctions de son grade.

Arrêté du 26 août 77.

M. Jean-Louis Ollé, I.P.C., en service détaché auprès de l'office français de Coopération pour les chemins de fer et le matériel d'équipement est à compter du 5 août 77, réintégré dans son administration d'origine et affecté provisoirement à la D.D.E. de la Meuse.

Arrêté du 29 août 77.

MUTATIONS

M. Eugène Hornus, I.P.C., à la D.D.E. d'Indre-et-Loire, est à compter du 1^{er} septembre 77, muté à l'administration centrale, service des affaires économiques et internationales.

Arrêté du 11 juillet 77.

M. Maurice Bourges, I.C.P.C., à la D.D.E. du Nord, est à compter du 1^{er} octobre 77, muté à la D.D.E. de la Somme, en qualité de chargé de mission auprès du Directeur.

Arrêté du 11 juillet 77.

M. Raymond Ouradou, I.P.C., à la D.D.E. des Landes est à compter du 1^{er} septembre 77, muté à la D.D.E. des Pyrénées-Orientales pour y être chargé du groupe « Infrastructures ».

Arrêté du 20 juillet 77.

M. Armand Basset, I.P.C., au S.R.E. Pays de la Loire, est à compter du 1^{er} août, muté à l'administration centrale, direction du personnel et de l'organisation des services pour y être chargé de la sous-direction de la politique du personnel et de l'organisation des services et du groupe méthodes et techniques de gestion.

Arrêté du 20 juillet 77.

M. Robert Pierron, I.P.C., à la D.D.E. des Vosges, est à compter du 1^{er} août 77, muté, en qualité d'adjoint au chef du S.R.E. Champagne-Ardenne.

Arrêté du 20 juillet 77.

M. François Baguelin, I.P.C., au Laboratoire central des Ponts et Chaussées, est à compter du 1^{er} août 77, muté de la résidence de Paris à celle du Bougenais (Loire-Atlantique).

Arrêté du 21 juillet 77.

M. Espérance Fenzy, I.P.C., à la D.D.E. du Calvados, est à compter du 1^{er} octobre 77, muté au service technique des Phares et Balises en qualité de chef du service.

Arrêté du 5 août 77.

M. Vincent Amiot, I.P.C. à la D.D.E. de l'Eure, est à compter du 1^{er} septembre 77, muté à la D.D.E. de la Seine-Maritime pour y être chargé de l'arrondissement opérationnel.

Arrêté du 5 août 77.

M. Pierre Chantereau, I.P.C., à la D.D.E. du Loiret, est à compter du 1^{er} octobre 77, muté à la D.D.E. de la Somme en qualité d'adjoint au Directeur.

Arrêté du 8 août 77.

M. Christian Binet Tarbes de Vauxclairs, I.P.C., au S.R.E. Ile-de-France, est à compter du 1^{er} octobre 77, muté à la D.D.E. du Nord, pour y être chargé du groupe conseil de gestion et programmation.

Arrêté du 19 août 77.

M. Dominique Cyrot, I.C.P.C., à la direction du personnel et de l'organisation des services, est à compter du 1^{er} octobre 77, muté à la D.D.E. de la Côte-d'Or en qualité de chargé de mission auprès du Directeur.

Arrêté du 25 août 77.

M. Michel Delhommez, I.P.C., au centre d'études techniques de l'équipement de Lille, est à compter du 1^{er} octobre 77, muté à la D.D.E. du Calvados en qualité d'adjoint au Directeur.

Arrêté du 29 août 77.

DECES

On nous prie de faire part du décès de **M. Georges Drouhin**, ingénieur général des Ponts et Chaussées, survenu le 2 août 77 à Paris.

Jean-Louis Oliver a la douleur de faire part du décès de sa mère, épouse d'Urbain Oliver, Ingénieur des Ponts et Chaussées, décédé en 1965, le 6 août 77.

Nous avons le regret de faire part du décès survenu le 14 août 77 à l'âge de 21 ans de **Brigitte Frybourg**, fille de notre camarade Michel Frybourg, Directeur de l'I.R.T.

On nous prie de faire part du décès de **M. Pierre Peltier**, I.G.P.C., ancien Directeur des Ports maritimes et des Voies navigables, ancien Président de Poliet et Chausson, survenu au mois d'août 1977.

Nous avons le regret de faire part du décès de **Mme Aimé Blondin**, mère de notre camarade Pierre Blondin, le 21 septembre 1977.

Nous présentons à leurs familles toutes nos condoléances.

Offre d'emploi

Entreprise Bâtiment très bonne réputation région parisienne recherche

INGENIEUR 35 ANS minimum

Grande expérience professionnelle pour assurer la Direction Générale de l'Entreprise.

Spécialité de travaux grand standing.

Travaux d'entretien et travaux spéciaux de reprise en sous-œuvre.

Poste d'avenir pour ingénieur expérimenté souhaitant responsabilité complète dans entreprise moyenne (C.A. 25 Millions NF.)

Adresser C.V. détaillé et manuscrit à N° 28.402 CONTESSE Publicité, 20, avenue de l'Opéra, 75040 Paris Cedex 01.



COMPAGNIE FRANÇAISE DE PHOTO AERIEENNE

- photogrammétrie cartographique
- photo interprétation
- télédétection
- projections axonométriques
- projections parallèles frontales
- panoramiques
- obliques
- épreuves couleur et N et B
- applications industrielles et publicitaires
- ouvrages d'art
- réseau routier

**Service Technique et Commercial
Laboratoire d'Exécution - Etudes
B.P. 6028 - 14001 CAEN CEDEX**

Tél. : 85.72.72



COMPAGNIE FRANÇAISE DE PHOTO AERIEENNE

RÉPERTOIRE DÉPARTEMENTAL DES ENTREPRISES

SUSCEPTIBLES
D'APPORTER
LEUR CONCOURS
AUX ADMINISTRATIONS
DES PONTS
ET CHAUSSÉES

ET A TOUS LES AUTRES
MAITRES D'OUVRAGES PUBLICS
PARAPUBLICS ET PRIVÉS

01 AIN

Concessionnaire des planchers
et panneaux dalles « ROP »

Les Préfabriques Bressanes

01-CROTTET - R.N. 79 près de Mâcon
Tél. 29 à Bagé-le-Châtel

05 HAUTES-ALPES

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE
DU MIDI**

Tous travaux routiers

Route de Marseille - 05001 GAP - B.P. 24
Télex : ROUTMIDI 430221
Tél. : (92) 51.60.31

13 BOUCHES-DU-RHÔNE

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE
DU MIDI**

Tous travaux routiers

Zone Industrielle - 13290 LES MILLES
Tél. : (42) 26.14.39
Télex : ROUTMIDI 410702

20 CORSE

**ENTREPRISE DE
TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENTS**
RABISSONI s.a.
Société anonyme au capital de 100.000 Francs
Gare de Mezzana - Plaine de Peri
20000 SARROLA-CARCOPINO

SOCIÉTÉ T.P. ET BATIMENT
Carrière de BALEONE
Ponte-Bonello par AJACCIO
Tél. 27.80.80 Ajaccio
Vente d'agréments et matériaux de viabilité
Tous travaux publics et Bâtiment

26 DRÔME

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE
DU MIDI**

Tous travaux routiers

Route de Mours
26101 ROMANS - B.P. 9
Télex : ROUTMIDI 345703
Tél. : (75) 02.22.20

38 ISÈRE

- CHAUX VIVE
- CHAUX ÉTEINTE
- 50/60 % Ch. Libre
- CHAUX SPÉCIALE pr enrobés
- 20/30 % Ch. Libre
- CARBONATE DE CHAUX
- (Filler Calcaire)

Broyeur
à boulets

Soc de CHAUX et CEMENTS
38 - SAINT-HILAIRE DE BRENS

39 JURA

Soc d'Exploitations et de Transports PERNOT
Préfabrication - Béton prêt à l'emploi
Rue d'Ain, 39-CHAMPAGNOLLE Tél. 83

Soc des carrières de Moisse
39-MOISSEY

59 NORD

Ets François BERNARD et Fils
MATÉRIAUX DE VIABILITÉ :
Concessés de Porphyre, Bordures, Pavés en
Granit, Laitier granulé, Sables.
50, rue Nicolas-Leblanc - LILLE
Tél. : 54-66-37 - 38 - 39

62 PAS-DE-CALAIS

BEUGNET
(Sté Nouvelle des Entreprises)
S.A. au Capital de 5.200.000 F
TRAVAUX PUBLICS
53, bd Faidherbe - 62000 ARRAS

63 PUY-DE-DÔME

BÉTON CONTRÔLE DU CENTRE
191, a. J.-Mermoz, 63-Clermont-Ferrand
Tél. : 82-48-74.
Pont de Vaux, 03-Estivareilles
Tél. : 06-01-95.
BÉTON PRÊT A L'EMPLOI
Départ centrale ou rendu chantiers par
camions spécialisés « Trucks Mixers »

67 BAS-RHIN

EXPLOITATION DE CARRIÈRES DE GRAVIERS
ET DE SABLES -- MATÉRIAUX CONCASSÉS
Gravière du Rhin Sessenheim
S.A.R.L. au Capital de 200.000 F
Siège social : 67-SESSENHEIM
Tél. : 94-61-62
Bureau : 67-HAGUENAU, 13, rue de l'Aqueduc
Tél. : 83-82-15

93 SEINE-SAINT-DENIS

S.A.R.L. DEVAUDEL
**FOURNITURES
INDUSTRIELLES**
73-75, rue Anselme - 93400 SAINT-OUEN
Tél. 254.80.56 +

94 VAL-DE-MARNE

ENTREPRISES
QUILLERY SAINT-MAUR
GÉNIE CIVIL -- BÉTON ARMÉ
-- TRAVAUX PUBLICS --
8 à 12, av. du 4-Septembre - 94100 Saint-Maur
Tél. 883.49.49 +

FRANCE ENTIÈRE

 **Compagnie Générale
des Eaux**
Exploitation : EAUX
ASSAINISSEMENT
ORDURES MÉNAGÈRES
CHAUFFAGE URBAIN
52, r. d'Anjou - 75008 PARIS - Tél. 266.91.60



RINCHEVAL

SOISY-SOUS-MONTMORENCY (Val-d'Oise) - Tél. : 989.04.21 +

TOUS MATERIELS DE **STOCKAGE, CHAUFFAGE ET EPANDAGE**
DE **LIANTS HYDROCARBONES**

ÉPANDEUSES avec rampe

- Eure et Loir
- Jets multiples à commande pneumatique

POINT A TEMPS

- Classiques
- Amovibles
- Remorquables



Équipement épandeur à transmission hydrostatique et rampe à commande pneumatique

STOCKAGE et RÉCHAUFFAGE de liants :

- Citernes mobiles
- Spécialistes de l'équipement des installations fixes

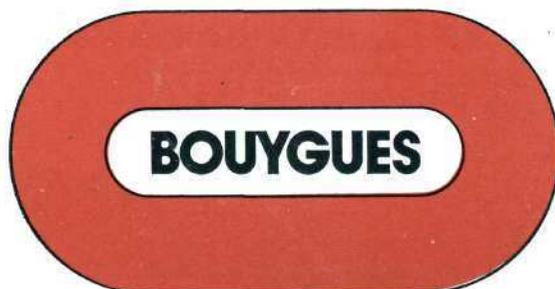
(300 réalisations)

DEPUIS 1911, LES ÉTABLISSEMENTS RINCHEVAL CONSTRUISENT DES MATÉRIELS D'ÉPANDAGE



Centrale traitement des matériaux pour la construction de la Ville Nouvelle de 5 000 logements à MALI ABAD (Iran)

Bouygues est aujourd'hui l'un des premiers groupes français de bâtiment et de travaux publics. Son dynamisme commercial, sa politique de diversification, sa maîtrise des techniques et la rigueur de sa gestion, lui ont assuré une croissance rapide et ordonnée. Initialement implanté en région parisienne, le Groupe couvre l'ensemble du territoire français et accentue le développement de ses activités à l'étranger, notamment en Afrique et au Moyen-Orient.



Pour information : poste 641

BATIMENT TRAVAUX PUBLICS

S.A. AU CAPITAL DE 60 000 000 DE FRANCS
381 AVENUE DU GENERAL DE GAULLE
92142 CLAMART, 630 23 11