



peem

N° 4 - AVRIL - 1980 - 77^e ANNÉE

ISSN 0397-4634

**MATERIAUX ET TECHNIQUES
DE SOL**

travaux
spéciaux
dans le
sol



 **SOLETANCHE**

6, rue de Watford - B.P. 511
92005 NANTERRE Cedex (France)

Paris (1) 776.42.62 Telex 611722 SOLET F



sommaire

Directeur de la publication :

Jacques LECLERCO
Président de l'Association

Administrateur délégué :

Philippe AUSSOURD
Ingénieur
des Ponts et Chaussées

Rédacteurs en chef :

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

Secrétaire générale de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE DU PREY

Assistante de rédaction :

Eliane de DROUAS

Rédaction - Promotion Administration :

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

**Bulletin de l'Association des Ingénieurs
des Ponts et Chaussées, avec la collabo-
ration de l'Association des Anciens Elèves
de l'Ecole des Ponts et Chaussées.**

Abonnements :

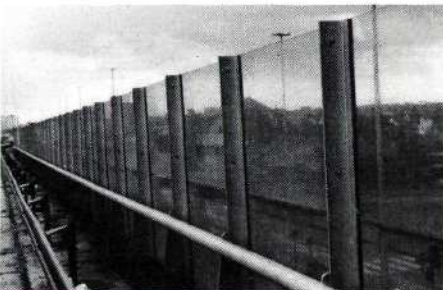
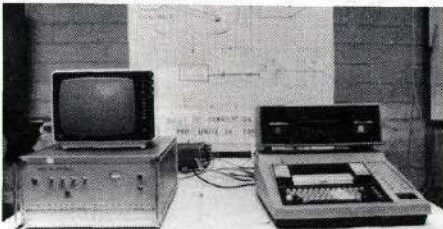
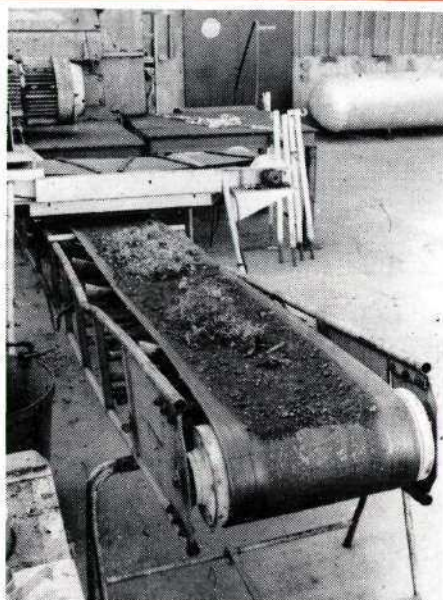
- France **200 F.**
 - Etranger **200 F** (frais de port en sus).
- Prix du numéro ; **22 F**

Publicité :

Responsable de la publicité :
Jean FROCHOT

Société Pyc-Editions :
254, rue de Vaugirard
75015 Paris
Tél. 532.27.19

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



dossier

- La page du Président 7
- Les bétons de fibres
M. BRACHET - ROLLAND 8
- Les matériaux dans le bâtiment
Tendances actuelles
P. CHEMILLIER 12
- L'autoforage
S. AMAR, F. BAGUÉLIN
et J.-F. JEZEQUEL 15
- Écrans acoustiques
P. BAR 19
- Le coulis bentonite ciment
P. COUPRIE 24
- Déchets et sous-produits
en technique routière
S. MANGIN, J.-C. VAUTRIN 28
- Les microprocesseurs dans les T.P.
Ch. PAREY et S. SAVOYSKY 33

La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

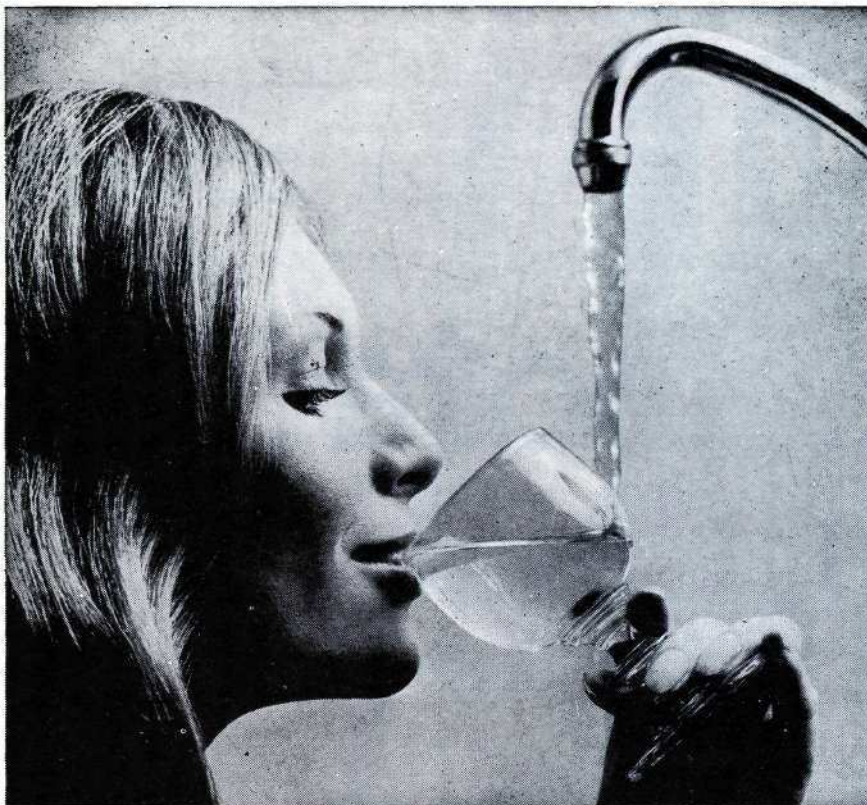
- Projet de fusion
AIPC - SNAIPC 38
- Mouvements 40

Couverture :

Photo-Rapho

IMPRIMERIE MODERNE
U.S.H.A.
Aurillac

Maquette : Monique CARALLI



plaisir retrouvé
grâce
à la
compagnie
générale des eaux

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



CCG

DÉPARTEMENT PRÉCONTRAÎTE - TREILLIS SOUDÉ

La gamme de fabrication de ce département comporte principalement les produits tréfilés et dérivés utilisés comme armatures dans le bâtiment et les travaux publics :

— **FILS ET TORONS**

stabilisés à haute limite élastique pour ouvrage en béton précontraint.

— **TREILLIS SOUDÉ**

— **FILS POUR ARMATURES**

de béton armé, qualité FE TE 50 lisses ou crantés (Crantex - Aurex - Cerces).

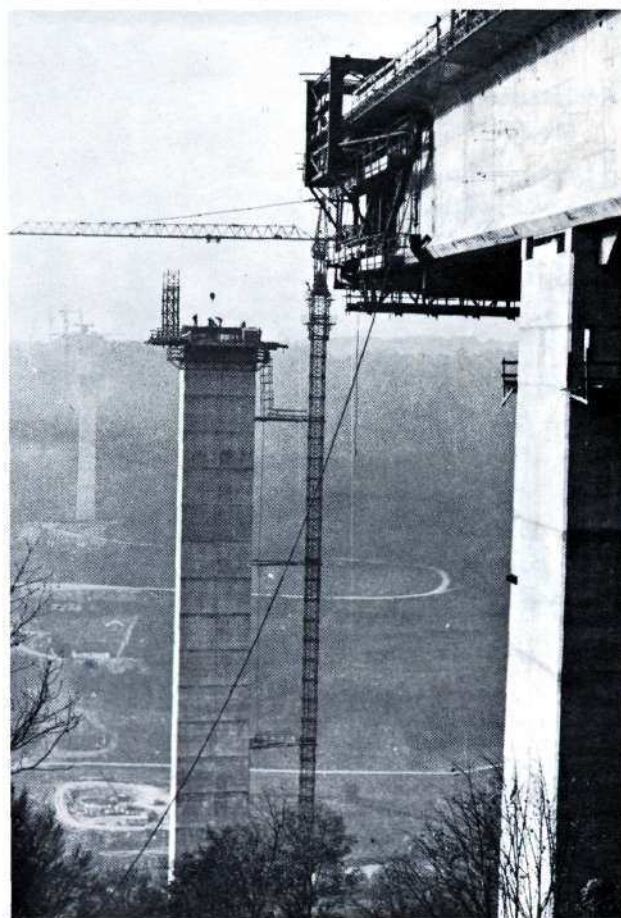
CCG représente 80% de la fabrication d'acier de précontrainte en France et exporte 50% de sa production. L'usine de **SAINTE-COLOMBE**, où sont groupées toutes ses productions, figure parmi les plus importantes unités de fabrication en Europe de fils pour la bâtiment et les travaux publics.

Ces résultats sont obtenus grâce :

- à une haute qualité avec constance de régularité.
- au souci de rendre le meilleur service dans les livraisons et à une conception très poussée de l'assistance à nos clients.

Parmi nos références, quelques ouvrages constituent des records :
Pont de **KOCHERTAL** en ALLEMAGNE (photo).
Pont du **TESSIN** en SUISSE.
Ouvrages du T.G.V.
Pont du T.G.V. en FRANCE, etc...

CCG - B.P. n°1 SAINTE-COLOMBE-SUR-SEINE
☎ (80) 91.00.60 - Téléx : 350637



TERRASSEMENT GÉNIE CIVIL

RAZEL

*100 ans
d'Entreprise*

Entreprise RAZEL Frères Christ de SACLAY (Essonne) BP109 - 91403 ORSAY Cedex - Tél. : 941.81.90 +
PARIS, ALGER, DOUALA, LIBREVILLE, ABIDJAN, NIAMEY, BOBO DIOULASSO, COTONOU

TRINDEL
TRINDEL
TRINDEL
TRINDEL

équipe la route



Autoroute A6. Echangeur de Chevilly la Rue

- ECLAIRAGE DES ROUTES ET AUTOROUTES
- EQUIPEMENT COMPLET DE GARES DE PEAGE
- BALISAGE, SIGNALISATION VERTICALE
- RESEAUX TELEPHONIQUES DE SECOURS
- GLISSIERES DE SECURITE

TRINDEL

44, RUE DE LISBONNE
75383 PARIS CEDEX 08
☎ (1) 563.19.09

En France
comme à l'étranger

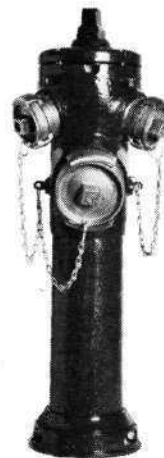


JEAN LEFEBVRE
travaille pour vous

DOCUMENTATION AU SERVICE COMMERCIAL
11, BD JEAN-MERMOZ 92202 NEUILLY/SEINE
TEL. 747.54.00

**SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE
HAUT-MARNAISE**

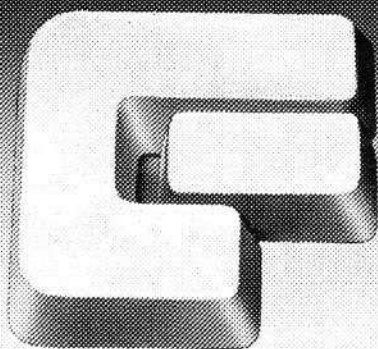
TOUT CE QUI CONCERNE
LE MATÉRIEL D'ADDUCTION
ET DE DISTRIBUTION D'EAU



**MATÉRIEL DE LUTTE
CONTRE L'INCENDIE**

**ÉQUIPEMENT
DES CAPTAGES
ET DES RÉSERVOIRS**

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



**SOCIÉTÉ
DES CIMENTS
FRANÇAIS** 34% du marché
national.
10 millions de tonnes/an.

16 usines · 5 centres de broyage · 8 centres de distribution
8 agences commerciales

**ENTREPRISE
Bourdin & Chaussé**

S A au Capital de 21 000 000 F

35 rue de l'Ouche Buron
44 300 NANTES
Tel (40) 49 26 08

Direction Generale
36 rue de l'Ancienne Mairie
92 100 BOULOGNE
Tel 604 13 52

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



fondations profondes

**avez-vous
pensé
aux
pieux PH ?**

Demander la nouvelle notice Pieux PH à :

USINOR

Département Pieux et Soutènements

B.P. 379 - 59307 VALENCIENNES - Tél. (20) 47.00.00

Télex : 110.700 Usinor-Valci

110.822 Usinor-Valci

Printe AP 29

ENCORE DISPONIBLE

**Annuaire du Ministère de
l'ENVIRONNEMENT et du Cadre de Vie
et du Ministère des TRANSPORTS**

PRIX T.T.C. FRANCO 205,80 F

Pour qui ?

Pour tous ceux qui sont fréquemment en relation avec les Pouvoirs publics du fait de leur participation à l'équipement, à la construction et à l'environnement ainsi qu'aux transports :

- entreprises et bureaux d'études
- maires et services techniques des municipalités
- responsables de l'aménagement foncier et rural
- architectes et urbanistes
- offices d'HLM et sociétés coopératives de construction

Pourquoi ?

Pour savoir à qui s'adresser sans perte de temps et de façon efficace :

- administrations centrales : cabinet, inspection générale de l'Équipement, circonscriptions territoriales, coopération technique, direction et services techniques
- conseils, comités, commissions
- services extérieurs et spécialisés
- organismes interministériels

Vous pouvez le recevoir en le commandant à l'aide du bon ci-dessous, accompagné de votre règlement, à l'Annuaire officiel du M.E.C.V., Service des Ventes, 254, rue de Vaugirard, 75740 Paris Cedex 15 - Téléphone : 532.27.19.

Bulletin à retourner à

P.C.M

ANNUAIRE DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE ET DU MINISTÈRE DES TRANSPORTS. Service des ventes :

PYC-ÉDITION 254, rue de Vaugirard, 75740 Paris Cedex 15

SOCIÉTÉ

ADRESSE

RÉFÉRENCES (OU SERVICE)

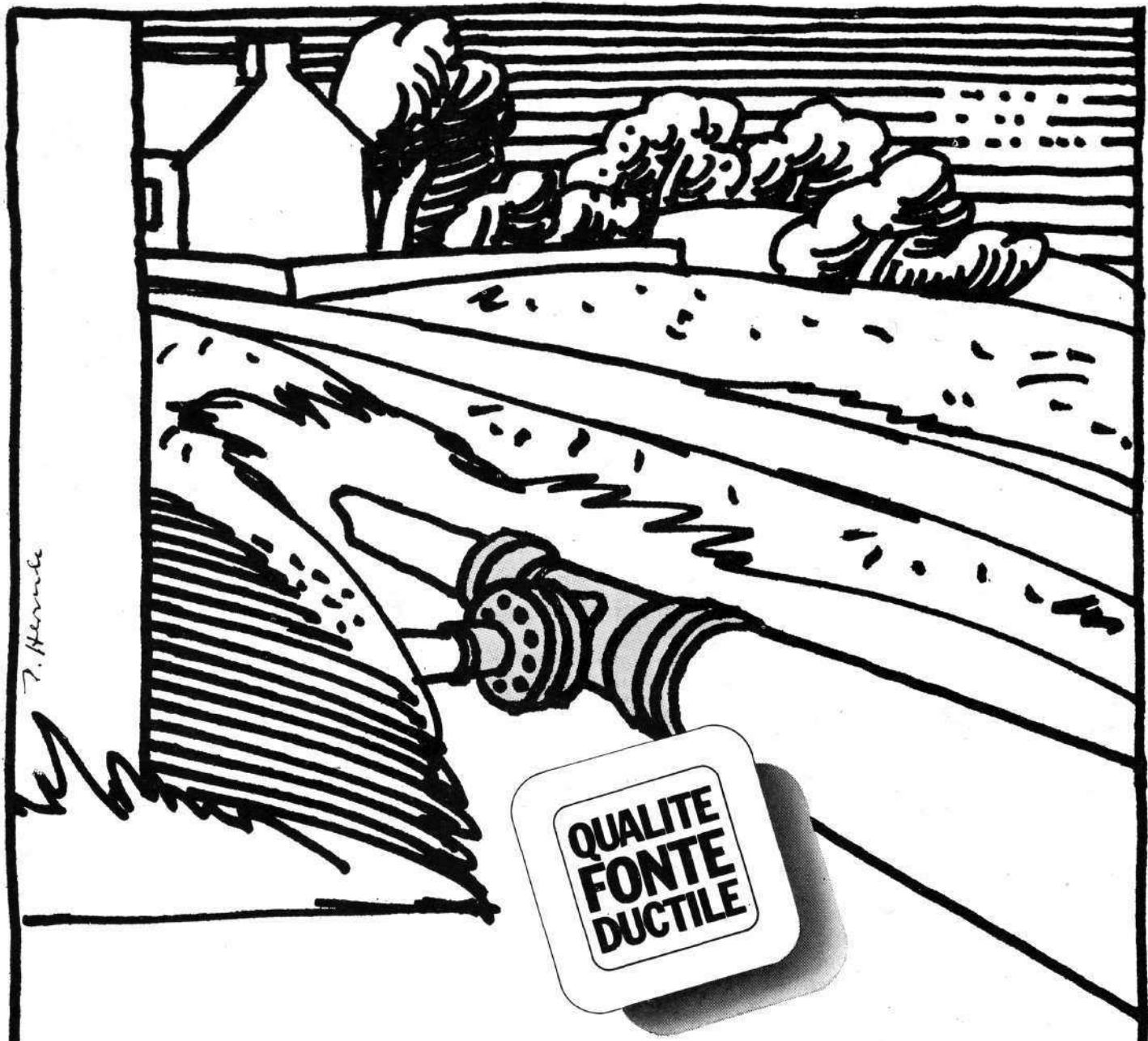
Veillez m'adresser ex. de l'annuaire M.E.C.V./M.T 205,80 F T.T.C. franco, soit F que je règle :

- par chèque bancaire ci-joint
- par virement postal à votre C.C.P. Annuaire M.E.C.V. Paris 508-59 M (à adresser directement à votre centre)
- par virement administratif

suivant facture en exemplaires

Cachet :

Date :



Raccords pour canalisations plastiques

Pourquoi la fonte ductile ?

Parce que les raccords en Fonte Ductile sont étanches. Parce qu'ils sont résistants à la pression et aux chocs.

Parce qu'ils sont dotés du joint automatique SOFO avec bague en élastomère.

Les raccords en Fonte Ductile suppriment les points faibles des canalisations plastiques.

Pont-à-Mousson S.A.

Bon à retourner au service publicité : 4X, 54017 NANCY CEDEX
Je désire recevoir une documentation sur les raccords en Fonte Ductile pour canalisations plastiques.

Nom _____

Société _____

Adresse _____

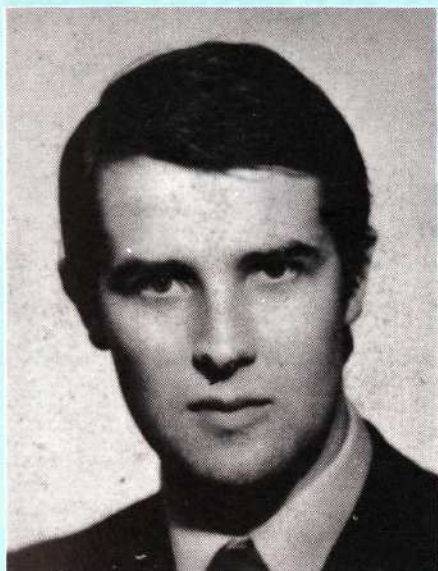
Téléphone _____



PONT-A-MOUSSON S.A.

91, av. de la Libération, 54017 NANCY
Tél. : (83) 96-81-21

Télex : PAMSA X 850303 F



A six mois de notre Assemblée Générale, qui coïncide cette année avec le renouvellement de notre équipe, je voudrais aujourd'hui faire le point de deux actions importantes qui devraient être conduites à terme pour octobre ; en premier lieu le regroupement dans une seule organisation des actions de pure défense professionnelle avec l'activité d'analyse, de prospective et de rayonnement vers l'extérieur ; en second lieu la réflexion collective IPC 2000.

Un large " oui " pour la fusion

Une consultation auprès de l'ensemble des Ingénieurs des Ponts et Chaussées a été lancée le 8 mai à l'issue d'un processus engagé courant 1979, marqué notamment par l'accord donné au Directoire, en Assemblée Générale, de poursuivre une large investigation sur l'opportunité d'une fusion AIPC-SNAIPC.

Les divers aspects d'une telle fusion ont été examinés de manière approfondie par un groupe de travail qui a, comme cela ressort de la lettre publiée par ailleurs, dégagé les lignes principales de cette nouvelle structure unifiée, à l'exclusion des conditions d'élection du bureau et du nom du nouvel organisme.

A l'heure actuelle plus de six cents réponses ont été retournées pour un envoi total de mille sept cents questionnaires.

Il est difficile de tirer une orientation précise à partir de cette consultation sur les conditions d'élection du bureau ou sur la dénomination de l'association ; mais la forte

tion de l'association ; mais la forte proportion des réponses favorables à la fusion, puisque le pourcentage des réponses négatives est inférieur à 10 %, autorise à poursuivre activement la mise en œuvre de ce rapprochement.

Le rapport provisoire IPC 2000

La réflexion prospective, à horizon 2000, à laquelle nous vous avons conviés en juin dernier, association et syndicat confondus, a suscité un intérêt certain puisque trois cents camarades environ se sont inscrits et ont participé régulièrement aux divers groupes thématiques nationaux et que, dans la plupart des régions, cette action a donné lieu à de nombreuses réunions de travail.

Un an plus tard, la première synthèse de ce travail en commun vient d'être adressée à l'ensemble de nos camarades ; les avis individuels comme ceux des groupes régionaux ou sectoriels, attendus fin juillet seront, à ce stade, déterminants si l'on veut effectivement aboutir à un projet qui corresponde le plus largement aux aspirations certes, mais aussi et surtout à l'analyse objective du monde actuel et de celui de demain.

Il est prématuré de dégager les conclusions et propositions définitives de ce travail ; à cette fin, deux journées sont prévues en octobre en même temps que notre assemblée générale, qui permettront de discuter et d'arrêter, à l'image de l'activité économique et sociale, le degré de redéploiement nécessaire pour notre corps.

J. Leclercq

Le béton hydraulique aux fibres métalliques un produit composite de l'avenir ?

M. BRACHET - ROLLAND

Chef du département des bétons et métaux au L.C.P.C.

Il faut être initié à la recherche, et connaître les vicissitudes du passage de l'innovation en laboratoire à l'expérimentation en vraie grandeur, puis au développement, pour ne pas être surpris de voir présenter comme un produit nouveau ce matériau composite conçu au début du siècle, objet de plusieurs brevets, qu'est le béton hydraulique aux fibres métalliques. (*)

Le "rapport final sur le programme de recherche mécanique et matériaux" élaboré en janvier 1980 à l'intention de la délégation générale à la recherche scientifique et technique en vue de définir les grandes lignes d'un programme à long terme dans ce domaine, a été illustré par un "schéma des démarches dans l'industrie mécanique" pour la définition d'un produit. Ce schéma (fig. 1) s'applique également, pour l'essentiel, aux produits utilisés dans le génie civil, et en particulier aux "bétons aux fibres" qu'il a paru intéressant de présenter ici. (fig. 2)

L'objectif des concepteurs de ce produit était l'augmentation de la résistance du béton hydraulique aux sollicitations de traction, flexion, et cisaillement, dont la très faible valeur limite le domaine d'application de ce matériau.

L'idée du renforcement d'une matrice granulaire fragile par des fibres découle sans doute de l'observation de la texture des matériaux naturels qui offrent une résistance élevée à la traction. Elle a été appliquée avec succès à la fabrication de différents produits, et transposée à l'échelle des constructions sous forme de procédés : ce fut le cas, dès l'antiquité, de l'amalgame d'argile et de paille, et — actuellement — du "béton armé" et de la "terre armée".

Les premiers expérimentateurs ont, en laboratoire, incorporé au mélange des constituants de base du béton hydraulique — granulats, ciment, eau — des fibres de diverses natures : amiante, acier, verre, polymère, carbone.

(*) La dénomination des bétons composés de granulats, ciments, eau et fibres composés de granulats, ciment, eau et fibres n'est pas encore codifiée = les expressions souvent employées sont : "bétons renforcés de fibres" "bétons de fibres" et "bétons fibreux".

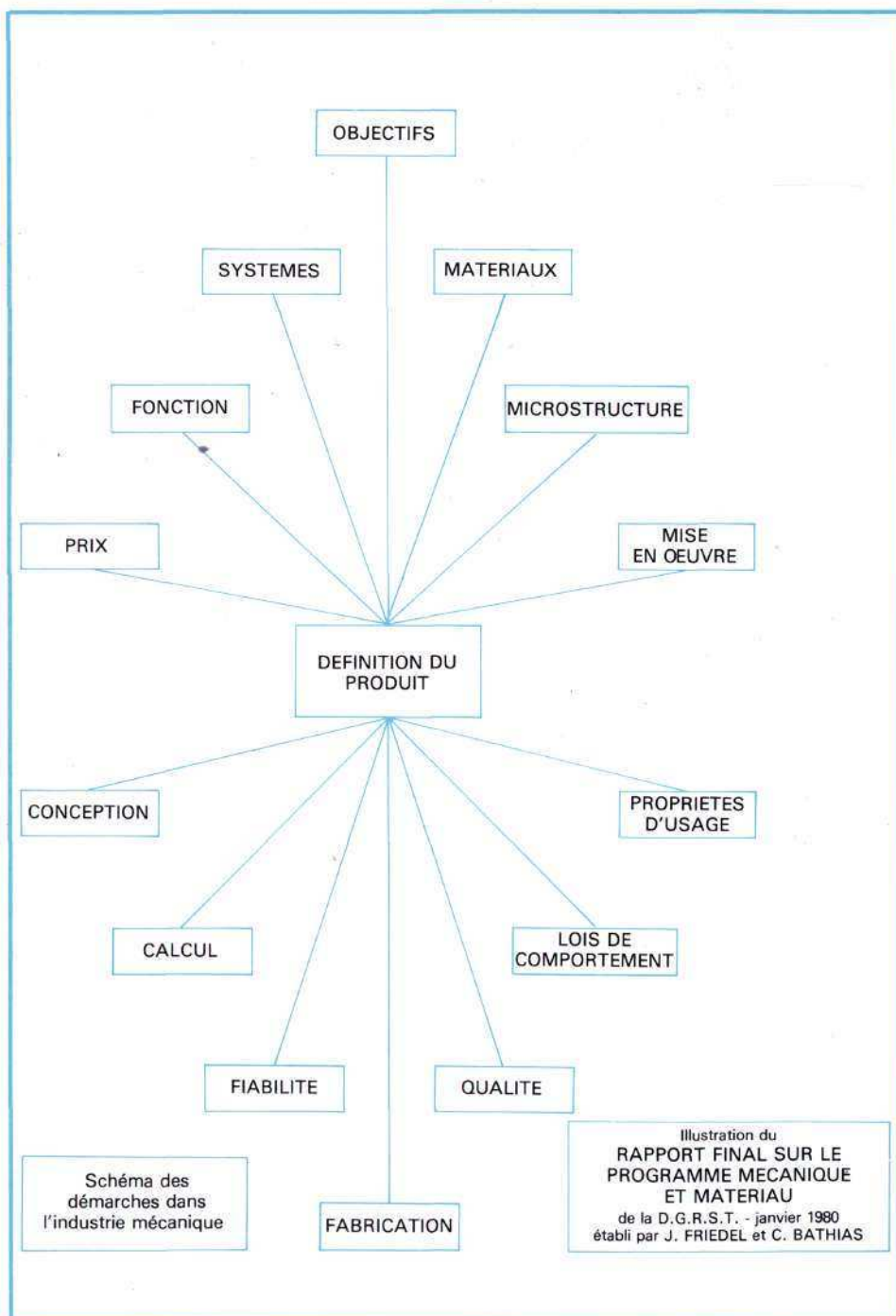


Fig. n° 1

Illustration du
RAPPORT FINAL SUR LE
PROGRAMME MECANIQUE
ET MATERIAU
de la D.G.R.S.T. - janvier 1980
établi par J. FRIEDEL et C. BATHIAS

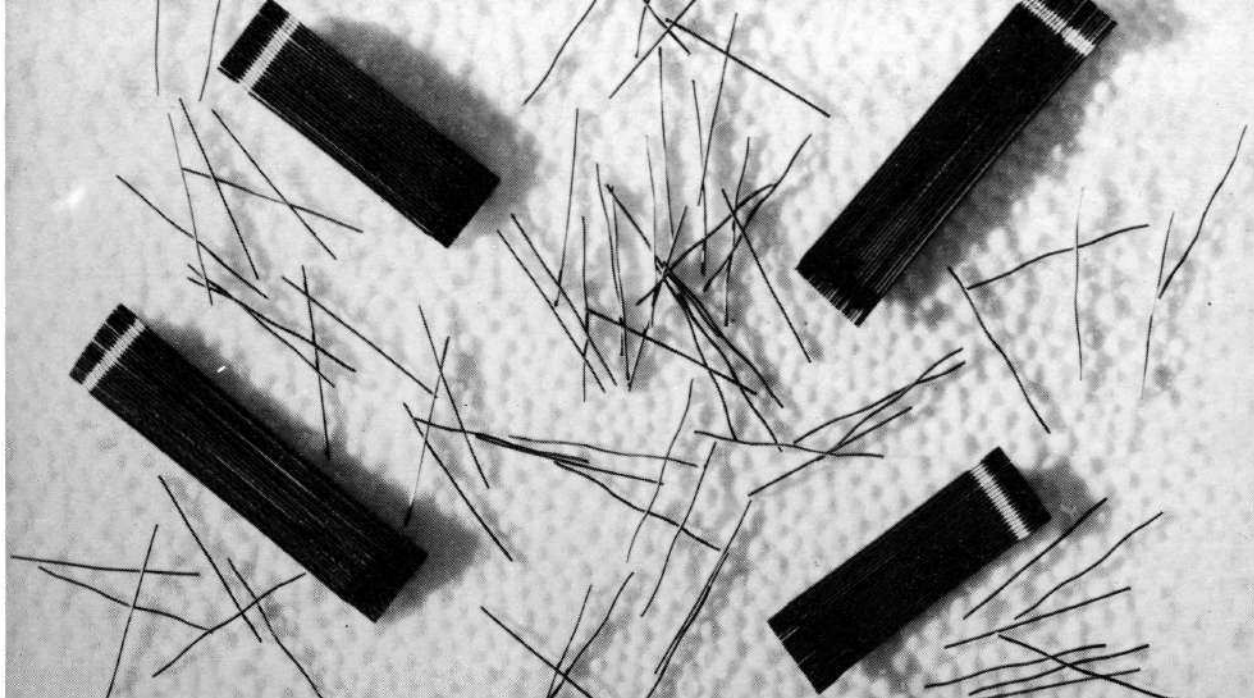


Fig. n° 2
Fibres en acier
à crochets.

Ils ont pu ainsi vérifier, sur éprouvettes, le bien - fondé de leur idée c'est-à-dire l'influence très bénéfique des fibres sur la résistance du béton à la fissuration, par flexion notamment.

Mais la prise en considération d'autres éléments fit progressivement concentrer les travaux sur l'emploi de fibres en acier. En effet, les fibres de polymères abaissent notablement le module d'élasticité du béton, les fibres de verre réagissent avec les alcalis du ciment à court ou à long terme, et les fibres de carbone — techniquement intéressantes — ont un prix trop élevé pour des applications courantes.

Par ailleurs, les études systématiques des bétons aux fibres d'acier qui suivirent les travaux exploratoires encourageants, ainsi que les premières applications firent prendre la mesure des problèmes technologiques de fabrication, de mise en œuvre, et de fiabilité liés aux caractéristiques des fibres, sous leur forme courante de l'époque : des "aiguilles" droites, lisses, livrées en vrac et recouvertes de leurs produits gras de fabrication par étirage de fil.

Ces aiguilles en vrac avaient en effet tendance à former des "pelotes d'épingles" appelées aussi "oursins" — ou même "hérisson" — qui s'opposaient à la dispersion homogène des fibres dans la masse, rendaient difficile le bétonnage, et provoquaient des hétérogénéités et des vides importants dans le béton en place. Quant à leur forme et leur état de surface, ils étaient peu aptes à assurer l'adhérence au mortier, facteur déterminant de l'efficacité des fibres. Pour remédier à ces difficultés, différents palliatifs furent imaginés, mais les sujétions étaient importantes et les résultats aléatoires.

Dans ces conditions, les applications restèrent limitées et non probantes.

Cependant, les travaux de quelques chercheurs, vers 1965, mirent en évidence les mécanismes d'action des fibres sur le comportement à la rupture de bétons soumis à différents types de sollicitations statiques

et dynamiques, et en particulier aux chocs et aux impacts.

Puis, les chercheurs de l'institut BATTELLE fixèrent les premières règles de formulation des bétons fibreux et des brevets furent pris à la fin des années 1960.

Les laboratoires développèrent des essais appropriés pour caractériser quantitativement les propriétés d'usages de ce composite, liées à la tenacité que confèrent les fibres au béton.

De leur côté les industriels mirent au point des fibres offrant les caractéristiques voulues de dispersibilité dans le mélange des constituants au cours du malaxage, et d'adhérence au mortier, et ils commencèrent à participer à la promotion de ce nouveau produit.

Le lecteur (*) intéressé pourra prendre connaissance de quelque 300 articles recensés et des actes de trois conférences internationales organisées par la RILEM respectivement à LONDRES en 1975, SHEFFIELD en 1978 et à nouveau LONDRES en 1980.

Il résulte de ces différentes actions que le béton hydraulique aux fibres d'acier est aujourd'hui un produit opérationnel.

En effet, il existe depuis peu sur le marché français des fibres à adhérence de forme, dont le conditionnement permet la fabrication et la mise en œuvre du béton avec les moyens usuels de chantier, sans aléas, ni sujétions particulières. Ces fibres sont désignées par leurs deux dimensions principales : longueur et diamètre, exprimés respectivement en millimètres et en microns ; l'expérience a montré que la longueur devait être limitée à 60 (mm) et le rapport

longueur/diamètre à 12 et dans le cas général à 10. Elles sont en acier doux, éventuellement galvanisé ou en acier inoxydable.

Les règles générales de formulation des bétons actuellement retenues par le L.C.P.C. pour les applications dans le génie civil peuvent s'exprimer comme suit :

- le dosage des fibres est de l'ordre de 1 % en volume, soit environ 80 kg/m³ de béton.
- la dimension maximale des granulats est à limiter à 10 mm ; leur dosage est du même ordre que dans le cas de bétons sans fibres.
- le dosage en ciment doit être augmenté à une valeur comprise entre 500 et 550 kg/m³ de béton.
- le rapport eau/ciment est du même ordre que pour le béton sans fibres.

La nature des ciments et des granulats, et éventuellement des adjuvants, utilisables est la même que dans le cas du béton armé.

Les propriétés de tels bétons, comparées à celles des bétons témoins sans fibres, peuvent être présentées dans les termes suivants :

Les valeurs des caractères des bétons pris en compte dans les calculs des constructions traditionnelles en béton armé, et en béton précontraint, ne sont pas modifiées de façon significative : c'est le cas de la résistance à la compression, du module d'élasticité, du coefficient de POISSON, du retrait et du fluage, dans les domaines prévus de sollicitations. C'est sans doute la raison pour laquelle le béton aux fibres n'a pas intéressé jusqu'ici les constructeurs d'ouvrages d'art.

En revanche des différences importantes ont été notées (i) dans la résistance à la traction, et à la flexion qui peut être augmentée dans un rapport de 1 à 2 — voire 3 — sur éprouvettes et au moins de 1 à 1,5 sur éléments de structure, et (ii) surtout dans le comportement à la fissuration et à la rupture qui est profondément modifié :

(*) Le technicien intéressé, mais disposant de peu de temps, est engagé à lire le document de synthèse de T. CUYKENS et J. VENSTERMANS publié dans la revue du Centre Scientifique et Technique de la Construction de BELGIQUE (n° 3, septembre 1977) intitulé : " BÉTON RENFORCÉ DE FIBRES EN ACIER ".

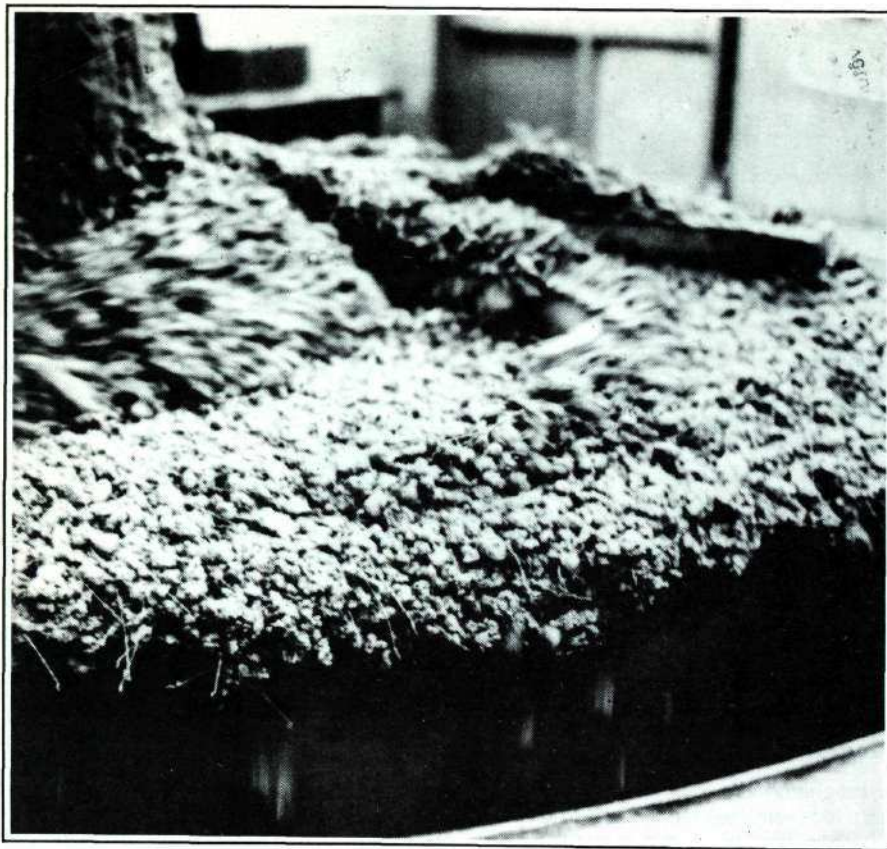


Fig. n° 3 Béton aux fibres.

— Le délai de fissuration d'un corps d'épreuve maintenu à déformation constante par retrait empêché est multiplié par un facteur de l'ordre de 5 à 10 et la morphologie ainsi que la cinétique de la fissuration sont modifiées : la fissure est plus diffuse, plus fine et survient moins brutalement.

— Le développement des fissures sous l'effet de charges concentrées, par exemple sous l'ancrage de câbles de précontrainte, est plus lent et les fissures sont moins ouvertes.

— L'énergie de rupture sous sollicitation de compression, estimée à partir de la courbe effort déformation jusqu'à rupture, est significativement augmentée.

— L'énergie de rupture par choc d'une éprouvette, ainsi que l'énergie de propagation d'une fissure, sont supérieures lorsque des fibres sont incorporées au béton. Qualitativement les différences du comportement à la rupture par choc et par impact sont encore plus évidents que celles du comportement à la fissuration.

Ce sont ces propriétés qui ont justifié les différentes catégories d'applications importantes signalées depuis 1972.

L'amélioration des résistances à la flexion et à la fissuration par retrait empêché est à l'origine des applications dans le domaine du génie civil : de nombreux revêtements de chaussées et pistes d'aéroport ont été réalisés en Grande-Bretagne et aux États-Unis notamment. En France la chaussée expérimentale réalisée à ÉGLETONS en

1974 à l'initiative du L.C.P.C., et un revêtement de pont en maçonnerie ainsi qu'un comportement de barrage en 1979 sont les seules applications à notre connaissance. (fig. 3)

Dans le domaine du bâtiment et des constructions industrielles ces propriétés ont également été mises à profit, notamment pour l'exécution de sols industriels, bâtis de machine, et d'éléments préfabriqués (panneaux, escaliers, pieux, colonnes).

C'est en revanche la grande résistance aux chocs et aux impacts qui a suscité les applications militaires.

Parmi les applications diverses une mention spéciale est à faire pour la réalisation de constructions exposées à la cavitation et aux températures extrêmes.

Ainsi le béton hydraulique aux fibres est en bonne voie de développement. Déjà, en 1979, la consommation mondiale de fibres a été de l'ordre de 10 000 tonnes. Elle avait approximativement doublé par rapport à celle de l'année précédente.

Or, les domaines d'application de ce produit n'ont pas tous été exploités, à notre avis, surtout en FRANCE.

Du fait du comportement à la fissuration et à la rupture du béton hydraulique aux fibres, l'intérêt technique de ce matériau devrait être reconnu et largement utilisé dans le génie civil. En particulier :

— dans la construction en béton armé où il devrait permettre de réduire les diamètres des armatures, et l'ouverture des fissures,

QUELQUES DONNÉES NUMÉRIQUES LES "BÉTONS AUX FIBRES"

		PROPRIÉTÉS D'USAGE	
		caractère mesuré	déla fissu par r empè
BÉTONS	résultat unité	tf	(heu
	essai	banc d	surat
GRANULATS TRADITIONNELS	sans fibres		
	avec fibres 1%		
GRANULATS LEGERS	sans fibres		
	avec fibres 1%		(1)

* Essai A-M. PAILLÈRE (L.C.P.C.)

** Essai J. BARON (L.C.P.C.) - no

Fig. n° 4 Chaussée expérimentale d'Égletons (1974)



Tendances actuelles concernant les matériaux et produits utilisés dans le bâtiment

par P. CHEMILLIER
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées
Adjoint au Directeur du C.S.T.B.

La construction d'un bâtiment est une transformation de produits plus ou moins complexes qui s'effectue dans une unité de production qu'on appelle le chantier. Les produits à transformer peuvent être des matériaux bruts tels que le ciment, le sable, le plâtre qui sont mis en forme sur le site selon des techniques devenues traditionnelles mais ils peuvent être plus élaborés tels que des blocs de béton, des plaques de plâtre, des plaques de bois ou l'être encore davantage tels que des panneaux de façade, des planchers etc.

Il y a ainsi une chaîne plus ou moins longue d'unités de production effectuant la transformation de la matière brute en un bâtiment. L'idée d'appréhender non pas seulement le chantier, dernier maillon de la chaîne, mais la totalité de celle-ci est une idée assez nouvelle qui nous paraît riche de conséquences et seule capable de faire véritablement progresser le processus de construction.

C'est une gamme très variée de produits qui est mise à la disposition des techniques de construction et l'une des caractéristiques du bâtiment est précisément cette cohabitation à une époque et dans une même région de techniques très différentes choisies, au gré du projet à réaliser ou du calcul économique que fait l'entreprise pour une commande déterminée.

La plupart des produits qu'utilisent les entreprises proviennent de l'industrie et ils ont bénéficié des progrès importants qui ont été réalisés au cours des vingt dernières années à la fois parce que l'industrie a cherché à accroître son marché dans le secteur du Bâtiment et parce que les exigences dans ce secteur se sont accrues.

La crise de l'énergie survenue en 1973, la prise de conscience qu'il fallait se préoccuper de la consommation de matériaux ont joué un rôle déterminant dans les évolutions que l'on constate aujourd'hui.

Ce sont ces évolutions que nous allons tenter de mettre en relief.

La physique du bâtiment, pour commencer par elle, est un important domaine de recherche et de progrès. Le but poursuivi est de mieux connaître la structure des matériaux, les contraintes internes qui s'y développent, les conditions réelles de rupture, l'influence des facteurs tels que le temps, la température, le feu, l'humidité, le rayonnement solaire, toutes actions qui s'exercent sur les ouvrages. Il est clair par exemple que les recherches actuelles sur la structure cristalline et la morphologie du ciment vont permettre de mieux connaître les moyens d'accroître sa résistance mécanique en agissant sur la structure cristalline au moment de sa formation.

Très importantes également sont les recherches qui concernent les méthodes de calcul des ouvrages, encore trop souvent empiriques : des progrès récents ont été faits à cet égard dans le calcul de la résistance au feu des structures et ils conduisent à une économie de matière. Les travaux actuels visant à mieux connaître les effets du vent sur les structures, dans le but d'affiner la réglementation en matière de stabilité, sont à classer dans la même famille de recherches.

Le recours à des modèles mathématiques et à des méthodes analogiques est de plus en plus fréquent.

Un deuxième domaine dans lequel de gros progrès ont été faits et où se poursuivent des recherches intéressantes est celui de **l'amélioration des performances des matériaux**.

Ceci couvre deux types d'action.

En premier lieu il s'agit de **modifier les performances des matériaux** par des méthodes diverses visant à mieux les adapter à l'emploi auquel on les destine. Les adjuvants ont, par exemple, bouleversé les conditions d'emploi du béton et permis de mettre à la disposition de l'entreprise un "béton à la carte" répondant avec précision aux conditions propres à chaque chantier. Ce sont les adjuvants qui ont aussi per-

mis d'améliorer la qualité des divers plastiques dont l'emploi se développe dans le bâtiment : revêtements de sol, isolants, canalisations, appareils sanitaires. Une attention particulière est à accorder aux mousses plastiques qui, si l'on parvient à améliorer leur résistance mécanique, devraient connaître un développement important. L'imprégnation constitue également un moyen de modifier les caractéristiques d'un matériau : elle n'est pas encore sans poser de problèmes mais l'imprégnation de béton à l'aide de résines a fait l'objet d'études poussées et l'amélioration des qualités du bois par imprégnation est envisagée. Le frittage qui consiste à agir sur des matériaux en fusion en provoquant un phénomène de vitrification a déjà connu d'intéressantes applications, dans le domaine de la terre cuite notamment avec l'argile expansée qui est employée comme granulats légers dans la fabrication du béton et avec la thermo-mousse dont l'emploi comme isolant thermique de toitures terrasses devrait se développer.

Un autre moyen d'améliorer les performances des matériaux est la fabrication de **matériaux composites**. On entend par là un matériau constitué d'un amalgame de deux ou plusieurs matériaux dont les performances se complètent. Le plus connu est le béton armé. Un autre composite qui s'est développé dans la construction de bateaux mais assez peu dans le bâtiment est le polyester armé de fibres de verre mais il est possible qu'il conquière un plus large marché, notamment dans les bardages. La plaque de plâtre cartonnée est un matériau composite dont le succès n'a cessé de croître depuis des années en matière de cloisons et de doublage isolant de murs ; dans ce dernier cas il s'agit d'un composite à trois constituants : le carton, le plâtre, l'isolant thermique. De nombreuses recherches concernant le béton de fibres se poursuivent depuis quelques années : fibres de verre, fibres d'acier... Elles soulèvent encore des problèmes mais il est raisonnable-

ble de penser que des solutions seront prochainement trouvées. L'emploi de la précontrainte se développe en matière de structure en offrant à l'entreprise des composants, surtout de plancher, dont les performances de dimensions ou de poids sont notablement améliorées par rapport à celles du béton armé. Il est fort probable que cette technique va encore gagner du terrain.

Les **économies de matière** constituent le troisième domaine où des progrès ont été réalisés et où des recherches sont en cours, surtout depuis la crise de l'énergie.

Ce domaine couvre à lui seul un nombre assez grand de préoccupations diverses.

— économies de matières par réduction du gaspillage

C'est rappelons-le, un des moyens d'améliorer la productivité du processus de construction et si pendant longtemps il a été négligé au profit d'une recherche de gains de productivité par réduction de consommation du facteur main-d'œuvre, il prend aujourd'hui, du fait de la forte hausse des prix de matériaux et des résultats déjà atteints sur la main-d'œuvre, une importance capitale.

Pour réduire le gaspillage on peut d'abord agir sur la conception du produit à fabriquer : il faut notamment que son dessin optimise l'emploi de la matière. On peut citer à cet égard les progrès très spectaculaires réalisés dans la conception de la fenêtre en bois industrialisée.

On peut agir aussi sur les méthodes de fabrication, par exemple sur les machines afin d'optimiser les découpes en réduisant les chutes ; c'est ce qui a été fait avec succès pour la fenêtre en bois grâce à des machines à hautes performances.

— économie d'énergie

Utiliser des produits dont la fabrication et

l'emploi sont peu consommateurs d'énergie est évidemment une préoccupation d'actualité. Le "contenu énergétique" des matériaux ou des techniques redevient à la mode, comme l'était après la dernière guerre mondiale le contenu en énergie charbon : rappelons que ce facteur était explicitement pris en compte lors de la délivrance d'un avis technique sur un procédé nouveau.

Le sujet n'est pas facile car il implique une solide connaissance du cycle complet de la matière première.

Un premier effort a été fait pour réduire la consommation d'énergie dans la cuisson de certains produits.

C'est ainsi qu'on a utilisé des déchets dans la cuisson de l'argile pour la fabrication des briques classiques. On est allé plus loin en cherchant à supprimer la cuisson elle-même. A cet effet on a étudié des procédés de fabrication d'éléments destinés au bâtiment, provoquant le durcissement de l'argile non par la cuisson de la terre mais par la prise d'un mélange d'argile avec du ciment, additionné éventuellement de sable. Cette technique encore au stade des mises au point offre des perspectives intéressantes car outre les économies d'énergie qu'elle procure, elle entraîne une réduction considérable des investissements en usine et s'accommode même d'usines mobiles. On voit l'intérêt que cela présente pour des unités de productions régionales. On perçoit également l'intérêt pour certains pays en développement dans lesquels les avantages d'une usine coûteuse à forte capacité de production sont souvent compensés et au-delà par les coûts très élevés et les aléas des transports à grande distance.

— économie de matière rare

Il s'agit d'économiser la matière qui est rare ou qui est susceptible de le devenir à la suite d'une crise, par exemple politique. Le problème est ici de réduire la vulnérabilité du secteur Bâtiment.

Les solutions sont soit une modification de la conception du produit en vue de diminuer la consommation de matière soit l'emploi de produits de substitution. On peut citer à cet égard des exemples.

Pour réduire la consommation de cuivre employé dans les canalisations de chauffage et de sanitaire deux solutions sont proposées : utiliser des canalisations dont l'épaisseur de cuivre soit réduite ou employer des canalisations faites avec d'autres matériaux : acier inoxydable, élastomères... En matière d'électricité la substitution de l'aluminium au cuivre dans les conducteurs répond à un souci analogue. Il en est de même pour la substitution de matières plastiques au laiton dans la robinetterie, déjà largement amorcée dans certains pays étrangers.

Dans le domaine du bois les progrès réalisés sur les panneaux de particules ont permis de faire par substitution, d'importantes économies sur les bois de sciage.

Les matières plastiques ont déjà largement remplacé le zinc dans la fabrication des accessoires de toiture et des conduites d'eau pluviale.

— utilisation de sous-produits ou déchets

L'emploi de sous-produits ou déchets répond à deux préoccupations : éliminer des matières qui sont souvent une source de pollution et réduire les coûts de certains produits en incorporant des déchets à leur fabrication. Le phosphogypse par exemple est un sous-produit de la fabrication de l'acide phosphorique par voie humide ; jusqu'à une époque récente il était rejeté dans la nature et constituait une source de pollution. Convenablement traité il donne du plâtre de meilleures performances que le plâtre naturel. Mais le traitement est encore délicat et coûteux ; il semble cependant, d'après les résultats d'études américaines, que l'on puisse parvenir à de très nets progrès. Dans l'industrie du bois les techniques

d'aboutage et de collage offrent une possibilité déjà bien exploitée d'utiliser les chutes de débitage.

— durabilité des produits et possibilités de recyclage

Le souci de réduire les gaspillages conduit tout naturellement à se préoccuper plus que par le passé de deux problèmes : la durabilité des produits et la possibilité d'en tirer encore parti lorsqu'ils ont cessé de convenir à leur fonction d'origine.

La durabilité ne signifie pas nécessairement une durée de vie la plus longue possible ; elle se réfère plutôt à cette idée qu'il faut accorder la durée de vie potentielle à la durée de vie utile.

Il faut éviter que le remplacement d'un organe hors d'usage ne soulève trop de difficultés et n'oblige à démolir des organes contigus ; cela exige donc qu'au moment de la conception du projet et du choix des solutions techniques les possibilités de réparation et de remplacement soient étudiées.

Cette prise en compte de la dimension "temps" dans la conception d'un ouvrage est très intéressante.

Lorsqu'il s'avère nécessaire de démolir un ouvrage il est évidemment préférable de pouvoir récupérer les produits de démolition.

Citons à cet égard les études relatives à la réutilisation des produits du démantèlement de constructions en béton armé. Il existe actuellement plusieurs méthodes de démantèlement dont on cherche à améliorer la sécurité et le rendement, à réduire le coût et les nuisances. Mais des études sont en cours qui visent à mettre au point d'autres méthodes plus performantes, utilisant les générateurs à micro-ondes, le chalumeau à plasma, le laser.

La raréfaction croissante d'agrégats d'alluvions peut donner à terme un grand intérêt à des agrégats provenant de démolition.

Quatrième domaine, faisant actuellement l'objet d'une grande attention : **l'emploi de ressources locales.**

Il y a plusieurs raisons à cela : recherche d'une réduction des transports, désir de respecter une architecture régionale, volonté de régionaliser les entreprises, mise en valeur du patrimoine local.

Il s'agit parfois d'utiliser des matériaux couramment employés autrefois mais dont l'usage a disparu ou de tirer parti des progrès techniques pour utiliser à de nouvelles fins certaines productions locales.

Deux exemples illustrent ces tendances :

• L'intérêt actuellement porté à la terre comme matériau de construction est tout à fait significatif. Des études sont en cours sur ce sujet, notamment dans la région lyonnaise où la terre a constitué pendant longtemps un matériau très utilisé. Les perspectives de coopération technique dans les pays en développement poussent-elles aussi à accorder à la terre un regain d'intérêt et à retrouver un savoir technique qui a été perdu.

• L'autre exemple est relatif au bois des Landes qui n'est pas employé comme matériau de fabrication d'éléments de construction et dont on étudie les traitements appropriés pour le rendre apte à cet emploi.

Cela rejoint d'ailleurs une autre préoccupation qui est de faire appel à des ressources renouvelables, produites sur notre territoire.

Enfin l'important domaine de la **mise en forme des produits** pour leur emploi dans le bâtiment est l'objet d'évolutions intéressantes.

Ces évolutions s'appuient fondamentalement sur le **transfert en usine des opérations de mise en forme** et ceci pour deux raisons :

— on réduit ainsi l'activité de chantier et l'on bénéficie de la productivité industrielle,

— l'usine permet le recours à des technologies qui ne sont pas utilisables sur un chantier et favorise donc les sauts technologiques.

On assiste ainsi à une pénétration croissante de **composants** dans la construction et l'action en faveur du développement de cette tendance naturelle est un des volets importants de la politique actuelle des Pouvoirs publics en matière de bâtiment.

Ainsi donc derrière une apparente immobilité due à la grande inertie du secteur du

Bâtiment et à la compétitivité économique encore forte de certains matériaux et de certaines techniques, il se passe beaucoup de choses à propos des matériaux et produits de construction.

Des évolutions incontestables se produisent ou se préparent dans lesquelles la France n'est malheureusement pas toujours en tête, victime qu'elle est peut-être d'avoir pu maintenir en vie grâce à une main-d'œuvre non qualifiée et abondante des pratiques constructives sans perspectives de progrès.

Ces évolutions sont rendues inéluctables par la pression qu'exerce en amont la production industrielle, par l'obligation d'améliorer la productivité du processus de construction, par le nouveau contexte international dominé à la fois par la pénurie d'énergie et de certains matériaux et par une lutte âpre dans laquelle chaque pays cherche à la fois à conserver son marché intérieur et à conquérir des marchés extérieurs.

Il est indispensable que la France retrouve, au moins sur certains "créneaux" l'avance technologique incontestée qu'elle avait il y a vingt ans en matière de bâtiment.

Cela dépend très largement de la capacité des industriels à innover et à vendre et de l'aptitude des entreprises à faire évoluer leurs structures et leurs pratiques pour bénéficier des innovations.

AMÉNAGEMENTS HYDROÉLECTRIQUES

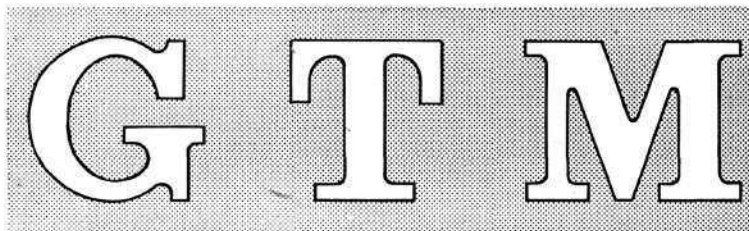
CENTRALES NUCLÉAIRES - CENTRALES THERMIQUES

CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

TRAVAUX DE PORTS - ROUTES - OUVRAGES D'ART

BÉTON PRÉCONTRAIT - CANALISATIONS POUR FLUIDES

CANALISATIONS ÉLECTRIQUES - PIPE-LINES



Grands Travaux de Marseille

61, avenue Jules-Quentin — NANTERRE (Hauts-de-Seine)

Tél. : (1) 725.94.40

Télex : GTMNT 611 306 — Télécopieur

L'autoforage

par S. AMAR

Ingénieur, Chef de la Section Fondations,
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées PARIS

F. BAGUELIN

Ingénieur des Ponts et Chaussées
Chef du Département Sols et Fondations
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées NANTES

J.F. JEZEQUEL

Ingénieur ENSM, Chef du Groupe Mécanique des Sols,
Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées SAINT-BRIEUC

L'autoforage a pour but de mettre en place des sondes au sein du terrain sans le perturber, de manière à pouvoir pratiquer des essais mécaniques sur un sol intact. En effet, ce n'est pas le cas avec les méthodes classiques : le prélèvement et la préparation d'échantillons modifient leur état ; les essais en place sont pratiqués soit dans un forage (pressiomètre) dont les parois sont perturbées, soit après introduction à force de la sonde dans le sol.

La méthode est née vers 1966 au Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc. Depuis, elle a été développée dans les Laboratoires des Ponts et Chaussées : elle a été étendue à divers types de mesures en même temps que des méthodes d'interprétation étaient mises au point.

On examine dans une première partie le principe de l'autoforage, puis sa réalisation pratique.

Une deuxième partie présente une application particulière, l'essai pressiométrique, qui a été le plus développé et est utilisable en pratique courante.

1. Le procédé d'autoforage

1.1. Principe

Un carottier à paroi mince portant sur les flancs des appareils d'essais et de mesure (fig. 1) est foncé dans le sol sous l'action de forces statiques, ou éventuellement dynamiques. Au fur et à mesure que le carottier s'enfonce, le sol est découpé et pénètre à l'intérieur de l'appareil : il y est détruit par l'outil désagrégateur rotatif ; les copeaux sont remontés à la surface à l'intérieur de l'appareil, puis du forage, grâce à l'injection d'eau ou de boue bentonitique sous pression.

De cette manière, le sol situé le long des

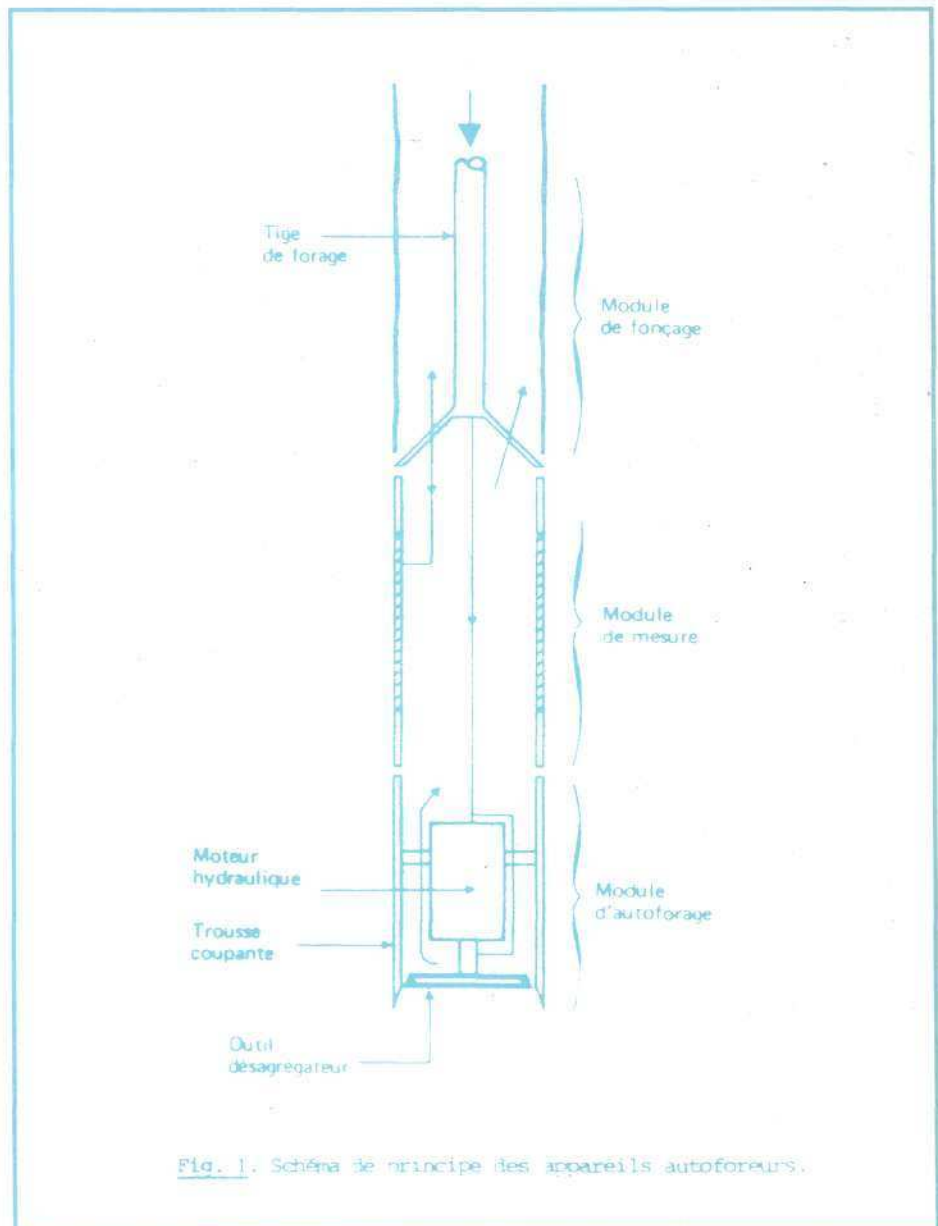


Fig. 1. Schéma de principe des appareils autoforateurs.

flancs de la sonde et destiné aux essais, n'a subi ni pollution par le fluide de forage, ni décompression. La seule action perturbatrice provient des frottements latéraux exercés le long des flancs durant la pénétration.

On peut illustrer l'apport de l'autoforage par rapport à la technique usuelle du forage préalable, en comparant des courbes pressiométriques (fig. 2), obtenues d'une part avec un pressiomètre autoforeur, d'autre part avec un pressiomètre classique Ménard. On note l'absence de la phase initiale de recompression avec l'autoforage, et la différence entre les déformations nécessaires pour atteindre une pression donnée.

1.2. Réalisation pratique et performances

La conception des sondes a évolué depuis l'origine, et il existe actuellement 3 séries : 68, 72 et 76, dénommées d'après leur année de mise au point. Les appareils sont maintenant conçus suivant les principes de la série 76 (fig. 1) :

- la rotation de l'outil désagrégateur est produite par un moteur incorporé à la sonde, situé en partie basse ;

- la sonde est modulaire : on trouve de bas en haut le module d'autoforage, puis le ou les modules de mesure, qui sont interchangeables et peuvent éventuellement être empilés, enfin le module de fonçage.

Les sondes 72 et 76 ont pour diamètre 132 mm et nécessitent pour leur mise en place une sondeuse. A titre indicatif : le pressiomètre autoforeur est long de 2 m et pèse environ 40 kg, les sondes 68 ont pour diamètre 90 mm ; plus légères, elles peuvent être mises en œuvre par un bâti manuel spécial.

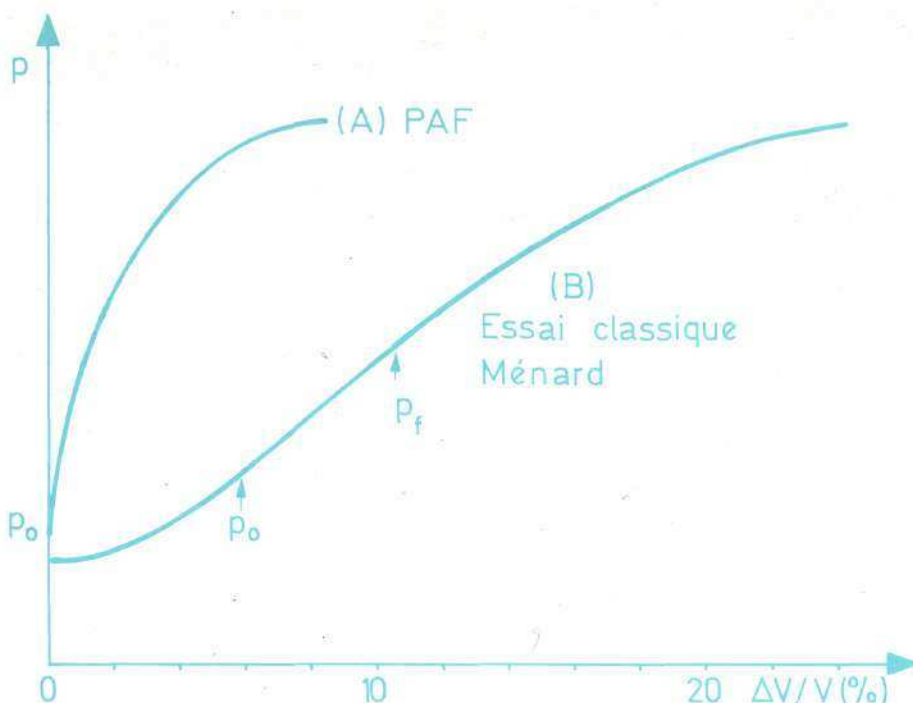


Fig. 2 - Courbes pressiométriques avec mise en place des sondes par autoforage (A) et dans un forage préalable (B).

Divers types de mesure ont été développés, récapitulés au tableau de la fig. 3. Les fig. 4 et 5 illustrent le pressiomètre autoforeur, de type 76 (PAF.76), et le pénétromètre latéral, de type 72 (PENLAT).

Des développements sont actuellement en cours pour étendre l'application de l'autoforage aux sites aquatiques : un premier projet mené pour la Direction des Ports et de la Navigation Maritimes est conçu pour

des profondeurs d'eau d'au plus 50 m ; un deuxième projet mené par l'Institut Français du Pétrole avec le concours du Laboratoire des Ponts et Chaussées vise des tranches d'eau jusqu'à 300 m.

Les sols fins : argiles, limons et sables, conviennent à l'autoforage, même de consistance ou de compacité élevée. Par contre, une proportion appréciable d'éléments

Fig. 3 — Appareils d'autoforage existants

Type d'essai et de mesure	Appareil (abréviation)	Série	Résultat de l'essai ou de la mesure	Observations
Mécanique	Pressiomètre (PAF)	68 72 76	Courbes d'expansion (p, V/V) Pression horizontale naturelle.	Utilisable en étude courante, en constatations et en recherche. Développement à la mer en cours.
	Scissomètre (SAF)	68	Courbe de cisaillement (H _r)	Actuellement réservé à la recherche fondamentale.
	Sonde frottante (SOF)	76	Courbe de frottement (v, γ ₀ /r ₀)	Réservé à la recherche fondamentale.
	Pénétromètre latéral (PENLAT)	72	Courbe de poinçonnement (p _q , γ/R)	Actuellement réservé à la recherche fondamentale.
	Sonde de pression totale	72	Pression horizontale naturelle ou au voisinage d'ouvrages.	Utilisable en constatations et en recherche appliquée.
Hydraulique	Perméamètre (PERAF)	68 76	Perméabilité et coefficient de consolidation.	Utilisable en étude courante.
Physique	Sonde de diagraphie	76	Poids volumique du sol	Utilisable en étude courante.



Fig. n° 4 Le pressiomètre autopneur PAF. 76.

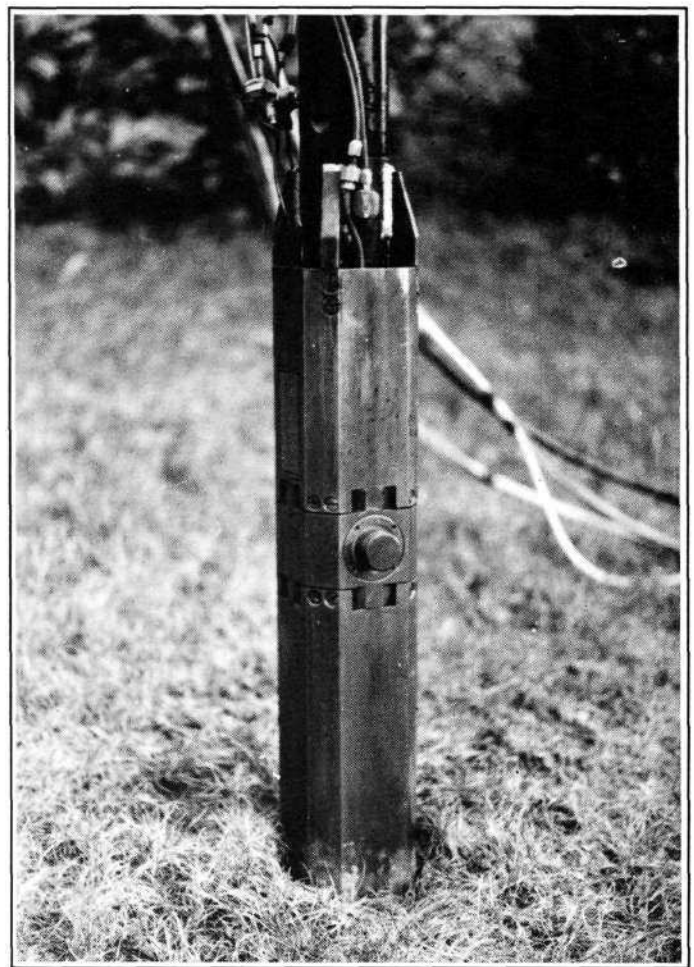


Fig. n° 5 Le pénétromètre Laval PENLAT 72.

grossiers (≥ 5 mm) finit par bloquer l'outil désagrégateur ou même empêche la pénétration.

Les sondes pour lesquelles ont été définies des procédures d'essai courantes : pressiomètre autoforeur (PAF), perméamètre autoforeur (PERAF) et sonde de diagraphie YY, peuvent donc être utilisées comme outil de reconnaissance dans les sites sédimentaires où les sols fins prédominent.

L'emploi du PAF est intéressant dès que l'épaisseur de ces formations atteint 10 à 15 m.

Au-delà de 30 m, et même s'il y a quelques couches de graves intercalaires, qui nécessitent alors le recours à la technique classique du tubage, les trois sondes mentionnées précédemment peuvent être intéressantes pour l'étude de projets d'ouvrage.

Les autres sondes sont destinées à la recherche soit appliquée, soit fondamentale ; elles sont adaptées, de la même façon, à l'étude des sols fins, argiles à sables.

pression appliquée au terrain en fonction de la déformation volumique de la cellule :

$$x = \Delta V / V_0$$

avec ΔV = volume injecté

V_0 = volume initial

Le pressiomètre autoforeur permet de mesurer la pression horizontale naturelle des terres, p_0 , et d'étudier le comportement du sol dans des conditions de chargement variées : essais rapides ou lents, essais cycliques. Pour la pratique courante, un essai normalisé, dit essai de référence, a été défini ; il est examiné à la section 2.2.

L'essai pressiométrique a donné lieu à des développements théoriques importants.

En particulier, **l'essai non drainé** — cas des argiles et limons sollicités rapidement — peut être interprété complètement, comme l'ont montré BAGUELIN, JEZEQUEL, LEMEE, LE MEHAUTE (1972). De la courbe pressiométrique : $p = F(x)$, on peut en effet tirer la courbe de cisaillement. Le résultat s'exprime en petites déformations sous la forme suivante (fig. 6) :

$$\tau = x \frac{dp}{dx} = \text{sous-tangente TN}$$

$x = 2\zeta$ = diamètre du cercle de Mohr des déformations

Le résultat est aussi valable en grandes déformations à condition d'utiliser une autre variable de déformation (BAGUELIN, JEZEQUEL, SHIELDS, 1978).

L'essai drainé — cas des sables — peut être interprété partiellement. Comme l'ont

montré les mêmes auteurs, on peut en particulier en déduire directement les modules de cisaillement du sol.

Il faut noter que des développements théoriques semblables ont été menés à bien pour deux autres essais d'autoforage : l'essai scissométrique et l'essai de frottement latéral (cf. AMAR, BAGUELIN, FRANK, JEZEQUEL, 1978). Des courbes d'essai, (τ_H, ω) cisaillement horizontal en fonction de la rotation du cylindre dans le premier cas, ($\tau_V, \gamma/r_0$) cisaillement vertical en fonction de l'enfoncement relatif de la sonde dans le deuxième cas, on peut déduire des paramètres de déformation et de résistance relatifs à diverses directions. Ces trois appareils permettent donc des études sur les lois de comportement des sols.

2.2. L'essai pressiométrique de référence et son application au calcul des ouvrages

Pour la pratique courante, on a défini un essai pressiométrique de référence, correspondant à une vitesse de chargement de 2 % par minute et à une déformation maximale de 25 %. La déformation utilisée est la déformation volumique : $x = \Delta V / V_0$.

La fig. 7 montre une courbe d'essai. On en tire les paramètres suivants :

p_0 = pression initiale (correspondant approximativement à la pression naturelle horizontale des terres).

2. L'essai pressiométrique

2.1. Principe de l'essai et interprétation

Les sondes PAF. 68, 72 et 76 permettent de pratiquer l'essai. Le module de mesure est constitué d'une cellule dilatable. On note la

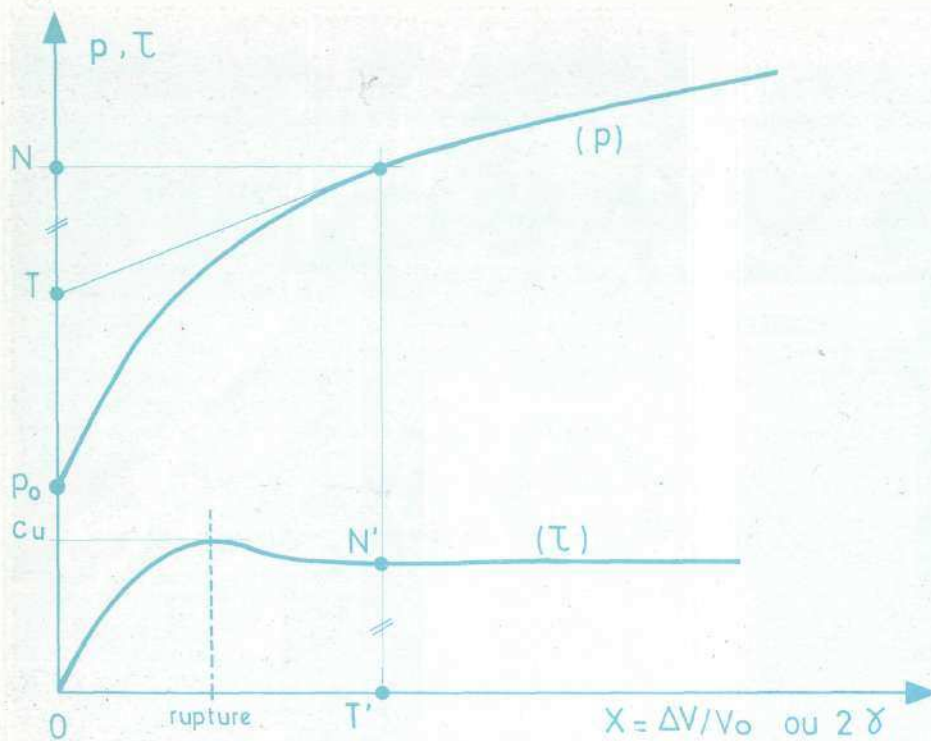


Fig. 6 - Essai pressiométrique non drainé : courbe pressiométrique ($p, x = V/V_0$) et courbe de cisaillement dérivée ($\tau, x = 2$) en petites déformations.

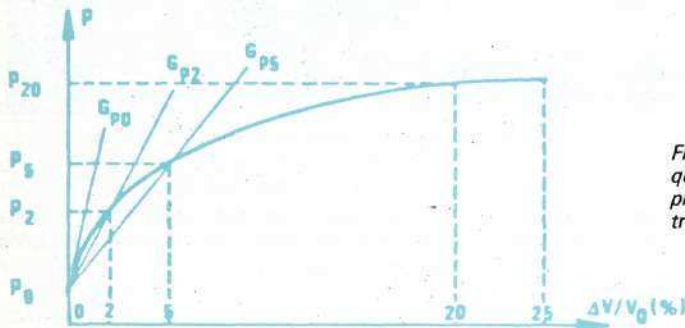


Fig. 7 - L'essai pressiométrique de référence : courbe pressiométrique et paramètres caractéristiques.

p_2 = pression à $x = 2\%$
 p_5 = pression à $x = 5\%$
 p_{20} = pression à $x = 20\%$
 G_{p2} = module sécant à $x = 2\%$
 G_{p5} = module sécant à $x = 5\%$

$$= \frac{p_{20} - p_5}{p_{20} - p_0} \text{ coefficient d'identification des sols}$$

On a donné des règles semi-empiriques permettant de calculer la **pression limite de poinçonnement** de la base des fondations ainsi que le **tassement** des fondations superficielles en fonction de ces divers paramètres (BAGUELIN, JEZEQUEL, LE MEHAUTE, 1979).

On a également montré que les **courbes de réaction** des pieux sollicités horizontalement étaient très semblables aux courbes pressiométriques obtenues aux mêmes profondeurs (cf. BAGUELIN, JEZEQUEL, 1972 et BAGUELIN, JEZEQUEL, SHIELDS, 1978), et qu'elles pouvaient donc en être déduites.

Conclusion

En permettant de travailler sur un sol quasiment intact, l'autoforage a mis clairement en évidence le caractère approximatif des méthodes d'études antérieures, et il constitue un outil intéressant pour les études fondamentales sur le comportement des sols.

Il permet aussi des études plus appliquées : mesure des pressions horizontales, naturelles ou au voisinage d'ouvrages ; détermination de modules de sol.

Il est même bien adapté aux reconnaissances courantes lorsque les sols fins (argiles, limons, sables) prédominent, et à cet effet, les résultats du pressiomètre autoforeur peuvent être appliqués aux calculs des fondations.

Bibliographie

BAGUELIN F., JEZEQUEL J.F., LEMEE E., LE MEHAUTE A., (1972),

a) "Expansion de sondes cylindriques dans les sols cohérents", Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 61, sept.-oct. 1972, pp. 189-202.

b) "Expansion of cylindrical probes in cohesive soils", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 98, n° SM11, Proc. Paper 9377, nov. 1972, pp. 1129-1142.

AMAR S., BAGUELIN F., FRANCK R., JEZEQUEL J.F., (1978), "L'autoforage et les caractéristiques des sols en place", Comptes rendus du 3^e Congrès International de Géologie de l'Ingénieur, Madrid, Session IV, Vol. 1, pp. 7-16.

BAGUELIN F., JEZEQUEL J.F., LE MEHAUTE A., (1979), "Le pressiomètre autoforeur et le calcul des fondations", Comptes rendus du 7^e Congrès Européen de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations, Brighton, Angleterre, sept. 1979, Vol. 2, pp. 185-190.

BAGUELIN F., JEZEQUEL J.F., (1972), "Étude expérimentale du comportement de pieux sollicités horizontalement", Annales de l'ITBTP, n° 297, pp. 154-204, Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 62, nov.-déc. 1972, pp. 129-170.

BAGUELIN F., JEZEQUEL J.F., SHIELDS D., (1978) "The pressuremeter and foundation engineering", Trans Tech Publications, Germany.

MAZIER RENOULT ₣. 422.17.28

36, Rue de la Charité 77210 AVON France

Matériel de Mesures et d'Essai "In situ"

Mécanique des Sols et des Roches.

- Concessionnaire des Matériels de Mécanique des Sols développés par les Laboratoires des P.B.C. de France.

- Bouteille de Ruttner.

- Carottier Mazier à câble.

- Carottier géotechnique universel.

- Dilatomètre Sol Ø 60.

- Dilatomètre Roche Ø 95.

- Dynamomètre pour tirant.

- Enregistreur de paramètres de forage.

- Micromoulinet à cellule.

- Obturateur d'essai d'eau.

- Obturateur d'injection de ciment.

- Pressiomètre autoforeur.

- Pénétrromètre statique.

- Pénétrromètre vibro statique.

- Piézomètre pneumatique.

- Scissomètre.

- Tassomètre.

INTRODUCTION

Les écrans acoustiques en bordure de voie routière... Les premiers ont été conçus en 1970 et réalisés en 1972 en France ainsi qu'à l'étranger. Depuis quel développement ! On a vu fleurir toutes sortes d'écrans, en béton, bois, métal, mousse d'argile, et récemment en verre. Les formes, la couleur et l'apparence sont toujours différentes d'un procédé à l'autre.

Le marché se structure actuellement. Il évolue, semble-t-il vers son rythme de croissance, dont il est permis de penser qu'il sera caractérisé par :

— Une grande diversité de matériaux et surtout de traitement d'apparence, chaque écran devant être spécifique pour pouvoir être approprié par les riverains, les habitants d'un quartier, d'une ville, et servir de point de repère.

— De nouvelles innovations technologiques : écrans utilisant des matériaux de récupération, écrans multi-fonction (la ville de Paris étudie un écran qui serait recouvert de capteurs solaires) etc. :

— Une plus grande rigueur sur le plan de l'acoustique. Depuis mai 1978, le Guide du Bruit des Transports Terrestres comporte un fascicule qui donne toutes indications utiles pour que, lors de la conception ou de la construction d'un écran, celui-ci soit rendu réellement efficace. Sur ce point, souhaitons que cessent les errements des premières expérimentations, et que les nouveaux écrans profitent de l'acquis actuel en se conformant aux indications techniques du Guide du Bruit.

Le marché français n'est pas en effet d'une très grande ampleur, et les prix doivent demeurer concurrentiels par rapport à des fabrications concurrentes (le prix moyen actuel, situé entre 600 à 900 F.H.T./m² posé devrait encore décroître pour faire face à

— Il semble nécessaire de s'orienter vers des solutions qui ne constituent pas des fabrications spécifiques mais qui correspondent à une utilisation particulière de procédés industriels existant par ailleurs. Cette concurrence). Ces procédés indus-

triels ne doivent pas être figés dans leur apparence, mais conserver une grande souplesse de traitement afin de pouvoir être adaptés aux contraintes esthétiques des différents sites.

L'article qui suit présente les différents matériaux actuellement utilisés, et les principales contraintes techniques auxquels ils répondent ou doivent répondre.

Souhaitons qu'il aide les aménageurs à mieux utiliser les produits disponibles, et les constructeurs à faire encore œuvre d'imagination pour la mise au point, toujours nécessaire, de produits nouveaux, économiquement et techniquement satisfaisants.

G. GRESSIER

Ingénieur des Ponts et Chaussées
Chef du CETUR

Matériaux utilisés dans les écrans acoustiques en bordure de voies routières

par Pascal BAR

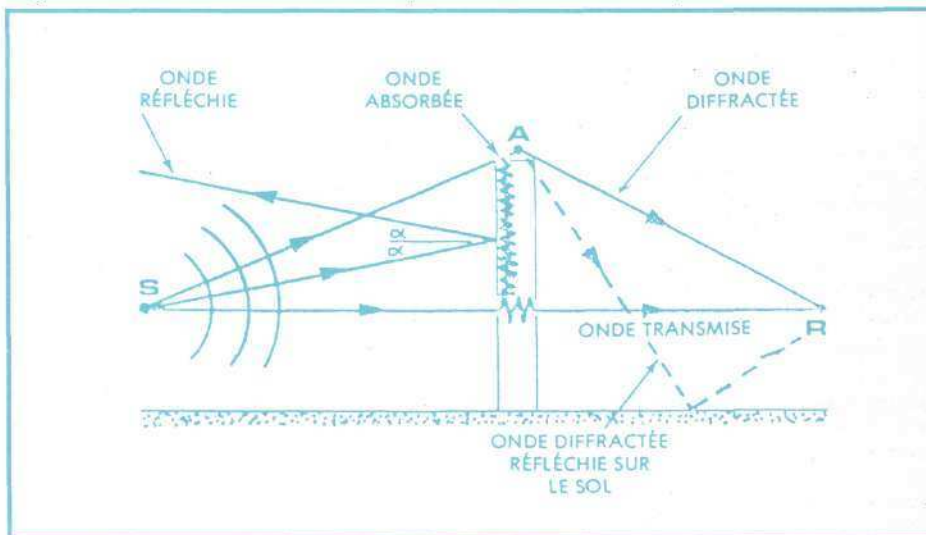
Ingénieur Chargé des Études de Bruit au CETUR

1. Caractéristiques acoustiques utiles pour le choix des matériaux

Un son émis par une source (S) se propage dans l'air avant d'atteindre un récepteur (R). En l'absence d'écran, il se propage en suivant le chemin (SR). Si l'on interpose un écran entre la source et le récepteur, la propagation du son est modifiée, et l'on peut définir plusieurs trajets élémentaires simples :

C'est l'onde diffractée qui conditionne généralement l'efficacité globale de l'écran et qui contribue le plus au niveau sonore perçu derrière l'écran, sous réserve que l'écran soit bien conçu à l'égard de la trans-

Trajets élémentaires des ondes sonores en présence d'un écran acoustique



mission. La diffraction est d'autant plus forte que l'écran est de grande hauteur, mais elle dépend également de la longueur de l'écran et de son implantation dans le site. Elle conditionne le dimensionnement de l'écran.

La transmission et l'absorption font l'objet de recommandations ci-après, qui conditionnent le choix du matériau.

1.1. Transmission

La transmission d'une paroi est caractérisée par l'indice d'affaiblissement en transmission, noté "R". Cet indice est défini comme 10 fois le logarithme du rapport de l'intensité acoustique incidente à l'intensité acoustique transmise par la paroi.

Pour une paroi simple, la loi de masse expérimentale nous enseigne la valeur de l'indice "R" croît de 4,5dB (A) chaque fois que l'on double la masse surfacique.

Pour une paroi multiple, la valeur de l'indice "R" dépend non seulement de la masse des parois élémentaires, mais également de la distance qui sépare les diverses parois.

En pratique, le guide du bruit, fascicule "Recommandations Techniques pour les ouvrages de projection contre le bruit" indique que, pour le choix du matériau, il est nécessaire et suffisant que l'énergie transmise à travers l'écran soit négligeable devant l'énergie parvenant par les autres chemins acoustiques, et notamment la diffraction. L'efficacité globale d'un écran acoustique étant au mieux de 10 à 12 dB (A), l'indice "R" doit être supérieur de 10 dB (A) à cette valeur pour que l'énergie transmise soit négligeable.

C'est pourquoi, il est recommandé lors de la réalisation d'un écran, que la paroi formant écran présente un indice d'affaiblissement moyen en transmission au moins égal à $R = 22$ dB (A) pour un spectre de bruit routier normalisé. Il est mesuré conformément aux indications de la norme NFS 31 002, dans un laboratoire équipé d'une salle réverbérante. C'est sur présentation du procès verbal d'essai des mesures, que le maître d'œuvre peut agréer le dispositif pour le chantier qu'il traite.

1.2. Absorption - Réflexion

Une onde sonore qui rencontre un obstacle peut être réfléchi, comme la lumière par un miroir, et revenir vers un récepteur situé du même côté que la source.

Cette réflexion, comme en optique, est caractérisée par deux propriétés :

- l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence par rapport à la normale au réflecteur,

- l'énergie de l'onde réfléchi est égale ou inférieure à l'énergie de l'onde incidente. L'écart éventuel correspond à la part d'énergie qui a été absorbée par la paroi.

L'absorption correspond toujours à une transformation de l'énergie acoustique en une énergie calorifique. Nous savons en effet qu'un bruit est une variation de la pression dans l'air. Produire un son, c'est mettre en vibration les particules d'air.

Quand un bruit rencontre un obstacle les particules d'air situées près de la surface sont gênées dans leur vibration et, par frottement sur les parties solides de la paroi, une partie de l'énergie acoustique se transforme en chaleur.

Tous les matériaux absorbent plus ou moins d'énergie sonore. Cependant, on peut différencier les matériaux réfléchissants des matériaux absorbants. Par exemple, une paroi lisse, dure et lourde est très réfléchissante. Une paroi constituée de matériaux poreux à porosité ouverte sera, elle, très absorbante.

L'indicateur de qualité acoustique est le facteur d'absorption sabine noté "S". Ce facteur, défini comme le rapport de l'énergie absorbée à l'énergie incidente varie entre 0 (matériau parfaitement réfléchissant), et 1 (matériau totalement absorbant). Il est mesuré conformément aux indications de la norme NFS 31 003.

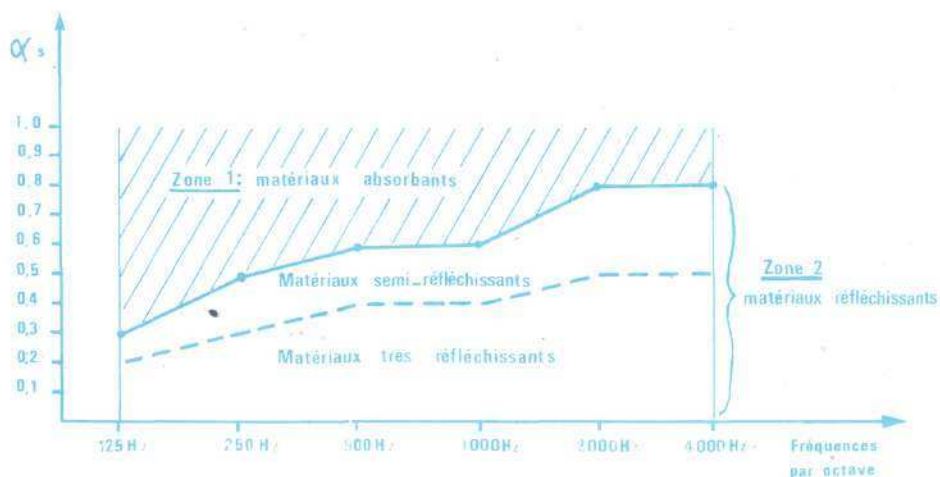
Cependant, il convient de noter qu'un matériau ne se comporte pas de la même façon pour différentes fréquences d'un son

incident. Aussi un matériau sera-t-il caractérisé par l'évaluation de "S" pour les bandes de fréquences comprises entre 125 Hz et 4 000 Hz (bruit routier normalisé), par octave ou par tiers d'octave.

En pratique, le guide du bruit, fascicule "Recommandations Techniques pour les ouvrages de protection contre le bruit" indique une courbe minimale distinguant les écrans absorbants des écrans réfléchissants.

Tout matériau dont la courbe "S" en fonction de la fréquence est entièrement située dans la zone 1 du graphique ci-dessus est considéré, selon le guide du bruit, comme un bon matériau absorbant, le procès verbal de l'essai faisant foi.

Les autres matériaux ne sont pas des absorbants, les recherches en cours devraient permettre de scinder la zone 1 "matériaux réfléchissants" en 2 parties (esquissées ci-dessus à titre indicatif), et distinguer les matériaux semi-absorbants des matériaux réellement réfléchissants.



Définition d'un matériau "absorbant" selon le guide du bruit des Transports Terrestres

2. Avantages et inconvénients des principaux matériaux

2.1. Béton

Le béton est en général le matériau le plus couramment utilisé pour réaliser des écrans acoustiques. Encore faut-il distinguer les multiples formes sous lesquelles il se présente :

- béton de ciment armé coulé en place constituant un mur autoporteur sans structure porteuse différenciée (A 86 à Colombes).

- béton de ciment armé ou précontraint préfabriqué, en plaques fixées sur une structure porteuse elle-même constituée de poteaux en béton ou en métal. (Écrans de l'Hav-Les-Roses, Corolles de B3).

- bétons légers (argile expansée). Les matériaux peuvent être utilisés comme plaques constituant écran, sur structures porteuses ou en mur autoporteur, leur nature alvéolaire n'en fait pas pour autant des matériaux absorbants car leur porosité est fermée.

D'une façon générale, le béton se révèle un excellent matériau pour la réalisation des écrans acoustiques :

- il ne nécessite en lui-même qu'un entretien réduit

- il peut s'adapter à des formes diverses, permettant un traitement en volume, en vue d'une bonne intégration au site.

- son apparence peut être également travaillée (peintures, sablages, lavages, etc...) pour en améliorer l'aspect (rythmes de couleur...)

- son efficacité acoustique en transmis-



Autoroute A86 à Colombes. Écran en béton recouvert de peinture polychrome.

sion est généralement largement suffisante sous réserve que, s'il est utilisé sous forme de plaques fixées sur des supports, les joints entre plaques soient correctement traités et durables. Il est à noter que les écrans en béton sont toujours des écrans réfléchissants

— les écrans en béton ne posent que peu ou pas de problème de sécurité pour le riverain ou les usagers des voies (sous réserve de les isoler correctement du choc d'un véhicule par un dispositif de retenue approprié)

— leur coût de mise en œuvre en fait un type d'écran parmi les moins chers actuellement sur le marché

— ils permettent de faire toute sorte d'ouvrage, même de dimensions très importantes (Écran paysager de l'Hay Les Roses).

2.2. Bois

Quelques écrans en bois ont été réalisés récemment : Autoroute B3 dans le départe-

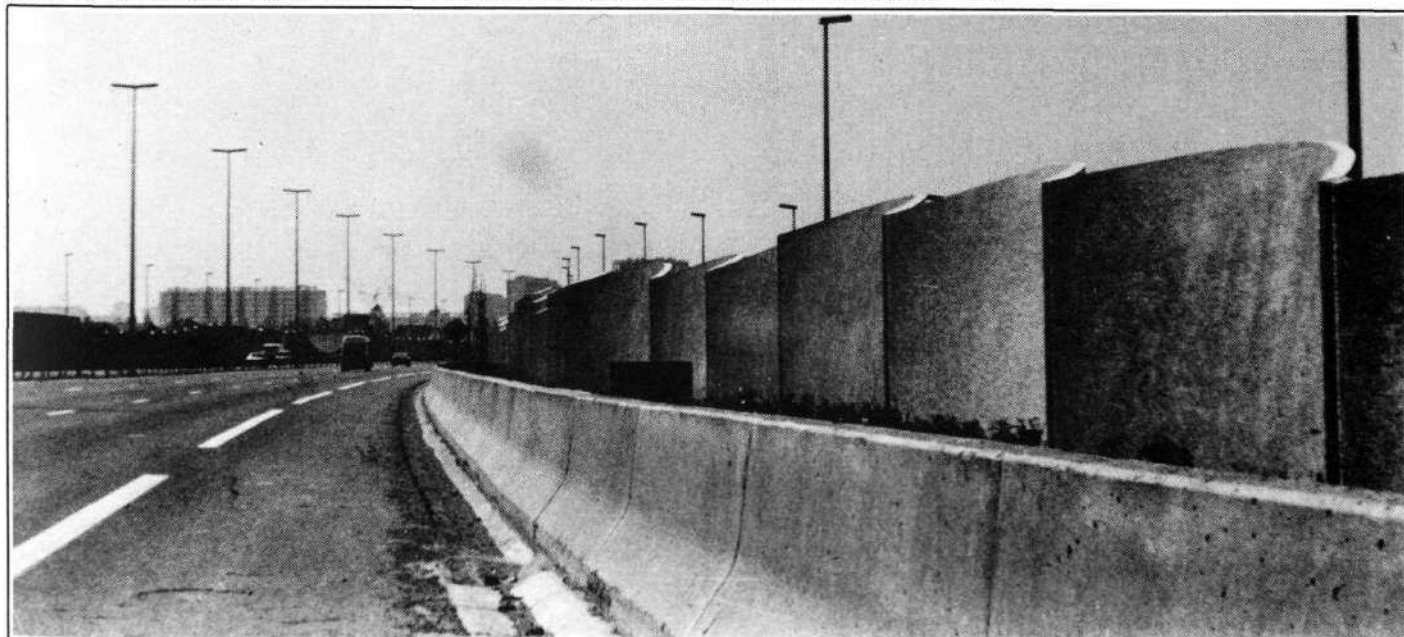
ment de la Seine-Saint-Denis, Rode Est de Mulhouse, etc...

Ces écrans sont constitués de plaques, elles mêmes composées de deux parois de bois tropical tressé, et d'un matériau fibreux (laine de verre) à l'intérieur. Les plaques sont glissées dans des supports constituant l'ossature porteuse.

Ces matériaux présentent des avantages indéniables :

— apparence jugée souvent agréable et pouvant entrer dans une composition d'écrans sur une grande longueur.

Autoroute B3. Les corolles en béton, un bon exemple de traitement de la forme et de la hauteur de l'écran.



— peu d'entretien pour une tenue dans le temps apparemment excellente

— peu de problème de sécurité pour autant que ce matériau soit isolé du choc d'un véhicule par un dispositif de retenue adéquat

— la tenue au feu ne pose pas de problème, le matériau étant classé M1

— l'efficacité acoustique est généralement bonne car l'indice R est généralement supérieur à 22 dB (A). Cependant, le caractère absorbant n'est pas établi comme conforme aux indications du Guide du Bruit, et la production d'un procès verbal d'une mesure de coefficient " S" selon la norme NFS 31 003 semble indispensable à l'avenir dans le cas où le matériau est utilisé sur un site nécessitant réellement de l'absorbant.

2.3. Plastiques

Parmi les nombreux matériaux entrant dans la catégorie des "matériaux plastiques", il y en a peu qui aient été utilisés pour réaliser des écrans acoustiques. (En France, on peut citer les deux écrans du périphérique de Paris à la Porte Clignancourt ou à la Porte Saint-Cloud).

Ce matériau pose en fait quelques problèmes qui expliquent sa faible utilisation :

— sa tenue au feu est généralement discutable (au mieux, les matériaux sont classés M2)

— en acoustique, pour atteindre un indice d'affaiblissement R supérieur ou égal à 22 dB (A), il est nécessaire de l'utiliser en parois multiples ou en parois simples d'une épaisseur telle que des problèmes du coût ou de fabrication apparaissent,

— vieillissement dans le temps sujet à vérifications pour certains matériaux (notamment tenue aux ultra violets).

Par contre, ils présentent des avantages qui font que certains matériaux devraient pouvoir être utilisés dans des sites particulièrement difficiles (écrans sur ouvrages, remblais surplombant des zones habitées).

— peu ou pas d'entretien
— possibilités de traitement en couleur dans la masse (écrans CHAPUY sur B3)
— grandes facilités de mise en place
— réelle absence de risque d'aggravation des conséquences d'une sortie de route, que ce soit à l'égard des automobiles ou des riverains.

2.4. Verre

Le verre possède un avantage incontestable : **la transparence**. Cette transparence peut être souhaitée par l'usage de la route : l'automobiliste qui traverse une ville peut désirer y trouver quelques points de repère. Dans son parcours, il peut souhaiter traverser un espace minéral, voir la ville. Enfin, il peut désirer voir, même fugitivement, un site parmi les plus remarquables, et qu'il frôle lors de la traversée d'une région.

Le riverain lui, peut souhaiter limiter, voire éviter la gêne due à une forte intrusion visuelle que peut représenter la construction d'un écran de quelques mètres de hauteur à quelques dizaines de mètres (et parfois moins) de la façade de son habitation.

Cependant, le verre pose des problèmes par sa nature : (il est fragile), son entretien et son efficacité.

De nombreux bris ont été constatés (jusqu'à 10 à 15 %) qui comprennent l'efficacité et le coût de l'entretien. Trois causes de bris ont été recensées pour le verre utilisé comme écran acoustique.

— vandalisme (tir à la carabine)
— chute et chocs d'objets divers provenant des véhicules en circulation
— défauts de mise en œuvre.

Contre le vandalisme et la chute d'objets divers il n'y a malheureusement pas d'action réellement efficace. Pour remédier aux défauts de mise en œuvre, il convient de prendre toutes précautions, conformément à une note récente en cours de publication par la Direction des Routes "Note Technique. Le verre dans les écrans acoustiques".

Ces inconvénients conduisent à préconiser :

— que ce soit du verre trempé qui soit utilisé dans la plupart des cas (sauf absence totale de danger) pour limiter les risques d'un bris toujours possible.

— autant que possible, éviter d'utiliser le verre sur des viaducs ou remblais qui surplombent directement des espaces publics ou des voies circulées (routes, chemins, piétons). Son utilisation devrait être réservée à des sites sur lesquels la transparence est réellement nécessaire, dans des conditions qui limitent tous risques à l'égard des tiers (puisque le bris est pratiquement inévitable).

Par ailleurs, le verre doit être nettoyé pour conserver sa transparence. Les chiffres actuels semblent atteindre 7 à 8 F.H.T. par mètre carré (nettoyage extérieur et intérieur).

Enfin, l'efficacité des écrans actuels est discutable, et semble remise en cause par certains riverains. Là encore, une mesure de l'indice R du dispositif en entier (plaques, joints et supports) permettrait de lever toute ambiguïté.

2.5. Les plastiques polycarbonates

Plusieurs fabricants ont récemment proposé de réaliser des écrans avec des matériaux à base de polycarbonates, qui présentent l'important avantage d'être transparents tout en étant beaucoup moins fragiles que le verre.

Cependant, leur densité est à peu près égale à la moitié de celle du verre. Il faudrait donc l'utiliser en épaisseur double de celle du verre (soit 20 mm pour obtenir un indice R supérieur ou égal à 22 dB (A) dans les conditions de la norme NFS 31 002).

Autoroute B3. Le verre apporte la transparence...



Ceci semble poser des problèmes de fabrication et rend le matériau trop coûteux.

2.6. Le métal

Un écran a été récemment réalisé en métal à Lyon (écran de Croix Luizet, en palplanches métalliques) dont il faut saluer la réussite.

— bien que réalisé à partir d'un procédé industriel réputé peu esthétique (palplanches battues) il a, par son traitement d'apparence (rythmes de couleur en peinture) parfaitement satisfait les riverains et fait partie des exemples le plus réussi :

— son coût est exemplaire (550 F/m² y compris la peinture) ce qui le situe extrêmement bien sur le marché

— son entretien ne devrait pas poser plus de problèmes qu'un écran béton peint

— son efficacité acoustique est vérifiée. Il est à noter qu'il s'agit d'un écran réfléchissant

— comme les écrans bétons, les écrans en métal posent moins de problèmes de sécurité que le verre.

Par ailleurs, d'autres solutions métalliques existent ou sont en cours de mise au point. Certaines utilisent les qualités du matériau pour répondre à d'autres problèmes qui étaient jusqu'ici mal résolus :

— écrans composés absorbants avec parement perforé côté route, laine de verre et bardage métallique à l'arrière, qui présentent d'excellentes performances en absorption,

— écrans à double fonction qui jouent à la fois le rôle d'écran acoustique et de barrières normales de sécurité. Ces écrans sont les seuls à avoir été testés au choc d'un véhicule. Ils présentent toutes garanties de sécurité, que ce soit à l'égard des riverains ou des usagers des routes, en cas de choc de véhicule, et peuvent être utilisés sans autre dispositif de retenue.

2.7. Les mousses d'argile

La mousse d'argile est une céramique obtenue par cuisson de matière première argileuse. C'est un matériau récent mis au point par le Centre Technique des Tuiles et Briques.

Son excellent caractère absorbant comme pour les matériaux fibreux, est basé sur sa porosité ouverte. Il constitue actuellement le meilleur absorbant sur le marché des écrans acoustiques (qualité attestée par de nombreux procès verbaux d'essai conformes à la norme 31 003).

De plus, sa couleur chaleureuse et nuancée permet de l'utiliser avec une grande réussite esthétique. Il est incombustible, dur et rigide, il présente peu de risques de dégradation ni d'affaissement. Son état de surface peut varier en coloris et relief, et les teintes sont inaltérables. Il a une bonne tenue au gel.

Utilisé avec bardage arrière, il devrait se comporter très honorablement au vieillissement. Il ne présente pas de problème particulier de sécurité sous réserve d'être isolé du choc d'un véhicule par un dispositif adéquat.

Il semble que le marché français des écrans acoustiques lui permette difficilement de rentabiliser sa fabrication. Il serait dommage de le voir disparaître vu ses qualités et avantages.

3. Perspectives

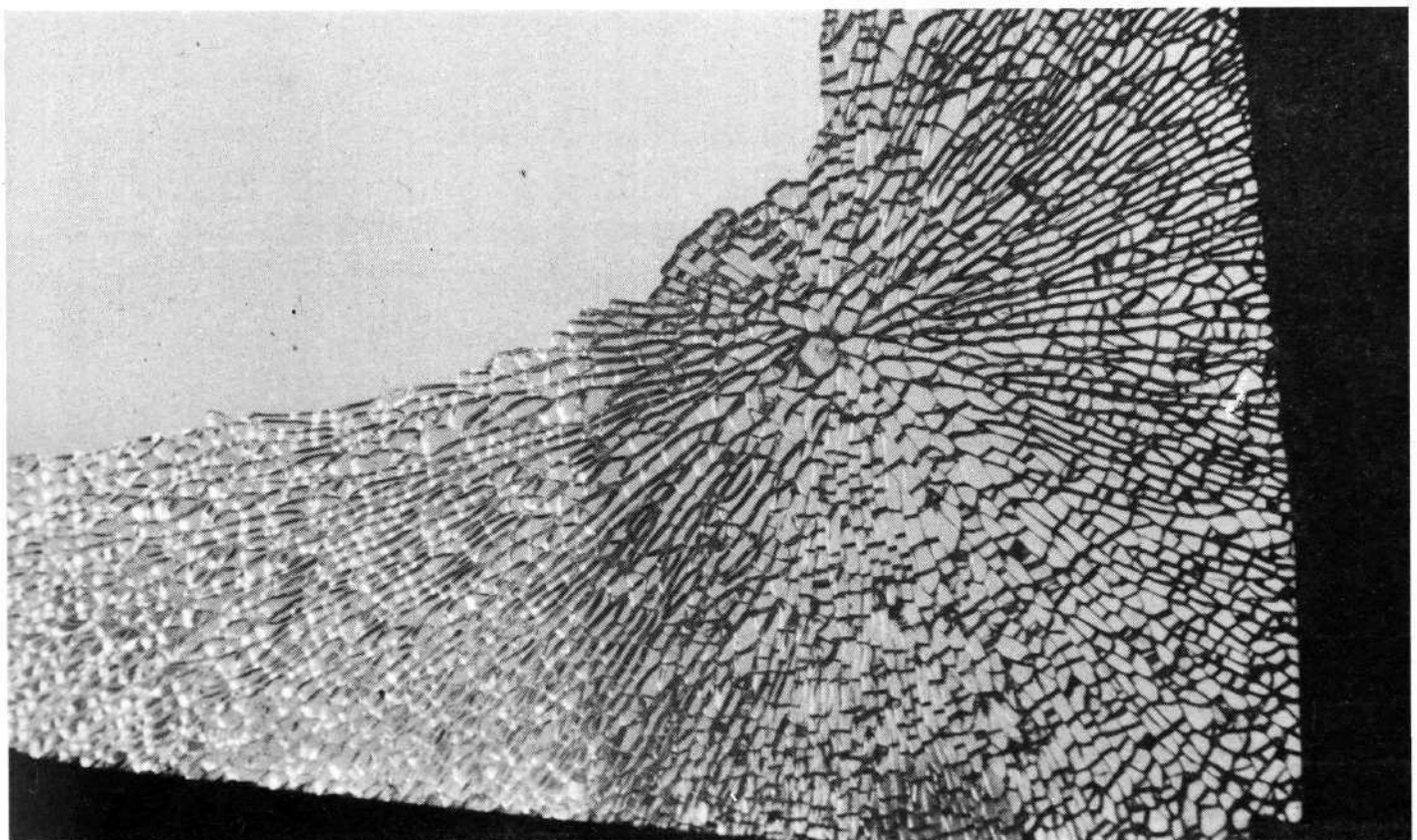
Le marché des écrans acoustiques implantés en bordure de voies routières existe, bien que d'une ampleur limitée, (il est d'environ 20 000 à 40 000 m² par an depuis 3 ans et semble devoir conserver ce rythme dans les années immédiatement à venir, à moins que de nouvelles dispositions réglementaires et économiques n'en bouleversent les données).

Des techniques et technologies éprouvées et sûres existent également, qui devraient être réutilisées, sous réserve de bons traitements d'apparence (il ne semble pas justifié économiquement ni même esthétiquement de créer une solution nouvelle chaque fois que l'on réalise un écran).

Dans l'avenir, quelques matériaux semblent devoir se partager le marché : béton, bois, métal, verre, mousse d'argile.

Des innovations technologiques sont encore utiles pour tirer totalement parti des possibilités des différents matériaux et faire évoluer les coûts vers un juste nécessaire, maintenant connu, tout en tenant compte de l'expérience acquise.

... Mais il est fragile. En cas de bris toujours possible, il est nécessaire de prendre toutes dispositions pour qu'il ait aucun risque, ni pour les automobilistes ni pour les riverains de la voie.



Le coulis bentonite ciment

Diverses applications

par P. COUPRIE
Directeur Technique de Soletanche S.A.

Ajouter du ciment à une suspension de bentonite dans l'eau peut apparaître comme une erreur technique ; la floculation qui en résulte détruisant, en grande pratique, les propriétés habituelles de ces suspensions, cependant, il en résulte un matériau nouveau qui, dans son état liquide, est capable de soutenir les excavations creusées dans le sol, puis fait prise. Nous allons passer ici en revue quelques applications, dont certaines très récentes, des coulis bentonite ciment.

Écran étanche

Le coulis bentonite ciment se substitue au béton plastique à base d'argile et de ciment car il permet d'exécuter la tranchée en continu, c'est-à-dire de supprimer la plupart des joints entre panneaux.

La perméabilité, mesurée à l'échelle industrielle, d'écrans d'épaisseur comprise entre 0,60 m et 1 m abritant de grandes fouilles, est de l'ordre de quelques unités 10^{-8} m/s, soit, en gros, sûrement inférieure à 10^{-7} m/s. Pour un tel écran et des fouilles de 10 à 20 ha, le débit à pomper est inférieur à 500 m³/h. Le choix de la capacité de pompage est conditionné par la mise à sec qui suppose la vidange du sol et de la fouille, ou le maintien à sec en cas de pluies violentes. Cette technique est souvent employée pour isoler des nappes susceptibles d'être polluées.

L'expérience a prouvé que, pour les compositions couramment employées, C/E voisin de 0,10, la déformabilité de l'écran est très suffisante pour suivre les mouvements du sol qui accompagnent la mise en charge lors du pompage : déformations horizontales et verticales qui se comptent en décimètres. En quelque sorte, le coulis bentonite ciment constitue un sol artificiel.

L'un des exemples les plus intéressants de l'emploi de cette technique est constitué par le batardeau de la forme de radoub de Brest = photo n° 1.

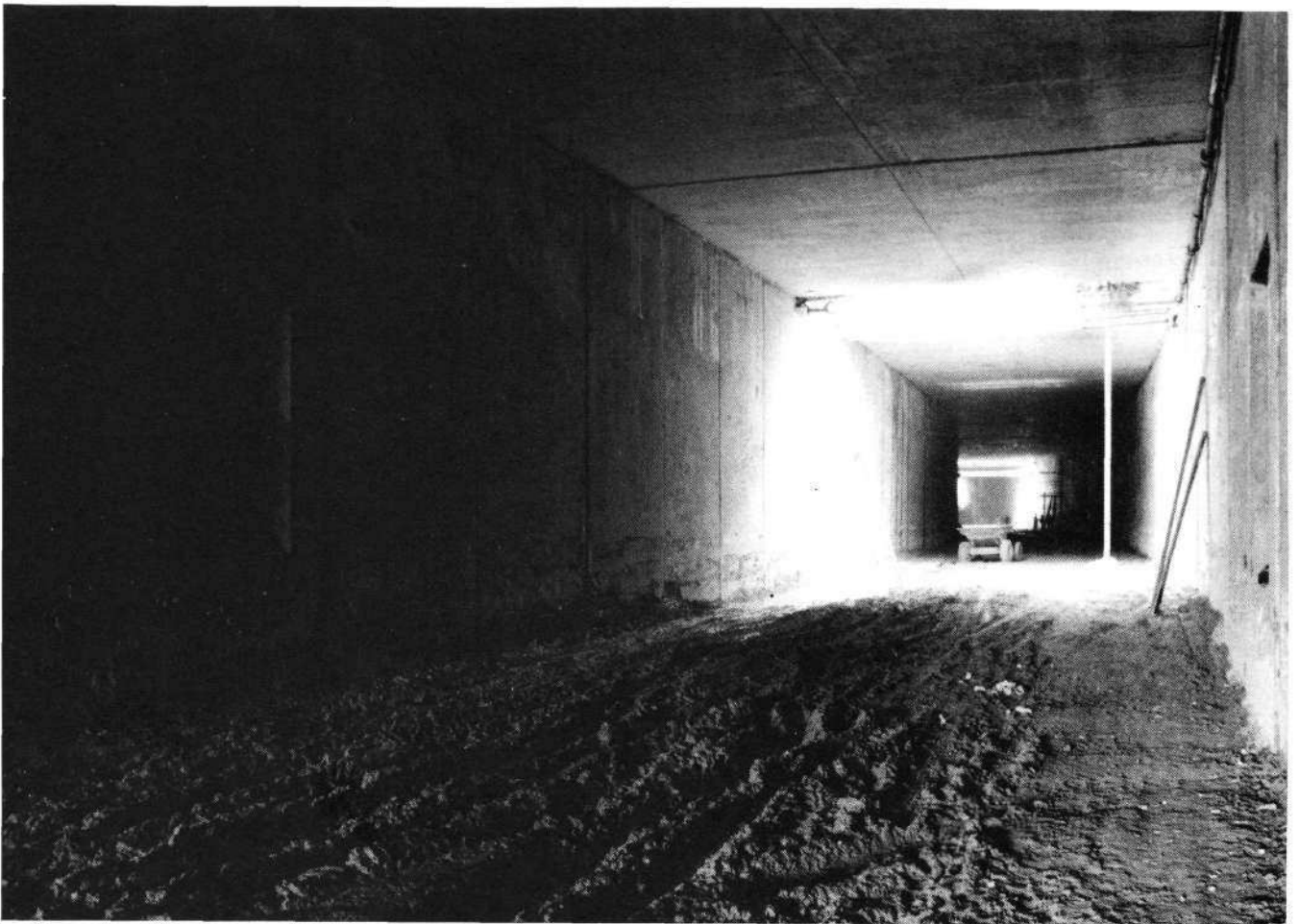
Paroi préfabriquée

L'emploi du coulis bentonite ciment rend possible la technique de la paroi préfabriquée. Au lieu de couler le béton dans une tranchée soutenue par une suspension de bentonite suivant la technique courante de la paroi, on immerge un panneau de béton armé préfabriqué dans la tranchée remplie de coulis bentonite ciment. Après durcissement, le coulis bentonite ciment assure le

contact du béton et du sol et souvent prolonge, vers le bas, la zone étanche formant parafouille. La photo n° 2 montre ces panneaux préfabriqués béton au prolongement de la ligne n° 13 du Métro à Paris. La photo n° 3 est une vue d'ensemble de la forme de Radoub Secoter à Dunkerque : les éléments préfabriqués sont des palplanches métalliques immergées dans le coulis qui, lui, descend jusqu'à l'argile des Flandres isolant des nappes tout le volume du sol situé sous le radier drainé en permanence pour un débit de l'ordre de 10 m³/h.

Batardeau de la forme de radoub de BREST.

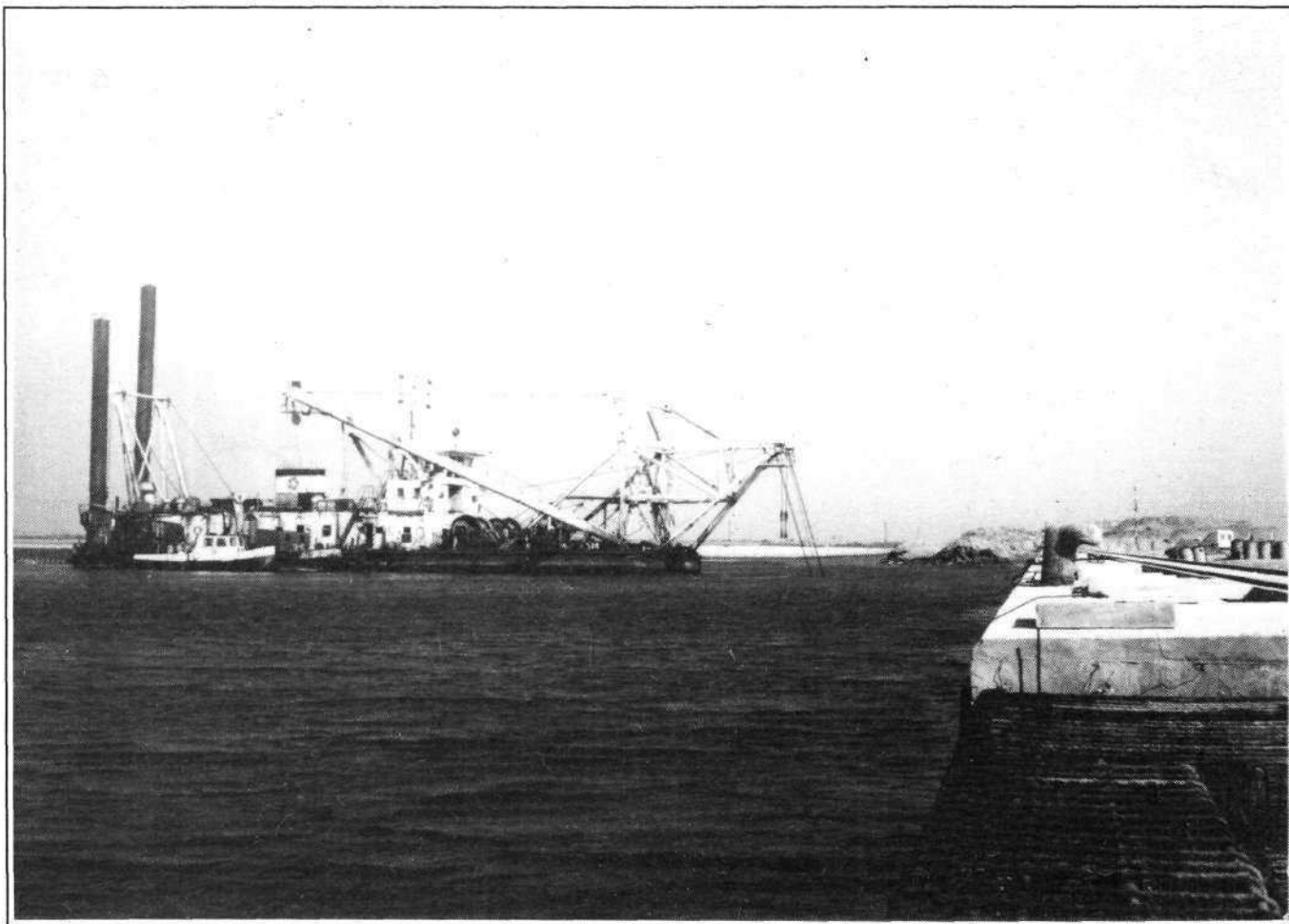




Vue intérieure des parois préfabriquées de la ligne n° 13 du Métro de PARIS.

Vue d'ensemble de la forme du radoub Secoter du Port de DUNKERQUE.





Quai de FOS darse III — mise en œuvre d'une structure métallique de tirant plan.

Quai à ancrage plan

La réalisation récente à Fos d'un quai suivant un type inédit montre une nouvelle utilisation du coulis bentonite ciment.

Réalisé dans des sols médiocres, consolidés au préalable par exécution de drains verticaux et surcharge, le système de soutènement comprend de grands voiles verticales perpendiculaires à l'arête du quai.

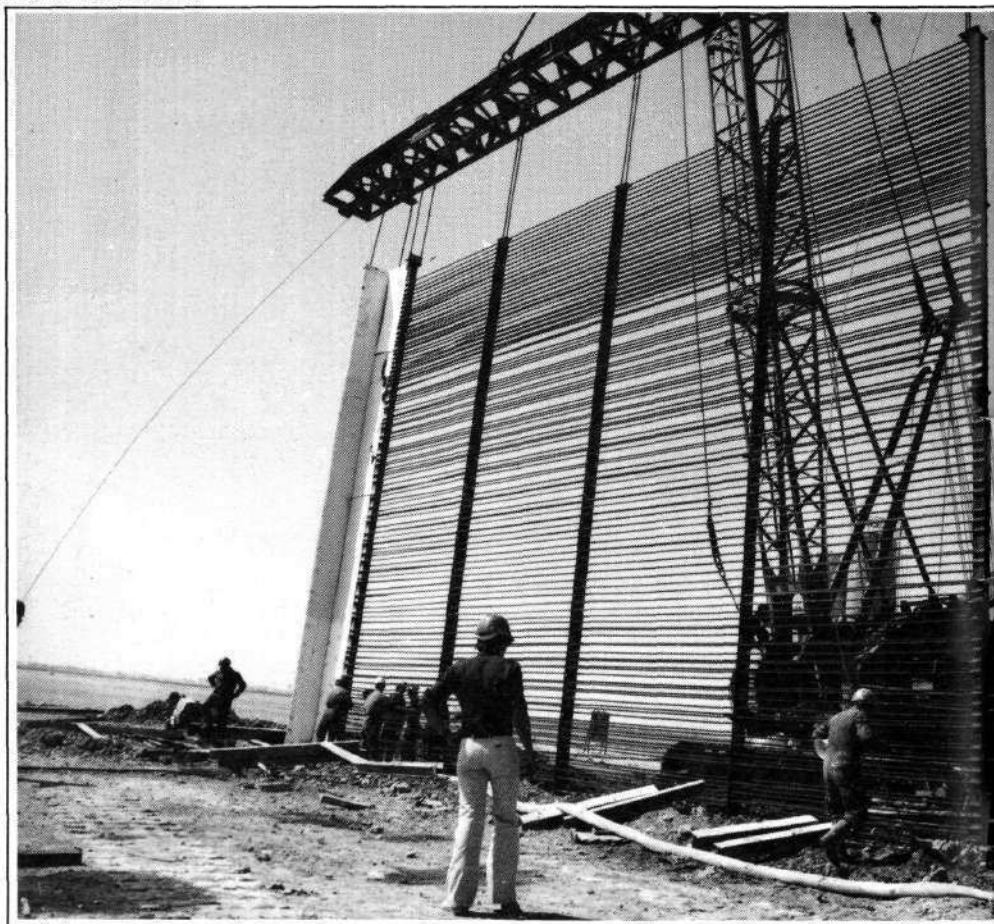
Ces voiles rigidifient la masse du sol : ils sont constitués d'une tranchée de 29 m de longueur remplie de coulis bentonite ciment à l'intérieur de laquelle est immergée une structure métallique : photo n° 4.

Le front d'accostage est constitué de parois moulées en béton classique formant voûte dont les appuis sont constitués par l'extrémité des structures métalliques.

La photo n° 5 montre le quai terminé.

L'emploi du coulis bentonite ciment offre, en particulier, l'avantage de réaliser des panneaux très longs (15 m et souvent plus). Mais, en outre, les caractéristiques mécaniques de ce sol artificiel, que constitue le coulis bentonite ciment durci, sont, mieux que les matériaux comme le béton, en correspondance avec les propriétés du sol, lequel pousse, certes, mais auquel, finalement, on demande d'apporter la stabilité globale.

Quai de FOS terminé.



Dans les sols très mous, en présence de nappe phréatique proche du sol, la pose d'égout a été réussie dans une tranchée soutenue par un coulis bentonite ciment. Après durcissement, le coulis présente une résistance équivalente à celle d'un sol. L'immersion de l'égout, dans un liquide assez dense, suppose qu'on maîtrise le lestage de la conduite. La photo n° 6 illustre les techniques utilisées. En général, la pose se fait de regard à regard : après durcissement du coulis, il est possible de mettre à sec l'amorce du regard et ainsi l'achever dans de bonnes conditions.

Le coulis bentonite ciment, matériau paradoxal comme nous le rappelions au début, a permis de développer un certain nombre de technologies variées dont la liste n'est sans doute pas close. Une pleine maîtrise de ce produit, délicat à manier en raison même de son origine, reste indispensable pour réussir.

Mise en place d'un égout sous coulis.





Coulée d'une poche de laitier

Utilisation de déchets et sous-produits en technique routière

S. MANGIN — Ingénieur L.C.P.C.
J.-C. VAUTRIN — Ingénieur SETRA

Depuis de longues années, la route consomme des sous-produits et déchets, citons entre autres le bitume, le laitier de haut-fourneau, les schistes houillers et les mâchefers d'incinération.

Initialement l'utilisation de ces sous-produits était du fait de "la route" qui cherchait des matériaux proches des chantiers mais ces dernières années pour répondre aux soucis croissants d'économie d'énergie de matières premières, et également au souci de préservation de l'environnement, la route a été mise à contribution pour apporter des solutions entières ou partielles à ce triple problème. Depuis 1975 environ, les recherches se sont intensifiées et élargies sur la réutilisation de déchets et sous-produits les plus variés et touchant des domaines les plus divers tels que papeteries, industrie des engrais, industrie chimique, boues d'épuration, fonderies, gaz naturel, industrie automobile etc...

Cependant, la route a ses exigences propres de qualité, de fiabilité et de durabilité qui imposent avant tout de bien connaître ces matériaux-déchets généralement hétérogènes par nature, et contenant des éléments inhabituels (voire étrange parfois) qui peuvent conduire à des comportements très différents de ceux des matériaux traditionnels.

Il convient de souligner en outre, que les "bons" déchets sont partis les premiers, connaissant maintenant un réemploi important et qu'actuellement les sous-produits restants présentent certains caractères de difficultés liés soit à leur hétérogénéité ou à leur composition complexe (phosphogypse, boues diverses) soit à des pro-

blèmes de tri, de collecte ou de traitement (matières plastiques, résidus chimiques), soit encore plus simplement liés à leurs caractéristiques médiocres et dont la réutilisation n'est pas évidente et demande parfois des efforts d'imagination (pneumatiques).

Ces deux aspects, contribution de la route et caractère "difficile" des déchets, rendent d'autant plus nécessaires les études de laboratoire et surtout les planches et chantiers expérimentaux pour appréhender totalement le comportement de ces matériaux avant d'en définir les conditions d'emploi et les domaines d'utilisation.

Nous évoquerons tout d'abord brièvement les sous-produits devenus classiques et ayant acquis toutes leurs lettres de noblesse, puis nous donnerons un aperçu des recherches en cours et des utilisations projetées ou envisageables.

Le laitier de haut-fourneau

Nous ne nous étendrons pas sur ce sous-produit de la sidérurgie grâce à qui, à partir des années 1960 la technique routière a fait un bond considérable et dont les 3/4 environ des assises de nos chaussées sont constituées aujourd'hui. Quelques chiffres cependant pour illustrer "l'accomplissement" de ce sous-produit :

— production de laitier : 12 millions de tonnes par an, dont à peu près 6 millions de "concassé" et 6 millions de "granulé",

— utilisation : un peu plus de 11 millions de tonnes dont 5,8 de concassé utilisées sous forme de granulats et dont 5,3 de granulé utilisées pour moitié en cimenterie et pour moitié comme liant hydraulique en assise de chaussées.

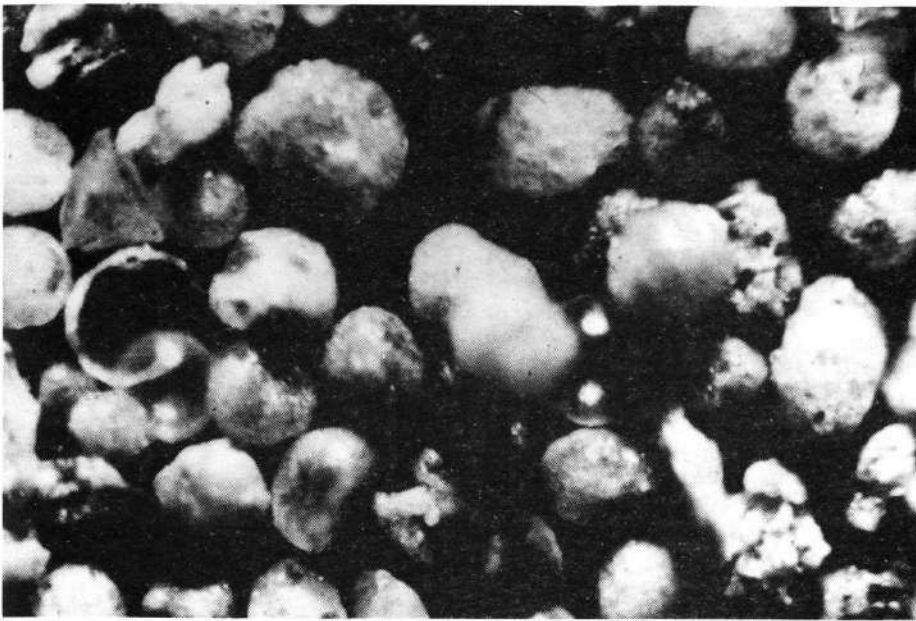
Bien qu'il soit utilisé à 92 %, les études se sont poursuivies sur le laitier pour répondre cette fois-ci au souci d'économie d'énergie et de matériaux. Ainsi ce sont développées les techniques à base de laitier prébroyé et même de laitier moulu permettant des diminutions de coût de transport, par des dosages réduits de laitier ou par l'emploi de granulats de plus faible qualité, emploi rendu possible par le gain de performance obtenu avec ces techniques.

Par ailleurs, un nouveau procédé de trempe par projection de laitier à l'aide d'un tambour tournant à grande vitesse dans une atmosphère sursaturée d'eau s'est développé ; c'est le laitier bouleté qui donne un granulat 0/20 dont la fraction 0/3 a des propriétés comparables à celles du laitier granulé classique.

L'utilisation du granulé prébroyé et du bouleté est codifiée dans la note technique STRA-LCPC de février 1980.

Les cendres volantes

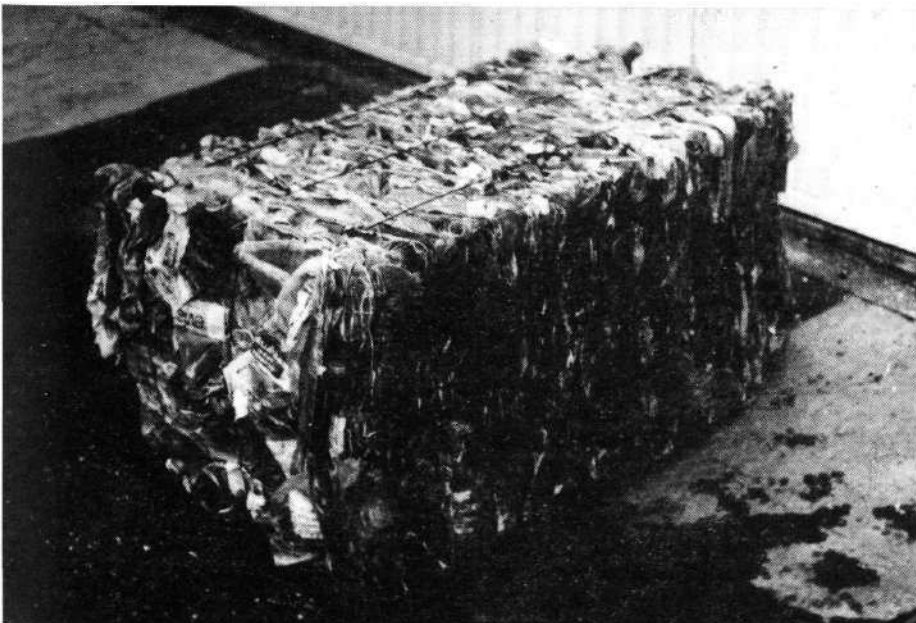
Ce sous-produit également très connu aujourd'hui est utilisé en remblais et pour la réalisation d'assises de chaussées en grave-



Cendres volantes vues au microscope



Terril de schistes houilles



Balle de matière plastiques

cendres ou en couche de fondations tout cendres sans apport de granulats.

Elles sont également utilisées en cimenterie et le rapport utilisation sur production de 72 % est l'un des plus forts taux de réutilisation du monde.

Ces cendres volantes se répartissent suivant deux grandes familles, les cendres silico-alumineuses et les cendres sulfo-calciques. Les premières comportent une forte proportion de silice et d'alumine et sont pouzzolaniques c'est-à-dire qu'en présence de chaux elles font prises et sont utilisées à ce titre pour le traitement des graves et des sables. Les secondes à teneur beaucoup plus élevée en chaux, telles celles de Gardanne, font prises spontanément en présence d'eau, et ces propriétés sont mises à profit pour traiter les graves et les sables dans une technique proche de celle des graves et sables ciments.

Cette technique fait l'objet d'une note technique SETRA-L.C.P.C. de 1980 : "l'utilisation des cendres hydrauliques pour le traitement des graves et des sables".

Les schistes houillers

Peut-être un peu moins connu que ses deux grands frères "laitier et cendres volantes", le schiste houiller est cependant très utilisé dans les régions minières pour la confection des remblais.

Ce sous produits provient des schistes et des grès extraits en même temps que le charbon qui sont généralement stockés à l'air libre et constituent ces "terrils" bien caractéristiques des pays miniers.

Actuellement il existe près de 200 terrils représentant un gisement de plus de 500 millions de tonnes. On distingue le schiste en son état naturel d'extraction qui est le schiste noir et le schiste rouge résultant de l'auto combustion des schistes noirs dont la teneur en carbone résiduelle était suffisante.

Ces schistes rouges sont employés en cimenterie ou pour la confection de briques ou de granulats légers. Ils sont également utilisés, après concassage et criblage comme granulats d'assises de chaussées à faible trafic.

Ces dernières années, des propriétés pouzzolaniques de ces matériaux ont été mises en évidence, caractéristiques qui permettraient de réaliser avec ajout de chaux des assises de chaussées en schiste "tout schiste" sans granulats classiques, permettant ainsi des économies de ressources naturelles en matériaux.

Après avoir évoqué brièvement les sous-produits devenus tout-à-fait courants, voyons maintenant quelques sous-produits un peu moins classiques.

Tout d'abord, les déchets urbains avec les matières plastiques, les pneumatiques et les boues d'épuration.

Les matières plastiques

Elles proviennent pour une grosse part des ordures ménagères mais également du secteur industriel ; et représentent une production d'un million de tonnes environ, composé de PVC, de polyéthylène ou de polypropylène.

Une partie de ces déchets sont actuellement recyclés et servent à la fabrication d'objets manufacturés de seconde qualité.

En technique routière des procédés d'incorporation de matières plastiques, dans les bétons bitumineux ou goudronneux ont été étudiés et sont actuellement en cours de développement.

Initialement cette technique n'utilisait que du PVC provenant des bouteilles d'eau minérale, et les études réalisées ces dernières années montrent que l'on peut employer des matières plastiques "tout-venant" telles qu'elles existent dans les ordures ménagères permettant ainsi de s'affranchir des opérations longues et coûteuses de tri et de séparation.

Les enrobés ainsi obtenus présentent des performances mécaniques améliorées ainsi qu'une meilleure tenue à l'orniérage.

Ces procédés développés en France permettent une technique industrielle, mais il convient de poursuivre les constatations des chantiers expérimentaux déjà utilisés afin d'optimiser les formulations et de mieux appréhender la durée de vie de chaussées ainsi réalisées.

Le bilan économique est également favorable mais le problème majeur pour une utilisation courante des matières plastiques reste celui de l'approvisionnement en grosses quantités d'un tel matériau dont les "centres de production" sont très dispersés.

Plus récemment, toujours dans le domaine des matières plastiques, des études sont en cours sur l'utilisation de polyéthylène comme liant pour la confection de graves-polyéthylène sans aucune adjonction de bitume, permettant ainsi l'économie d'un produit pétrolier.

Pneumatiques

La mise au rebut des pneumatiques usagés correspond à une production de caoutchouc de plus de 4000 000 tonnes par an en France.

Le recyclage d'une partie de ces déchets est possible dans l'industrie du caoutchouc mais reste éventuellement limité, c'est pourquoi leur éventuel emploi dans la route a été envisagé.

Les recherches ont porté sur l'utilisation de poudre de caoutchouc (sable 0-1 mm) pour la fabrication d'un liant bitume caoutchouc pour enrobés ou enduits superficiels et pour la fabrication d'un mastic composé de bitume-caoutchouc et de sable utilisable comme membrane anti-fissures.

Ces recherches n'en sont qu'à leur début et les recherches expérimentales sont encore trop récentes pour permettre des résultats exploitables, on peut cependant dire que le

prix élevé de la poudrette lié au conditions industrielles de son obtention pourrait, indépendamment de causes techniques, être un frein à l'utilisation de ce déchet.

Une autre direction de recherche porte sur la réutilisation de pneus pour fretter des remblais. Ce procédé qui ne nécessite qu'un découpage de pneumatiques en deux ou en trois a été expérimenté sur modèles et en laboratoire et donne des résultats encourageants.

Il reste toutefois à trouver les procédés économiques et fiables permettant de relier entre-eux les éléments de pneus qui constituent les nappes de frettage d'un remblai.

Cette technique qui ne nécessite donc qu'un traitement réduit des pneus et qui peut en consommer de très grosses quantités doit faire l'objet de recherche sur remblais expérimentaux.

Boues d'épuration

Les stations d'épuration produisent des boues lors du traitement des eaux usées dont la quantité des solides en suspension peut être estimée à environ 0,1 kg par personne et par jour.

Pour des raisons de protection écologique, l'utilisation de ces boues est limitée aussi est-il utile d'envisager cette boue dans le domaine routier.

Des recherches ont été conduites sur l'emploi de ces boues comme terre horticole pour les terre-pleins d'autoroute ou pour les aménagements paysagers de carrefour. Les premiers résultats obtenus permettront de définir les mélanges optimaux qui conduiraient à un emploi étendu de ces boues permettant ainsi d'obtenir à moindre coût des plantations ligneuses de bonne qualité dans les emprises routières.

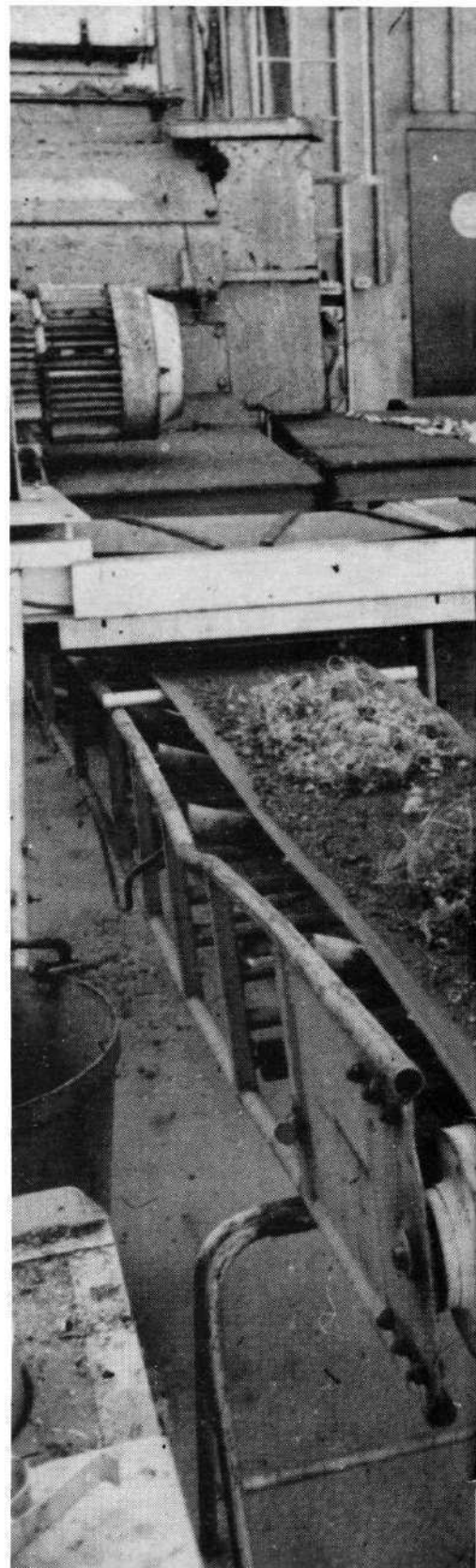
Restant dans le domaine des boues nous allons évoquer celles des papeteries.

Boues de papeteries

La région des landes est une région essentiellement forestière très pauvre en granulats et qui possède une grande part des papeteries françaises ; ces dernières produisent annuellement 30 000 tonnes de boues carbonatées contenant 96 % de carbonate de calcium associé à diverses impuretés.

Ces boues permettent une stabilisation initiale des sables éoliens de la région des Landes qui ont très peu de cohésion naturelle. Ces sables ainsi corrigés peuvent alors être utilisés pour la réalisation de plates-formes de chemins forestiers ou pour la réalisation d'assises de chaussées importantes. Dans ce dernier cas un traitement aux liants hydrauliques permet d'obtenir les performances mécaniques suffisantes à long terme.

L'utilisation de ce matériau permet actuellement d'éviter l'emploi et le transport de granulats nobles et conduit ainsi à des économies certaines de ressources et d'énergie.

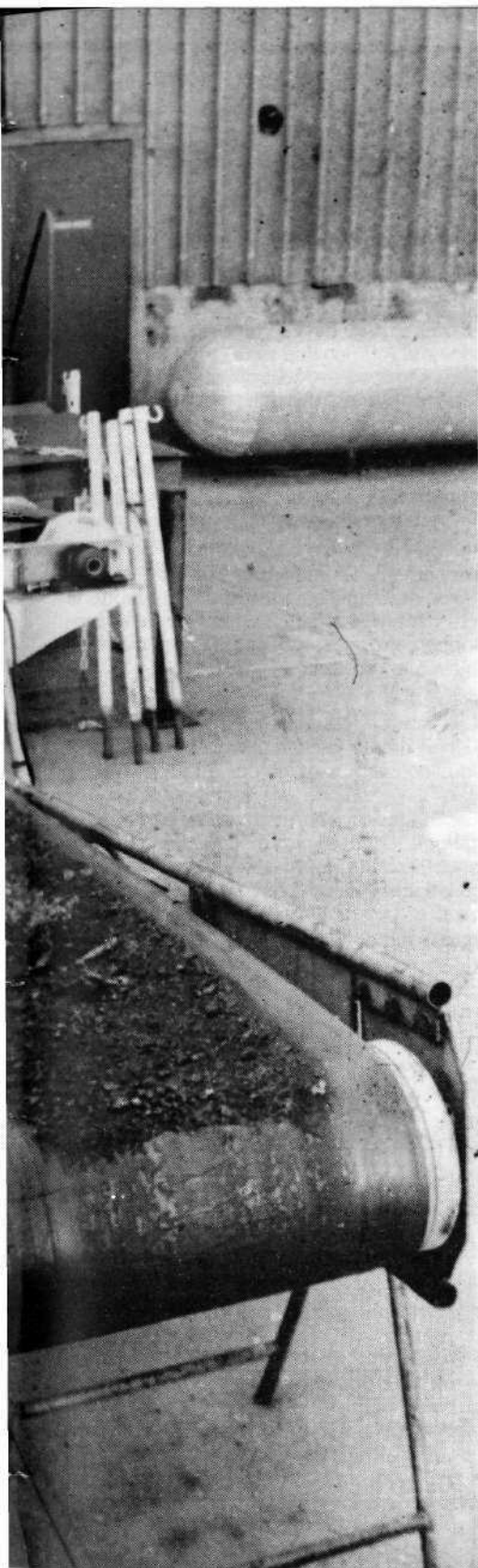


Pneu ayocorcassé

Avec les boues de papeteries nous sommes revenus au secteur industriel dont nous aborderons divers sous-produits tels que les scories d'aciérie, le phosphogypse et le soufre.

Les scories d'aciéries

Sous le terme général de scories ou laitiers d'aciéries on désigne l'ensemble des résidus du traitement thermique de la fonte



dans les aciéries dont les plus importants sont les laitiers provenant des fours Martin et Thomas qui riches en chaux et en phosphore sont utilisés en totalité dans l'agriculture, les scories LD issues du traitement de la fonte par le traitement "LINTZ DONAVITZ", et les scories des fours électriques.

Les qualités propres aux granulats des scories LD (haute densité, angularité, haute résistance) en font des granulats dont l'utilisation en technique routière a été particulièrement envisagée.

La production de scories LD est pour la France de 1 100 000 tonnes pour le Nord et 420 000 tonnes pour le Sud-Est soit au total de plus de 1 500 000 tonnes dont 15 à 60 % sont recyclés dans les hauts fourneaux suivant les teneurs en phosphore ce qui laisse "disponible" plus de 500 000 tonnes de scories par an.

L'importance du tonnage de ces scories n'est donc pas négligeable compte tenu de l'encombrement intense des sites sidérurgiques où les possibilités de mises au crassier sont quasiment nulles.

Un important programme de recherches a donc été élaboré sur l'utilisation de ces scories comme granulats à hautes performances dans les bétons bitumineux et les enduits superficiels.

Ce programme a permis de définir les formulations optimales et devant certains désordres (gonflements) dus à la présence de chaux libre d'envisager les méthodes de traitement de ces scories pour aboutir à une homogénéité et une stabilité satisfaisante.

Ce programme a été poursuivi par la réalisation de chantiers expérimentaux qui devraient permettre prochainement d'établir les spécifications d'utilisation d'un tel matériau et lui conférer ainsi un développement industriel important.

Phosphogypse

L'acide phosphorique, constituant des engrais est obtenu par traitement des phosphates par de l'acide sulfurique. Cette réaction conduit à la production d'une quantité considérable de gypse résiduaire appelé phosphogypse.

Après filtrage, ce sous-produit se présente sous la forme d'un sable humide très fin contenant environ 25 % d'eau.

Devant l'ampleur des rejets de phosphogypse (environ 5 millions de tonnes par an) des recherches ont été lancées pour son utilisation en technique routière ; soit en terrassement, soit en assises de chaussées.

Dans l'utilisation en remblais, les résultats obtenus montrent que les propriétés géotechniques du phosphogypse en font un matériau qui ne s'apparente ni aux sols ni aux sables habituellement utilisés.

On constate une grande stabilité quand la teneur en eau est optimale, par contre toute variation de cette teneur en eau peut entraîner des tassements localisés ainsi que l'apparition de fissures importantes.

L'utilisation en remblais ne pourra donc être envisagée que si l'on arrive à résoudre ces problèmes actuellement analysés dans les programmes de recherche.

Dans l'utilisation en couches de forme, on s'est orienté vers un traitement préalable du phosphogypse par du ciment de façon à éviter la sensibilité à l'eau. Les études sont actuellement en cours et sembleraient donner des résultats plus encourageants que les remblais.

cadre supérieur

130 000 + à 500 000 +

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

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

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

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

TARIF ABONNEMENTS 10 NUMEROS/AN

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

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

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

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



Chargement du soufre

En assises de chaussées, les études ont porté sur l'utilisation du phosphogypse comme activant ou constituant de prise des graves ou sables laitiers ou des graves cendres volantes.

Bien que les performances mécaniques obtenues en laboratoire soient très élevées, le comportement de telles formules in situ est peu satisfaisant du fait de l'apparition de gonflements sans doute dus à des problèmes de teneur en eau.

Devant ces difficultés, un important programme de recherche sur les gonflements a été mise en place pour en analyser les causes et l'influence des différents paramètres.

Le soufre

L'association bitume-soufre n'est pas récente et remonte à une cinquantaine d'années, mais les réalisations pratiques n'avaient pas alors débouché pour des raisons économiques.

Actuellement cette technique connaît un renouveau certain par suite de l'accroissement de la production de soufre dû à la mise en exploitation de gisements naturels et à l'application de nouvelles normes plus sévères concernant la désulfuration des produits pétroliers, ainsi que par suite de la majoration très nette des prix du bitume.

A l'état solide, le soufre se présente sous forme rhombique de densité 2,06, il est stable sous cette forme jusqu'à une température de 95° C à partir de laquelle il se transforme en soufre prismatique solide de densité 1,96. A 119° C le soufre devient liquide (densité 1,80 environ) sa viscosité décroît avec la température jusqu'à une température de 158° C au-delà de laquelle la viscosité augmente pour redécroître à nouveau au-delà de 200° C. La température d'ébullition du soufre liquide se situe vers 440° C.

Le procédé actuellement mis au point par la SNEA en France en liaison avec les Ponts et Chaussées consiste à fabriquer une émulsion de soufre dans le bitume, avec laquelle on enrobe ensuite les granulats.

Dans ce procédé le liant est obtenu en dispersant du soufre dans le bitume dans une proportion de 30 % en poids de soufre.

Cette opération est réalisée au moyen d'une unité mobile de fabrication qui s'adapte sur tous les postes d'enrobage existants ce qui n'entraîne aucune modification ni des postes d'enrobage ni des méthodes habituelles de fabrication d'enrobés.

Les propriétés du liant bitume soufre en font un liant plus fluide que le bitume de base ce qui rend possible, dans certains cas d'enrobés à des températures inférieures d'où des gains appréciables d'énergie.

Depuis 1973 de nombreux chantiers ont été réalisés qui ont permis de démontrer la faisabilité et le caractère opérationnel d'un tel procédé, dont les résultats sont très encourageants.

Actuellement ces chantiers font l'objet d'un suivi notamment pour définir les dimensionnements optimaux de telles structures.

Divers

Outre les déchets et sous-produits évoqués précédemment et qui se présentent en quantités plus ou moins importantes, des études sont entreprises sur les déchets très divers tels que :

- les déchets de fonderie
- les laitiers d'aciéries électriques
- les stériles de mines de fer et de mines de potasse
- les stériles de carrières
- la valorisation de l'anhydrite de synthèse

- les déchets basiques
- l'utilisation des déchets de sulfate de fer.

Conclusions

Certains sous-produits tels que les laitiers, les cendres volantes et les schistes houillers sont maintenant bien connus et leur utilisation pour la construction des routes a été, pour les deux premiers déjà codifiée.

Devant les impératifs nationaux en matière d'économie d'énergie, de matières premières ou en matière de sauvegarde de l'environnement, les recherches ce sont diversifiées et actuellement trois sous-produits ont dépassé le stade étude et sont en développement : les scories LD, les matières plastiques soufre.

Les autres sous-produits évoqués font l'objet de recherches parfois longues car il faut constamment garder à l'esprit que la mise au point de ces techniques impose des études de laboratoire et des expérimentations d'autant plus nécessaires que ces sous-produits ne possèdent pas les caractéristiques "classiques" de matériaux routiers et peuvent présenter des comportements inhabituels à moyen terme.

BARBER-GREENE

Rénovation de chaussées
RX40 - RX75

Finisseurs toutes largeurs
tous modèles

SA150-SA144-SB131-SB111

TAMPO

Le compactage des enrobés
et des remblais

RS144 - RS166 A - RS188 A

WABCO

Dumpers et graders
Modèles : 777 PF et 444 PF
Haulpak 35 à 3200

ETNYRE

Gravillonneuses
Répanduses à bitume

Tout le matériel
pour la construction, l'entretien
et la rénovation des chaussées



STIME
5, avenue Montaigne 75008 Paris
Tél. 261.51.84 (20 lignes) télex 650004

L'un des chapitres d'un document récemment publié par le Ministère de l'Industrie, "Éléments pour un programme d'innovation" s'intitule : "L'invasion des électropuces". En quelques pages extrêmement denses, l'extraordinaire développement des microprocesseurs et la variété de leurs multiples possibilités d'utilisation sont décrits.

Ce texte aborde surtout les applications industrielles d'automatisations utilisant de tels composants, ainsi que certains emplois liés à la vie quotidienne. Déjà la croissance rapide des jeux raccordés au téléviseur a rendu familier à tous, le terme de microprocesseur. Le grand public ne s'étonnera pas de voir la prochaine génération d'appareils électroménagers comporter des automatisations à base de microprocesseurs, ni même de les rencontrer de plus en plus dans la technique automobile.

Les applications industrielles sont certainement moins familières. Elles présentent cependant le même caractère de développement explosif qui doit s'accompagner pratiquement d'un changement de mode de pensée et d'organisation. Il n'y a pas de raisons de croire que le secteur des Travaux Publics et du Génie Civil sera tenu à l'écart de ce mouvement.

Un microprocesseur est un circuit très hautement intégré, réalisant les fonctions d'une unité centrale de traitement : unité arithmétique et logique, registres de travail et unité de commande éventuellement microprogrammée.

Cet ensemble doit pour être utilisé, être associé à des mémoires et à des organes d'entrées-sorties. Un logiciel fait fonctionner l'ensemble.

A l'origine, (produit INTEL 4004) il s'agissait d'un composant bien typé. Actuellement, avec le perfectionnement continu des techniques d'intégration, on commence à trouver sur une même "puce" une horloge, de la mémoire, des organes d'entrée-sortie. Une dérive de langage conduit à employer le terme microprocesseur pour désigner une classe de produits miniaturisés dont les frontières avec les autres produits de l'informatique sont de moins en moins nettes.

Le développement rapide de l'emploi des microprocesseurs est dû, non seulement à ces perfectionnements techniques, mais aussi et surtout à un abaissement spectaculaire des coûts. Les produits tendent par ailleurs à se diversifier et à s'enrichir. On assiste actuellement à un foisonnement de

L'emploi des microprocesseurs dans les travaux publics

*Par P. Ch. PAREY ICPC
Directeur des Programmes et Applications
au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
et M. S. SAVOYSKY Ingénieur ENSMA
Chef du Service Informatique
au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*

cartes à bas prix et aux fonctions multiples et variées.

Nous limiterons cet exposé aux applications industrielles de ces matériels, lorsqu'ils sont intégrés dans un ensemble comportant capteurs et actionneurs destinés à se substituer à l'intervention humaine pour des tâches complexes ou répétitives. En effet, les utilisations de calculateurs, de la calculatrice de poche quatre opérations à l'ordinateur de bureau, sont maintenant familières à tous les ingénieurs.

Les emplois pour les acquisitions de données ou de conduites de processus dans les techniques de Génie Civil le sont probablement moins. Nous essaierons, par quelques exemples, de montrer l'étendue et la variété des services que peuvent rendre ces matériels :

1. Acquisition de données

La mesure d'un phénomène physique est souvent analogique, c'est-à-dire que le résultat de la mesure est une fonction con-

tinue du phénomène mesuré. Antérieurement la mesure était numérisée par un opérateur humain, par lecture d'un indicateur ou par interprétation d'un enregistrement graphique ou photographique.

Le développement des capteurs, (transformant la mesure en tension électrique) des systèmes d'échantillonnage, des convertisseurs analogiques-numériques, ou des dispositifs de mesures de fréquences, a permis de faire un premier progrès et d'aboutir à des acquisitions automatiques de mesures numériques sur supports divers : bandes perforées, bandes et cassettes magnétiques compatibles avec des périphériques d'entrées de calculateurs.

Les mesures réalisées dans le domaine du Génie Civil sont faites généralement dans des sites variés, parfois sur des engins mobiles. Il est souvent nécessaire de pouvoir transporter facilement les supports de mesures pour assurer les dépouillements. Pour ces raisons, les Laboratoires des Ponts et Chaussées ont été amenés à développer des moyens d'enregistrements et de lectures de cassettes magnétiques numériques, en standardisant les modes d'enregistrements.

Les lecteurs de cassettes sont raccordés aux ordinateurs de l'Administration qui sont de nature variée : IRIS 80 - IBM 370 - MITRA 15 etc... Les procédures de transmissions employées dans ces systèmes sont évidemment différentes et on utilise un microprocesseur dans le lecteur de cassette, qui se comporte comme un terminal actif. L'adaptation du lecteur à l'ordinateur se fait alors uniquement par modification du logiciel du microprocesseur.

L'un des avantages de ces matériels est la rapidité de transmission (lecture de 250 000 caractères en moins de 5 minutes) évitant une trop grande immobilisation de lignes et parfois de terminaux.

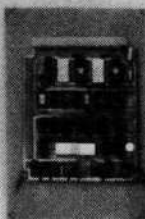
Un exemple d'application d'une telle procédure est donné par les déflectographes, dont les enregistreurs magnétiques initiaux (1/4 de pouce) devenus obsolètes sont progressivement remplacés par des enregistreurs à cassettes. Des matériels plus récents (PSM-GDF 30 - GDM 45 - double sonde - diagraphies nucléaires) sont également équipés de cette façon.

Mais il s'agit là d'acquisition de mesures brutes, dont le traitement est ensuite assuré complètement en différé. Les temps de réponse sont encore longs et les durées

CARTE MICROPROCESSEUR

Developpée autour de l'unité centrale 8 bits Zi log : Z 80

- Sa fréquence de travail : 2,304 MHz
- Sa capacité mémoire morte : 4 x 1 Kmot (2708)
4 x 2 Kmot (2716)
- Sa capacité mémoire vive : 4 x 1 Kmot



CARTE TTY

Elle se compose de :

- 1 circuit entrée-sortie série programmable compatible RS 232C (8251)
- 1 circuit contrôleur d'interruption (8 niveaux) 8259
- 1 décodeur clavier (74C923)
- 1 décompteur programmable 3 entrées (8253)
- 48 entrées-sorties programmables (8255)
- 1 processeur spécialisé calcul scientifique

Une partie de la carte est réservée à l'implantation en "wrapping" d'autres circuits

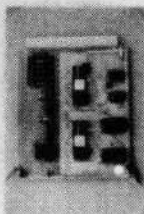


CARTE UNIVERSELLE

Elle se compose de :

- 2 circuits décompteurs programmables à 3 entrées (8253)
- 48 entrées-sorties programmables (8255)

Une partie de la carte est réservée à l'implantation en "wrapping" d'autres circuits



Exemples de cartes utilisées dans les systèmes à microprocesseurs.



d'utilisation de calculateurs non négligeables. Le progrès des microprocesseurs permet de mettre en œuvre des appareils embarqués de prétraitements pouvant même aller jusqu'à l'édition finale du relevé d'essais. Un exemple de ce type est donné par le GDM 45, destiné à mesurer en continu la densité de couches de chaussées allant jusqu'à une vingtaine de centimètres d'épaisseur. Le phénomène de base est la rétrodiffusion de rayons gamma émis par une source d'activité assez importante.

La densité est liée aux comptages gamma par une formule assez complexe dépendant de 5 paramètres variant avec l'activité de la source, donc avec le temps.

L'ensemble comprend un dispositif d'acquisition et de traitement à base de microprocesseurs sur lesquels sont implantés quatre programmes :

- Calcul des cinq paramètres en fonction de la date,
- Étalonnage,
- Lecture cassette, permettant de relire et lister les enregistrements,
- Mesure (et édition) qui donne directement le procès-verbal de l'essai (distances, densité, moyenne et écart-type toutes les 20 mesures, courbe de variations de densité, moyenne et écart-type de la section).

Une telle procédure pourra ultérieurement être mise en œuvre sur les appareils à grand rendement d'auscultation de chaussées.

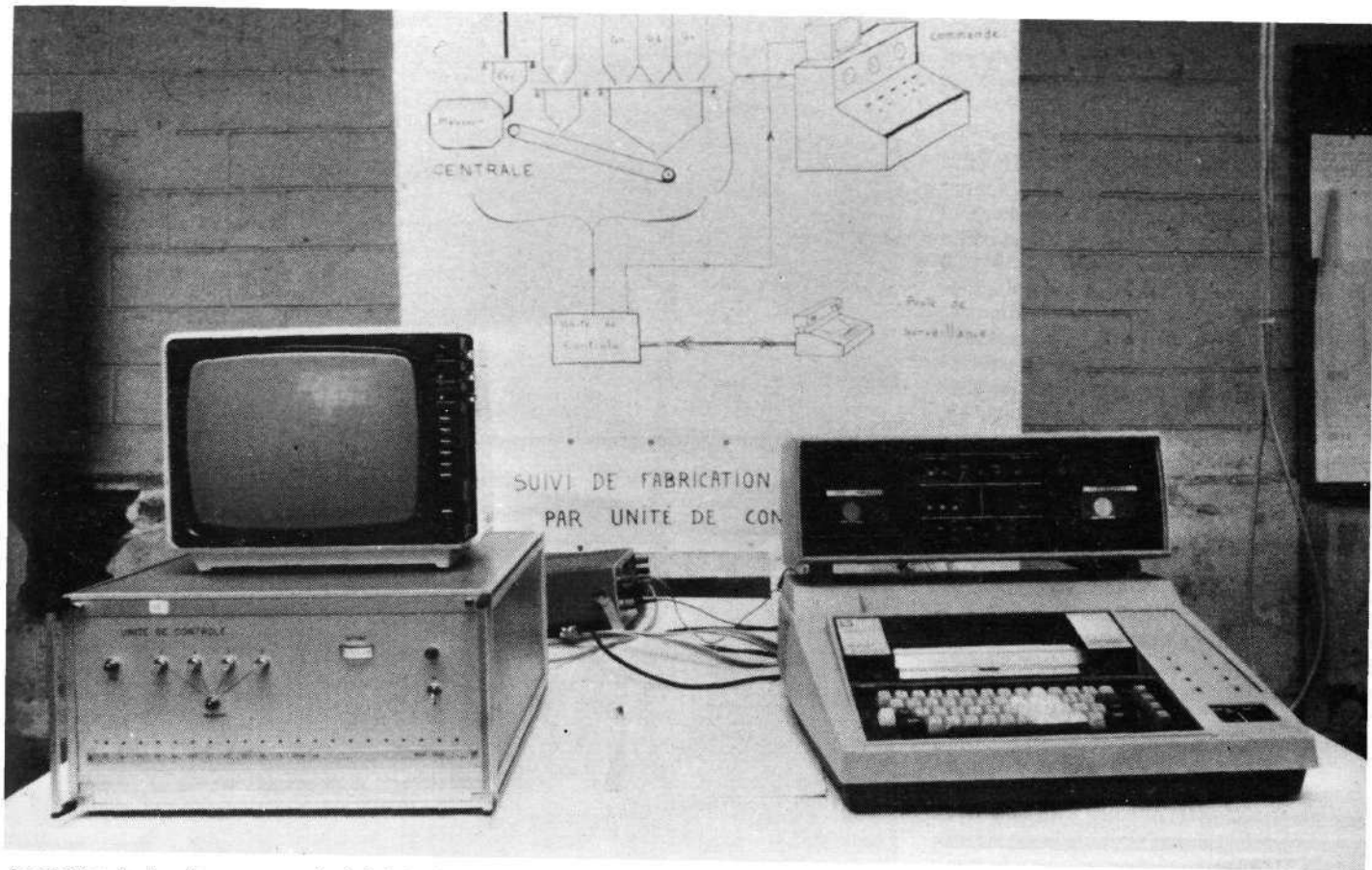
Il est à remarquer qu'il y a toujours intérêt à conserver l'ensemble des mesures brutes pour traitement ultérieur, sur un support compatible avec les moyens classiques de traitement.

Par ailleurs, ces systèmes d'enregistrement peuvent apparaître aveugles et muets vis à vis de l'opérateur : il faut conserver des moyens appropriés de visualisation, permettant des vérifications immédiates de fonctionnement.

L'emploi de microprocesseurs, pour les acquisitions et les prétraitements de données, peut être envisagé dans des domaines très variés :

- Acquisition de données sur centrales de fabrication de béton ou d'enrobés. Un matériel programmable et adaptable par programme à tout type de centrale est en cours de développement. C'est d'ailleurs à cette occasion que l'on mesure le chemin parcouru en quelques années.

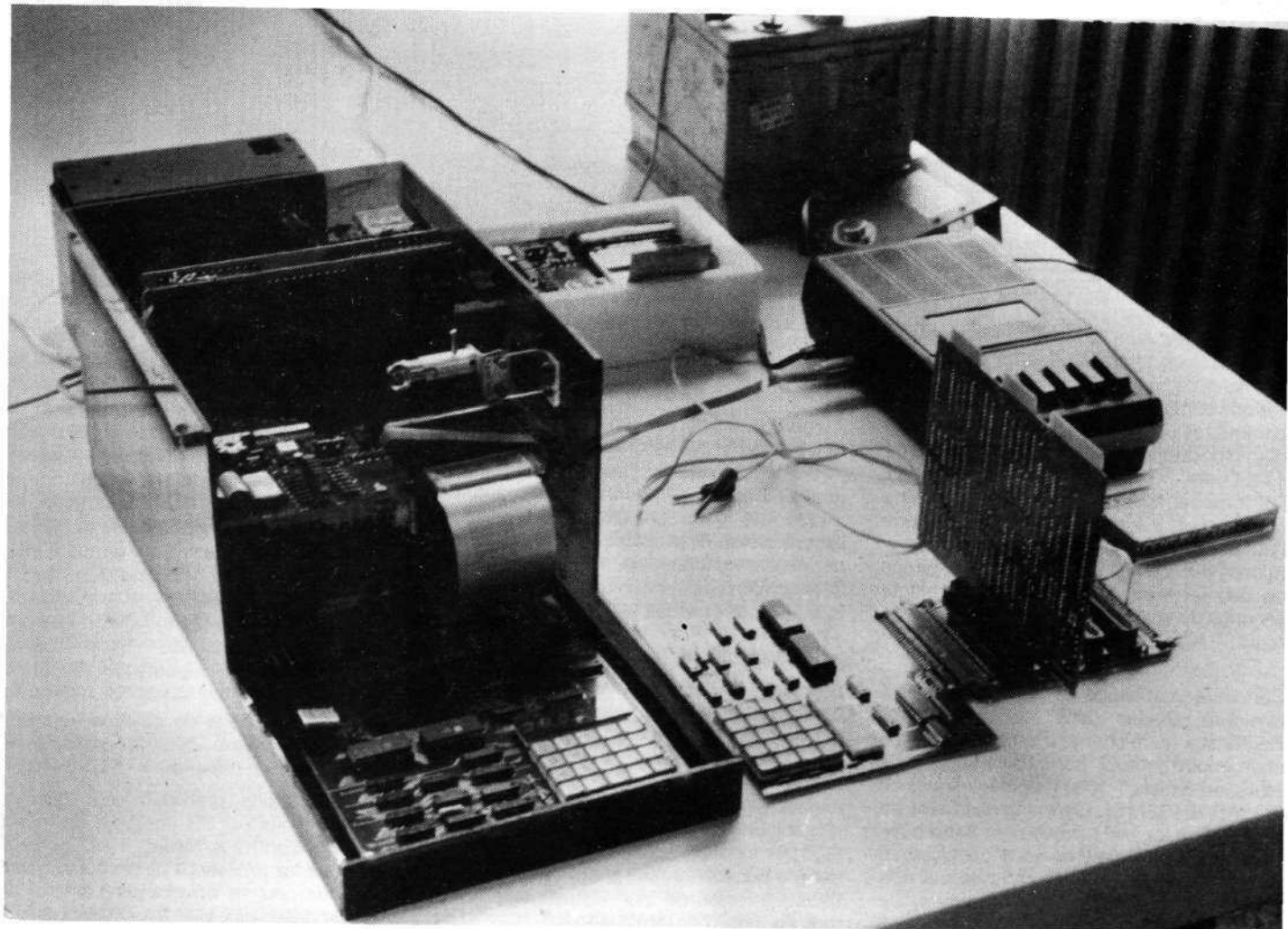
En 1966, où la première expérience de ce type a été réalisée sur une centrale de béton routier, le matériel d'acquisition (non programmable) occupait un fourgon J7. En 1980, l'ensemble du système d'acquisition comporte trois cartes standards qu'il faut bien loger dans un rack, de sorte qu'il est tout à fait possible de le mettre avec ses périphériques (imprimante et enregistreur cassette) dans la cabine de la centrale. Cette diminution spectaculaire d'encombrement s'accompagne d'une réduction analogue des coûts. Le système 1980 coûte en franc courant moitié moins que le système de 1966. Il est par ailleurs, d'une souplesse d'emploi et d'une fiabilité nettement supérieure et l'exploitation des résultats (par exemple calcul continu de moyen-



Acquisition de données sur centrale de fabrication.

• le rack situé en bas à gauche contient le système d'acquisition proprement dit. L'écran de visualisation est placé dans la cabine pour être vu par le conducteur et donne par exemple la composition des huit ou dix dernières gachées. L'imprimante à droite édite les résultats (par exemple seulement les compositions hors tolérances) et comporte un enregistreur à cassettes, interrogeable à distance par téléphone.

Acquisition de données hydrologique.



nes et d'écart-types, comparaison avec les consignes et les tolérances) se fait en temps réel.

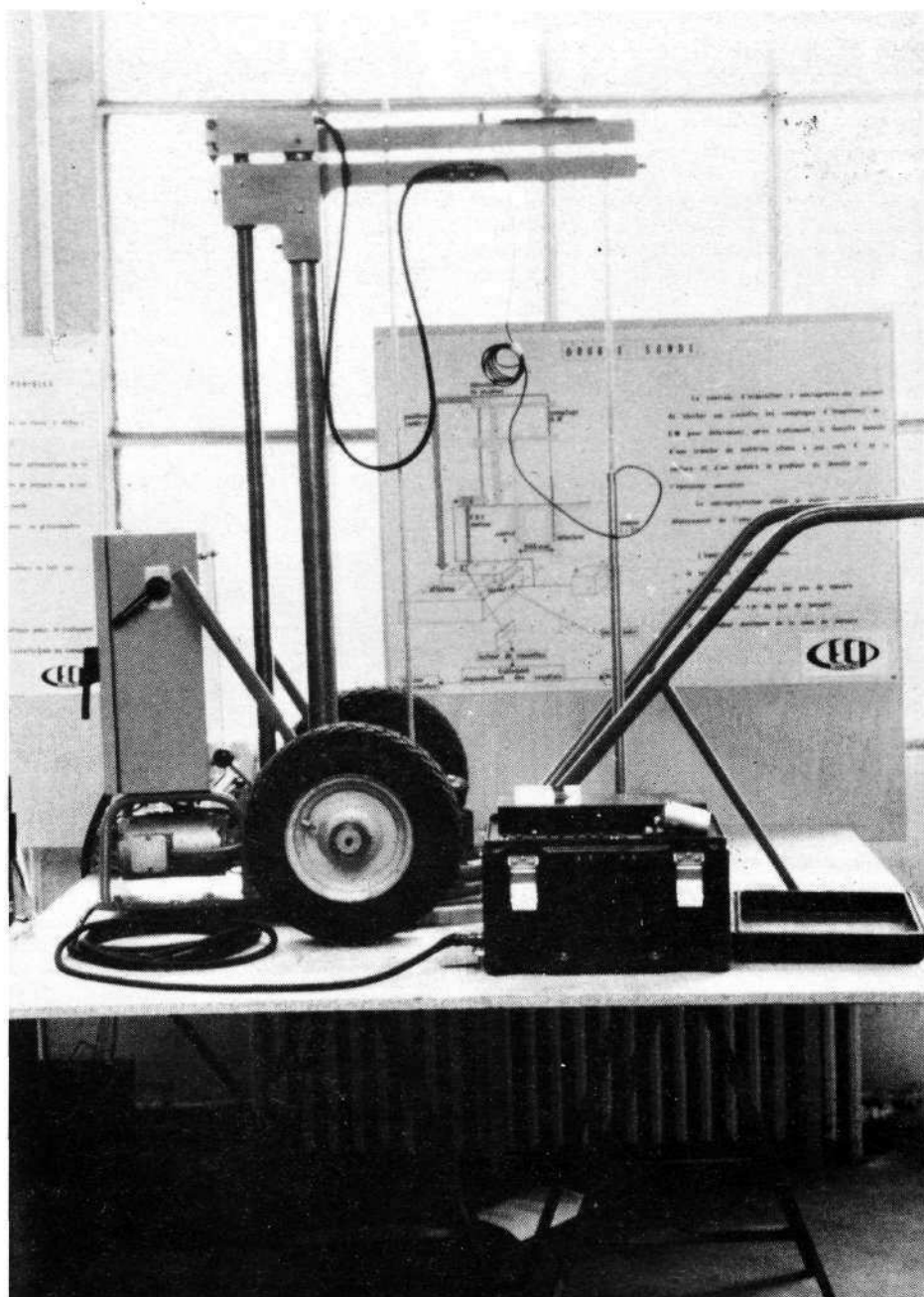
— Relevé de données hydrologiques : le dépouillement manuel des résultats de pluviomètres et de débitmètres pour déterminer les caractéristiques de pluie et de ruissellement d'un bassin versant est fort pénible, notamment par la nécessité de synchroniser les temps sur des graphiques dont les échelles peuvent être différentes. Un petit système avec microprocesseur permet de réaliser cette acquisition en sortant directement les intensités instantanées et moyennes, les durées et les débits. La faible consommation du système peut permettre d'utiliser une alimentation autonome et de mettre l'appareil en service dans des zones éloignées de toute habitation. Des problèmes peuvent se poser cependant, lorsqu'il s'agit de centraliser ces mesures, lorsqu'un site est équipé de plusieurs dispositifs. On peut être amené à concevoir alors un réseau de collecte des informations nécessitant des moyens assez puissants. Des dispositions du même type sont utilisées pour des mesures de pollutions, en rivière par exemple.

2. Conduite de processus

L'acquisition de données est une phase passive : son but est de suivre l'évolution des phénomènes, de l'enregistrer et le cas échéant d'effectuer un traitement et une mise en forme de données recueillies. Elle ne permet pas de faire varier automatiquement les conditions régissant ces phénomènes. En utilisant une logique appropriée et des moyens pouvant réagir sur le système en opération (actionneurs) ont réalisé la "conduite du processus".

Dans les laboratoires, il est fréquent d'être confronté à des systèmes de mesures, dont le mode opératoire est strictement fixé et où les séquences de mesures s'enchaînent tout en dépendant de l'état du système. Ces mesures sont souvent très longues, difficiles à conduire en dehors des heures normales de travail et impliquent une vérification continue d'un grand nombre de paramètres. L'exemple classique est celui d'un laboratoire de mécanique des sols, où il faut conduire simultanément des essais à l'œdomètre, au triaxial ou à la machine de cisaillement. L'automatisation implique que l'on fasse varier automatiquement les paramètres des essais, en fonction des temps ou des résultats obtenus, en assurant la sécurité du matériel, notamment des capteurs.

Cette automatisation a été réalisée il y a quelques années dans les Laboratoires Régionaux où la charge d'essais de ce type était importante, à partir de minicalculateurs industriels T 1600 (télémechanique) ou SOLAR 16 (SEMS). Elle implique la mise en œuvre d'un logiciel relativement lourd puisque toutes les mesures sont acquises au niveau d'une seule unité centrale qui doit réagir sur l'ensemble des actionneurs. De tels systèmes fonctionnent cependant par-



Double sonde GAMMA.

faitement. Ils bénéficient en effet de toute l'expérience industrielle des constructeurs.

Aujourd'hui, il est probable que l'on étudierait parallèlement une solution à base de microprocesseurs, probablement par groupe d'essais. Une comparaison économique est dans ce cas indispensable : l'accroissement probable du nombre de périphériques nécessaires peut grever l'économie faite au niveau de l'unité centrale et peut-être des logiciels.

Un exemple de réalisation de conduite de processus par microprocesseur est donné par la double sonde gamma, destiné à donner un profil de densité sur une hauteur de 2 m. Deux trous étant forés parallèlement, on descend dans l'un d'eux une source de rayons gamma et dans l'autre, au même niveau, un compteur. En faisant un comptage par exemple tous les 10 cm, on détermine la densité humide d'une façon précise (puisque mesurée par diffusion directe) tout au long d'un profil de 2 m.

Un système à base de microprocesseur rend le processus de mesure entièrement automatique, à partir du moment où l'appareillage est mis en place sur le double trou. Un dialogue préalable entre l'appareil et l'opérateur permet au système d'enregistrer le numéro de la mesure, le mode de sortie (cassette ou imprimante) la profondeur et le pas de mesure, le temps d'intégration. Une fois toutes ces données affichées, l'essai est lancé : la sonde se place automatiquement à la profondeur requise, effectue la mesure, remonte d'un pas, effectue une mesure... jusqu'à la fin de l'essai sans aucune intervention manuelle.

D'autres réalisations de ce type voient le jour, fréquemment dans le domaine de l'appareillage de mesure.

Les applications précédemment décrites concernent surtout les appareils de mesures et de contrôles. Mais, il est hors de doute que les processus de production verront sous peu se développer l'emploi de microprocesseurs.

Les premières à en bénéficier seront sans doute les centrales de fabrication de matériaux composites.

Les centrales de béton prêt à l'emploi commencent à adopter une nouvelle génération d'automatismes, celles comportant des microprocesseurs (les premières étaient à base de boucles analogiques, plus ou moins sophistiquées. La numérisation était apparue plus tard, couplée à des mini-ordinateurs).

Déjà plusieurs centrales de BPE disposent de tels automatismes, dont les logiciels sont spécifiquement adaptés à la configuration de la centrale. Outre la conduite précise des processus de dosage et de malaxage du béton, le système peut gérer des stocks et comporter des sorties aboutissant à une facturation automatique.

Il n'y a pas de raisons que les centrales d'enrobages ou de graves traitées n'emploient pas d'automatismes de ce type dont on peut penser que le coût deviendra très compétitif pour une fiabilité et une "maintenabilité" accrue.

Au niveau des moyens de répandage, il n'est pas exclu que les automatismes actuels de guidage, notamment en nivellement, dont certains sont assez primitifs soient progressivement remplacés par des systèmes numériques, permettant une plus grande souplesse et une plus grande fiabilité et surtout pouvant prendre en compte un nombre plus important de paramètres pour améliorer la qualité de l'uni et le respect des épaisseurs.

Même le compactage n'est pas à l'abri d'une certaine automatisation de la conduite, ou tout au moins de l'introduction d'une aide automatisée à la conduite. La difficulté n'est d'ailleurs pas dans l'établissement de la logique du système, mais dans la saisie de données significatives, pour laquelle on n'a pas encore trouvé de meilleur capteur que le conducteur. Mais, il existe déjà un nombre important de tentatives intéressantes : compactomètre, compacimètre, et surtout technique du compactage cycloïdal qui montrent que la voie mérite de continuer à être défrichée.

On peut également penser que certaines opérations de terrassement peuvent être partiellement automatisées dans la mesure où elles comportent des séquences répétitives. Elles permettraient au moins de diminuer la pénibilité du travail du conducteur, et peut-être d'assurer un meilleur emploi du matériel par l'optimisation des cycles.

D'autres applications voient le jour. Ce qui a été dit pour les matériaux de Génie Civil peut l'être à fortiori pour les matériaux et composants de bâtiments. Des presses pondeuses de produits en béton comportent dès aujourd'hui des automatismes à base de microprocesseurs. Il est évident aussi qu'un domaine d'élection des microprocesseurs sera celui de l'exploitation de la route, qu'il s'agisse de recueils de données sur le trafic, de matériels de gestion de péages, ou de parking, de commandes de signalisations variables etc...

Ce développement des microprocesseurs



Acquisition de données (températures). Cet ensemble à 16 voies et à cadence lente d'acquisition permet de relever les températures sur les Ouvrages d'Art ou dans les Bâtiments. Il utilise comme support d'enregistrement des cassettes "audio" de faible coût.

pose toutefois un certain nombre de questions qu'il importe d'avoir à l'esprit lorsque l'on envisage une opération de ce type.

L'explosion de cette technique conduit à une multiplication des matériels possédant leurs caractéristiques propres et leurs langages spécifiques. Bien entendu, ils sont généralement incompatibles entre eux et on n'aperçoit pas encore de tentatives de normalisation. De même, les problèmes d'interfaçage pour des systèmes simples et peu coûteux ne sont pas entièrement résolus.

Le coût de l'établissement du logiciel par rapport au coût du matériel (ou tout au moins de l'unité centrale) peut être fort important (on cite parfois le chiffre d'un agent-mois par Kmot de programme à établir). Pour des opérations complexes il peut être plus avantageux d'utiliser des produits de constructeurs, ne nécessitant qu'un minimum d'adaptation.

Il est donc souhaitable, tant que la normalisation n'est pas établie, que les organismes tels que les LPC, aboutissent au moins à des pratiques communes. Le développement de ces techniques au sein de ce réseau est basé sur un petit nombre de types de microprocesseurs, pour lesquels on essaie de mettre progressivement en place des moyens de développement en facilitant l'analyse, la programmation et la mise au point. Ces moyens de développement sont basés au LCPC/Paris (système Motorola) au LCPC/Nantes et au CECP de Rouen (General Radio, permettant l'emploi de systèmes Motorola, Intel ou Zylog) et au CECP d'Angers (Texas).

Il faut également prendre en compte la maintenance de tels systèmes. Compte tenu de l'évolution des coûts, il devient souvent plus rentable de remplacer une carte complète que de la dépanner. Il y a

donc un intérêt évident à employer des cartes standards, permettant des dépannages rapides, sans modification du reste du système. Par ailleurs, la documentation des appareils et des programmes doit être particulièrement soignée.

L'obsolescence rapide due à une évolution technologique accélérée pose quelques problèmes d'amortissement des matériels et l'on regrette souvent de devoir faire aujourd'hui une opération qui a chance d'être plus facile et moins coûteuse demain ; on est toujours en retard d'un microprocesseur !.

Enfin, il ne faut pas négliger les problèmes de formation. Ces techniques sont récentes et impliquent un changement d'état d'esprit et de méthodes de travail. On constate que les jeunes ingénieurs "mordent" souvent tout de suite, alors que leurs aînés ont parfois des difficultés à s'adapter à la mise en œuvre de ces matériels. Le microprocesseur est d'ailleurs considéré par les électroniciens, d'abord comme un composant électronique d'une nature peu différente d'un composant classique ; par contre, les informaticiens de formation, le voient comme un système au sein duquel ils ne veulent connaître ce qui se passe que par l'intermédiaire d'un logiciel. Il peut donc régner une certaine ambiguïté et des difficultés de compréhension entre ces deux approches.

Il n'y a toutefois pas lieu de surestimer ces difficultés. Les rapides progrès actuels font penser que l'on est encore au début de l'évolution technologique et que l'adaptation des méthodes de travail se fera d'autant plus vite que les perspectives de développement des utilisations sont grandes. On sera probablement étonnés dans un petit nombre d'années, de voir que des appareillages évoqués dans cet article auront des allures d'antiquités : les problèmes ci-dessus seront peut être résolus d'une façon qui paraîtra élémentaire. Ce sont des raisons nécessaires et suffisantes pour suivre très attentivement les progrès technologiques, pour profiter dès que cela est raisonnable des immenses possibilités offertes.

La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

Projet de fusion A.I.P.C./S.N.A.I.P.C.

Cher Camarade,

Les opinions exprimées sur les organisations représentatives des I.P.C. par les camarades interrogés à l'occasion de l'enquête qualitative faite par le S.N.A.I.P.C. l'an dernier sont venues conforter l'idée que le moment était sans doute venu de se poser la question d'un regroupement éventuel de nos deux organisations que sont l'A.I.P.C. et le S.N.A.I.P.C.

Cette réflexion s'appuie :

— sur l'impression de confusion dans laquelle se trouvent nos interlocuteurs et nos partenaires face à deux organisations représentatives des seuls Ingénieurs des Ponts et Chaussées ;

— sur les difficultés évidentes à définir des champs d'activité bien délimités pour chacune des deux organisations ;

— sur la perte d'énergie enfin que constitue pour le Corps la nécessité de pourvoir à l'encadrement des deux structures représentatives.

Aussi et après en avoir discuté de façon approfondie, le Bureau du S.N.A.I.P.C. et le Directoire de l'A.I.P.C. ont-ils décidé de procéder à une consultation afin de recueillir un premier aperçu sur l'opinion des Camarades. Ainsi sera facilitée la préparation d'un projet de regroupement à soumettre à une Assemblée Générale Extraordinaire.

Cette consultation fait l'objet du questionnaire ci-joint qui a été préparé sur la base des entretiens communs A.I.P.C./S.N.A.I.P.C.

L'examen de ce questionnaire appelle les commentaires suivants qui précisent notamment certaines des modalités de fonctionnement de la future association.

1 - Il convient tout d'abord de souligner que si des arguments plaident en faveur d'un regroupement des deux organisations, par contre il apparaît essentiel pour tous les camarades que la nouvelle structure dans son organisation, dans ses modalités de fonctionnement et la répartition des responsabilités, soit conçue pour que l'activité de cet organisme unique couvre bien l'ensemble des préoccupations du Corps sans en privilégier une particulièrement, et en faisant en sorte que chacune des catégories des membres du groupement professionnel, publics, para-publics, privés, y trouve normalement sa place.

2 - Sur la forme à donner à cette organisation représentative unique, il faut préciser pour ce qui concerne la représentation des I.P.C. en position normale d'activité ou en détachement dans les Commissions Administratives Paritaires (C.A.P.) et dans les Comités Techniques Paritaires Centraux (C.T.P.C.).

— qu'une association professionnelle comme un syndicat peuvent, depuis l'ordonnance du 4 février 1959 portant refonte du statut général des fonctionnaires, présenter une liste de candidats à une C.A.P. : ce n'était pas le cas avant le statut général de 1946 et c'est ce qui avait amené le P.C.M. à créer un syndicat annexe dont le seul rôle était précisément de permettre au P.C.M. de présenter une liste aux élections de la C.A.P.

— qu'une association professionnelle

comme un syndicat national autonome ne peuvent désigner de représentants pour siéger dans un C.T.P.C., n'étant pas affiliés à l'une des grandes confédérations syndicales sur le plan national.

Ajoutons que les associations de fonctionnaires ont, tout comme les syndicats, le droit, d'ester en justice.

3 - Les entretiens S.N.A.I.P.C./A.I.P.C. ont permis de dégager un certain nombre de points d'accord sur ce que devraient être la structure et les modalités de fonctionnement du nouvel organisme.

— il serait géré par un Conseil d'Administration et un Bureau, comprenant l'un et l'autre des I.P.C. appartenant aux secteurs public, para-public et privé.

— le Conseil d'Administration serait composé de délégués régionaux, élus par les groupes régionaux (ou par des groupes spécialisés), et de délégués généraux élus au suffrage direct. Les retraités et les ingénieurs élèves y seraient également représentés.

— les questions relatives à la défense des intérêts des I.P.C. en position normale d'activité ou en détachement seraient instruites par une section syndicale, présidée par un vice-président délégué.

4 - Sur le problème des conditions d'élection des membres du Bureau, deux solutions sont en présence :

— élection du Bureau par le Conseil d'Administration. Cette solution a l'avantage d'assurer une grande solidarité entre ces deux instances, de responsabiliser davantage les membres du Conseil d'Admi-

nistration, et par contre coup, d'impliquer plus fortement les régions, par l'intermédiaire des délégués régionaux, dans le fonctionnement de l'organisme.

— élection au suffrage direct au scrutin de liste par l'ensemble des Ingénieurs des Ponts et Chaussées. Cette solution qui a l'avantage de présenter d'emblée au choix et au vote de chaque camarade de la future

équipe avec son Président et son Vice-Président permet de dégager nettement une majorité au cas où deux options de politique générale seraient en présence.

C'est compte tenu de ces différents points que le questionnaire ci-joint a été rédigé afin que vous puissiez vous prononcer d'une part sur l'opportunité de la fusion et d'autre part sur les conditions d'élection du

Bureau ; il a paru utile également, à cette occasion, de faire une première consultation sur le nom du nouvel organisme.

Nous souhaitons vivement que vous puissiez nous retourner ce questionnaire avant le 10 juin. Vous en remerciant à l'avance, nous vous prions de croire, cher Camarade, à l'assurance de nos sentiments dévoués.

J. ARHANCHIAGUE

J. LECLERCQ

PROJET DE FUSION A.I.P.C. - S.N.A.I.P.C.

QUESTIONNAIRE

A retourner avant le 10 juin au secrétariat de l'AIPC et SNAIPC 28, rue des Saints-Pères - 75007 PARIS.

Nom

Fonction

1 - Souhaitez-vous voir réaliser la fusion en un organisme unique de l'A.I.P.C. et du S.N.A.I.P.C. :

OUI

NON

2 - Souhaitez-vous voir le nouveau bureau élu :

— au suffrage direct au scrutin de liste par l'ensemble des Ingénieurs des ponts et chaussées

OUI

NON

— au suffrage des seuls membres du conseil d'administration

OUI

NON

3 - Souhaitez-vous que le nom de la nouvelle association soit :

— Association Nationale des Ingénieurs des Ponts et Chaussées

OUI

NON

— Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées

OUI

NON

Commentaires éventuels :

N.B. : la réponse aux questions sera faite après lecture de la lettre ci-jointe, qui précise certaines modalités de fonctionnement de la nouvelle association.

DÉCISIONS

M. Hubert **ROUX**, I.C.P.C., est, à compter du 16 juillet 1979, placé en service détaché pour une période de cinq ans, éventuellement renouvelable, auprès du Commissariat Général du Plan d'Équipement et de la Productivité, en vue d'exercer les fonctions de Chef du Service Régional et Urbain. Arrêté du 22 février 1980.

M. Pierre **MAT**, I.C.P.C., D.D.E. de la Dordogne, est, à compter du 16 mai 1980, réintégré dans son corps d'origine et affecté à l'Inspection Générale de l'Équipement et de l'Environnement pour recevoir une mission d'Inspection Générale. Arrêté du 18 avril 1980.

M. Pierre **PARISOT**, I.C.P.C., Conseiller Technique au Cabinet du Ministre de l'Intérieur, est, à compter du 16 avril 1980, mis à la disposition de la Compagnie SAINT-GOBAIN-PONT A MUSSON pour y exercer les fonctions de Directeur de la Division Internationale au sein de la Branche Entreprise. Arrêté du 28 avril 1980.

M. Pierre **BLAISE**, I.G.P.C., mis à la disposition du Ministère de l'Industrie, est, à compter du 1^{er} mars 1980, maintenu dans ses fonctions de Chef de la Section particulière du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie et du Ministère des Transports au Centre National d'Études des Télécommunications. Arrêté du 9 mai 1980.

MUTATIONS

M. Jacques **GUERBER**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de la Haute-Garonne, est, à compter du 1^{er} mai 1980, muté à la Direction Départementale de l'Équipement des Yvelines pour y être chargé du groupe d'Études et de programmation. Arrêté du 24 avril 1980.

M. Michel **CHICOLAA**, I.P.C., Directeur de la Division Études et Programmes (D.E.P.) à la Direction Régionale de l'Équipement " Ile de France ", est, à compter du 16 avril 1980, muté à la Direction Départementale de l'Équipement des Pyrénées Atlantiques, en qualité d'Adjoint au Directeur. Arrêté du 24 avril 1980.

M. Maurice **TAXIL**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement du Var, est, à compter du 1^{er} mai 1980, muté à la Direction Départementale de l'Équipement des Bouches-du-Rhône, en qualité d'Adjoint au Directeur, chargé de l'Urbanisme. Arrêté du 28 avril 1980.

M. Alain **BUDILLON**, I.P.C., chargé du Groupe d'Études et de Programmation à la Direction Départementale de l'Équipement de l'Eure, est, à compter du 1^{er} mai 1980, muté à l'intérieur du service pour être chargé du Groupe " Urbanisme Opérationnel et Construction ". Arrêté du 12 mai 1980.

NOMINATIONS

M. Guy **DEYROLLE**, I.C.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement du Pas-de-Calais, est, à compter du 16 mai 1980, nommé Directeur Départemental de l'Équipement de la Dordogne, en remplacement de M. Pierre MAT. Arrêté du 18 avril 1980.

M. Jacques **NOURISSON**, I.P.C., chargé de l'Arrondissement fonctionnel et opérationnel à la Direction Départementale de l'Équipement de Tarn-et-Garonne, est, à compter du 1^{er} avril 1980, nommé à la même direction départementale, adjoint au Directeur pour les questions d'infrastructure et chef du service Transports et de l'Hydrologie. Arrêté du 18 avril 1980.

RETRAITES

M. Jean-Louis **PRADES**, I.C.P.C., à la Direction Départementale de l'Équipement de l'Hérault, est, à compter du 14 septembre 1980, admis à faire valoir ses droits à la retraite. Arrêté du 14 avril 1980.

M. Jean **CAZENAVE**, I.C.P.C., Adjoint au D.D.E. du Val de Marne, est, à compter du 23 août 1980, admis à faire valoir ses droits à la retraite. Arrêté du 14 avril 1980.

M. François de **VITRY d'AVAUCOURT**, I.C.P.C. en position de disponibilité, est, à compter du 1^{er} juin 1980, admis à faire valoir ses droits à la retraite. Arrêté du 14 avril 1980.

MARIAGE

M. Michel **GAILLARD**, I.P.C., nous fait part de son mariage avec Françoise **PERRIN**, qui a été célébré en la basilique Notre-Dame des Miracles de Mauriac le samedi 12 avril 1980.

DÉCÈS

Nous apprenons le décès de nos camarades :
René **DELAVALT**, I.C.P.C., le 24 mars 1980.
Marcel **PIERRE**, I.P.C., le 26 mars 1980.
Nous adressons toutes nos condoléances à leur famille.

NAISSANCE

Olivier **HALPERN**, I.P.C., Rédacteur en Chef de la Revue P.C.M. est heureux de faire part de la naissance de sa fille Clémence.



RINCHEVAL

95230 SOISY-SOUS-MONTMORENCY (FRANCE)

Tél. : 989.04.21 - Téléx : 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.**

Nous voulons
faciliter votre vie
en facilitant
vos déplacements.
Toujours tous les jours



Pour mieux vivre Paris et l'Île de France

Centre d'Information Téléphonique (CIT) : 346.14.14.