

1969

ISSN 0397 4634

constructions mécaniques

Très proches collaborateurs



Ce type de transport n'est pas autorisé mais, contact, collaboration et esprit d'équipe, c'est le type de relations que nous aimons entretenir avec nos très proches collaborateurs.

A chacun son standing.

Alors, avis à tous les Ingénieurs débutants, ENPC, MINES, SCREG ROUTES vous propose de diriger une entreprise en 5/8 ans. Si cette offre vous intéresse, rejoignez notre équipe en écrivant dès maintenant à SCREG ROUTES, Direction du Personnel Immeuble Neuilly-Défense, 50 rue Arago, 92817 Puteaux. Tél. 775.68.88.



sommaire

Directeur de la publication :

M. BELMAIN
 Président de l'Association

Administrateur délégué :

Philippe AUSSOURD
 Ingénieur
 des Ponts et Chaussées

Rédacteurs en chef :

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

Secrétaire générale de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE du PREY

Assistante de rédaction :

Eliane de DROUAS

Rédaction - Promotion Administration :

28, rue des Saints-Pères
 Paris-7^e - 260.25.33

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

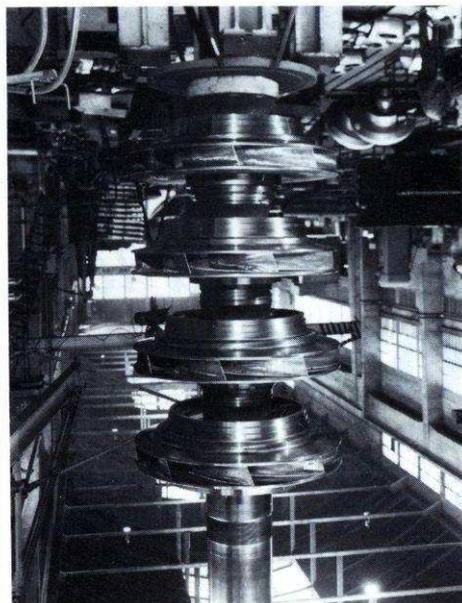
Abonnements :

- France **225 F** (TTC).
 - Etranger **225 F** (frais de port en sus).
- Prix du numéro : **24 F**
 dont T.V.A. : 4 %.

Publicité :

Responsable de la publicité :
 H. BRAMI

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



dossier

Editorial
 par P. GADONNEIX 9

Le secteur de la construction
 mécanique
 par J. NETTER 10

Les diesels marins
 par G. DUREAULT 12

Evolution future des turbines à
 vapeur et des cycles à combusti-
 ble fossile
 par G. RIOLLET et J.C. FRANC . 14

Les turbines hydrauliques
 par F. de VITRY 20

rubriques

La vie du Corps des Ponts et Chaussées

Formation Continue ENPC 24

Lu pour vous 25

Mouvements 27

Présentation du Livre
 "PONTS de FRANCE" 28

Couverture :

Le TRUEL : turbine-pompe
 bi-étage réglable - Photo Neyrpic.

L'Association Nationale 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.

La publicité
de la Revue

PCM

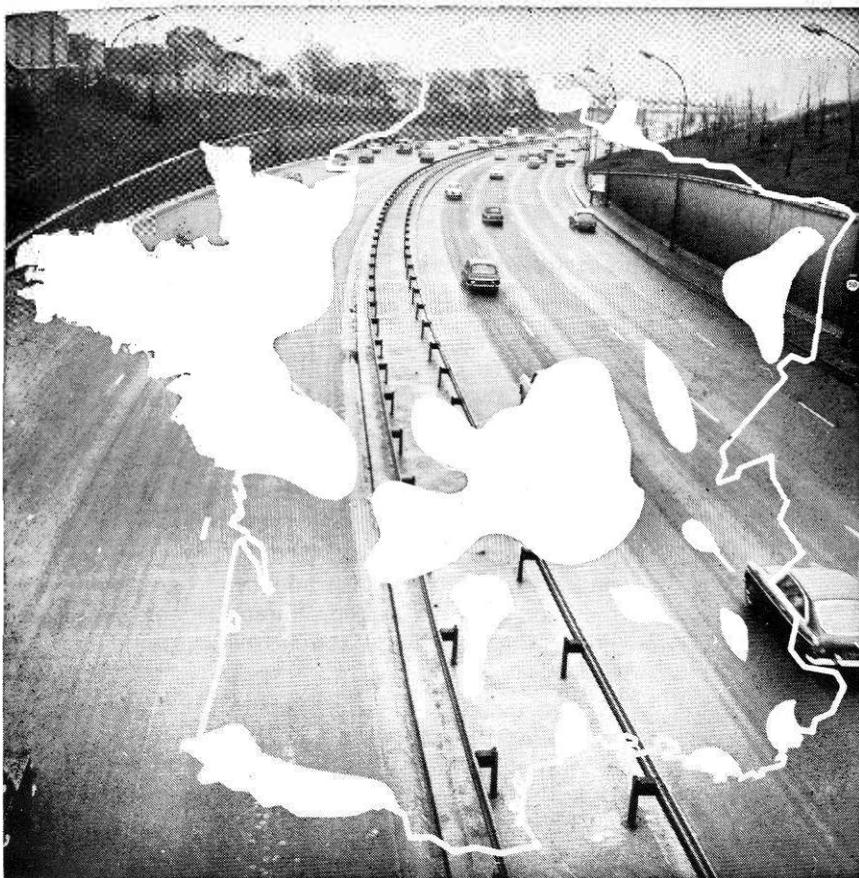
a été confiée à la Société

OFERSOP

responsable **Monsieur H.-BRAMI**

8, Boulevard Montmartre 75009 Paris

Tél. : 824.93.39



**partout en France
la qualité
c'est notre affaire**

STYVON PUBLICATIONS PARIS 65

SYNDICAT NATIONAL DES
**PRODUCTEURS DE MATERIAUX D'ORIGINE ERUPTIVE,
CRISTALLOPHYLLIENNE ET ASSIMILES**

3, rue Alfred-Roll - 75849 PARIS CEDEX 17
Tél. : 766.03.64

Un tiers du sol national recèle des gisements de valeur.

**BOURDIN
&
CHAUSSE**

**ROUTES
AUTOROUTES
VOIRIE
RÉSEAUX DIVERS**

40 centres de travaux en
FRANCE et à l'ÉTRANGER

Siège social
35, rue de l'Ouche-Buron - 44300 Nantes
Tél. : (40) 49.26.08

Direction générale
36, rue de l'Ancienne-Mairie - 92100 Boulogne
Tél. : 605.78.90

**ATELIERS ET CHANTIERS
REUNIS DU HAVRE ET DE
LA ROCHELLE PALlice**

- *Construction de navires spécialisés :*
*Transbordeurs - Car Ferries,
transports de gaz, produits chimiques,
navires câbliers et océanographiques*
- *Système de levage et de manutention*
- *Stabilisateurs de roulis de tous types*

••••

**30, rue J.J. — Rousseau
76090 LE HAVRE**

☎ (35) 26.81.77

Télex : 190 322 F

1982

ANNUAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES

INGÉNIEURS DU CORPS - INGÉNIEURS CIVILS

Téléphone : 260.25.33

Téléphone : 260.34.13

ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

28, RUE DES SAINTS-PÈRES - PARIS 7^e

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées jouent, par vocation, un rôle éminent dans l'ensemble des Services des Ministères des Transports, de l'Urbanisme et du Logement.

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

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

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

Vous pouvez vous procurer l'édition 1982 qui vient de sortir, en utilisant l'imprimé ci-contre.

Nous nous attacherons à vous donner immédiatement satisfaction.

BON DE COMMANDE

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

CONDITIONS DE VENTE

Prix 270,00 F
T.V.A. 17,60 47,50 F
Frais d'expédition en sus 25,00 F

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

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

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

BUREAU VERITAS

Fondé en 1828

Le **BUREAU VERITAS** est une Société Internationale de Classification et de Contrôle qui est spécialisée dans le contrôle technique sous toutes ses formes.

Le **BUREAU VERITAS** peut intervenir dans tous les pays industriels du monde et travaille en toute indépendance en vue de la Sécurité des matériels et des ouvrages.

Les contrôles qu'il effectue sur les navires, sur les aéronefs, sur les constructions immobilières, dans les usines, ont pour but de vérifier la conformité des ouvrages.

- soit avec des Conventions internationales — • soit avec des Réglementations nationales
- soit avec ses propres Règlements

Ses interventions font l'objet de reconnaissance ou d'agrément de la part de plus de 80 gouvernements.

**SIÈGE SOCIAL : 31, rue Henri-Rochefort
75821 Paris Cedex 17
Tél. : 766.51.05**

**SERVICE 2, avenue Hoche 75008 Paris
AERONAUTIQUE : Tél. : 227.88.10
Télex : 290226 Veritas Paris**



FONDASOL ETUDES

(BUREAU D'ÉTUDES, LABORATOIRES)

290, rue des Galoubets — B.P. 612
84031 AVIGNON CEDEX

☎ (90) 31.23.96 — TELEX : 431.344 FONDASOL MT FAV.

FONDASOL EST

(BUREAUX D'ÉTUDES, LABORATOIRES)

1, rue des Couteliers 57070 METZ

☎ (8) 736.16.77 — TELEX : 860.695 FONDASOL METZ

FONDASOL ATLANTIQUE

(BUREAUX D'ÉTUDES)

8, avenue de la Brise - NANTES 44700 ORVAULT

☎ (40) 59.32.44 — TELEX : 710.567 FONDATL.

FONDASOL CENTRE

(BUREAUX D'ÉTUDES)

Z.I. Nord - 23, r. Ferrée 71530 CHALON/S/SAONE

☎ (85) 46.14.26 — TELEX : 800.368 FONDASO

FONDASOL INTERNATIONAL

(BUREAU D'ÉTUDES)

5 bis, rue du Louvre 75001 PARIS

☎ 260.21.43 et 44 — TELEX : 670.230 FONDASOL PARIS

FONDASOL A LILLE

201, rue Colbert - Bât. 2 59800 LILLE

☎ (20) 57.01.44 — TELEX : 120.984 FONDIL

FONDASOL A BORDEAUX

2, boulevard Pierre 1^{er} 33000 BORDEAUX

☎ (56) 81.24.67 — TELEX : 541.493 FONDABX

FONDASOL A LYON

111, rue Massena 69006 LYON LA PART-DIEU

☎ (7) 824.28.33 — TELEX : 330.545 FONDLY

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

TORKRET

TRAVAUX SPÉCIAUX

Siège Social et Agence Ile-de-France
Zone Industrielle des Marais
22, rue des Osiers
Coignières
78310 MAUREPAS
Tél. (3) 461.98.08
Télex : 698020

LE SPECIALISTE DES MALADIES DU BETON ARME ET DES MAÇONNERIES

- Réparation et consolidation d'ouvrages d'art en béton ou en maçonnerie
- Travaux souterrains
- Soutènement de parois rocheuses
- Réparations après incendie
- Boulonnage - Injections
- Mise en œuvre de résine
- Rejointement projeté

Agence Provence-Côte d'Azur
87, rue Jean-Perrin
13763 LES MILLE — Cédex
Tél. : (91) 41.44.67

Agence Rhône-Alpes
17, rue Ampère
69680 CHASSIEU
Tél. : (7) 890.24.84
Télex : 310 164

Spécialistes de Matériel de Télécommunications
étanches et blindés



TELEPHONIE
SIGNALISATION
SONORISATION
INTERPHONIE
BRANCHEMENT ET
ACCESSOIRES...

TÉLÉPHONES LE LAS

☎ (1) 734.85.96

131, rue de Vaugirard 75015 PARIS
TELEX LE LAS 250 303 PUBLIC PARIS

TERBAL®

TERBAL-SURF POUR COURTS COUVERTS

TERBAL-POR POUR COURTS EXTERIEURS

les tennis

ALAVOINE

20, rue Notre-Dame
94150 RUNGIS

☎ (1) 687.09.78*

BROSSERIE A FAÇON

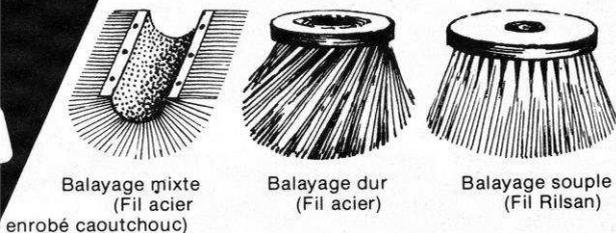
**POUR ENGINS DE VOIRIE
ET DE CHANTIERS,
TOUTES MARQUES**

Un choix de solutions,
en modèles standard ou spéciaux
(étude et réalisation
sur plans)

**brosserie
nilleres**

Un département de L.M.V.
LE MATÉRIEL DE VOIRIE
43, rue Michel-Carré
95101 ARGENTEUIL CEDEX
Tél. (3) 961.83.55
Télex 695 077

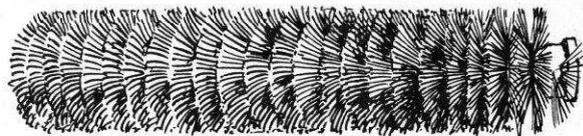
LE MATERIEL DE VOIRIE



Balayage mixte
(Fil acier
enrobé caoutchouc)

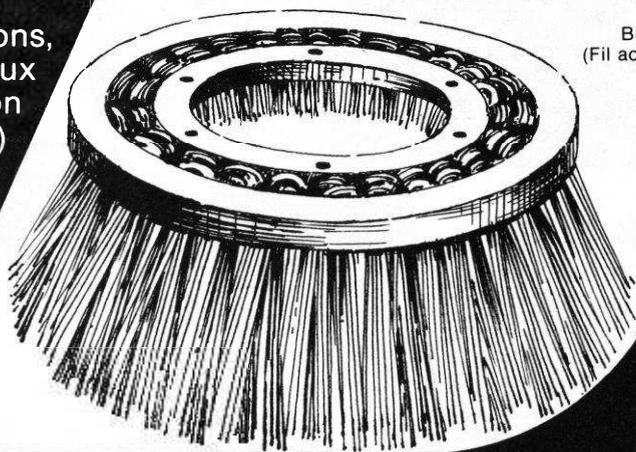
Balayage dur
(Fil acier)

Balayage souple
(Fil Rilsan)

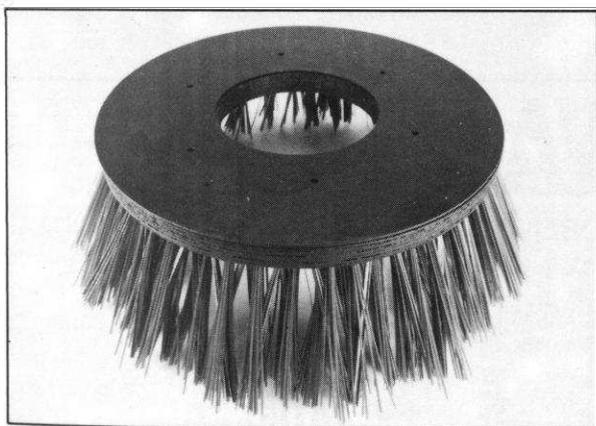


Balai central : différentes possibilités de garnissage

Balayage mixte
(Fil acier et Rilsan)



ball publicite



BROSSERIE TECHNIQUE POUR ENGINS DE VOIRIE ET DE CHANTIERS

La société **LE MATERIEL DE VOIRIE** vient de créer un nouveau département "BROSSERIE" prévoyant la fabrication et la commercialisation de nombreux modèles de balais latéraux, transversaux, balais arrière cylindrique avec différentes qualités de garnissage, selon que l'on recherche plus ou moins de souplesse ou de dureté (fil acier - acier enrobé caoutchouc - Rilsan - mixte acier/Rilsan).

Outre cette gamme diversifiée de modèles standard offrant un choix de solutions au stade de la première monte comme au stade de la réparation ou de l'entretien, ce fabricant est en mesure d'assurer l'étude et la réalisation de tous modèles spéciaux sur plans.

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

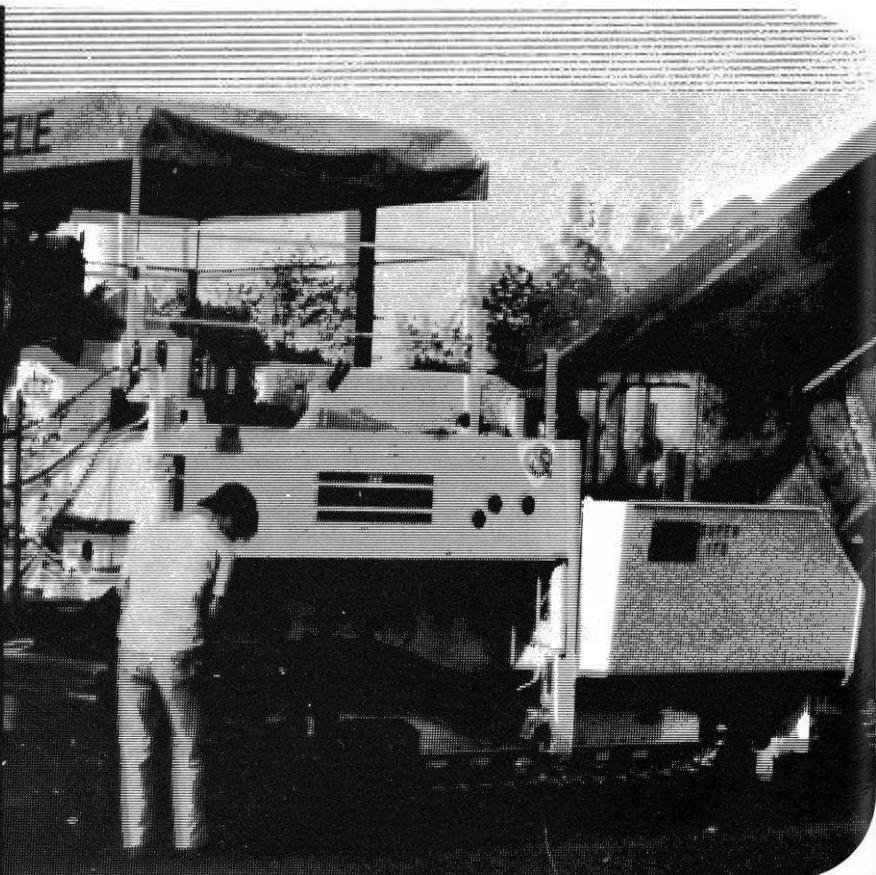


tapiprène

enrobés
aux élastomères

SCR
CHIMIQUE DE LA ROUTE

5 avenue morane saulnier 78141
Velizy Villacoublay CEDEX
boite postale n°21 téléphone 946 96 60



RINCHEVAL

95230 SOISY-SOUS-MONTMORENCY (FRANCE)
Tél. : (3) 989.04.21 — Télex : 697 539 F

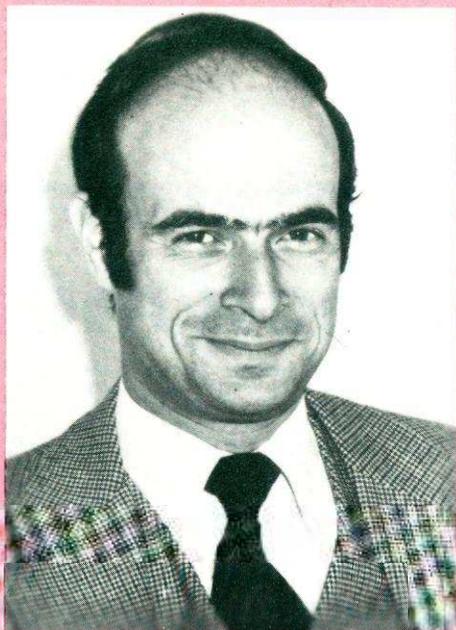


**MATÉRIEL DE
STOCKAGE
CHAUFFAGE**

ET

**ÉPANDAGE DE LIANTS
HYDROCARBONES**

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



EDITORIAL

par Pierre GADONNEIX,
Directeur des Industries Métallurgiques, Mécaniques et Electriques

A en croire certains, la mécanique serait le symbole même de l'industrie traditionnelle : automatisation des structures du fait de la prédominance des PMI, importance du savoir-faire transmis en atelier, faible pénétration des technologies nouvelles, absence de séries du fait de l'extrême variété des demandes de la clientèle.

La mécanique, par tous ces traits, ne serait ainsi, dans cette fin de siècle dominée par l'informatique et l'électronique, qu'un héritage des précédentes révolutions industrielles.

En fait, la réalité est tout autre, à deux titres au moins :

— La mécanique est si peu une industrie du passé, qu'on constate une étroite corrélation entre le degré de développement industriel d'un pays et l'importance de sa mécanique ; l'exemple allemand est présent à tous les esprits, mais il est loin d'être unique : les mécaniques américaine, japonaise et italienne ont connu, au cours des dernières années, un développement à due proportion de la croissance de leurs économies respectives, tandis que la mécanique anglaise régressait parallèlement aux difficultés économiques de ce pays.

Cette corrélation n'a rien d'étonnant : la mécanique s'identifie, pour une très large part, à l'industrie des biens d'équipement. Or, les gains de productivité et la compétitivité d'une industrie sont très

largement liés à la qualité des outils de production dont elle dispose.

Et si ces outils sont acquis à l'étranger, il est clair que l'industrie qui les emploie se trouve de fait, liée aux technologies dont disposent ses concurrents internationaux.

— La mécanique connaît depuis quelques années une évolution technique de première importance ; et le rapport de l'Académie des Sciences consacré à cette industrie a eu raison de souligner que la mécanique sera confrontée, à coup sûr, au cours de l'actuelle décennie, à une véritable mutation, tant de ses produits du fait de "l'invasion" de l'électronique et des microprocesseurs, que de ses méthodes de production avec toutes les techniques assistées par ordinateur.

Cela ne relèguera en rien la mécanique au rang des industries accessoires. L'Académie qui a fortement insisté sur ce point, l'a illustré par de nombreux exemples montrant que dans les ensembles complexes, la partie la plus délicate à concevoir et à fabriquer relève de la mécanique.

La mécanique française n'est pas à l'écart de ce grand mouvement d'évolution. Elle a, en particulier, poursuivi depuis dix ans, un remarquable effort d'ouverture vers les marchés étrangers ; on ne sait pas assez qu'elle

exporte aujourd'hui la moitié de sa production et qu'elle est, avec un solde commercial de 15 milliards de francs, au second rang, derrière la construction automobile, des industries qui apportent leur contribution à notre balance en devises.

La mécanique française doit poursuivre sa progression et, à cette fin, s'adapter au défi technique que j'évoquais plus haut.

C'est pour la machine-outil, l'objet du plan adopté par le Gouvernement à la fin de 1981.

C'est tout le sens, d'une façon plus large, du programme "productique" en cours de préparation ; dans cette vaste action en faveur de l'automatisation des moyens de production, la mécanique occupera une position de choix, puisque c'est elle qui fournira l'essentiel des nouveaux matériels.

Enfin, plus généralement, tous les efforts de développement et de modernisation des équipements industriels en France devront pouvoir s'appuyer sur une industrie mécanique nationale forte et dont les performances à l'exportation démontrent la compétitivité.



Le secteur de la construction mécanique

par J. NETTER,
 Sous-Directeur des Matériels d'Équipement
 à la Direction des Industries Métallurgiques, Mécaniques et Électriques

Le secteur de la mécanique, constitué de plus de 12 000 entreprises, qui emploie 573 000 personnes et réalise un chiffre d'affaires de 156 milliards de francs dont 49 % à l'exportation est caractérisée par son extrême diversité qui en rend malaisée une description précise — d'autant qu'au cours des années de nombreux secteurs à base de mécanique sont devenus autonomes, comme la construction automobile, la construction aéronautique...

Il n'est guère plus facile de délimiter les industries mécaniques par les techniques et les procédés mis en œuvre que par une analyse de leurs clientèles. C'est en effet l'ensemble des secteurs économiques qui sont intéressés par des produits aussi variés que les biens d'équipement (chaudronnerie, moteurs Diesel, robots, laminaires, compresseurs, turbines, matériels MTPS, machines spéciales pour de nombreuses industries...) les fournitures industrielles (boulons, fûts, boîtes de conserve, visserie,...) les biens de consommation (coutellerie, quincaillerie, mobilier métallique, outillage à main et agricole...)

Leur secteur client se répartit ainsi (en 1981)...

les industries mécaniques elles-même	18 %
les autres industries	39 %
l'agriculture et les industries alimentaires	12 %
les ménages	10 %
le secteur tertiaire	9 %
le bâtiment et le génie civil	8 %
les administrations	4 %
	100 %

Réparties sur l'ensemble du territoire national les entreprises du secteur sont pour la plupart des PMI. Celles qui emploient plus de 500 salariés n'en regroupent que le tiers des effectifs et réalisent 42,7 % du chiffre d'affaires. Les entreprises de 10 à 200 salariés occupent environ la moitié de l'effectif. La sous-traitance (10 % des emplois) assure environ 10 % du chiffre d'affaires...

Cette grande diversité des industries mécaniques explique sa grande et nécessaire capacité d'adaptation et, dès lors sa forte souplesse.

L'évolution en volume de la production des industries mécaniques, moyenne (+ 5,8 % par an) jusqu'en 1968, s'est accélérée entre 1968 et 1973, (+ 8,9 % par an) grâce à un essor des exportations, si bien qu'au terme de cette période le solde de la balance extérieure de ce secteur est enfin devenu positif. Depuis 1974 on assiste à une stagnation de la production qui, sur une base 100 en 1974, est passée en volume à l'indice 98,7 en 1980 et 96,6 en 1981, tandis que l'excédent de la balance commerciale a connu une croissance remarquable de 3,6 milliards de francs en 1974 à 11,8 milliards de francs en 1980 et 17,3 milliards de francs en 1981, donnant ainsi à la mécanique le second solde excédentaire dans l'industrie après l'automobile (23,4 milliards de francs en 1981).

Il faut souligner à cet égard la contribution primordiale des biens d'équipement à cet excédent commercial : 11,5 milliards de francs en 1980, et 14,7 milliards de francs en 1981.

Ainsi la mécanique française occupe aujourd'hui le 6^e rang dans le monde avec 4 % de la production mondiale derrière les Etats-Unis, l'URSS, le Japon, la RFA, et la Grande-Bretagne.

Evolution du volume de production en 1981 par rapport à 1980 des industries mécaniques étrangères :

RFA	- 2,7 %
France	- 2,4 %
Italie	- 2,3 %
RU	- 9,8 %
USA	+ 4,9 %
Japon	+ 12,4 %

Cette évolution générale des industries mécaniques françaises et la place de pre-

mier plan qu'elle occupe ne doit pas pour autant masquer un certain nombre de problèmes. La mécanique allemande produit un volume double de la mécanique française et la mécanique japonaise en est le triple (marché intérieur très porteur). Il reste donc un chemin important à faire pour se rapprocher de nos concurrents principaux. L'écart sera déjà partiellement comblé lorsque la mécanique française aura réussi à reconquérir une partie de son marché intérieur. Car il y a là un paradoxe évident lorsque l'on constate que pour un chiffre d'affaires de 156 milliards de francs (1981) dont 78,7 milliards de francs à l'exportation, le marché intérieur est pénétré à hauteur de 61,4 milliards de francs par l'industrie étrangère (soit 44 % du marché). Ce ratio est d'autant plus préoccupant que le taux de pénétration étranger ne dépassait pas 35 % il y a une dizaine d'années. Pourtant les industries mécaniques françaises sont compétitives comme en témoigne une analyse des pays clients : les pays de l'OCDE représentent 49 % de nos exportations, dont 11,5 % pour la RFA et 21 % pour le reste de la CEE.

Il y a vraisemblablement deux raisons principales à cette situation particulière de la mécanique française.

Tout d'abord la diversité du secteur et la prépondérance des PMI ne facilitent pas la présence active sur un ensemble suffisamment vaste de produits, laissant ipso facto la place aux concurrences étrangères.

Ensuite et peut-être malheureusement surtout, nombreux sont les clients français qui ont tendance simultanément sinon à surévaluer la qualité des produits importés du moins à sous-évaluer la compétitivité dans tous les sens du terme des produits de la mécanique française, cette attitude étant le résultat hélas classique des décalages entre les images de marques et les réalités.

Toutefois les derniers chiffres connus peuvent laisser espérer une certaine évolution

des attitudes même s'il est encore trop tôt pour en juger. Ainsi si pour l'ensemble de la mécanique le rythme de croissance en volume des importations était dans les années 78 à 80 supérieur à celui des exportations, en 1981 les importations ont diminué de 1,7 % (presque comme le marché intérieur) tandis que les exportations ont poursuivi leur croissance (+ 4 %).

Un autre sujet d'inquiétude a trait aux investissements : 6,2 milliards de francs en 1981 soit 4 % du montant des facturations, ce qui correspond à une diminution de 12 % par rapport à 1980. Une telle baisse s'explique par la réduction des marges d'autofinancement, que l'on estime être passées de 4,5 % à 3,3 % du chiffre d'affaires en 1980 et 1981, liée à l'accroissement des frais financiers qui atteindraient 4,2 % du CA contre 2,7 % seulement en 1978. Parallèlement les industries mécaniques ne font pas un effort suffisant (en moyenne) dans le domaine de la Recherche et du Développement. Elles y ont consacré en 1981 1,1 milliard de francs (soit 0,8 % du CA), alors qu'en RFA, rapporté à un même CA l'effort en recherche est le double de celui des entreprises. Le secteur mécanique en RFA étant deux fois plus important qu'en France, l'écart en matière de recherche est donc en définitive de 1 à 4.

C'est dire la nécessité d'une accélération massive de la R et D dans la mécanique qui comparativement aux industries de pointe n'a pas été suffisamment soutenue en France à la différence de ce qui s'est passé dans les grands pays industriels (RFA, Japon, USA).

L'amélioration de la compétitivité des différentes industries françaises passe en effet d'une manière générale par la mise en œuvre de biens d'équipement ou d'ensemble de biens d'équipements (ateliers flexibles par exemple) performants et incluant des technologies sophistiquées.

Les Pouvoirs publics en sont bien conscients. C'est pourquoi depuis plusieurs années ont été mises en place des procédures maintenant bien connues, notamment au travers de l'ADEPA (Agence pour le développement de l'Automatisation).

L'année 1983 verra le jour d'un plan "Productique" dont le cadre s'il débordait de la mécanique devrait induire cependant des répercussions importantes dans ce secteur.

La production touche à la définition de système de production de manière globale et intégrée et a pour objet d'articuler dans un ensemble cohérent toutes les fonctions d'une unité de production de la conception à la fabrication. Les industries mécaniques seront donc concernées aussi bien comme productrices des constituants de base (moteurs, variateurs, transmissions, robots, machines d'assemblage...) que comme fournisseurs de système de production automatisée (machines outils à commandes numériques, machines spécialisées...).

Ce plan, dont les grandes lignes sont en cours d'élaboration, devrait jouer le rôle moteur pour la relance de l'investissement en particulier dans le secteur de la mécanique.

Les industries mécaniques françaises qui tiennent une place importante au niveau mondial, traversent une période d'adaptation due à l'irruption de nouvelles techniques et à l'apparition de nouveaux acteurs sur le marché international. Elles ont besoin, pour réussir cette adaptation, d'un marché intérieur soutenu, qui constitue pour elles la "base de départ" indispensable pour réaliser un nouveau bond en avant à l'exportation. Ce plan Productique a bien cet objectif de rompre ce cercle vicieux volume/pénétration du marché national et volume d'exportation.

Ce nouvel effort qui va être demandé à la mécanique française ne doit toutefois pas faire oublier les très nombreux produits de la mécanique française dont la technologie est mondialement reconnue et dont certains font l'objet d'articles dans cette même revue.

NB : Les chiffres statistiques définitifs pour l'année 1982 ne sont pas encore disponibles.

Des estimations permettent cependant de dire que la production des IMTM a baissé en volume de 0,7 % ; les importations ont continué de baisser surtout dans le domaine des biens d'équipements industriels ; les investissements ont regressé par rapport à 1981 d'au moins 5 %. Le solde de la balance commerciale est toujours excédentaire mais en diminution par rapport à 1981 (3 milliards de Francs).

Les diesels marins

*Georges DUREAULT
Directeur du Groupe Diesel
Alsthom-Atlantique*

Jusqu'à une période relativement récente, dont la fin se situe à l'issue du premier choc pétrolier, les moteurs diesel étaient un des moyens, le plus important certes, mais seulement l'un des moyens, utilisés pour la propulsion des navires ; la course au gigantisme avait jusque là permis aux gros turbo-réducteurs de prendre une place importante dans la propulsion des navires marchands, et la course à la performance massive avait permis aux turbines à gaz de prendre une place également importante dans certains domaines de la Marine Militaire.

Depuis la crise de l'énergie, on peut dire que le rendement thermique particulièrement élevé du moteur diesel l'a rendu sans concurrence aucune dans le domaine de la Marine Marchande ; en Marine Militaire, le diesel conquiert régulièrement des places par rapport à la turbine à gaz.

On peut donc aujourd'hui assimiler les deux termes : propulsion marine et moteurs diesel.

Par contre, lorsqu'on parle de moteurs diesel, on peut parler de choses aussi différentes qu'un moteur de quelques dizaines de chevaux ou d'un moteur de quelques dizaines de milliers de chevaux ; sans parler des plus petits d'entre eux dont le domaine est très spécifique, on distingue les moteurs dits "rapides" (vitesse de rotation supérieure ou égale à 750 tours), des moteurs "semi-rapides" (vitesse de rotation comprise entre 400 et 600 tours) et les moteurs "lents" (dont la vitesse est inférieure à environ 250 tours/minute).

Le panorama industriel mondial, sur ces trois types de moteurs, est tout à fait différent, et ceci provient en particulier du coût de développement et des séries possibles : plus le moteur grossit plus son coût de développement est élevé et plus les séries possibles deviennent faibles.

En ce qui concerne le moteur rapide, il y a donc un grand nombre de fabricants dans le monde, et ceci d'autant plus que ces moteurs ont également des utilisations en très grande série dans d'autres domaines, notamment la traction ferroviaire.

Ils sont adaptés à la propulsion de navires

nécessitant une puissance ne dépassant pas 5 000 chevaux, et restant bien souvent à proximité de leur pays d'origine.

A l'inverse, le coût de développement et le faible nombre des moteurs lents pouvant être fabriqués apportent une diminution considérable du nombre de marques de ces moteurs ; le choix stratégique de tout pays industriel de pouvoir fabriquer les moteurs qui sont nécessaires à ses chantiers, conduit alors à une politique de licence extrêmement développée ; il y a encore deux ans seulement, trois marques de moteurs existaient de manière significative sur le plan mondial ; à la suite de la restructuration entre l'Allemand Man et le Danois Burmeister & Wain, seules restent en compétition deux marques, le moteur Sulzer et le moteur BW.

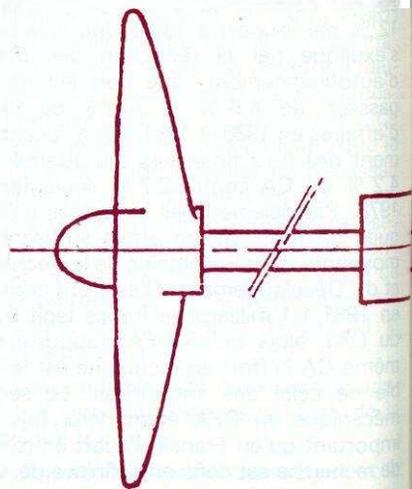
Entre ces deux extrêmes, le moteur semi-rapide, dont les coûts de développement sont également importants, mais qui dispose en dehors de la Marine, d'un marché non négligeable avec les petites centrales électriques, se présente de manière intermédiaire : quelques marques peu nombreuses arrivent à vivre avec un réseau de licenciés faible ou nul, et une marque est largement leader sur ce marché avec un réseau de licenciés important : il s'agit de la marque Pielstick, propriété de la filiale S.E.M.T. de la société française Alsthom-Atlantique ; cette marque qui s'appuie sur un gros fabricant français et sur un important réseau mondial de licenciés, est très largement leader dans ce domaine.

Nous allons, par la suite, évoquer les appareils propulsifs relatifs aux navires importants, pour ne pas dire "intercontinentaux".

Comment se présentent aujourd'hui les évolutions de ces moteurs diesel comme système de propulsion ? Pour répondre à cette question, il faut revenir à ce que nous évoquions au début de cet article, à savoir le problème de l'énergie : à l'heure actuelle, et compte tenu des cours mondiaux, le poste combustible représente environ 50 % des charges d'exploitation d'un navire : il est donc évident que le problème essentiel qui se pose est celui d'économiser l'énergie.

On a donc vu les constructeurs de moteurs se livrer à une course acharnée aux diminutions de consommation : les consommations spécifiques moyennes qui étaient encore de l'ordre de 150 grammes par cheval heure en 1976 sont maintenant comprises entre 120 et 130 grammes par cheval heure et on peut facilement supposer qu'elles vont continuer à diminuer.

Mais, cette diminution devient de plus en plus difficile et nécessite, par exemple, des augmentations importantes de pression de combustion qui posent des problèmes mé-



EG 2A

SCHEMA D'INSTALLATION

Schéma n° 1

tallurgiques ou technologiques de plus en plus complexes.

D'autres voies font donc actuellement l'objet de recherches de la part des constructeurs et ces voies ne touchent plus seulement le moteur mais atteignent la notion de "système".

Pour préciser ce que nous entendons par "système", nous citerons quelques exemples :

— Le système EG 2A, mis en place par la Société Alstom Atlantique : quatre porte-conteneurs de 1 000 TEU et 26 400 tonnes de port en lourd ont été mis en service entre février et juin 1982.

Chaque navire est équipé d'un moteur 10 PC4 Semt-Pielstick développant 12 000 ch à 386 tour/mn, entraînant une hélice fixe à 77 tr/mn.

Le moteur brûle un combustible de 380 cSt de port à port. Compte tenu de la présence de containers réfrigérés, la récupération de calories du moteur principal n'aurait pas suffi pour assurer le besoin en électricité. La solution retenue est montrée sur la figure 1. Elle comprend :

— 2 moteurs 6 PA6 L Semt-Pielstick en-

traînant chacun un alternateur de 1 500 KW. Ces moteurs sont également conçus pour brûler un combustible de 380 cSt ;

— un alternateur de 950 KW entraîné par le réducteur ;

— un convertisseur statique de fréquence.

Les pompes à eau et à huile sont entraînées par le moteur à travers un multiplicateur et un accouplement débrayable. Un moteur électrique entraîne ces pompes dès que la vitesse est inférieure à 70 % de la vitesse nominale.

Le système EG 2A est réversible. Si nécessaire, l'alternateur attelé peut être utilisé en moteur transmettant à l'arbre d'hélice la puissance électrique fournie par les deux moteurs PA6 L. Le moteur principal étant débrayé, le système peut être utilisé comme unité de propulsion de secours. Cette installation évite la duplication des auxiliaires de l'appareil propulsif et la salle de machines est ainsi simplifiée.

Le système EG 2A fournit l'électricité nécessaire aux besoins du bord à la mer pour une vitesse d'hélice comprise entre 70 et 100 % de la vitesse nominale. Entre 50 et 70 %, une puissance limitée peut néanmoins être produite par le système EG 2A.

— Un autre système a été mis au point par **Nippon Kokan Kabushiki Kaisha** qui est un des licenciés japonais de la marque Pielstick :

L'appareil propulsif est constitué d'un moteur 14 PC4 détaré à la puissance de 16 700 ch afin de réduire la consommation spécifique à l'allure d'exploitation, d'un réducteur réduisant la vitesse de 400 à 64 tr/mn, d'une hélice à pas variable, d'un turbo-alternateur de 800 KW alimenté par une chaudière de récupération utilisant les calories des gaz d'échappement et de l'air de suralimentation.

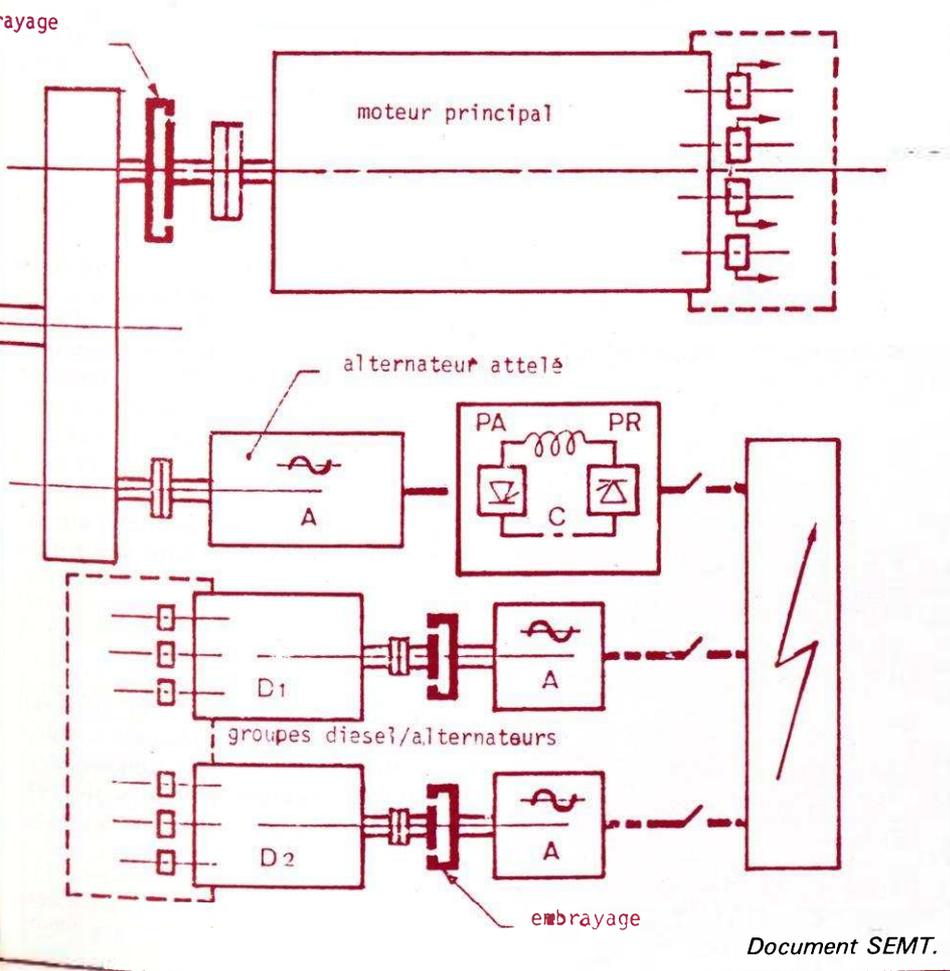
Le bilan de vapeur de chauffage est réduit grâce à l'utilisation, pour le conditionnement, des calories de l'eau de réfrigération de cylindres. L'excès d'énergie électrique récupérée assure un appoint à la propulsion grâce à un moteur électrique attelé au réducteur qui peut être utilisé également en alternateur, le cas échéant.

De manière plus générale, sont actuellement en cours de développement, des systèmes très perfectionnés de récupération d'énergie permettant d'obtenir l'ensemble de l'énergie électrique du bord à partir des moteurs principaux, par l'intermédiaire de chaudières de récupération utilisant les calories des gaz d'échappement ou de l'eau de refroidissement, ceci permettant de supprimer ou de réduire à leur plus simple expression les groupes électrogènes de bord.

Cette méthode a également le grand avantage d'éviter d'avoir à bord deux types de combustibles puisque les groupes électrogènes utilisent généralement un combustible plus léger que les moteurs principaux. Elle nécessite pour chaque navire considéré, une étude tout à fait approfondie du mode de propulsion choisi, le moteur semi-rapide qui permet une récupération plus importante que le moteur lent sera particulièrement intéressant si les KW obtenus permettent de faire toute la puissance électrique nécessaire au bord.

Une autre grande voie de développement est liée non plus à la quantité mais à la qualité du combustible nécessaire : plus un combustible est lourd et plus il contient d'impuretés, moins il est cher : il est donc nécessaire d'utiliser dans les diesels marins, des combustibles de plus en plus lourds et de plus en plus mauvais ; ceci impose des systèmes de traitement de combustible de plus en plus développés et entraîne des problèmes de fiabilité dus à l'usure plus grande que ces combustibles apportent à certains éléments constitutifs du moteur.

Il y a lieu de noter, à ce sujet, que la Semt-Pielstick dispose d'un banc d'essai de combustibles lourds, certainement le premier réalisé dans le monde, lui permettant, non seulement de faire tous les essais nécessaires mais encore de montrer aux différents armateurs les résultats de ces essais.



Document SEMT.

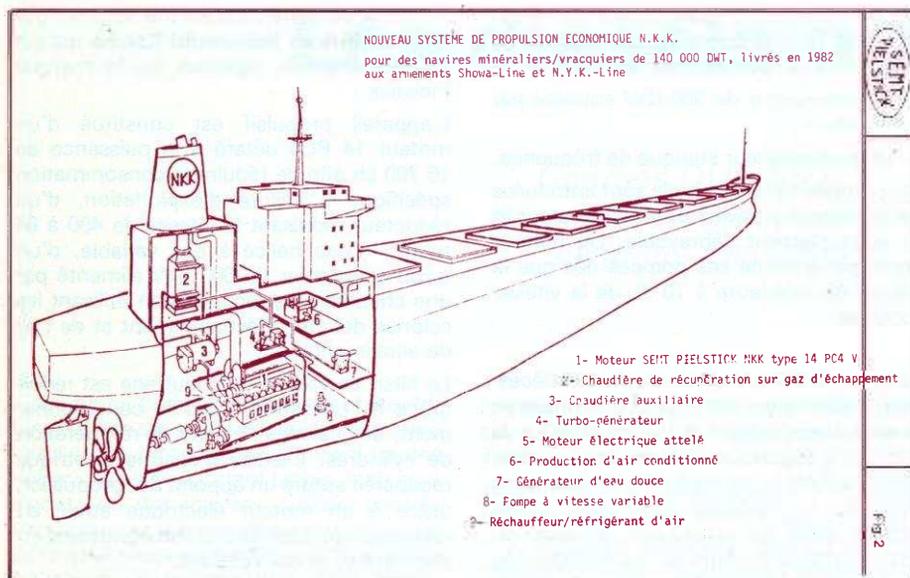


Fig. n° 2

Document SEMT.

A plus long terme, il faut enfin prévoir des combustibles de substitution. Ces combustibles pourraient, soit être brûlés directement dans le moteur, soit être transformés en gaz pauvre par l'intermédiaire d'une installation gazogène et brûlés dans un moteur type dual fuel ; il est prématuré de parler de ces différentes possibilités, mais elles font l'objet de recherches approfondies de la part des principaux dieselistes et on peut supposer que, avant la fin du siècle, ces techniques auront pris leur place.

Enfin, il faut également considérer le souci des armateurs, comme de tout industriel, de limiter au maximum les frais du chapitre "équipage" : ceci impose un développement de l'automatisation qui permet également d'obtenir une optimisation de la conduite.

On voit ainsi que, à partir de la technique du moteur diesel qui est une technique ancienne et dont les données de base sont relativement simples, on arrive aujourd'hui à des développements termo-dynamiques, métallurgiques, technologiques et d'automatisme qui ont amené cette technique à conquérir pratiquement le monopole de la propulsion marine, et qui permettent d'entrevoir encore de nombreux progrès et de nouveaux développements.

De même, le développement de cette optimisation devrait permettre, par le contrôle d'un certain nombre de données en fonctionnement, d'améliorer l'entretien préventif et, par là-même, le degré de disponibilité des installations.

Év
des t
à cor

Directeur Techn
Professeur

Ingénieur au Service

Cet article, nous le pensons, présente un intérêt particulier au moment où Alsthom-Atlantique résilie la licence BBC concernant les groupes turbo-alternateurs à vapeur qui lui avait été apportée en 1977 avec l'usine CEM du Bourget.

Il faut d'ailleurs remarquer que tous les groupes pour centrales à combustible fossile que construit actuellement Alsthom-Atlantique ainsi que le modèle de 1 500 MW commandé par EDF pour son nouveau palier nucléaire sont entièrement conçus selon la technique issue en 1971 de la mise en commun par Rateau et Alsthom de leurs expériences considérables dans le domaine des turbines à action.

C'est donc un constructeur qui a eu l'occasion de réunir plusieurs grandes traditions technologiques qui évoque ici l'avenir probable de ses équipements.

Évolution future des turbines à vapeur et des cycles à combustible fossile

G. RIOLLET

Ingénieur des turbines à vapeur Alsthom-Atlantique,
à l'École Centrale des Arts et Manufactures

et J.-C. FRANC

Ingénieur des Calculs Thermodynamiques Alsthom-Atlantique

1 — Introduction

La demande sans cesse croissante d'énergie d'une part, la limitation et l'inégale répartition des ressources mondiales d'autre part, devaient fatalement aboutir à la crise énergétique actuelle. Cette situation favorise une recherche intensive de diverses solutions, visant à économiser les combustibles primaires ; c'est ainsi que l'on assiste à un regain d'intérêt pour les machines thermiques à haut rendement.

Les centrales de production d'électricité, qui occupent une position privilégiée au sein des systèmes énergétiques, n'échappent pas à ce phénomène. Mais alors que les paramètres thermodynamiques des centrales nucléaires sont directement tributaires de la technologie des réacteurs et qu'ils resteront, pour cette raison, longtemps cantonnés dans leur domaine actuel, le cycle des centrales qui brûlent un combustible fossile : charbon, gaz ou pétrole apparaît comme largement ouvert à de réelles améliorations.

A ce propos, il faut noter que la crise de l'énergie a fait redécouvrir toute l'importance du charbon comme étant le plus abondant et le meilleur marché des combustibles fossiles.

Dans l'évolution future des centrales fossiles et de leurs composants, deux axes se dégagent, l'un orienté vers l'obtention de cycles à hautes caractéristiques de vapeur et l'autre vers les cycles combinés où turbines à vapeur et turbines à gaz se conjuguent pour une amélioration notable du rendement.

2 — La renaissance des centrales à hautes caractéristiques de vapeur et l'incidence sur la construction des turbines

2-1 — Expérience et intérêt des hautes caractéristiques de vapeur

Jusque vers les années 1960, des travaux avaient été menés, de par le monde, pour améliorer le rendement des cycles à vapeur

en élevant la pression et la température en sortie chaudière, mais aussi en utilisant une organisation du cycle à double resurchauffe.

Deux réalisations hardies furent, à cette époque, les centrales américaines de Philo et d'Eddystone, qui répondaient aux caractéristiques suivantes :

- Philo (125 MW) : 210 bar - 621°/565°/538° C
- Eddystone (325 MW) : 345 bar - 649°/565°/565° C.

Ces tranches d'avant-garde connurent de sérieux déboires, surtout dans les parties de leur chaudière exposées aux hautes températures, et ne purent être exploitées qu'au prix d'une forte indisponibilité et, en abaissant la température haute du cycle.

Aussi, dans les exécutions qui suivirent, la tendance mondiale fut de se replier vers un domaine mieux abrité des aléas techniques. On limita la température à 565° C et la pression à 240 bar ; la double resurchauffe ne fut que rarement mise en œuvre.

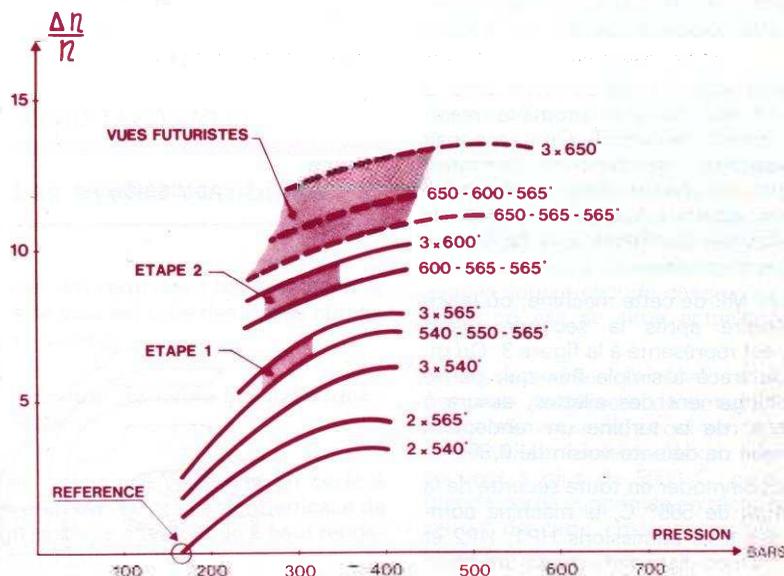
Simultanément, s'instaura une longue période, précédant 1973, où le cours du pétrole devint suffisamment bas pour retirer tout attrait à des caractéristiques plus performantes mais plus coûteuses en investissement.

Ainsi, les centrales actuellement les plus répandues fonctionnent-elles sur un cycle à simple resurchauffe avec une pression d'admission comprise entre 165 et 185 bar et une température de 540° C.

Heureusement, il existe au-delà de ce standard des expériences industrielles suffisamment nombreuses et d'assez longue durée pour que le retour, à des cycles plus poussés, puisse être envisagé sans appréhension.

Fig. n° 1

AMÉLIORATION DU RENDEMENT DES CENTRALES A VAPEUR



Ainsi, Alstom-Atlantique a construit pour Électricité de France, 32 machines de 250 MW et 600 MW qui fonctionnent à 565° C, tant à la surchauffe qu'à la resurchauffe. La majorité de ces tranches atteignent maintenant 100 000 heures de service sans que l'on puisse déceler, par rapport aux centrales à 540° C, un supplément d'indisponibilité dont la température de 565° C serait responsable.

De la même manière, les chaudières à circulation forcée, auxquelles il faut nécessairement recourir, pour produire de la vapeur à une pression supercritique — c'est-à-dire supérieure à 225 bar —, ont accumulé dans le monde entier un nombre suffisant de références pour que l'on soit statistiquement en mesure d'affirmer que leur fiabilité est absolument identique à celle des chaudières à ballon, plus couramment utilisées dans les conditions souscritiques.

La figure 1 indique le gain relatif de rendement que procurent de hautes caractéristiques de vapeur, en prenant pour base de comparaison, le cycle à simple surchauffe 165 bar - 540°/540° C, considéré comme représentatif de la pratique actuelle.

2-2 — Le cycle supercritique à double resurchauffe : 250 bar/3 × 565°

Dans le nouveau contexte économique d'un combustible cher, la première étape de l'évolution des centrales consiste à tirer parti des améliorations, déjà éprouvées, et que l'on trouve rassemblées dans un cycle à double resurchauffe à 250 bar 565°/565°/565°. On recueille ainsi un gain relatif de rendement d'environ 6 %.

Dans son catalogue, Alstom-Atlantique dispose de turbines adaptées à ces conditions thermodynamiques et qui ne font appel qu'à des modes constructifs validés par une longue pratique.

La figure 2 montre le module combiné HP1-HP2 d'une unité de 600 MW fonctionnant sur le cycle supercritique qui vient d'être défini.

Ce module reçoit la vapeur vive dans la veine HP1 et, après la première resurchauffe, dans la veine HP2. On y reconnaît la construction traditionnelle à double enveloppe, où chaque corps tant interne qu'externe possède toujours un plan de joint horizontal boulonné, qui facilite les opérations d'entretien.

Le module MP de cette machine, où la vapeur pénètre après la seconde resurchauffe, est représenté à la figure 3. On remarque le tracé à simple flux qui, par le grand allongement des ailettes, assure à cette partie de la turbine un rendement isentropique de détente voisin de 0,95.

Pour s'accommoder en toute sécurité de la température de 565° C, la machine comporte à ses trois admissions HP1, HP2 et MP, les mêmes dispositifs de climatisation schématisés sur la figure 4, qui ont prouvé

TURBINE DE 600 MW SUPERCRITIQUE A DOUBLE RESURCHAUFFE MODULE HP1 - HP2

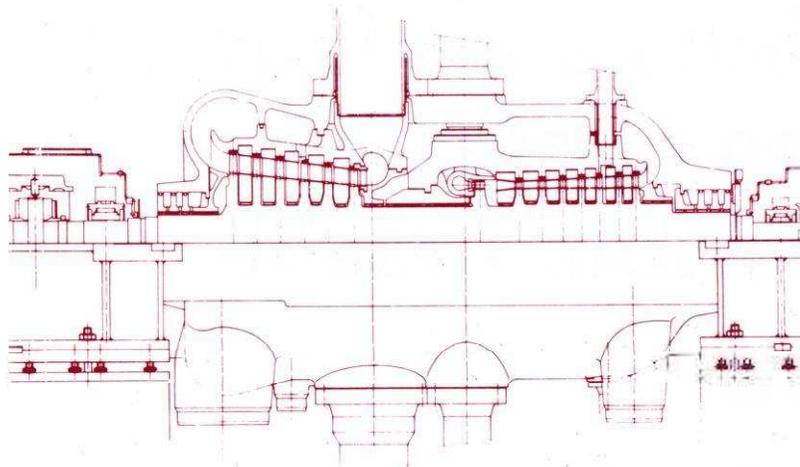


Fig. n° 2.

TURBINE DE 600 MW SUPERCRITIQUE A DOUBLE RESURCHAUFFE MODULE MP

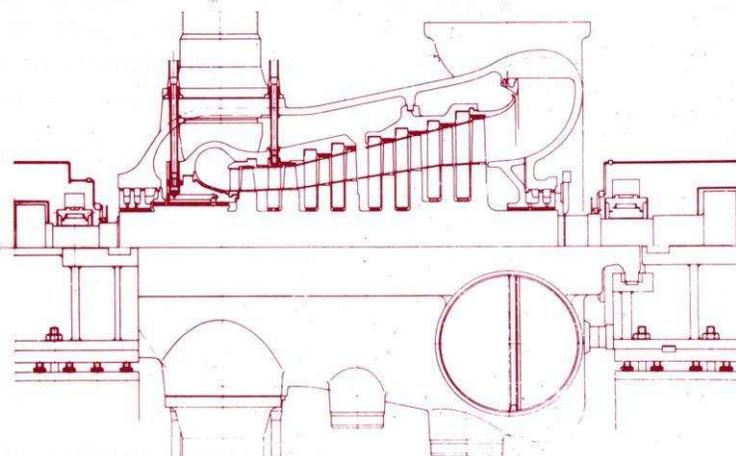


Fig. n° 3

CLIMATISATION DES ADMISSIONS DE TURBINE A 565° C

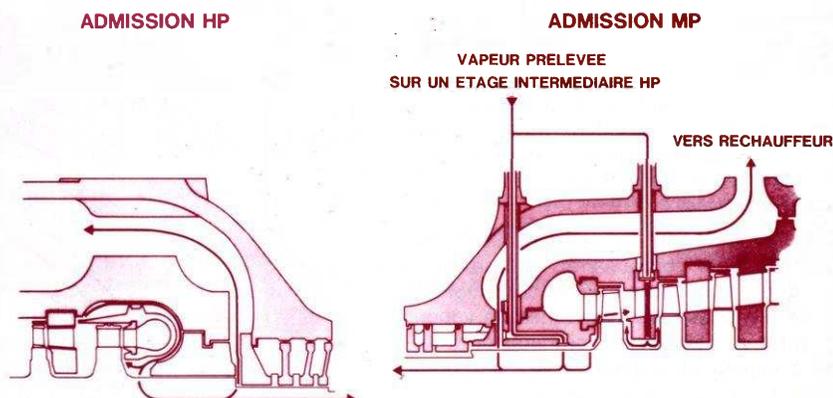


Fig. n° 4.

leur efficacité sur les turbines exposées à cette température.

2-3 — Le cycle 310 bar - 600°/565°/565° C

Sur la voie de centrales plus performantes et, au-delà de cette première étape, dont la fiabilité est d'ores et déjà garantie, on peut envisager un nouveau pas en avant.

L'idée de base est de ne recourir à aucun mode constructif nouveau, mais de faire porter l'extrapolation sur l'emploi des matériaux. L'on a retenu des métaux existants, qui seront placés dans des conditions où ils n'ont pas encore subi l'épreuve d'un service industriel de longue durée, mais qu'ils sont, d'après la connaissance actuelle de leur propriété, parfaitement aptes à supporter.

En étendant, dans la turbine, l'usage des aciers 12 Cr et des alliages réfractaires du type Nimonic et, en faisant plus amplement appel, dans la chaudière au potentiel des aciers austénitiques, l'on est ainsi autorisé à élever à 600° C la température haute du cycle.

Si, comme le suggère la **figure 1**, l'on exploite le fait qu'un accroissement de température rapporte déjà une part sensible de son plein effet en ne l'appliquant qu'à l'admission de vapeur vive et, si l'on augmente parallèlement la pression, on est conduit à une proposition de caractère très réaliste qui est concrétisée par le cycle 310 bar - 600°/565°/565° C.

Le rendement d'une telle centrale se place 8 % au-dessus de la référence actuelle, et l'on peut, dès maintenant, se porter fort de sa rentabilité. La turbine correspondante ferait appel aux modes constructifs qui ont déjà été décrits et, sa souplesse de conduite ne serait pas altérée.

2-4 — Les perspectives à long terme

Une troisième étape, qui amène à viser plus haut dans l'échelle des températures, prend le visage d'une véritable discontinuité technologique, car il devient nécessaire de recourir à des matériaux existants dans des conditions d'emploi jusqu'ici inexplorées.

Sans doute, la température de 650° C apporte-t-elle un gain potentiel de rendement de 10 % et plus, mais une expérimentation de longue durée, devient nécessaire pour garantir en toute sécurité le haut degré de disponibilité qui est naturellement exigé des centrales thermiques et pour confirmer la validité économique de telles installations.

Cependant, pour ce domaine de caractéristiques de vapeur, Alsthom-Atlantique a conçu un module HP, représenté à la figure 5, capable de recevoir la vapeur vive à la température de 650° C et à une pression maximale de 350 bar.

Dans sa partie la plus chaude, le corps interne en acier austénitique se présente sous la forme d'une enveloppe cylindrique sans

MODULE HP D'UNE TURBINE SUPERCRITIQUE A 350 BAR ET 650° C

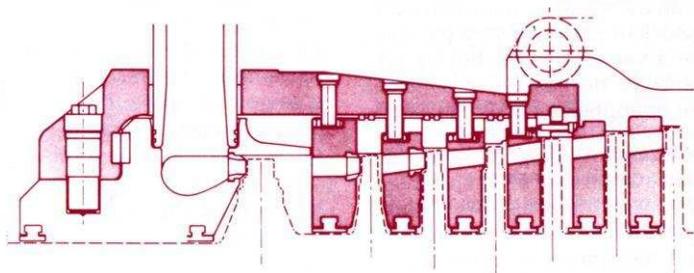


Fig. n° 5

CYCLE DE TURBINE A GAZ AVEC RECUPERATION DE LA CHALEUR D'ECHAPPEMENT

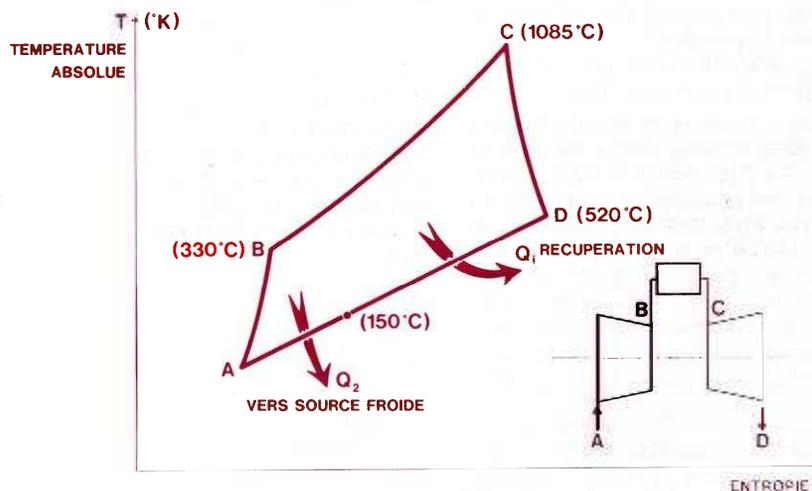


Fig. n° 6

joint horizontal ; le rotor est constitué par des disques austénitiques soudés entre eux.

3 — Les cycles combinés

Pour créer des centrales à haut rendement, la seconde voie est celle des cycles combinés gaz - vapeur.

3-1 — Principe du cycle combiné gaz - vapeur

Associer un cycle à vapeur et un cycle à gaz est un moyen extrêmement efficace de créer un système énergétique à haut rendement parce que :

— En tout premier lieu, la température

moyenne d'échange avec la source chaude s'en trouve nettement relevée.

Dans une turbine à gaz moderne, comme la TG 9000 E construite par Alsthom-Atlantique, l'apport de chaleur s'effectue en effet entre 330° C, à la sortie du compresseur, et 1 085° C à l'entrée de la turbine (figure 6) ; donc à une température moyenne qui excède 700° C. Celle-ci est nettement supérieure à la température moyenne d'échange avec la source chaude dans un cycle à vapeur, où elle se situe actuellement vers 375° C.

— En second lieu, la pénalité majeure, qui frappe le rendement de la turbine à gaz, lorsqu'elle est seule, et qui tient à ce qu'elle rejette à l'atmosphère des gaz très chauds, souvent à plus de 500° C, peut être en grande partie supprimée en récupérant l'essentiel de cette chaleur sensible dans le cycle à vapeur.

On transforme ainsi une perte à la source

froide en un échange Q_1 interne au système global.

3-2 — Les principaux cycles combinés

Il existe plusieurs schémas thermodynamiques qui associent une turbine à gaz avec une centrale à vapeur dans le but de produire de l'énergie de base. Ces schémas peuvent être regroupés en deux familles :

- les cycles VEGA (Vapeur Et Gaz) liés à des chaudières de récupération ;
- les cycles combinés liés à des chaudières à combustion.

• Dans les cycles VEGA, la turbine à gaz joue le rôle central, en fournissant la majeure partie de la puissance totale. Les fumées d'échappement de la turbine à gaz traversent une chaudière de récupération, et cèdent ainsi une grande partie de leur chaleur, par convection, à un cycle eau-vapeur. La vapeur ainsi produite alimente une turbine, à basses caractéristiques de vapeur, dont la puissance est approximativement la moitié de la puissance produite pour la turbine à gaz (figure 7).

Bien entendu, plusieurs modules turbines à gaz - chaudière de récupération peuvent se juxtaposer. Ainsi le cycle VEGA 209 E, conçu par Alsthom-Atlantique se compose de deux turbines à gaz 9000 E fournissant une puissance de l'ordre de 200 MW, et d'une turbine à vapeur d'environ 100 MW, soit un total proche de 300 MW. Le rendement de tels cycles, peut dépasser de 4 à 5 % selon le combustible utilisé, produisant la même puissance et utilisant le même combustible.

• Les cycles combinés associés à des chaudières à combustion, se caractérisent par la matière dont la chaleur à l'échappement de la turbine à gaz est récupérée par le cycle à vapeur.

Dans le cas d'une récupération de chaleur par la chaudière à vapeur, la turbine à gaz joue, vis-à-vis de cette dernière, le double rôle de ventilateur de soufflage et de réchauffeur d'air. Les gaz d'échappement sont introduits dans le foyer où ils servent de combustibles.

La chaleur des gaz d'échappement peut également être récupérée dans le poste d'eau où elle réchauffe l'eau d'alimentation de la chaudière, en parallèle avec les soutirages habituels de la turbine.

3-3 — Utilisation du charbon dans les cycles combinés

Dans le contexte économique actuel et futur, qui sera marqué par un retour vers le charbon, le plus abondant et le moins cher des combustibles fossiles, la turbine à gaz ne pourra faire bénéficier pleinement les centrales de son apport thermodynamique que, si elle est elle-même capable de consommer du charbon, soit en le brûlant directement, soit après transformation par une voie chimique.

3-3-1 — En principe, la technique du lit fluidisé ouvre la première de ces deux voies en donnant la possibilité d'utiliser directement le charbon. Dans un appareil, qui joue le rôle de chambre de combustion, le charbon finement broyé brûle dans un courant d'air où il se trouve maintenu en suspension.

Cet état du lit ne reste stable que si la température des grains en combustion est inférieure à la température de fusion des cendres ; sinon, il y a bouillonnement avec précipitation et envolées.

De ce fait, la température de combustion ne peut dépasser une valeur extrême de 930° C et, pour régler son niveau il faut placer dans le lit un faisceau de tubes parcouru par un fluide de refroidissement, qui

SCHEMA DE PRINCIPE D'UN CYCLE VEGA

- TV - TURBINE A VAPEUR
- TG - TURBINE A GAZ
- CR - CHAUDIERE DE RECUPERATION
- C - COMPRESSEUR
- CC - CHAMBRE DE COMBUSTION
- CD - CONDENSEUR
- CH - CHEMINEE

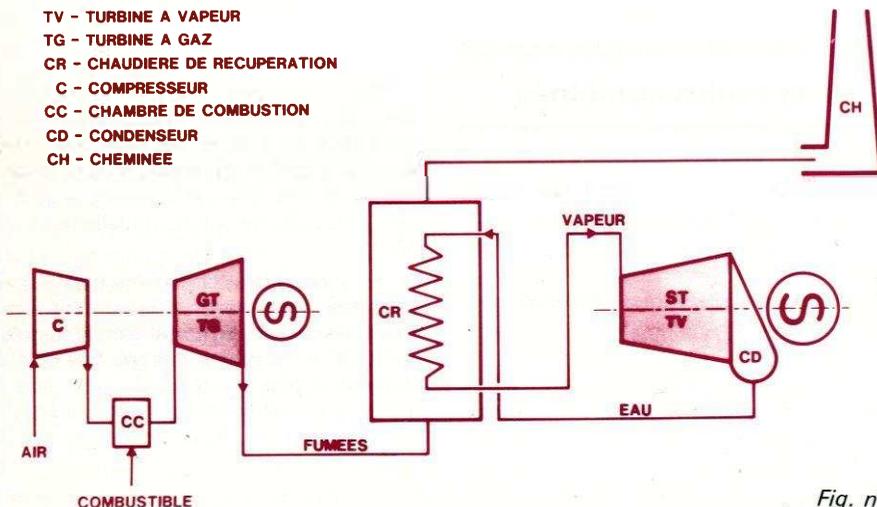
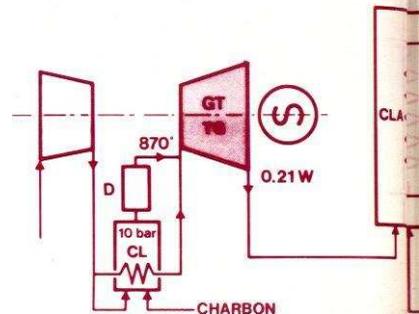


Fig. n° 7

CYCLE COMBINE AMONT AVEC CHAUDIERE A LIT

- TG - TURBINE A GAZ
- TV - TURBINE A VAPEUR
- CL - CHAMBRE DE COMBUSTION A LIT FLUIDISE
- CLA - CHAUDIERE A LIT ATMOSPHERIQUE
- D - DEPOUSSEIEREUR



CYCLE COMBINE AMONT

(CHALEUR RECUPEREE)

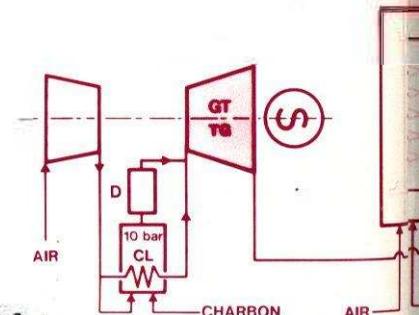


Fig. n° 8 et 9

peut être de l'air ou de l'eau, si le lit fluidisé est employé comme chaudière à vapeur.

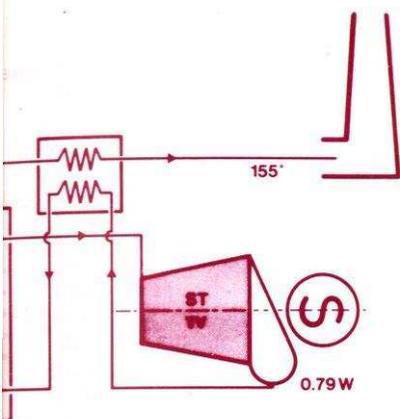
Après un dépoussiérage rigoureux, qui pose actuellement de sérieux problèmes, les fumées pénètrent dans la turbine à gaz.

Dans une première configuration (figure 8), les gaz s'échappant de la turbine à gaz sont introduits dans le foyer de la chaudière à vapeur, tandis que les fumées de cette chaudière sont refroidies par l'eau du cycle à vapeur.

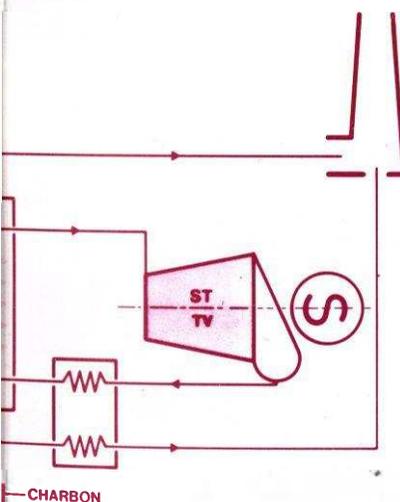
La turbine à gaz qui produit un peu plus de 20 % de la puissance totale, reçoit après mélange, à une température d'environ 870° C, les produits de la combustion et l'air qui a traversé le faisceau noyé dans le lit.

En supposant que l'on mette en œuvre le cycle à vapeur de référence 165 bar - 540°/

LINE AVAL HAUDIÈRE ATMOSPHERIQUE



HAUDIÈRE ATMOSPHERIQUE DANS LE POSTE D'EAU



540° C et, que l'on utilise en tant que chaudière un appareil à lit fluidisé atmosphérique qui présente l'intérêt de produire, sans le besoin d'une épuration chimique finale, des fumées conformes aux normes de protection de l'environnement, le rendement global peut être estimé à 38 %.

Une centrale classique aurait, pour les mêmes conditions de vapeur, un rendement de 37 %.

Selon un second mode d'association, la chaleur à l'échappement de la turbine à gaz sert à réchauffer l'eau qui alimente la chaudière à vapeur (figure 9).

Ce mode de réalisation, plus simple, présente la possibilité de rendre, si nécessaire, leur autonomie à la turbine à gaz et au cycle à vapeur. Bien que légèrement inférieur, le

gain de rendement reste comparable à celui recueilli avec une récupération en chaudière.

3-3-2 — Pour bâtir des cycles combinés qui consomment du charbon, une autre voie consiste à transformer celui-ci en un combustible gazeux par l'intermédiaire d'une synthèse chimique.

Cette opération qui porte le nom de "gazéification", consiste à faire réagir ensemble, sans apport de chaleur, du charbon, de l'oxygène ou de l'air, et de l'eau. Il faut ensuite épurer parfaitement le gaz avant de pouvoir le brûler dans une turbine à gaz (figure 10).

Cependant, l'épuration nécessite obligatoirement un refroidissement préalable et cette opération engendre un lien thermodynamique supplémentaire, puisque le souci d'un rendement élevé conduit à récupérer la chaleur de refroidissement. Celui-ci, recueilli dans un échangeur, s'ajoute à la chaleur d'échappement de la turbine à gaz, qui est reçue dans une chaudière de récupération, pour constituer les calories arrivant à la source chaude du cycle à vapeur.

Le rendement global d'une telle centrale dite à gazéification intégrée dépend directement de la température maximale que la turbine à gaz peut accepter, selon qu'elle se situe comme aujourd'hui à 1 085° C ou comme bientôt, à 1 150° C, ou enfin à 1 450° C avec les machines refroidies à l'eau qui devraient apparaître vers 1990.

Les rendements attendus s'établissent ainsi :

Température à l'entrée de la turbine à gaz	Gazéification	
	A l'oxygène	A l'air
1085° C	37,5 %	38,7 %
1150° C	39,5 %	39,3 %
1450° C	≈ 41 à 43 %	≈ 41 à 43 %

CYCLE COMBINÉ A GAZEIFICATION INTEGREE

(SCHEMA DE PRINCIPE)

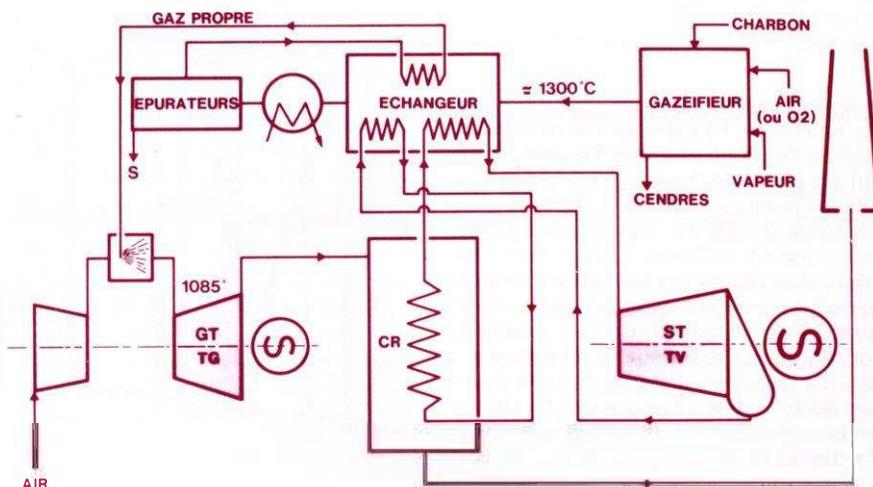


Fig. n° 10 CR - CHAUDIÈRE DE RECUPERATION

4 — Conclusion

Si l'on se propose d'évaluer l'intérêt des nouveaux systèmes énergétiques qui consomment du charbon en jugeant d'abord leur rendement, la gazéification suscite de toute évidence les plus grands espoirs. Elle l'emporte en effet sur le lit fluidisé qui limite la température supérieure du cycle. Cependant, l'on sait bien, qu'en matière de production d'énergie quelques défaillances mécaniques de courte durée suffisent pour ruiner inexorablement les avantages de rendement même les plus séduisants ; l'avenir appartient donc avant tout aux dispositifs qui sont les mieux armés pour accéder à la maturité industrielle et seule aujourd'hui la centrale à vapeur à double surchauffe à 250 bar et 565° C a acquis une telle qualité.

Lorsque l'on s'efforce dans cette optique d'évaluer les difficultés technologiques qui se profilent sur la voie des nouveaux systèmes, force est de constater que le lit fluidisé devra franchir de sérieux obstacles ; il reste en particulier à bien dépoussiérer le gaz, à éviter la corrosion des tubes placés dans le lit, et à maîtriser la conception d'appareils de grande puissance. Par contre, la gazéification fournit dès maintenant un combustible très propre et comme elle occupe dans la chimie de conversion du charbon un point de passage obligé, commun à différents procédés, son développement bénéficiera d'un ressort économique puissant qui laisse bien augurer de son avenir.

Les turbines hydrauliques

par F. de VITRY
Directeur Général de NEYRPIIC

Activité traditionnelle, considérée par beaucoup, il y a une dizaine d'années, comme sans grand avenir, l'industrie française des turbines hydrauliques est, en fait, en pleine évolution. Parmi les raisons qui expliquent ce changement :

— la vocation de l'hydraulique s'est beaucoup élargie. Sa souplesse, face aux fluctuations de la demande d'électricité en fait un complément de plus en plus indispensable de l'énergie thermique et notamment de l'énergie nucléaire. D'où l'importance des programmes récents d'EDF en suréquipements de centrales existantes et en stations de pompage pour stockage de l'énergie ;

— l'importance des investissements hydroélectriques au niveau mondial d'ici la fin du siècle (et même au-delà) et la volonté de l'industrie française d'y participer activement ;

— la nécessité de développer des produits nouveaux pour répondre aux besoins du marché.

Quelques exemples concrets pour illustrer cette mutation.

Turbines-pompes hautes chutes pour le stockage d'énergie

Pour remplacer les groupes ternaires (turbines, pompes, alternateurs-moteurs) primitivement utilisés pour l'équipement des hautes chutes, trois types de machines sont en cours de développement :

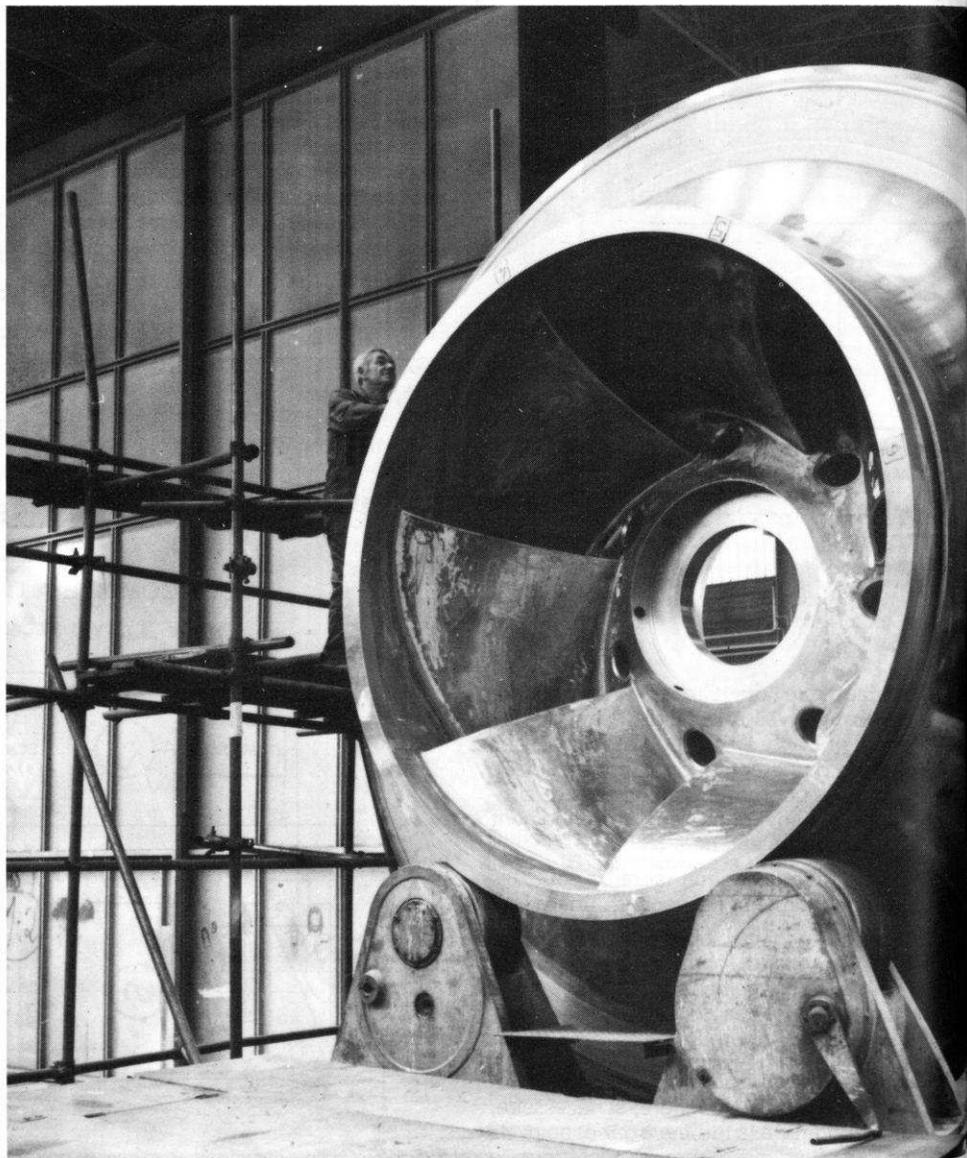
— les turbines-pompes monoétage réglable. En France, l'équipement le plus récent est celui de Montézic sur la Truyère (Aveyron) en cours de mise en service, avec 4 turbines-pompes de 230 MW ($52 \text{ m}^3/\text{s}$ sous une chute de 388 m). Cette technique est pour l'instant utilisable jusque vers 650-700 m. Son domaine s'étendra vraisemblablement jusqu'à 800 m et peut-être même au-delà. La souplesse de ces machines monoétage réglable peut être explicitée à partir de l'exemple de la centrale de Revin dans les Ardennes. Chacune des 4 turbines-pompes de 200 MW de cette centrale peut être démarrée jusqu'à 12 ou 15 fois par jour pour des fonctionnements ne durant parfois que quelques minutes avec des transi-

tions entraînant des sollicitations hydrodynamiques importantes ;

— les turbines-pompes multiétages à ailettes fixes dont l'utilisation peut être envisagée pour des hauteurs de chute dépassant largement 1 500 m. Au-delà des quatre premières machines de ce type déjà en service à la Coche (Savoie), douze autres sont en cours de construction : 8 de 152 MW ($17 \text{ m}^3/\text{s}$ sous 826 m) à Grand-Maison sur l'Eau-d'Olle (Isère) et 4 de 156 MW ($11,7 \text{ m}^3/\text{s}$ sous 1 187 m) à Bissorte-sur-l'Arc (Savoie) ;

— les turbines-pompes biétages réglables pour des hauteurs de chute pouvant aller jusqu'à 1 400-1 500 m. Ce dernier type de machines présente par rapport aux turbines-pompes multiétages à ailettes fixes le double avantage d'une modulation fine de la puissance et d'une plus grande facilité de démarrage en pompe. La turbine-pompe prototype du Truel sur le Tarn (38 MW - $6,6 \text{ m}^3/\text{s}$ sous 388 m) est la seule réalisation de ce type dans le monde. Les études relatives à des machines de 300 MW sous 1 000 m sont très avancées. Parmi les pro-

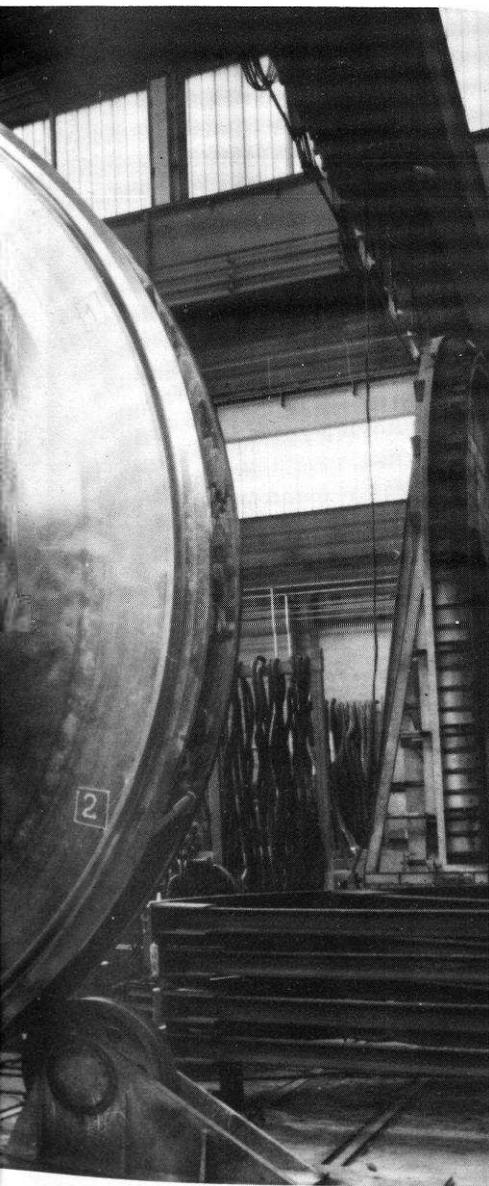
Montézic - Roue de turbine-pompe monoétage réglable.



blèmes importants qu'il a fallu résoudre : efforts de pression à reprendre par les boulonnages de fixation des fonds de l'ordre de 20 000 tonnes, compromis hydraulique-mécanique nécessitant l'emploi d'aciers à caractéristiques élevées, disposition et dimensionnement de la ligne d'arbres, des paliers et du pivot...

Groupes bulbes

Mis au point en France, vers les années 1950, pour l'aménagement économique des basses chutes, les groupes bulbes ont permis l'équipement du site marémoteur de la Rance et des grands fleuves français. Jusqu'à présent, le domaine d'utilisation correspondait à des chutes comprises entre 8 et 20 m. Parmi les innovations récentes ou en cours de développement :



La Coche - Roues de turbine-pompe multiétage à ailettes fixes.

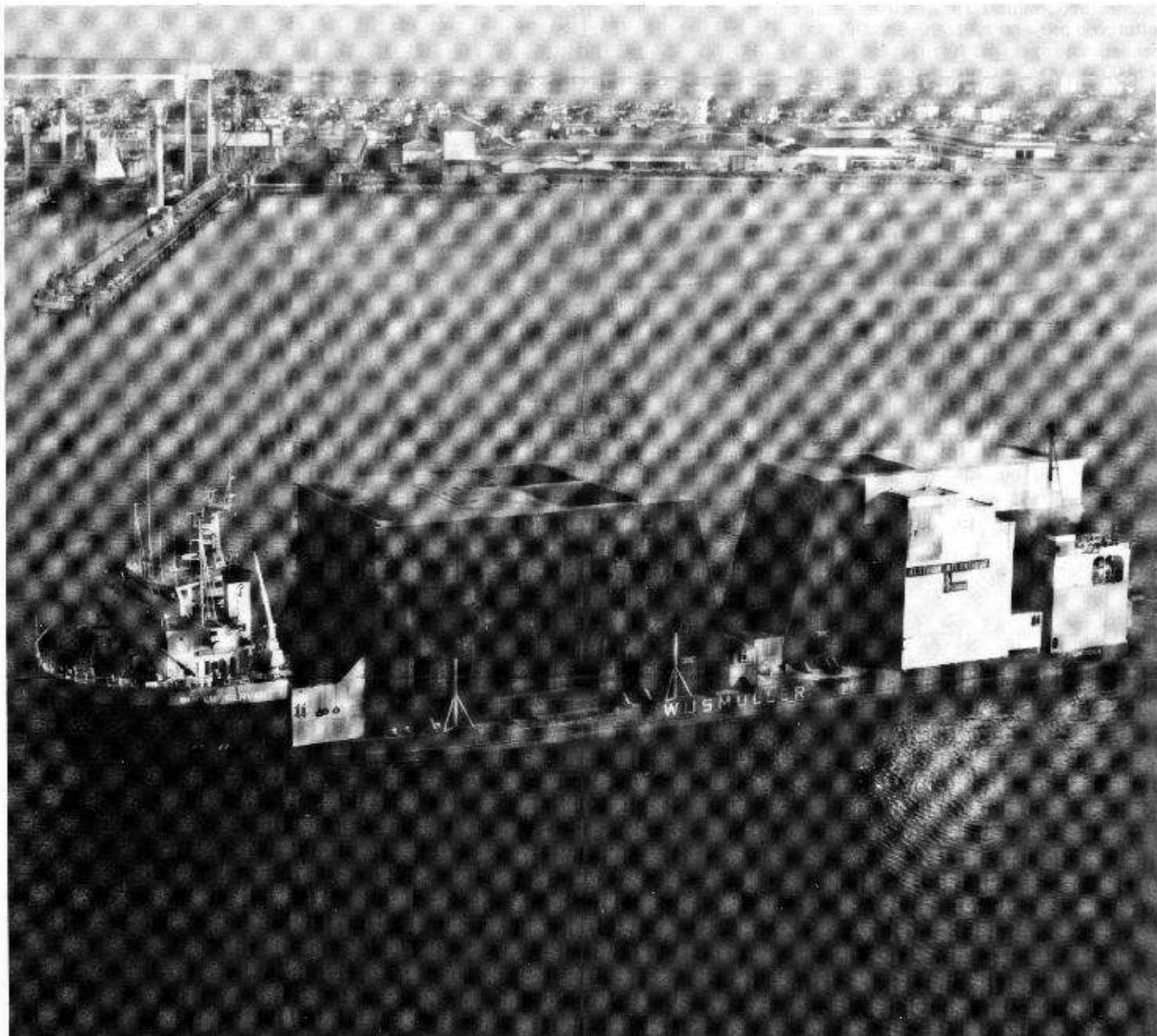
- la mise au point de multiplicateurs de vitesse fiable. Dans le cas de très basses chutes, il devient alors possible d'utiliser des alternateurs rapides, performants et beaucoup moins encombrants. Les progrès réalisés dans la conception des multiplicateurs permettent d'envisager des puissances unitaires jusqu'à au moins 40 MW (projets de bulbes marémoteurs) ;

- la préfabrication de l'usine sous forme de barge entièrement équipée dans un chantier. La première réalisation mondiale de ce type, la centrale de Love - Vanceburg (3 bulbes de 24,3 MW sous 8,60 m) a été mise en service aux États-Unis en 1982. En provenance du chantier de Saint-Nazaire, avec des groupes bulbes Neyrpic-Alsthom, l'usine a traversé l'Atlantique sur un navire semi-submersible puis remonté le Missis-

sipi et l'Ohio par flottaison avant d'être échouée à son emplacement définitif.

Turbines Francis de très grandes dimensions

Les puissances unitaires des grandes turbines Francis sont passées en moins de deux décennies de 200 MW à plus de 800 MW. L'exemple de la centrale d'Itaipu, à la frontière entre le Brésil et le Paraguay, près des chutes d'Ignaçu est d'actualité. Cette centrale sur le Rio Parana, dont la retenue vient d'être mise en eau, est équipée de 18 groupes fournissant 740 MW de puissance nominale sous 118 m de chute. Le débit d'une



Love-Vanceburg. Barges contenant les groupes bulbes au départ de Saint-Nazaire.

seule turbine est de $700 \text{ m}^3/\text{s}$, c'est-à-dire plus que le module de la Seine à Rouen. La roue Francis de 8,60 m de diamètre pèse 300 tonnes. Les études hydrauliques et les essais sur modèle réduit réalisés par Neyrpic ont permis d'atteindre des rendements de 95 %.

Pour répondre à cette demande nouvelle, qui ne s'est véritablement concrétisée qu'à partir de 1980, les constructeurs ont dû concevoir des matériels sensiblement différents de ceux qui leur étaient demandés jusqu'à présent par leurs clients des pays développés. Les critères de rusticité, de maintenance réduite, de facilité de montage, de fonctionnement en réseau isolé, etc., ont pris une importance qu'ils n'avaient pas jusque là.

La photo ci-contre montre plusieurs turbines d'une gamme normalisée utilisable sous des basses chutes (5 à 20 m) pour des puissances comprises entre 0,3 MW et 1,2 MW selon les modèles. Ces turbines qui ont rencontré beaucoup de succès (plus de 50 en commande) sont mises en service en 14 mois avec une livraison sur châssis permettant un montage en moins d'une se-

maine avec une seule personne qualifiée.

Afin d'être à même de garantir des rendements exceptionnellement élevés et d'excellentes qualités d'exploitation, les équipes d'ingénieurs et de techniciens de Neyrpic ont dû se maintenir ou se porter à la pointe du progrès dans de nombreuses disciplines :

- en mécanique des fluides avec l'établissement de méthodes performantes de calcul des écoulements dans les turbomachines (programmes quasi tridimensionnels et programmes tridimensionnels) ;
- en mécanique des structures avec la mise au point de nombreux programmes pour les calculs statiques et dynamiques des composants de turbines ;

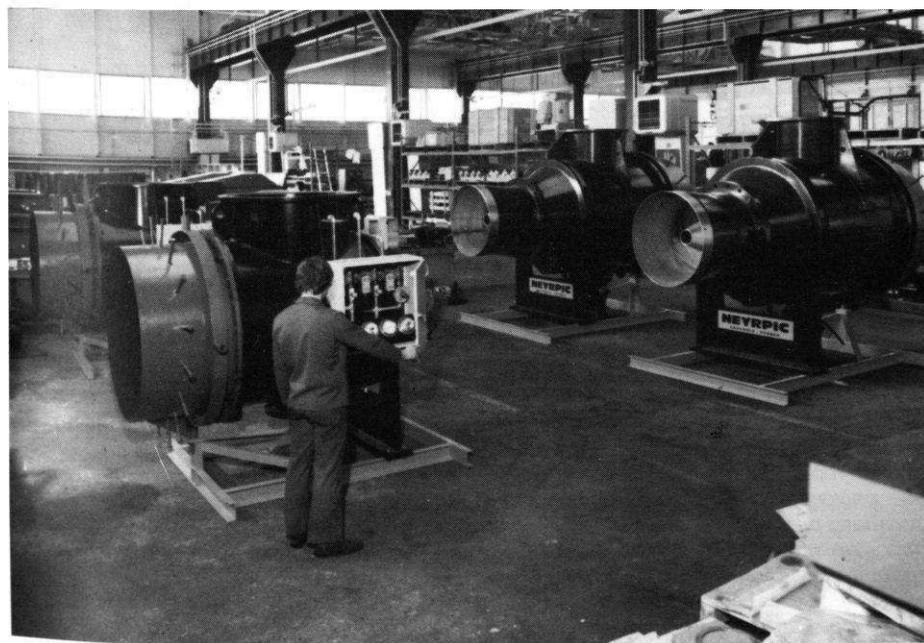
Miniturbines

L'augmentation du prix du pétrole a considérablement renforcé l'intérêt des minicentrales hydroélectriques, notamment dans les pays en voie de développement non producteurs ou peu producteurs d'hydrocarbures.



Itaipon - Roue de turbine Francis.

Miniturbines normalisées en cours de montage en atelier.



- en essais sur modèles réduits avec des mesures précises et des systèmes de traitement de données permettant d'analyser des phénomènes plus ou moins permanents ou fortement perturbés ;

- en conception assistée par ordinateur avec, en particulier, la mise au point d'un système bien adapté à la définition des surfaces complexes et d'un très bon programme de maillage automatique tridimensionnel ;

- en procédés de fabrication applicables à des pièces de grandes dimensions (25 m d'encombrement et plus) et de formes complexes avec souvent des soudures de forte épaisseur (200 à 300 mm) à réaliser en automatique et avec des tolérances d'usinage très serrées ;

- en système de réglage et de commande continu ou numériques d'une très grande fiabilité ;

- etc.

La variété des compétences scientifiques et techniques de haut niveau nécessaire pour mener à bien les études et la fabrication des turbomachines hydrauliques, confirme une nouvelle fois que l'innovation doit trouver sa place tout autant dans les industries mécaniques "classiques" que dans les secteurs dits "de pointe". Le titre du présent article : "La turbine hydraulique" aurait très bien pu être accompagné d'un sous-titre : industrie évolutive et multidisciplinaire. ■

La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

lu pour vous

Technique, bonheur, liberté

(à propos du livre **Le bonheur-liberté**)

* Presses Universitaires de France, 1982.

par **Serge-Christophe KOLM**

Comprendre sa situation dans le monde est l'un des besoins les plus fondamentaux de chaque homme. Cela lui permet de donner du sens à ce qu'il perçoit, à ce qu'il est, à ce qu'il fait. Cette compréhension absente ou même troublée, c'est l'angoisse. Présente et claire, c'est en particulier une efficacité accrue dans l'action.

L'homme moderne a des besoins particulièrement aigus en cette matière, parce qu'il vit dans un monde et une société à transformation rapide, à extrêmes interdépendance économique et divisions du travail et des savoirs, gavés d'information galopante, mais dotés aussi à la fois d'une connaissance unique du passé et du besoin pressant de prévoir l'avenir, et visant d'abord des valeurs abstraites et a-culturelles comme le bonheur, ou la liberté qui charge en outre de responsabilité.

Et, sans doute, plus que tout autre à ce besoin l'homme central de la modernité, celui qui se tient et agit au carrefour de ses trois axes moteurs : la connaissance technique, l'économie, la responsabilité sociale.

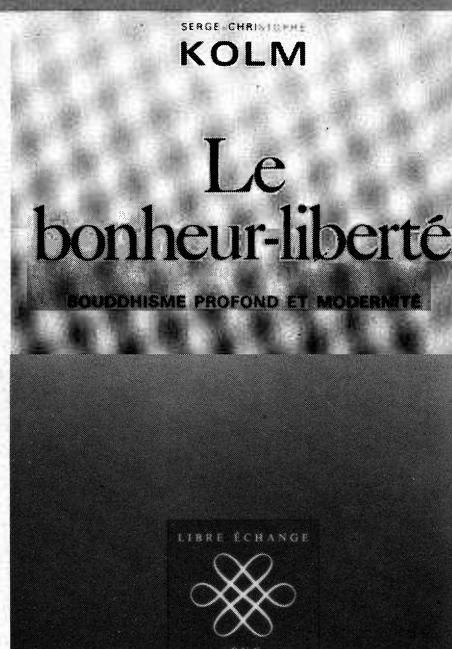
Il valait donc la peine d'étudier cette question, et il était nécessaire, pour bien le faire, d'aller jusqu'aux limites du problème à la fois dans la psychologie où il se pose et dans l'histoire qui a fait ce monde et nous-mêmes, c'est-à-dire en profondeur et dans le temps.

*C'est l'une des raisons essentielles qui m'ont conduit à faire un pas de plus à partir de ma formation technique et de mon métier d'économiste, pour mener une très longue enquête dans les champs de la philosophie, de l'histoire et des connaissances les plus profondes du psychisme humain. Le résultat est l'ouvrage **Le bonheur-liberté***, qui a aussi un sous-titre qui s'éclairera plus bas.*

Résumée le plus possible, l'enquête historique s'est déroulée de la façon suivante.

Nos prouesses techniques sont filles du développement économique et de la connaissance scientifique. Le développement économique et l'innovation technique qui le sous-tend est le fruit du capitalisme et du marché, donc de la liberté d'échanger (les économies à planification centralisée sont nées bien après et se fondent largement sur l'imitation technique) ; le temps charnière est ici la fin du 18^e siècle et le début du 19^e. La science, elle, est fille de la liberté de pensée, et on peut désigner le 16^e siècle comme début de son essor moderne. Mais la libération est plus généralement la clef la plus explicative de l'histoire de l'ensemble des aspects du monde moderne : libertés civiles conquises au 19^e siècle dans nos pays et dont l'extension ailleurs est l'un des problèmes actuels essentiels, libérations nationales, liberté politique qu'est la démocratie, liberté de sentir venant en diverses bouffées (Renaissance, Romantisme, années 20 et 60 de ce siècle, etc.), libérations successives à l'égard des structures familiales, libération contre la contrainte d'ignorance par l'éducation et la découverte, grâce à cela multiples libérations que constituent les diverses augmentations de possibilités fournies par les techniques, libération ressentie à l'égard des "lois de la nature" (dont, comme chacun sait, "on ne se libère qu'en leur obéissant"), libération des contraintes de la misère ou du manque par le développement économique, etc.

Ces libertés sont le plus souvent celles d'individus, de sorte que cette montée de la liberté est aussi celle de l'individualisme. Le pas suivant de l'enquête nous mène vers le 12^e siècle en Europe, départ de l'aventure continue moderne, quand, villes, bourgeoisies, universités, franchises, techniques, éducation, prennent chez nous leur essor. Encore un grand pas, et nous voici dans l'antiquité, que redécouvrent sans cesse ces renaissances successives de l'Occident, avec, dans ses huit derniers siècles,



cette philosophie hégémonique qu'est le stoïcisme grec et latin. Cette pensée apparaît comme la principale matrice de la modernité. Individualisme, liberté individuelle poussée à l'extrême, quête du bonheur, démocratie, égalité, sont dans les aspirations des stoïciens ; causalité, idée de loi scientifique, sont dans leurs explications. L'influence du stoïcisme sur le monde moderne, pour toutes ces idées, s'est exercée par de multiples voies à diverses périodes. Plusieurs de ces voies passent par le christianisme. Pour commencer, le stoïcisme de Saint Paul donne à cette secte du peuple élu l'idée d'homme universel, donc de primauté de l'individu, de possibilité d'égalité, et il en fait ainsi une religion universelle.

Mais d'où viennent ces idées stoïciennes ? Pour leur essence centrale, selon toute vraisemblance, de pensées très répandues dans l'Asie où il est né, à l'époque hellénistique, quand des Grecs et des Indiens cohabitent comme sujets des mêmes empires. Mais aussi de philosophes grecs de deux siècles plus anciens, comme Héraclite et Pythagore, également d'Asie, à un moment où, aussi, des Grecs et des Indiens sont sujets du même empire (le perse). La comparaison très précise des idées montre l'extraordinaire proximité de celles des stoïciens (et autres de leur époque), de Pythagore, d'Héraclite, avec celles de ces philosophies d'origine indienne que sont le jainisme et surtout le bouddhisme, notamment sur les sujets de la libération, du bonheur, de l'individu et de l'homme universel, de la causalité et du sentiment de "loi naturelle", de la métépsychose (comme métempore du fonctionnement de l'esprit). Ces philosophies sont fondées aux Indes, en réaction radicale contre l'hindouisme des castes, autour de l'an 500 avant notre ère, quand vivent aussi Pythagore et Héraclite, quand naît la philosophie grecque,

quand d'autres gigantesques progrès et libérations culturels explosent en Perse, en Israël et ailleurs : ce moment est le cœur du prodigieux "âge axial" où aboutissent toutes les racines connues du monde moderne.

Ce bouddhisme est d'ailleurs toujours vivant, en tradition continue ininterrompue depuis cette époque. Et c'est par des voies historiques parfaitement connues qu'il en est venu à marquer profondément l'esprit de toute la moitié orientale de l'humanité, dont il constitue soit presque tout soit une partie essentielle de la culture (l'hindouisme n'a chassé le bouddhisme des Indes qu'en assimilant de larges pans). On ne peut pas comprendre l'Asie sans connaître le bouddhisme. J'ajouterai que si les seules régions dont l'économie continue à croître dans notre crise actuelle sont explicitement et fortement bouddhistes (Japon, Corée, Taiwan, Hong Kong, Singapour, zones urbaines de Thaïlande et de Sri Lanka), ce n'est sans doute pas fortuit.

De plus, le bouddhisme est un enseignement extrêmement hiérarchisé sur le plan de la connaissance et de "l'avancement", et son plus haut niveau, le "bouddhisme profond" (ou analytique, ou scientifique) est aussi la partie la plus avancée de toute la pensée orientale. Ce "bouddhisme profond" est une philosophie psychologique, un savoir sur le psychisme sans pareil de loin dans le monde, assorti de techniques mentales d'auto-connaissance et d'auto-formation. Ce n'est en rien une religion.

La philosophie bouddhique (du sanskrit **buddhi**, sagesse, connaissance profonde) ne peut manquer d'interpeller fortement l'homme moderne qui en prend connaissance, à tel point qu'elle paraît faite pour répondre à ses questions les plus profondes. Le bouddhisme se définit comme le moyen de diminuer les souffrances et insatisfactions, ce qui ressemble, en plus intelligent, à notre recherche du bonheur. Il propose pour cela la libération, écho de notre obsession.

Mais il met l'accent sur la libération psychique, à l'égard des désirs insatisfaisables, des illusions pénibles, des mythes asservissants : précisément la liberté que nous n'avons pas encore su conquérir. Il propose à cette fin des moyens tout à fait rationnels, des méthodes mentales tout à fait scientifiques, appliquant donc nos techniques générales les plus efficaces au champ où nous en avons le plus besoin, où notre progrès est le plus en retard grâce à notre prodigieuse avancée par ailleurs dans les sciences de la matière et leurs applications. Enfin, sa très radicale théorie du "soi" (je, moi) permet de résoudre les contradictions les plus cruelles de la pensée occidentale, comme celle entre la causalité, le déterminisme, d'un côté, et la liberté de l'autre, donc entre la science et la liberté, ou celles qui peuvent surgir, avec parfois des conséquences historiques gigantesques, entre la liberté et le bonheur.

Donc, compréhension de notre situation et de notre histoire, connaissance de la moitié orientale de l'humanité, solution de problèmes personnels, sociaux et culturels parmi les plus graves : raisons pour connaître le "bouddhisme profond", ses idées, leur effet et leur histoire, les réflexions et propositions qu'il peut inspirer ou fonder. ■

Les fils de la mémoire

l'homme, cet animal informatique

par **André-Georges BONNET**

Éditions Flammarion

En 1963, A. Thiebault, ICPC, définissait André-Georges Bonnet, à propos d'un article qu'il venait de publier comme **"une personnalité attachante et affirmée, travailleur acharné, doué d'un remarquable esprit d'analyse systématique, M. Bonnet présente ici avec brio et sous une plume remarquable une synthèse de l'ensemble des premiers ponts-types pour autoroutes réellement standardisés et pensés rationnellement comme ils doivent l'être au pays de Descartes"**.

Vingt ans plus tard, Robert Clarke écrit dans le Matin : "on ne compte plus les livres sur l'homme et l'informatique. Les fils de la mémoire d'André-Georges Bonnet est le plus riche, le plus dense, le plus clair aussi qui soit paru depuis longtemps".

Bel esprit en vérité, qu'André-Georges Bonnet : séduisant, pointu, rationnel en diable, mais en même temps sensible et plein d'humour.

Alors ces fils de la mémoire, déjà le titre intrigue. Comment faut-il le lire, le fil ou le fils ? Au début on serait tenté de lire le fil, que l'on tient, tel le fil d'Ariane pour avancer à petits pas dans le dédale informatique, et puis petit à petit la filiation de la machine et de l'homme s'impose.

L'ambiguïté est bien sûr une espèglerie de l'auteur. C'est une provocation à l'ordinateur, cette "pauvre" machine qui saisit des langages formels et non la signification des langages, qui saisit le signifiant et non le signifié. Impossible donc de traduire le titre du livre en informatique dans son ambiguïté. Mais cette joie un peu naïve du gamin qui a fait une bonne farce à la machine, cet humour un peu désabusé, est-ce la seule arme qui nous reste face à l'ordinateur ? Car le propos d'André-Georges Bonnet est d'analyser la menace que représente l'ordinateur dans la société moderne, à partir de l'analogie du fonctionnement de la machine et du cerveau humain, puisque l'homme, lui-même est devenu un animal informatique grâce au pithécantrophe. En effet, en inventant le pré-langage, avec environ une vingtaine de syllabes à 1 700 générations de nous (l'auteur utilise la génération comme unité de mesure à remonter le temps), ce mammifère supérieur a fait accéder le cerveau humain à un fonctionnement de type informatique.

C'est le développement des parties supérieures du cerveau qui est le support de la rationalité et du cerveau informatique, ce développement se surimposant au cerveau primitif qui règle la vie (sensations, affectivité, motricité, survie, etc...) mais il s'agit

bien d'un seul et même cerveau, André-Georges Bonnet rejoint là les thèses de Laborit.

L'ordinateur, c'est en fait une dissociation artificielle de la partie supérieure du cerveau qui est mise en machine avec une multiplication absolue de son potentiel de fonctionnement et de traitement de l'information (un ordinateur puissant "lira" toute l'œuvre de Balzac en moins d'une minute !). Mais le cerveau supérieur fonctionnant séparé, ne risque-t-on pas d'aboutir à une déshumanisation de la rationalité, et l'auteur d'expliquer : **"Pour un ordinateur stratégique de la politique de dissuasion, un million de morts par la déflagration immédiate d'une bombe H, ce n'est qu'un nombre de sept chiffres dans les équations, un autre million dans la semaine qui suit, c'est un autre nombre. Ce ne sera jamais l'effroyable chemin de croix d'une ville comme Lyon agonisant dans les brûlures et les syncopes. Le régulateur naturel de la pensée humaine qui était son émotivité, la recherche du plaisir, la fuite devant la douleur, disparaît sans retour, si l'ordinateur "opère tout seul"**.

Par ailleurs, pour André-Georges Bonnet, la pensée étant basée sur la mémoire, **"il n'y a pas de création sans mémoire"**, il rejoint d'ailleurs là des thèses philosophiques anciennes, puisqu'on retrouve un modèle de cette pensée sous la forme de **"La théorie de la réminiscence"** chez Platon (cf. Le Menon), que se passera-t-il lorsque l'homme aura mis sa mémoire hors de lui-même, ne pensera-t-il plus, n'aura-t-il plus de jugements, de projets, et au niveau collectif, les peuples ou les états ne risquent-ils pas de tomber dans une dépendance totale ?

Va-t-on assister à une mue de notre culture ? **"A la question vous avez dit culture ? l'informatique sort la mitrailleuse de ses imprimantes et répond par le dilemme de l'individu et du groupe"**. Paranoïa collective ou schizophrénie individuelle ?

L'informatique, renouvelle-t-elle, comme le prétend André-Georges Bonnet, la vieille menace symboliste : faire de l'homme un hochet creux du savoir. Péremptoire, André-Georges Bonnet n'affirme que pour mieux interroger, et la question qu'il pose, cosmique, risque bien de rester une question sans réponse.

Au fil des pages, André-Georges Bonnet capte notre attention, il séduit, il agace parfois, il dérange souvent. Il marche volontairement hors des sentiers battus, et nous offre un ouvrage original qui vaut d'être lu et médité.

M.C.

DECISIONS

M. René **MOINARD**, IPC, à la direction de la construction est à compter du 1^{er} février 1983, pris en charge par la société anonyme immobilière d'économie mixte du Fond des Groux à Malakoff, pour y exercer les fonctions de Directeur.
Arrêté du 5 janvier 1983.

M. François **LE PICARD**, IPC, adjoint au Dr. départemental de l'équipement de l'Oise est à compter du 16 janvier 83 chargé par intérim des fonctions de Directeur départemental de l'équipement de l'Oise.
Arrêté du 11 janvier 1983.

M. Michel **GIACOBINO**, IPC, chef de l'atelier central de l'environnement à la délégation de la qualité de la vie, est à compter du 1^{er} février 83 mis à la disposition du Ministère de la Recherche et de l'Industrie auprès du Directeur Général de l'Industrie pour exercer les fonctions de secrétaire permanent adjoint du plan construction.
Arrêté du 11 janvier 1983.

M. Maurice **PRUVOST**, IPC, Directeur des Études à l'École Nationale des Ingénieurs des travaux publics de l'État est à compter du 1^{er} mars 83 mis à la disposition de l'institut de recherche des transports en qualité d'adjoint sectoriel au chef du centre d'évaluation et de recherche des nuisances et de l'énergie (CERNE).
Arrêté du 11 janvier 1983.

M. Jean **LEFEBVRE de la BOULAYE**, IPC, en disponibilité est à compter du 1^{er} décembre 82 réintégré dans son administration d'origine et affecté à la direction de l'urbanisme et des paysages en qualité d'adjoint au sous-directeur des opérations d'urbanisme.
Arrêté du 12 janvier 1983.

M. Émile **QUINET**, ICPC, chef du service d'analyse économique et du plan est à compter du 16 janvier 83 réintégré dans son corps d'origine et affecté à l'école Nationale des Ponts et Chaussées en qualité d'enseignant chercheur, pour exercer les fonctions de chef du département d'enseignement de recherche d'économie et de sciences sociales.
Arrêté du 14 janvier 1983.

M. Philippe **ARTO**, IPC, en stage post-scolaire aux USA, est à compter du 1^{er} décembre 82, mis à la disposition du Ministère de la recherche et de l'industrie en qualité de chargé de mission au sein du service financement.
Arrêté du 24 janvier 1983.

M. Jean-Claude **SCHUHL**, IPC, à la direction départementale de l'équipement des Bouches-du-Rhône, est à compter du 1^{er} décembre 82, pris en charge par la ville de Marseille pour y exercer les fonctions de Directeur de l'architecture au sein de la direction générale des services techniques de la ville.
Arrêté du 24 janvier 1983.

M. Philippe **RAULIN**, IPC, en service détaché auprès de Gaz de France est à compter du 1^{er} octobre, maintenu dans la même position pour une période de 5 ans éventuellement renouvelable à la société SOFREGAZ.
Arrêté du 31 janvier 1983.

M. Pierre **CATELLA**, ICPC en service détaché auprès du Ministère de la Santé, est à compter du 1^{er} février 83, réintégré dans son corps d'origine en vue d'un détachement auprès de la Confédération nationale du crédit mutuel pour y exercer des fonctions de direction.
Arrêté du 31 janvier 1983.

M. François **HANUS**, IPC, en disponibilité est à compter du 1^{er} novembre 82, réintégré en vue d'un détachement en qualité d'ingénieur conseil auprès du Crédit Lyonnais.
Arrêté du 31 janvier 1983.

M. Jean-Claude **GAZEAU**, IPC, à la Direction départementale du Val-de-Marne, est à compter du 1^{er} février 83, mis à la disposition du Ministère de la recherche et de l'industrie, pour y être chargé de la direction des industries chimiques textiles et diverses de la sous-direction chimie organique-caoutchouc et plastiques.
Arrêté du 3 février 1983.

M. Pierre **AVRIL**, IGPC, à l'inspection générale de gestion est à compter du 1^{er} janvier 1983, chargé conjointement avec M. DELAUNAY des 7^e et 8^e circonscriptions territoriales d'inspection générale.
Arrêté du 3 février 1983.

M. Jean-Pierre **WEISS**, IPC, en service détaché auprès de l'assistance publique de Paris, est à compter du 1^{er} janvier 1983, réintégré dans son administration d'origine en vue d'un détachement auprès de l'association française des célébrations nationales pour y exercer les fonctions de directeur général des travaux de la mission d'études et de préfiguration de l'exposition universelle.
Arrêté du 8 février 1983.

M. Emmanuel **BOUCHON**, IPC, mis à la disposition du Ministère de la recherche et de l'industrie, est à compter du 1^{er} février,

remis à la disposition de son administration d'origine et affecté au SETRA, département ouvrages d'art.
Arrêté du 10 février 1983.

M. Alain **VILLARET**, ICPC, Directeur départemental de l'équipement des Bouches-du-Rhône, est à compter du 20 septembre 1982, détaché auprès du Ministère de la recherche et de l'industrie en qualité de délégué aux affaires régionales.
Arrêté du 17 février 1983.

M. Barthélémy **RAYNAUD**, IPC, est à compter du 1^{er} décembre 1982, placé en service détaché auprès de la commune de Paris pour une période de 5 ans, sur un emploi de Directeur Général de la Ville de Paris pour y être chargé des fonctions de directeur de la construction et du logement.
Arrêté du 17 février 1983.

M. Bernard **LARROUTOUROU**, IPC, est à compter du 1^{er} février, pris en charge par l'institut national de recherche en informatique et automatique (INRIA) en qualité de chercheur.
Arrêté du 17 février 1983.

M. Bernard **SCHAER**, IPC, à la direction départementale de l'équipement de Meurthe-et-Moselle est à compter du 1^{er} février 83, pris en charge par la SNCF.
Arrêté du 17 février 1983.

NOMINATIONS

Les IPC, dont les noms suivent, affectés provisoirement à l'ENPC reçoivent à compter du 1^{er} février 1983 les affectations suivantes :

M. Alain **GAUTIER**, ICPC, à la direction départementale de l'équipement des Alpes-Maritimes, est à compter du 1^{er} février 1983, nommé chef du service maritime de navigation du Languedoc-Roussillon.
Arrêté du 27 janvier 1983.

M. Pierre **DONJON de SAINT-MARTIN**, ICPC, adjoint au directeur départemental de l'équipement du Puy-de-Dôme, est à compter du 1^{er} mars 83, nommé directeur départemental de l'équipement de la Mayenne.
Arrêté du 1^{er} février 1983.

MM. Pierre **ARISTAGHES** : Service Central Technique des Ports Maritimes et des Voies Navigables - Division Ports Maritimes.

Jean-Marc **BONNET** : Direction Départementale de Meurthe-et-Moselle - Chargé du Groupe "Grands Travaux".

Bernard **CAILLAUD** : Maintenu à l'ENPC jusqu'au 30 juin 1983 inclus.

Alain **CORFDIR** : Service Technique des Phares et Balises - Chargé de l'arrondissement opérationnel.

Antoine **DAMBRINE** : Direction des Routes - Sous-Direction des Études et des Programmes, chargé du Bureau "Affaires Urbaines".

Marc **DELAYE** : Direction Départementale de l'Équipement de l'Yonne - Chargé de l'arrondissement fonctionnel.

Antoine **FREROT** : Direction de la Prévention des Pollutions pour être mis à la disposition du Centre d'Enseignement et de Recherche de l'ENPC (CERGRENE).

Jacques **FRIGGIT** : Maintenu à l'ENPC jusqu'au 31 mars 1983.

Damien **LAMBERTON** : Affecté à l'ENPC (Centre d'Enseignement et de Recherches de Mathématiques appliquées, CERMA).

Daniel **PENDARIAS** : Direction Régionale de l'Équipement "Champagne-Ardenne" - Chargé de mission auprès du Directeur.

Hervé **PHILIPPE** : Direction Départementale de l'Équipement de l'Aube - Chargé de l'arrondissement opérationnel.

Olivier **PIET** : Service de la Navigation du Nord et du Pas-de-Calais - Chargé de l'arrondissement technique de Douai.

Gilles **PINDAT** : Direction de l'Administration Générale - Chargé de mission au sein de la Mission "Tête Défense".

Bernard **SCHWOB** : Direction Départementale de l'Équipement du Haut-Rhin - Chargé de l'arrondissement fonctionnel. Arrêté du 24 février 1983.

M. Raymond **DELATRONCHETTE**, IGPC, chargé de la Division Études de Réseaux Urbains (DERU) à la Direction Régionale de l'Équipement "Ile-de-France" est, à compter du 1^{er} mars 1983, nommé au sein du même service Conseiller Technique auprès du Directeur Régional de l'Équipement "Ile-de-France". Arrêté du 28 février 1983.

M. François **LEVY**, IGPC, à la mission spécialisée d'Inspection "Urbanisme" est, à compter du 1^{er} mars 1983, nommé Président de la Section "Urbanisme, Architecture et Habitat" du Conseil Général des Ponts et Chaussées. Arrêté du 15 mars 1983.

M. Jean-Claude **DEMOUY**, IPC., à la Direction Départementale de l'Équipement du Pas-de-Calais, est, à compter du 1^{er} janvier 1983, nommé au sein de la même Direction, Ajoint au Directeur, chargé des Programmes. Arrêté du 16 mars 1983.

J. Berthier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées est nommé Directeur des Routes



Né le 7 décembre 1933.

CARRIÈRE

- Arrondissement de Saint-Quentin du service des Ponts et Chaussées de l'Aisne jusqu'en novembre 1961.
- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Paris jusqu'en septembre 1973, d'abord comme responsable de recherches dans le domaine de la technique routière, de la mécanique des roches, de la construction des tunnels, puis à partir de

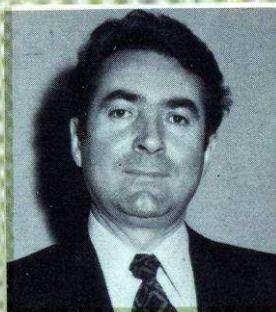
1967, comme adjoint au Directeur chargé des laboratoires régionaux.

- Service régional de l'Équipement de la région parisienne (devenu ensuite Direction Régionale de l'Équipement d'Ile-de-France) jusqu'en décembre 1976, comme responsable de la division technique : réalisation de très grands ouvrages d'art, premiers ouvrages français de protection contre le bruit, mise en place de systèmes de surveillance et de régulation du trafic sur les pénétrantes autoroutières, première expérience française de contrôle d'accès sur l'autoroute A1.
- Directeur du SETRA, Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, chargé de toutes les études générales relatives au réseau routier national et au réseau autoroutier.

DÉCORATIONS

- Chevalier du mérite (décret du 24 mai 1972).
- Chevalier de la légion d'honneur (décret du 3 avril 1980).

Michel Fève, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées est nommé à la SNCF Directeur Général adjoint, chargé des affaires commerciales



Né le 26 avril 1931.

CARRIÈRE

- D'octobre 1957 à mai 1961, affecté au Service Ordinaire et Maritime des Ponts et Chaussées de Bougie (Algérie).
- De mai 1961 à novembre 1962, Directeur des Travaux du Port Autonome d'Alger.
- De novembre 1962 à juillet 1968, affecté au Service Maritime du Nord, puis au Port Autonome de Dunkerque à sa création.

D'abord Directeur de l'Outillage puis Directeur de l'Exploitation du Port.

- De juillet 1968 à mars 1971, Conseiller Technique au Cabinet du Ministre de l'Équipement, chargé des problèmes d'équipement.
- Depuis mars 1971, Directeur des Routes et de la Circulation Routière (Ministère des Transports).

DÉCORATIONS

- Chevalier de l'ordre national du mérite (décembre 1969).
- Chevalier de l'ordre national de la légion d'honneur (mars 1975).
- Officier de l'ordre national du mérite (octobre 1977).
- Commandeur de l'ordre national du mérite (juillet 1982).

MUTATIONS

M. Henri **COLIN**, IPC, à la direction départementale de l'équipement de la Dordogne est muté à la direction départementale de l'équipement de la Guadeloupe, en qualité d'adjoint au Directeur.
Arrêté du 18 février 1983.

M. Jean-Michel **LANNUZEL**, IPC, à la direction départementale de l'équipement du Finistère est à compter du 1^{er} avril 1983, muté à la direction départementale de l'équipement d'Ille-et-Vilaine, en qualité d'adjoint au Directeur.
Arrêté du 3 février 1983.

M. Christian **BOURGET**, IPC, au CETE de Lyon, est à compter du 1^{er} février 1983, muté à la direction régionale de l'équipement Ile-de-France pour y être chargé du groupe Informatique régional.
Arrêté du 4 février 1983.

PROMOTIONS

Les ingénieurs en chefs des PC dont les noms suivent, sont promus Ingénieurs généraux des PC.

MM. Jacques **MICHEL**
Alphonse **FOLACCI**
Robert **VION**
Marcel **DUSSINE**
Henri **BOUMENDIL**
Marcel **PRADE**
Raymond **DELATRONCHETTE**.
Arrêté du 19 janvier 1983.

DÉCÈS

Nous avons le regret de faire part du décès de nos camarades

Eugène **HOFFMAN**, le 3 janvier 1983
André **LESBRE**, le 17 janvier 1983.

Nous présentons à leurs familles toutes nos condoléances.

PRÉSENTATION DU LIVRE "PONTS DE FRANCE"

Discours de Jacques TANZI Directeur de l'E.N.P.C.

Mesdames, Messieurs,

En tant que Directeur de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, je suis très heureux de vous accueillir aujourd'hui, en vous remerciant très vivement d'avoir bien voulu accepter si nombreux l'invitation qui vous a été faite de célébrer avec nous la publication de l'ouvrage Ponts de France.

Monsieur Charles Fiterman, Ministre d'État, Ministre des Transports, avait bien voulu accepter de présider personnellement la présente manifestation ; malheureusement il s'est trouvé dans l'obligation il y a 48 heures d'accepter de participer à une réunion intergouvernementale qui se déroule à cette heure-ci à Bruxelles. Il a tenu toutefois à être des nôtres par l'image et par la voix et a à cet effet enregistré hier soir même une allocution filmée qui vous sera projetée d'ici quelques minutes. Il a par ailleurs demandé à son Directeur de Cabinet, Monsieur Claude Martinand, de prononcer en son nom le discours qu'il avait préparé à votre intention.



Jacques Tanzi.

La présente réunion est pour moi l'occasion de vous dire quelques mots au sujet de notre école à laquelle vous avez bien voulu aujourd'hui par votre présence confirmer l'intérêt que vous portez. Notre école est en pleine mutation. Les réflexions qui ont été menées depuis plusieurs années débouchent maintenant sur une réforme profonde de son système d'enseignement qui, plus encore que par le passé, s'attachera à conférer aux études le haut niveau scientifique et technique qui a fait son renom — en accordant une place accrue à la recherche — ainsi qu'à veiller à l'épanouissement de la personnalité de chaque étudiant en le mettant notamment en étroit contact dès son passage à l'école avec les réalités socio-économiques des milieux professionnels dans lesquels il est appelé à intervenir.

Au-delà de la formation initiale, l'école se préoccupe, de manière croissante, de la recherche. Dans ce but, en plus des centres déjà existants pour lesquels l'école est associée à d'autres établissements d'enseignement supérieur, l'école a ces dernières années créé des centres propres de recherche, qui s'attachent à concilier recherche théorique et applications concrètes.

L'École a également largement développé son action de formation continue tant en France qu'à l'étranger, et comme pour la recherche, en collaboration avec l'Association des anciens élèves. Par cette action l'école assume le rôle qui est le sien en matière de formation et de diffusion nationale et internationale des techniques françaises. La publication d'ouvrages écrits constitue tout naturellement le prolongement d'une telle activité. La sortie de l'ouvrage qui est aujourd'hui l'occasion de nous réunir en représente un évident témoignage. Ponts de France est en effet le 40^e ouvrage édité par les Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

Dans le même esprit l'école s'appuie également sur les supports audiovisuels pour faire connaître les techniques et les compétences des organismes français concernés tant dans notre pays qu'à l'étranger. L'ensemble de cette activité, renforcée par les réformes en cours à l'école confirme que notre action s'inscrit bien dans le cadre de l'avant-projet de loi d'orientation de l'enseignement supérieur élaboré sous l'autorité de Monsieur Alain Savary, Ministre de l'Éducation Nationale.

Avant de vous projeter l'allocution filmée de Monsieur Charles Fiterman, nous avons cru intéressant de vous présenter un exemple concret de l'activité audiovisuelle de l'école sur le thème des ouvrages d'art qui nous réunissent aujourd'hui. Ce document de 12 minutes, qui porte sur le thème des ponts poussés, a été conçu et réalisé en étroite concertation avec plusieurs grandes entreprises françaises de travaux publics et avec les conseils du Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes.

Discours de Guy GIRAUDAT Président AA - ENPC

Monsieur le Ministre d'État,

L'École Nationale des Ponts et Chaussées, sa Direction, ses Élèves et ses Anciens Élèves sont particulièrement heureux de vous souhaiter la bienvenue dans ces murs et très fiers du témoignage d'intérêt et de sympathie que votre présence veut bien leur manifester. Soyez-en vivement remercié.

Je saluerai aussi les nombreuses personnalités qui nous ont fait l'honneur de répondre à notre invitation.

Fière de son âge notre École l'est encore plus d'avoir su tout à la fois rester fidèle à sa vocation originelle et s'adapter aux évolutions incessantes.

Fidèle à sa vocation, elle fournit à la Nation les cadres techniques supérieurs en charge de son équipement, au sens le plus large du terme.

Assure à ses élèves un très haut niveau scientifique dans les disciplines fondamentales ; l'approfondissement d'un domaine technique particulier résolument ancré dans le concret ; de solides bases d'économie et de gestion ; et aussi une large ouverture vers les divers aspects des rapports sociaux.

Mais la formation de nos Ingénieurs serait incomplète si elle ne comportait pas un volet d'enseignement par et à la recherche, forme privilégiée de travail personnel en profondeur et creuset des futures technologies de pointe.

"Ponts de France", ce livre qui nous réunit aujourd'hui, est un hymne à l'esprit d'innovation de nos prédécesseurs.

Et je crois profondément l'innovation tout à la fois fille et mère de la recherche.

Dans une économie mondialement perturbée, face à la montée de la concurrence de pays, encore pour quelque temps, moins industrialisés que nous, il est vital de préserver et accroître notre avance scientifique et technique partout où cela se peut.

Pour qu'il en soit ainsi tous les efforts doivent être faits en harmonieuse convergence.

Notre École quant à elle participe à des Centres de Recherche communs tel celui de géologie de l'Ingénieur avec l'École des Mines, ou le Laboratoire Mécanique des Solides, avec l'École Polytechnique et à nouveau l'École des Mines.

Nous entendons poursuivre ces efforts, en conservant notre personnalité spécifique mais, en développant notre coopération avec les autres organismes du "Secteur" : École des TPE, CSTB, IRT, CETUR.

Et bien sûr, de façon toute privilégiée, avec notre "grand garçon" le LCPC.

L'École se sent vocation à être partie prenante aux programmes mobilisateurs de recherche dans les domaines de sa compétence tel celui sur les transports terrestres que vous évoquiez, Monsieur le Ministre d'État, ce 24 mai à Nantes.

Je disais tout à l'heure notre Maison fidèle à sa vocation originelle et fière de son évolution.

Il est un domaine particulier où l'École a nettement marqué ses capacités d'adaptation. Je veux parler de la formation continue, et de son prolongement dans l'action internationale.

Un établissement d'enseignement supérieur comme le nôtre ne peut remplir valablement sa mission en limitant ses efforts aux trois ou quatre années pendant lesquelles ses élèves le fréquentent.

L'ayant compris très tôt, l'École des Ponts a mis en place et développé un Département consacré à la Formation Continue.

Ayant ouvert sa formation initiale à de nombreux étudiants étrangers, l'École se devait de développer de même le côté international de la formation continue.

Les sessions classiques sont bien entendu ouvertes à tous. Mais deux types d'action spécifiques concernent l'étranger.

À la demande de gouvernements ou d'administrations, des cycles particuliers sont organisés en France pour les Ingénieurs des pays concernés, francophones et voisins tels l'Algérie.

En outre, l'École organise chaque année de 10 à 20 sessions à l'étranger, en langue française ou anglaise, en étroite liaison avec gouvernements, administrations ou établissements d'enseignement supérieur. Les thèmes choisis le sont par nos partenaires, et les programmes arrêtés en commun.

À Paris, sont organisés régulièrement des colloques internationaux regroupant plusieurs centaines d'experts du monde entier.

En mai 1984, aura lieu le colloque "Routes et Développement", auquel, Monsieur le Ministre, vous avez bien voulu accorder votre patronage.

Mais la transmission des connaissances et des techniques suppose des véhicules...

Demain, sans doute, nous développerons l'audiovisuel ; nous avons d'ailleurs commencé avec un montage "Ouvrage d'Art" réalisé en étroite synergie avec l'Administration et les entreprises, (synergie et... participation).

Mais le livre restera un véhicule privilégié de la culture et du savoir.

"Ponts de France" est à ce jour le fleuron de nos Presses encore adolescentes et c'est pourquoi nous tenions à donner quelque importance aux débuts officiels de celles-ci et à la présentation de celui-là.

Il faut féliciter très sincèrement l'équipe qui, sous la direction de Monsieur l'Ingénieur Général Guy Grattesat a composé cet hymne à l'ouvrage d'art :

Auguste Arzac, Anne Bernard-Gely, Jean Berthier, Georges Darpas, Michel Lauras, Maurice Le Franc, Jean Mesqui, Georges Reverdy, Jacques Roche.

Ils ont tous, je crois, bien mérité notre reconnaissance.

Je n'aurai garde d'oublier Monsieur Fève à qui ce livre doit beaucoup, et pas seulement la préface.

"Ponts de France".

Hymne à l'ouvrage d'art, hymne aussi à l'innovation, au génie de nos prédécesseurs.

Alors poursuivons dans la voie de nos Anciens et que vivent les Ponts !

Photo OROP



Discours de Claude MARTINAND

Directeur de Cabinet du Ministre des Transports

**Monsieur le Président,
Monsieur le Directeur,
Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,**

Je voudrais tout d'abord, au nom du Ministre d'État, Ministre des Transports, vous remercier de votre invitation et saluer à mon tour les nombreuses personnalités ici présentes.

C'est pour moi un grand plaisir de revenir aujourd'hui dans cette École que je connais bien puisque j'ai représenté les ingénieurs des Ponts et Chaussées à son Conseil de Perfectionnement durant neuf ans, et d'y revenir en particulier à l'occasion de la publication de cet ouvrage, "Ponts de France", qui témoigne et illustre des plus beaux fleurons de ses anciens élèves.

Je sais la somme de travail que représente un tel ouvrage. Le résultat en est tout à fait remarquable, et le Ministre m'a chargé d'en féliciter en son nom toute l'équipe qui y a participé, sous la direction de Guy Grattezat et avec le soutien actif de Michel Fève.

Collectif, cet ouvrage l'est aussi par l'ampleur et l'intérêt de l'œuvre dont il rend compte : il met en effet en évidence la richesse tout à fait exceptionnelle de notre patrimoine, les efforts persévérants, les évolutions, les progrès dont il témoigne ; la contribution irremplaçable de quelques grands noms comme Navier, Eiffel, Séjourne, Perronet, Freyssinet ou Caquot ; et de manière générale, la place qu'a su prendre notre pays, au tout premier rang, dans la conception et la construction des ouvrages d'art et des infrastructures de transports en général.

A une époque où les préoccupations d'insertion de ces infrastructures dans leur environnement sont plus sensibles, ce livre contribuera à mieux faire connaître le beau métier d'ingénieur constructeur, de bâtisseur. Il témoigne de ce que la maîtrise d'une technique, c'est aussi l'aptitude à construire des ouvrages qui soient beaux et hardis, et qui participent pleinement à l'aménagement et à la mise en valeur du cadre qui les entoure.

Livre sur les ouvrages d'art, ce livre est aussi — et ce n'est pas son moindre mérite

— un livre de culture et d'art. S'adressant à un public très large, je ne doute pas, en particulier, qu'il donne envie à certains de nos jeunes de s'orienter vers des carrières techniques indispensables à la nation et à participer ainsi à leur tour à la poursuite d'une tradition, au développement d'un savoir-faire, déjà si riches.

Cela m'amène tout naturellement à dire un mot des problèmes pour une part nouveaux qui nous sont aujourd'hui posés au plan de la formation et de la recherche.

Nous vivons en effet, vous l'avez évoqué, M. le Président, dans un monde en mutation. Les contraintes liées à la crise, l'aiguinement de la concurrence internationale, la nécessité de promouvoir progressivement un nouveau type de croissance, des exigences qui s'affirment plus fortement en matière de préservation de l'environnement, de lutte contre les nuisances, de sécurité, tout cela comporte des implications directes et importantes dans un secteur comme le nôtre et appelle à développer un effort sans précédent, qui soit à la fois un effort d'adaptation et d'innovation.

Cet effort doit, à notre sens, répondre à trois exigences essentielles que le Ministre vient d'aborder dans son propos et que vous me permettez de développer brièvement devant vous :

La première exigence réside, me semble-t-il, dans un élargissement du champ des compétences.

Notre administration a dans ce domaine forgé au cours des temps un réseau sans égal dans la plupart des pays appuyé sur les grands services techniques du Ministère des Transports et l'armature solide des laboratoires des Ponts et Chaussées, des Centres d'Études Techniques de l'Équipement et des Directions Départementales de l'Équipement.

Ce réseau doit être maintenu à un excellent niveau de compétence, pour permettre à l'État d'assumer ses responsabilités de maître d'ouvrage des infrastructures nationales. Il doit aussi faire face à des tâches dont l'importance est appelée à croître, par exemple en matière de gestion du patrimoine, de surveillance, de préservation et

d'entretien des ouvrages d'art auxquels toutes les études économiques nous conduisent à apporter une attention accrue et renouvelée.

Dès lors, une école comme celle-ci doit naturellement former — c'est sa vocation — des spécialistes de haut niveau dans le domaine du génie civil et tout spécialement dans le secteur des ouvrages d'art, qui nous rassemble aujourd'hui.

MM. Josse - Fève - Gerbaldi - Martinand.



Mais en même temps, dans le contexte que je viens de rappeler, où les aspects techniques et économiques sont multiples et tendent à s'interpénétrer, nous devons avoir le souci de former des ingénieurs généralistes, ou des "gestionnaires", au service des décideurs et de la collectivité dans son ensemble.

Cette dualité d'objectifs entre la volonté de maîtriser des domaines toujours plus larges et de posséder des secteurs difficiles complexe évidemment la conception de nos écoles d'ingénieurs, mais elle me paraît

devoir en même temps contribuer à leur originalité et à leur richesse. Et je sais que c'est là une préoccupation d'ores et déjà prise en compte dans la réorganisation en cours des enseignements de l'ENPC.

La recherche de solutions à ce problème, en même temps que la nécessité d'une mise à jour constante des connaissances, doit aussi conduire à développer l'effort engagé dans le domaine de la formation continue.

Photo OROP

Celle-ci joue en effet — et est appelée à jouer — un rôle essentiel. Elle constitue en outre une occasion privilégiée d'échanges entre gens de provenances et d'expériences diverses, en activité dans des situations variées, dans le secteur privé comme dans le secteur public, mais tous animés du même souci et du même besoin de mieux maîtriser leur technique, maîtrise qui est devenue plus que jamais une œuvre collective.

Disant cela, je pense notamment aux ingénieurs de l'administration dont il est sans doute souhaitable — et nous entendons y veiller — qu'ils puissent encore davantage participer à ce mouvement de formation continue et au carrefour d'expériences qui peut l'entourer.

La seconde exigence, c'est l'exigence d'un effort important dans le domaine de l'**Innovation et de la Recherche**, effort dans le cadre duquel une École comme celle-ci a naturellement un rôle à jouer.

Vous avez rappelé, Monsieur le Président, que le développement de cet effort de recherche était une des priorités que s'était fixé ce Gouvernement, et c'est une priorité qui vaut tout particulièrement dans un secteur où nous avons une place de choix à défendre et qui est, au demeurant un des premiers secteurs industriels à l'exportation.

Nos techniques doivent sans cesse s'adapter, pour répondre aux préoccupations du monde d'aujourd'hui : performances techniques, économies d'énergie, économie de matériaux, préoccupation d'environnement, techniques plus simples notamment pour l'exportation, sûreté d'exécution et amélioration des conditions de travail de ceux qui participent aux réalisations.

Nous nous devons de maîtriser tous ces aspects, afin d'être toujours mieux à même de répondre aux aspirations et aux exigences d'aujourd'hui, et de préparer dans les meilleures conditions celles de demain.

A l'exportation, nous nous devons également de maintenir en permanence notre





MM. Giraudat, Martinand et Tanzi.

Photo OROP

avance technologique et d'apporter une capacité d'innovation constante afin d'assurer notre compétitivité face à une concurrence de plus en plus vive.

Compte tenu de ces objectifs qui sont les nôtres, on ne peut que se féliciter de l'action engagée par la Direction des Routes, sous l'impulsion de Michel Fève à qui je tiens ici à rendre hommage, ou encore des dernières réalisations françaises à l'étranger, postérieures à la rédaction de l'ouvrage "Ponts de France" et qui témoigne de la haute technicité de notre outil technologique et de sa capacité d'évolution.

A titre d'exemple, je voudrais saluer la mise au point du nouvel appareil d'auscultation à accélération linéaire mis au point par le laboratoire de Blois qui devrait être opérationnel début 1984 et placer alors la technique française à la pointe des réalisations mondiales en la matière, en permettant l'auscultation des points en béton par radiographie ou radioscopie dans des conditions inconnues à ce jour.

C'est donc là un effort qu'il convient de poursuivre et de développer.

Troisième exigence enfin pour la formation de nos ingénieurs et des hauts cadres de l'administration : s'ouvrir toujours mieux sur le monde qui nous entoure.

Ouverture nécessaire en effet pour répondre à des aspirations, à des besoins nationaux qui se développent en même temps qu'ils se diversifient.

Je parlais tout à l'heure du réseau de compétence si indispensable pour l'État. Il l'est aussi tout naturellement pour les collectivités locales, en particulier dans le cadre du mouvement de décentralisation qui est engagé et qui répond à une nécessité économique, sociale, humaine.

Dans cette perspective, et au-delà de tout esprit de normes, il convient, dans un souci évident d'efficacité, dans la clarté des responsabilités et dans un effort de chacun pour adapter ses méthodes de travail, de présenter un outil technique loyal et compétent, et de lui permettre de jouer pleinement son rôle dans la permanence et la continuité du service public.

Cette ouverture doit aussi se traduire vers les bureaux d'études ou les entreprises publiques et privées, afin de conférer à l'administration une dynamique et un rôle de soutien de l'activité nationale.

Ouverture nécessaire enfin, sur les réalités internationales, et dans le cadre d'une coopération technique qui est encore appelée

— nous entendons y travailler — à se développer, sur des bases d'intérêt mutuel.

On ne peut de ce point de vue que se féliciter des actions entreprises dans ce domaine par l'École Nationale des Ponts et Chaussées, et des projets qu'elle prépare pour l'avenir.

Je sais que, de manière générale, les exigences, les finalités que je viens d'évoquer sont d'ores et déjà largement prises en compte par l'École Nationale des Ponts et Chaussées, dans ce même mouvement qui la conduit à aller de l'avant pour rester fidèle à la riche tradition dont elle est l'héritière. Je vous assure, au nom du Ministre des Transports, que dans cette voie, vous trouverez toujours notre soutien, nos encouragements, et pour la part qui dépend de nous, notre aide.

Souhaitant plein succès à la diffusion de ce beau livre qui nous a été présenté aujourd'hui, plein succès à la poursuite de votre activité au service du pays, je vous remercie de votre aimable attention.

Discours de Charles FITERMAN Ministre d'État, Ministre des Transports

**Monsieur le Président,
Monsieur le Directeur,
Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,**

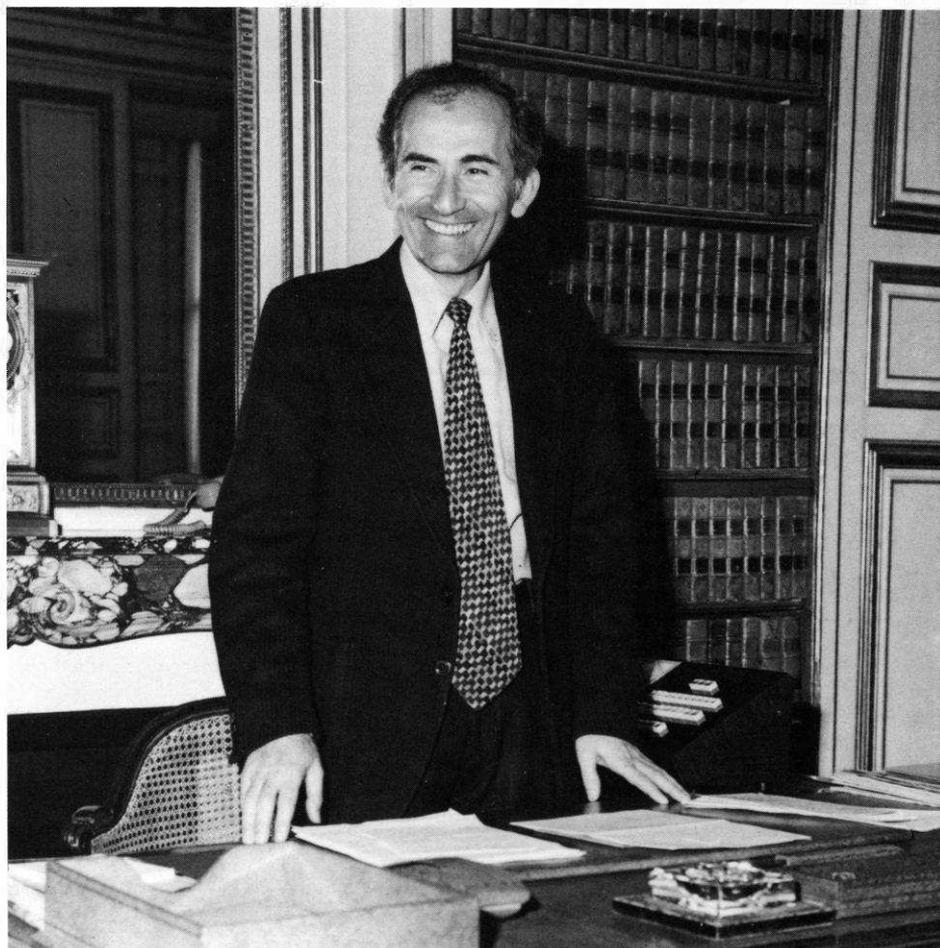
Je voudrais très vivement et très sincèrement m'excuser de ne pas pouvoir participer personnellement à cette cérémonie de présentation de votre livre "Ponts de France". Comme vous le savez, à l'heure où cette cérémonie se déroulera, je serai à Bruxelles, participant à une réunion de la commission des Transports de la communauté européenne. Cette réunion est une réunion extraordinaire, elle a été fixée récemment, et de plus c'est seulement au vu de l'examen des dossiers et des différents problèmes que la décision a été prise en dernière minute de ma participation. Les emplois du temps des ministres ont de ces contraintes. Alors je voudrais vous dire et je suis heureux que cette occasion m'en ait été donnée que je regrette de ne pas pouvoir être parmi vous, je le regrette parce que j'aurais voulu profiter de cette occasion pour manifester l'intérêt que j'ai pris à tous ces contacts, à toutes ces relations que j'ai pu établir depuis près de deux ans que je suis dans ce ministère avec tous ces Ingénieurs des Travaux Publics que je n'avais pas eu, ou très peu, l'occasion de rencontrer jusqu'ici et que j'ai maintenant rencontrés parce qu'ils sont naturellement nombreux dans ce ministère, dans l'administration à tous les niveaux. Je peux dire très franchement que j'ai apprécié leur haute compétence, leur qualification, leur efficacité, leur sens élevé du service public ; et disons, j'ai eu particulièrement l'occasion de le faire puisque j'ai à mes côtés, comme vous le savez, comme directeur de mon cabinet, après qu'il ait été directeur adjoint, Claude Martinand qui est l'un d'entre vous et que j'ai prié de me représenter auprès de vous et de s'adresser à vous en mon nom. Parlons de votre livre "Ponts de France" et pour ce faire, permettez-moi de consulter mon papier, parce que j'ai pris quelques notes, je voudrais dire que cela me paraît d'abord être le témoignage, l'illustration de cette grande tradition qui est celle d'une école, la vôtre, plus de deux fois centenaire et c'est cette illustration, c'est cette tradition que j'évoquais d'ailleurs. Il y a un instant à travers ces qualités qui sont les vôtres

que j'ai appréciées dans ce magnifique ouvrage collectif que vous venez d'éditer sous la direction de Monsieur Grattesat. Cette tradition, elle ne me paraît pas univoque, parce que comme on le sait, lorsqu'on parle des ingénieurs des Ponts et Chaussées, on en dresse quelquefois un tableau un peu unilatéral : c'est la technique, c'est la compétence, mais un peu sèche disons,

qui oublie quelquefois un peu l'homme. Or précisément, cette tradition pour moi et ce que je retrouve, dans ce livre, c'est à la fois la rigueur scientifique, la haute maîtrise technologique et dans le même temps la recherche du beau, de la dimension humaine de la qualité et c'est tout cela qui fait que nos ponts, ces ponts de France, constituent le plus souvent de véritables ouvra-

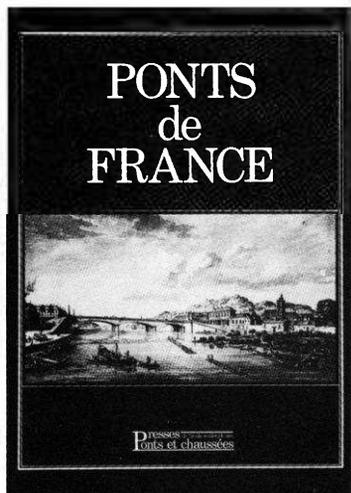
Charles Fiterman.

Studio OROP



vient de paraître

collection tradition technique



Ponts de France

Sous la direction de Guy Grattesat

Préface de Michel Fève

1 volume 21 x 29,7 relié sous jaquette, 294 pages, 319 illustrations, 1982

ISBN 2 - 85978 - 030 - 0

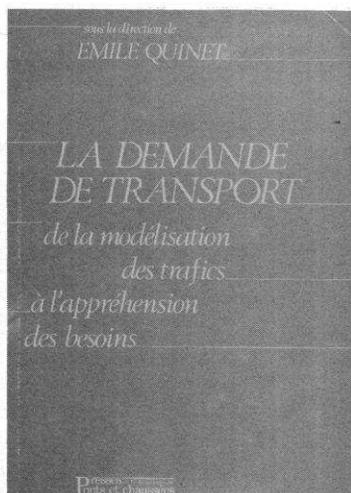
Destiné au grand public comme aux praticiens, cet ouvrage présente une sélection de ponts français remarquables à divers titres. Retenus pour leur intérêt historique, architectural, technique ou économique, ces ponts sont de toutes les époques et de toutes les régions de France. Les nombreuses illustrations proviennent aussi bien d'archives anciennes, et notamment du fonds ancien de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (gravures, lavis, peintures), que de collections de photographies récentes, recueillies par des entreprises ou des administrations.

Les textes, rédigés par des ingénieurs, des architectes ou des historiens des techniques, s'appuient largement sur l'iconographie pour présenter, dans un langage accessible à tous, l'évolution du mode de conception et de réalisation des ponts.

Référence : 1029

Prix : 190 F

collection transports



La demande de transport

De la modélisation des trafics à l'appréhension des besoins

Sous la direction d'Emile Quinet

Présentation de Pierre Giraudet

1 volume broché 17 x 24, 323 pages, 1982

ISBN 2 - 85978 - 021 - 1

L'évaluation des besoins est le premier maillon logique de la chaîne des investigations en matière de transport ; elle constitue une préoccupation permanente des décideurs publics et privés et a toujours fait l'objet de nombreuses études scientifiques. Celles-ci prennent actuellement des orientations nouvelles sur lesquelles il était intéressant de faire le point.

Cet ouvrage, qui présente les comptes-rendus du premier cycle annuel du Séminaire d'Economie des Transports organisé sous l'égide de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, fait part de l'expérience et des recherches des meilleurs spécialistes français et étrangers en ce qui concerne l'appréhension des besoins de transports.

Référence : 1016

Prix : 225 F

bon de commande

à retourner à :

Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées
28 rue des Saints-Pères 75007 Paris

Nom :

Fonction :

Organisme :

Adresse :

Référence	Titre	Prix unitaire	Quantité	Montant total
1029	Ponts de France	190 F		
1016	La demande de transport	225 F		
		Montant total de la commande		

Joindre le règlement par chèque à l'ordre de « Anciens ENPC – Formation Permanente »
(une facture « acquittée » vous sera envoyée).

ges d'art au sens le plus précis et le plus profond du terme. Rien n'est plus actuel que cette tradition, ce souci de concilier le progrès de l'environnement, cette synthèse nécessaire entre la technique et l'humanisme.

Mais face aux problèmes, à la concurrence que nous avons à affronter dans le monde difficile que nous connaissons et en même temps un monde passionnant parce qu'il y a beaucoup à faire, la fidélité à une telle tradition ne saurait naturellement être synonyme de repli sur le passé ou de routine. C'est d'autant plus vrai dans un domaine comme celui des travaux publics, où nous devons travailler sur le moyen et sur le long terme, et où nous avons une place parmi les toutes premières à défendre dans le monde. Il y a de plus une interdépendance croissante des différents sec-

teurs de l'activité et de la vie du pays, et nous devons prendre en compte, s'agissant par exemple des choix à opérer en matière de transports, des éléments sociaux, économiques, humains, des aspirations, des besoins qui sont de plus en plus diversifiés.

Tout cela exige à la fois des formations d'un très haut niveau scientifique et aussi un élargissement des compétences, un effort sans cesse renouvelé d'adaptation, d'ouverture sur le monde, d'innovation, de recherche. Je sais que ce sont là des préoccupations qui sont d'ores et déjà largement prises en compte dans l'activité de l'école nationale des Ponts et Chaussées.

Je voudrais vous assurer, par ces simples mots, en vous remerciant une nouvelle fois de m'avoir permis de participer tout de même grâce à la technique à la présenta-

tion de votre livre et en souhaitant qu'il connaisse la plus large diffusion qu'il mérite, que vous trouverez toujours en moi, comme je me suis efforcé de l'être depuis que j'assume ma responsabilité un interlocuteur attentif à vous apporter mon soutien, sachant que votre école saura jouer, dans l'avenir comme par le passé, un rôle qui est conforme à l'importance de sa mission.

Photo OROP



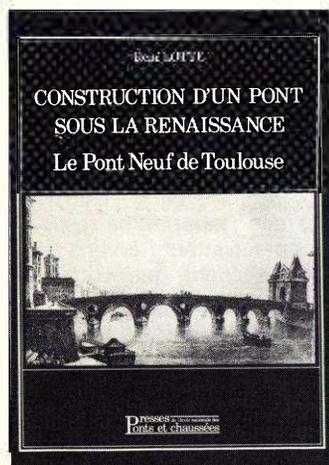
Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées

En vente :

— par correspondance aux
Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées
28 rue des Saints-Pères 75007 Paris

— dans les librairies spécialisées

collection tradition technique



Construction d'un pont sous la Renaissance : le Pont Neuf de Toulouse

Par René Lotte

1 volume broché 17 x 24, 179 pages, 13 planches hors-texte, 1982

ISBN 2 - 85978 - 044 - 0

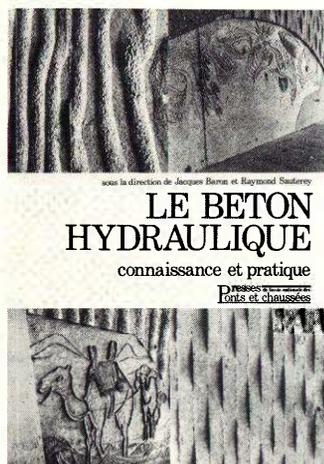
Toulouse a toujours été un point privilégié pour la traversée de la Garonne : dès l'époque romaine, il y existait un pont à l'emplacement approximatif du futur pont de la Daurade. Puis à une époque inconnue, cet ouvrage fut remplacé par le Pont Vieux médiéval, dont l'histoire fut marquée par une catastrophe qui fit date dans les annales toulousaines...

La construction du «Pont Neuf» sur la Garonne à Toulouse, dit aussi «Pont de Pierre», s'est étendue sur une période de 90 ans, de 1542 à 1632. Il est arrivé jusqu'à notre époque, et a été classé «monument historique» en 1932. Entre 1937 et 1949, il a fait l'objet de travaux de reprise en sous-œuvre qui ont abouti à une réfection complète des fondations primitives. L'auteur qui a participé activement à la conduite de ces travaux a pu faire d'intéressantes observations sur la consistance des ouvrages établis à l'origine de la construction aux XVIème et XVIIème siècles.

Référence : 1045

Prix franco : 120 F

collection génie civil



Le béton hydraulique : connaissance et pratique

Sous la direction de Jacques Baron et Raymond Sauterey

1 volume broché 21 x 29,7, 560 pages, 1982

ISBN 2 - 85978 - 033 - 5

Les récents progrès de la chimie et de la mécanique du béton permettent de dépasser les traditionnelles «recettes de cuisine» et assurent le lien entre l'approche scientifique et les aspects pratiques de la fabrication du béton.

La première partie de l'ouvrage traite des constituants (ciment, granulats, eau et adjuvants). La seconde, du béton frais (étude des suspensions, maniabilité, composition et porosité, fabrication et contrôle). La troisième traite de la prise (Portland, laitiers, liaison pâte-granulats et traitements thermiques).

Les quatrième et cinquième parties présentent les propriétés du béton durci ; sur le plan mécanique : modèles et études expérimentales, rupture, propagation des fissures, fluage et fatigue ; les autres aspects concernent les propriétés thermiques, acoustiques, anti-radiation, et... esthétiques du béton. La dernière partie traite de la durabilité et des réparations du béton.

Référence : 1017

Prix franco : 480 F

bon de commande

à retourner aux
Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées
28 rue des Saints-Pères 75007 Paris

Nom :

Fonction :

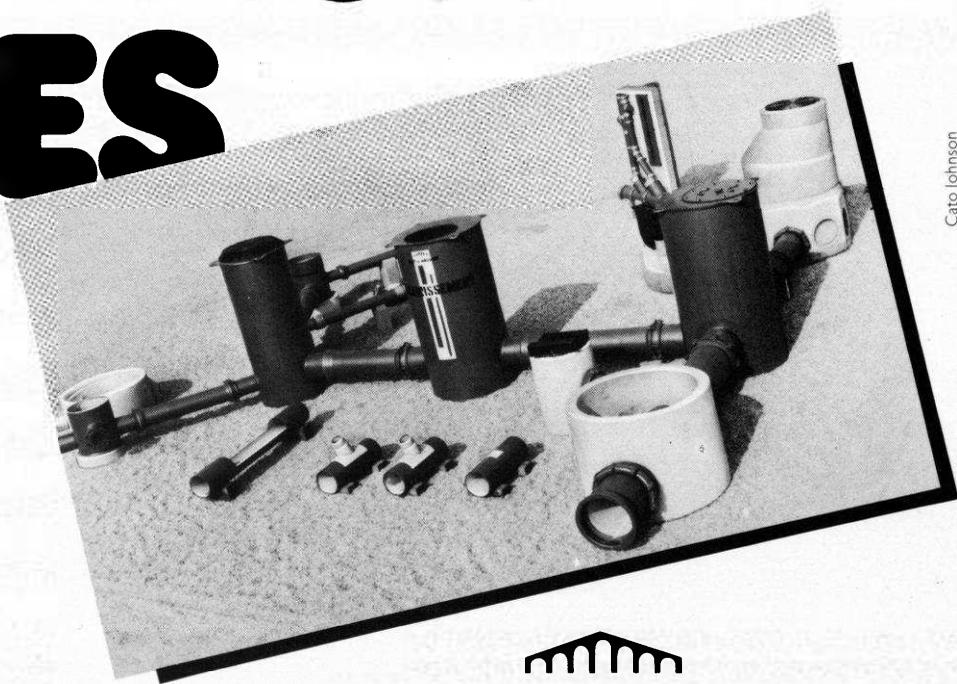
Organisme :

Adresse :

Référence	Titre	Prix unitaire	Quantité	Montant total
1045	Le Pont Neuf de Toulouse	120 F		
1017	Le béton hydraulique	480 F		
		Montant total de la commande		

Joindre le règlement par chèque à l'ordre de «Anciens ENPC – Formation Permanente»
(une facture «acquittée» vous sera envoyée).

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



Cato Johnson



PONT-A-MOUSSON S.A.

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

SEM.T.
PIELSTICK

30.000.000 ch DANS LE MONDE

Leader mondial des diesel semi-rapides, les moteurs SEMT-PIELSTICK maintiennent depuis de nombreuses années leur réputation internationale à travers 27 licenciés implantés dans la plupart des pays industriels du monde. L'expérience acquise par la SEMT-PIELSTICK, jointe à son potentiel de recherche et de création, en font une des plus grandes sociétés innovatrices dans le domaine de la technologie du diesel. L'adoption d'une marque de moteur diesel de propulsion en marine marchande et militaire, de centrales diesel-électriques et de traction ferroviaire, est une question de confiance. Les utilisateurs des moteurs diesel SEMT-PIELSTICK ont confiance en nous. Et ils ont raison. Car nous mettons notre parfaite connaissance du diesel entièrement à leur service.



**ALSTHOM
ATLANTIQUE**

mécanique

groupe diesel

2, quai de Seine
93203 Saint-Denis - France
Téléphone : 820.61.91
Télex : 620833 F. Motla