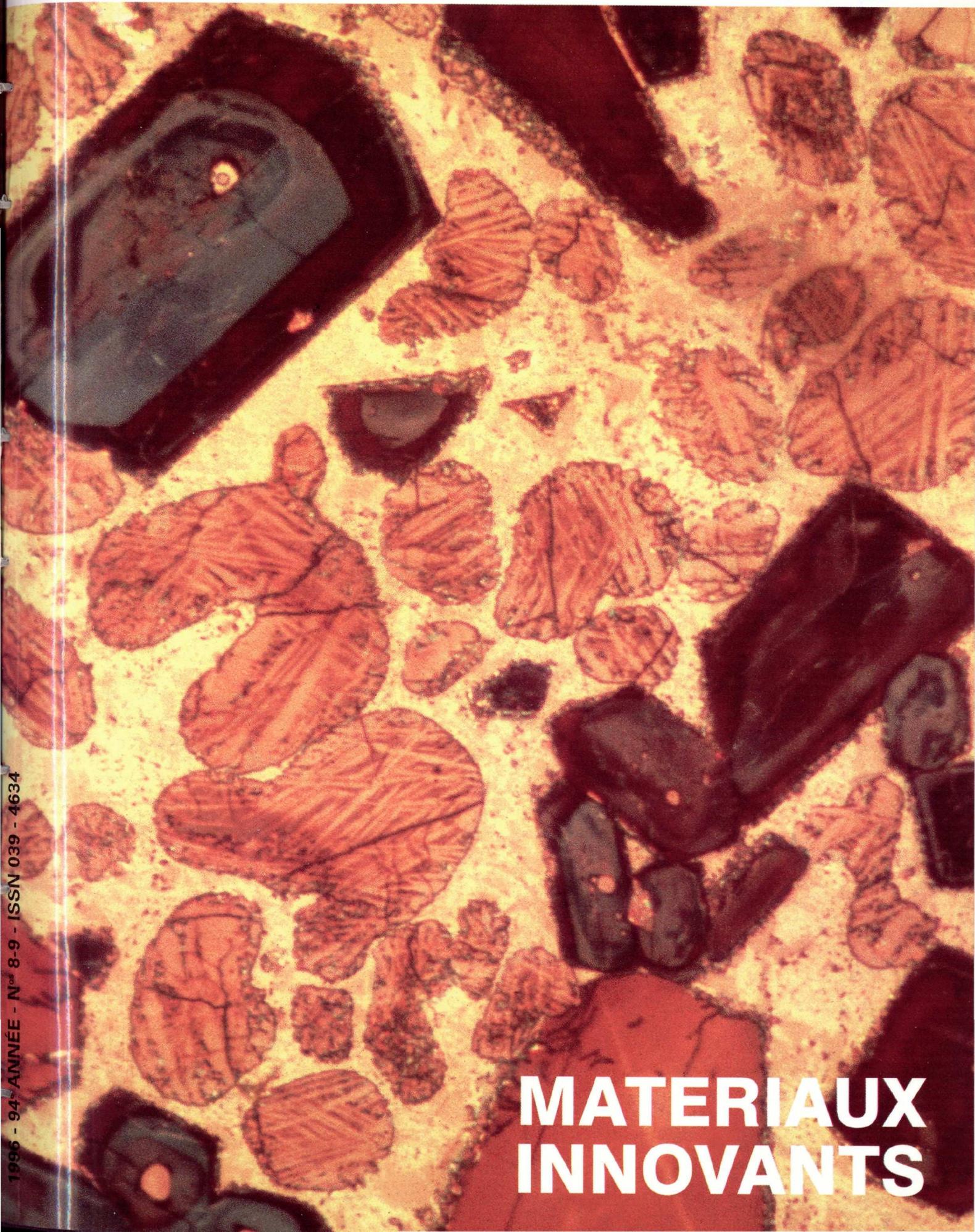


# PCCM LE PONT



**MATERIAUX  
INNOVANTS**

# *Dépasser vos attentes, c'est le privilège des grands.*

Vous connaître est le privilège de ceux qui vous écoutent. Vous écouter, c'est pouvoir vous proposer des solutions qui dépassent vos attentes, c'est savoir dialoguer pour construire. Pour développer vos points forts, anticiper et maîtriser vos évolutions, la proximité est le meilleur des atouts. Elle est source de confiance et permet d'avancer ensemble vers le même objectif. Depuis toujours, cette pratique anime notre réussite.

Dans les domaines audit, conseils, droit et fiscalité, nous déployons pour vous la puissance internationale d'un leader. Ainsi, nous développons des compétences multiples, des techniques innovantes et des services diversifiés. Nos équipes opèrent en synergie, dans un constant échange de savoir-faire. Indépendance d'esprit et rigueur morale déterminent chacune de nos actions.

C'est pourquoi, entre nous, la confiance sera un privilège partagé.

**Deloitte Touche  
Tohmatsu**



## DOSSIER

### LA RENAISSANCE DU BÉTON

4 Robert Diez

### HIER, AUJOURD'HUI, DEMAIN :

7 LES ACIERS HAUTES PERFORMANCES, Patrick Le Pense

### LES MATÉRIAUX DIVISÉS : DES MATÉRIAUX NATURELS ANCIENS POUR DES UTILISATIONS NOUVELLES

11 Albert et Jean-Marc Paré

### LES BÉTONS DE POUDRES RÉACTIVÉS (BPR)

17 Marcel Cheyrezy et Régis Adeline

### ENTRE CRÉATIVITÉ ET TECHNOLOGIE

20 Alain Bucaille

### BÉTON DE TRANCHÉE : UNE SOLUTION NOUVELLE À UN PROBLÈME CONNU,

23 Dominique Hoestlandt

### L'UTILISATION DE LA PIERRE NATURELLE EN DALLAGES

26 Arnaud de Servigny

## RUBRIQUES

### 28 LES PONTS EN MARCHÉ

### 30 LES 250 ANS DE L'ENPC

### 32 LU POUR VOUS

### 34 VIE DE L'ASSOCIATION

### 36 ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

### 43 PONT EMPLOI

Août-Septembre - 1996

Ce numéro a été réalisé  
par Jacques Marzin



Gare TGV Satolas (Photo Sika).

Mensuel, 28, rue des Saints-Pères  
75007 PARIS.  
Tél. : 44.58.34.85 - Fax : 40.20.01.71  
Prix du numéro : 55 F  
Abonnement annuel :

France :	550 F
Etranger :	580 F
Ancien :	250 F

Revue des Associations des Ingénieurs des  
Ponts et Chaussées et des Anciens Elèves  
de l'ENPC.

Les associations ne sont pas responsables  
des opinions émises dans les articles  
qu'elles publient.

Commission paritaire n° 55.306  
Dépôt légal 3<sup>e</sup> trimestre 1996  
n° 960665

#### DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

Jean POULIT

#### DIRECTEUR ADJOINT :

Jean-Pierre PRONOST

#### ADMINISTRATEURS :

Marie-Antoinette DEKKERS  
et Olivier HALPERN

#### COMITÉ DE RÉDACTION :

Serge ARNAUD, Jacques BONNERIC,  
Robert BRANCHE,  
Christophe de CHARENTENAY,  
Vincent DEVAUCHELLE,  
Roland GIRARDOT, Jacques GOUNON,  
Jean-Pierre GRÉZAUD.

#### Secrétaire général de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE du PREY

#### Assistante de rédaction :

Adeline PRÉVOST

#### MAQUETTE : B. PÉRY

**PUBLICITÉ :** OFERSOP, Hervé BRAMI,  
55, boulevard de Strasbourg, 75010 Paris.  
Tél. : 48.24.93.39

#### COMPOSITION PAO :

FOSSÉS GRAFIC - 34.68.83.23

#### IMPRESSION :

IMPRIMERIE MODERNE U.S.H.A. Aurillac.  
Couverture : Photo Lafarge

# Grands ingénieurs

## Léonard de Vinci

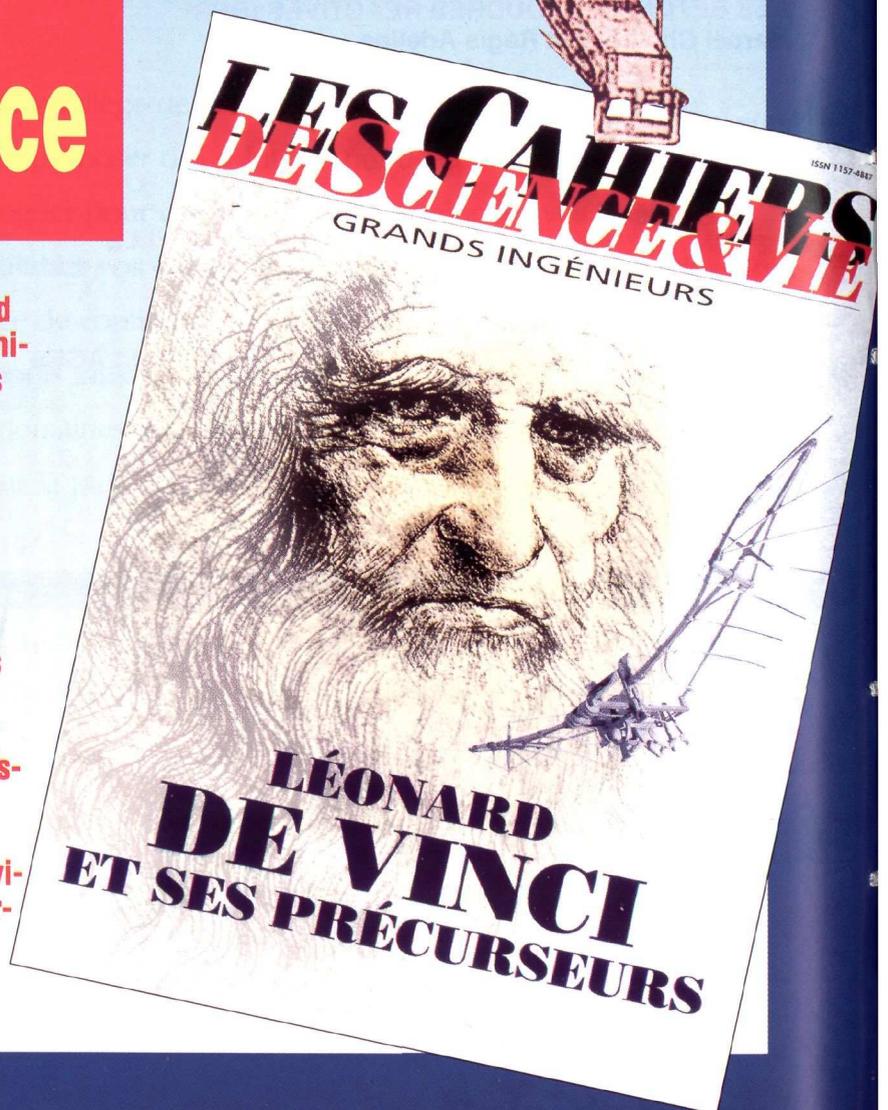
1452 - 1519

## Un ingénieur de la Renaissance

Avant tout connu comme peintre, Léonard de Vinci fut aussi sculpteur, graveur, architecte car au XV<sup>ème</sup> siècle, les arts et les sciences n'étaient pas séparés. Et pour réussir, il ne suffisait pas d'avoir du talent, il fallait encore savoir le vendre auprès des princes.

Aussi Léonard de Vinci écrivit une véritable lettre de candidature à la cour de Ludovic Sforza à Milan en expliquant ses compétences multiples. Les princes se l'attachèrent surtout en tant qu'ingénieur militaire et organisateur de fêtes pour lesquelles Léonard de Vinci inventa des machines et des décors féeriques.

LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE vous invitent à découvrir comment le dessin a permis à Léonard de Vinci d'être en même temps artiste et ingénieur.



## LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

## DES HISTOIRES RICHES EN DÉCOUVERTES

3615 Satolas



100

destinations

directes

au départ de

Lyon  
Satolas

 **AÉROPORT  
LYON-SATOLAS**

LYON-SATOLAS VOUS OUVRE LES PORTES DU MONDE

CHAMBRE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE DE LYON

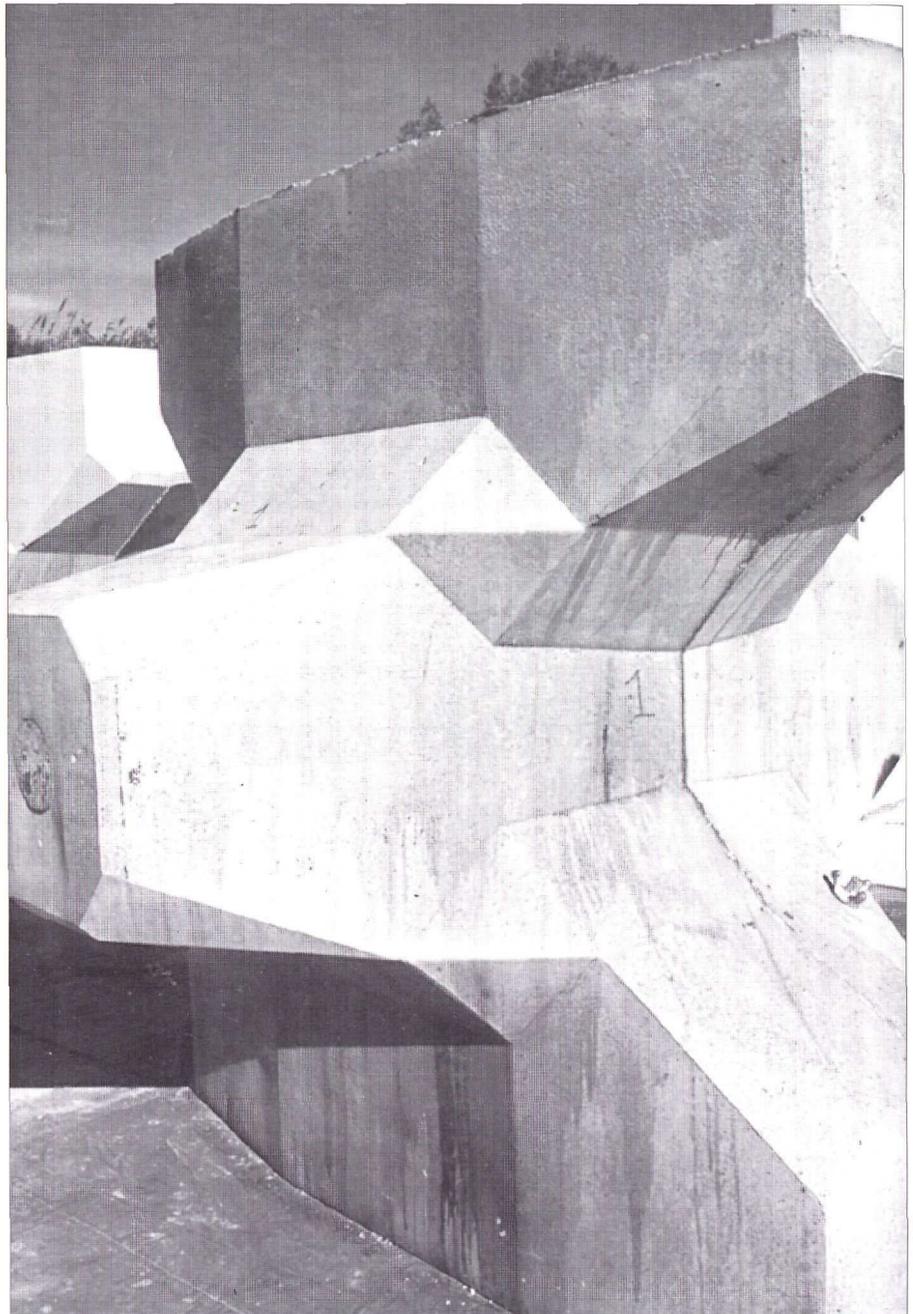
# LA RENAISSANCE DU BÉTON

*par Robert Diez*

**L**es importants progrès de la chimie du béton offrent une seconde vie au matériau, en générant une large palette de produits à la fois techniques, esthétiques et écologiques. Une richesse créative qui redonne la parole à tous les partenaires de l'acte de construire.

**B**éton : matériau de construction obtenu par agrégation de granulats au moyen d'un liant et, spécialement, par un mélange de graviers, de sable, de ciment et d'eau. Les auteurs du Larousse encyclopédique multimédia devront très certainement revoir leur copie, lors de la prochaine édition du CD-Rom, eu égard aux formidables mutations techniques du matériau au cours de ces dernières années. Premier exemple : l'apparition des bétons auto-nivelants qui élimine quasiment un des ingrédients originels clef, puisqu'il est désormais possible de réaliser des bétons liquides pratiquement exempts d'eau. Le secret ? L'outil informatique bien entendu qui, à l'instar du fameux programme René du LCPC, permet d'optimiser la phase granulométrique mais, surtout, le formidable boom des adjuvants.

Au premier rang d'entre-eux, le fluidifiant Sikament SCC développé dans les laboratoires de Sika<sup>(1)</sup>. Ce composant chimique, introduit à dose homéopathique est capa-



Acropode coulé en béton autonivelant (sans vibration).

(1) SCC : Self Compacting Concrete.



**Robert DIEZ,**  
**IPC 68.**  
**Président**  
**Directeur**  
**Général SIKA.**

celle-ci s'effectuant simplement, sans recourir aux habituelles techniques de vibration. Autrement dit, en évitant les risques de discontinuités surfaciques que provoque la mise en résonance des granulats, en contact avec la paroi des banches métalliques. Qui peut le plus peut le moins, ainsi que l'illustre une autre application potentielle de ces nouveaux bétons : l'utilisation, sans compactage, en tant que remblais liquide pour le remplissage des tranchées de chaussée.

Corollaire pratique : l'absence de moyens mécaniques hisse le béton au niveau des matériaux « environnemental friendly », en évitant tous les problèmes de nuisances sonores lors de la mise en œuvre.

### **Des bétons écologiques**

Une convivialité qui va en fait beaucoup plus loin que la simple carte de la discrétion et du bon voisinage, le béton étant réellement devenu un produit vert, parfaitement transparent pour l'homme ainsi que son environnement. Illustration significative : la mise au point de la Sigunite 49 AF, le premier accélérateur en poudre non alcalin et sans silicate, conçu pour la projection par voie sèche ou humide.

Là encore, cette parfaite transparence éco-

logique ne s'est pas opérée au détriment des qualités physico-chimiques du matériau, bien au contraire. Cette nouvelle race de bétons projetés offre en effet de très bonnes résistances au jeune âge, conformes à la difficile norme RIG de la SNCF, autorisant la stabilisation mécanique des voûtes et, partant, les exigeants rythmes d'avancement qu'impose la plupart des projets. Mieux, la couche de soutènement assurera bientôt la continuité complète des ouvrages, en servant de revêtement définitif étanche, via la projection d'une membrane d'étanchéité liquide en cours de finalisation dans nos laboratoires.

Ces formidables progrès du béton génèrent également d'autres percées technologiques d'envergure, le matériau s'entourant d'une kyrielle de produits qui vient, tout à la fois, renforcer ses performances et enrichir ses possibilités d'application. Les points singuliers des ouvrages hydrauliques sont ainsi traités au moyen de toute une panoplie de joints hydrogonflants, des modèles pleins aux versions creuses injectables, l'avenir étant déjà tourné vers la recherche d'un mastic extrudé présentant les mêmes propriétés mais, évidemment, beaucoup plus souple d'emploi sur chantier. L'acier restant toujours l'acier, les ingénieurs de chez Sika ont décidé de répondre à cette

ble, à lui seul, de bouleverser les propriétés rhéologiques du mélange frais, et ce, au plus grand profit de ses qualités technico-esthétiques à l'état durci. La nouvelle génération de béton qui en résulte offre des caractéristiques de résistance finale inégalées - des B100, considérés comme de « super BHP » il y a seulement quelques années, s'obtiennent désormais très facilement dans des centrales de BPE - ainsi qu'une qualité de finition irréprochable, à la hauteur du label architectonique tant prisé par les architectes et les maîtres d'ouvrage.

Explications : la très forte réduction des quantités d'eau génère un accroissement des caractéristiques mécaniques - intimement liées à la maîtrise du fameux ratio E/C - tout en supprimant les habituels phénomènes de ségrégation survenant à l'état frais. Ce danger est également totalement écarté lors de la phase bétonnage,

Tunnel de l'Épine (Photo Sika)



l'apalissade en concevant la famille Sikaferrogard inhibiteurs de corrosion, à base d'amino-alcools. Cette gamme d'adjuvants, garantissant une plus grande pérennité des ouvrages, pallie aux aléas de mise en œuvre sur chantier, celui-ci ne pouvant jamais reproduire à 100 % les conditions « aseptisées » et idéales du laboratoire.

Cet arsenal préventif contient également une version curative qui, appliquée par imprégnation, enrobe les armatures d'un film protecteur. Le système intervient, bien entendu, en complément des opérations de réparations ponctuelles afin d'assurer une continuité de traitement dans la masse.

### La vie en rose

Si des ouvrages comme les gare de Satolas ou d'Euralille ont définitivement redonné au matériau ses lettres de noblesse, en détruisant à tout jamais les connotations de laideur et de tristesse qui lui collaient à la peau, le béton ne se contente plus de la carte architectonique, trop souvent apagnage de projets coûteux et prestigieux.

La maîtrise de la chimie des colorants donne de nouveau la parole aux architectes et aux maîtres d'ouvrage, en réintroduisant la couleur dans la grisaille de nos cités. Voiries, trottoirs, placettes, chaussées...

Autant d'éléments fédérateurs de notre

paysage urbain quotidien qui sont, aujourd'hui, en mesure de participer activement à l'amélioration du cadre de vie, grâce à la fantastique palette créative qu'offre la démocratisation des bétons désactivés colorés.

La « qualité préfa » est en effet désormais quasiment accessible sur chantier, du moins au niveau des sols, mais gageons que cette avancée esthétique touchera très prochainement l'ensemble des applications, de l'horizontale à la verticale.

Le béton - ou plutôt les bétons ! - sont en effet appelés vers de nouveaux bonds technologiques, eu égard aux progrès que nos chimistes ont déjà accomplis dans leurs laboratoires. ■



**E**TANCHEITE ■ **J**OINTS ■ **T**RAITEMENT  
DES **M**ORTIERS ET **B**ETONS ■  
**R**EPARATION ET **E**NTRETIEN DES  
**B**ATIMENTS ■ **S**OLS **I**NDUSTRIELS

Robert DIEZ - Président Directeur Général

SIKA s.a. : 101, rue de Tolbiac - 75654 PARIS Cedex 13 - Tél.: 01 53 79 79 00 - Fax : 01 53 79 79 79

# HIER - AUJOURD'HUI - DEMAIN

## LES ACIERS A HAUTES PERFORMANCES

par Patrick Le Pense

**L'**utilisation d'aciers à hautes performances dans le domaine du BTP n'est pas une nouveauté. Les câbles et torons utilisés pour la précontrainte ont des limites d'élasticité très supérieures à 1 000 MPa (100 daN/mm<sup>2</sup>).



Usinor.

Dans le domaine de la construction métallique, les progrès dans la fabrication de l'acier ont permis la réalisation de nuances d'acier à caractéristiques élevées, de 450-460 MPa de limite d'élasticité. Ces aciers présentent un grand intérêt pour :

- Les constructions où l'économie globale de l'ouvrage est largement liée à la réduction de son poids propre. C'est entre autres le cas pour les ponts de grande portée.
- Les éléments de construction soumis à des contraintes importantes. L'exemple le plus communément cité est celui d'un poteau d'immeuble de grande hauteur, de faible longueur de flambement et soumis à de fortes charges de compression.

- Les ouvrages où les contraintes d'implantation sont importantes. Réduire la hauteur totale de la construction en optimisant l'épaisseur des planchers, augmenter la surface utilisable en réduisant les sections des poteaux ou faciliter le passage des fluides en réduisant l'encombrement des éléments de treillis sont des problèmes de plus en plus courants.

### Hier

Historiquement, c'est dans le domaine des ponts que les aciers à haute limite d'élasticité (aciers HLE de limite d'élasticité > 400 MPa) ont été utilisés à l'origine. Au début des années 70, la construction

des ponts de Conflans-Ste-Honorine et Charenton incluait des aciers de limite d'élasticité 440 MPa, alors que les nuances conventionnelles avaient pour limite d'élasticité 235 MPa (bâtiments) et 355 MPa (ponts et ouvrages exceptionnels). D'autres expérimentations suivirent, et un exemple d'application récent est celui du Pont de Normandie, mis en service début 95, dont la travée centrale inclut environ 2 000 T d'aciers HLE afin de réduire le poids propre de l'ouvrage.

Cependant, l'utilisation des aciers HLE était limitée par les contraintes de fabrication et de mise en œuvre :

- impossibilité technologique pour fabri-

# Avant d'aller plus loin, appelez notre délégué régional Acier

Plus tôt vous l'impliquerez dans vos projets,  
plus efficace sera sa collaboration : conseil,  
information, aide à l'étude des solutions, chiffrage  
des projets, mise en relation avec les acteurs locaux  
de la filière acier, aide au suivi de chantier, etc

**Champagne/Nord/Picardie/  
Alsace Lorraine**  
Jean Yves L'Hostis  
LILLE  
Tél. 03.20.21.09.99  
Fax 03.20.51.49.01

**Ile-de-France**  
Jean Dalsheimer  
Loïc Thomas  
PARIS  
Tél. 01.41.25.61.31/63.36  
Fax 01.41.25.59.59

**Bretagne/Basse Normandie/  
Haute Normandie**  
Loïc Thomas  
PARIS  
Tél. 01.41.25.63.36  
Fax 01.41.25.59.59

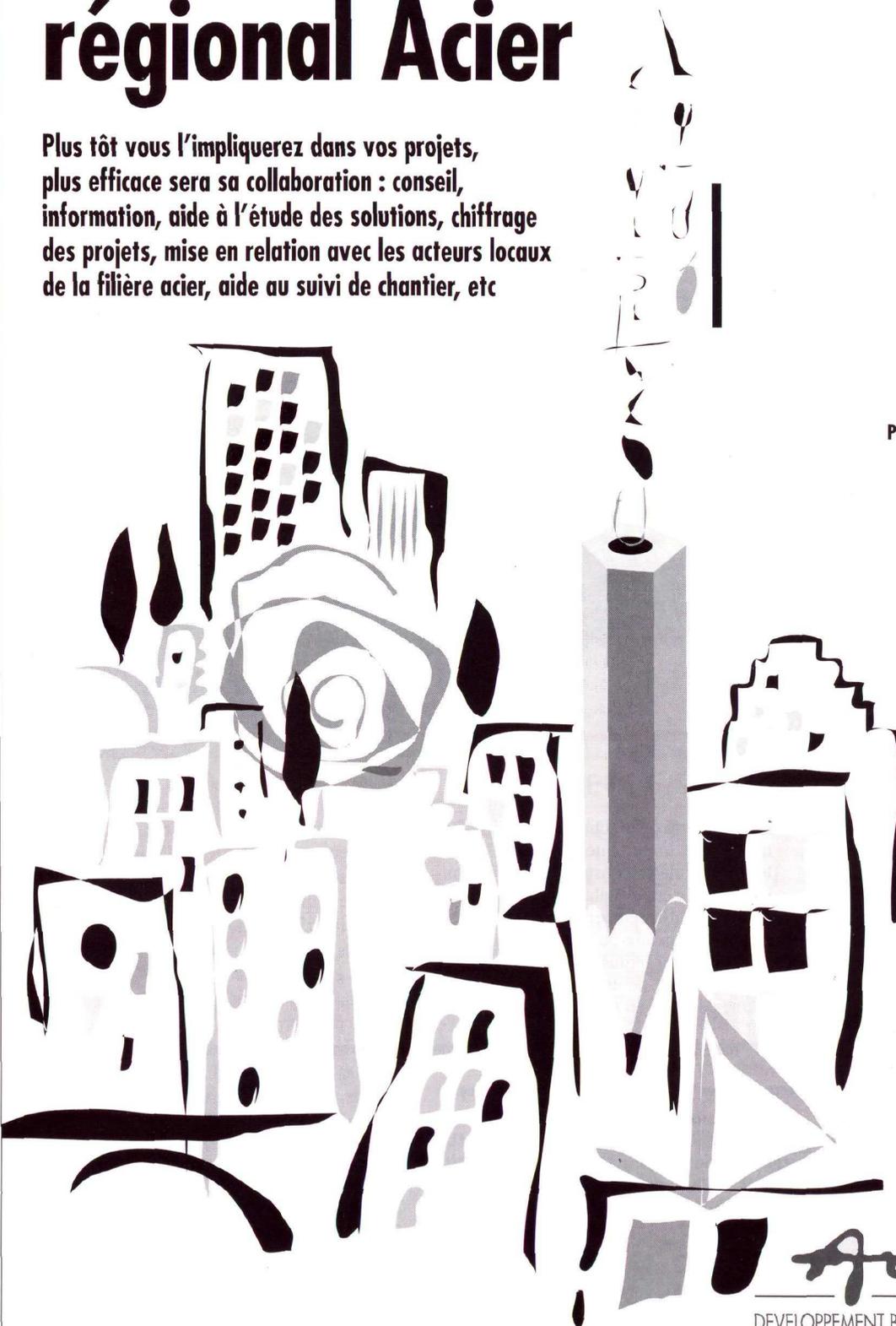
**Centre/Limousin/  
Pays de Loire/Poitou-Charentes**  
Philippe Marcon  
ORLEANS  
Tél. 02.38.81.06.29  
Fax 02.38.62.54.49

**Auvergne/Bourgogne/  
Franche Comté/Rhône-Alpes**  
Pierre Quaquin  
LYON  
Tél. 04.72.84.10.97  
Fax 04.78.71.05.25

**Languedoc/  
Provence-Côte d'Azur**  
Jean Spampinato  
NICE  
Tél. 04.92.02.89.00  
Fax 04.92.02.90.03

**Aquitaine/Midi-Pyrénées**  
Jacques Reynard  
TOULOUSE  
Tél. 05.61.30.26.34  
Fax 05.61.78.06.93

**Direction :**  
Immeuble Pacific - TSA 10001  
92070 La Défense Cedex  
Tél. 01.41.25.64.00  
Fax 01.41.25.59.59



**Acier**

DEVELOPPEMENT BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

- quer des aciers HLE dans de fortes épaisseurs ;
- nécessité, pour obtenir des caractéristiques élevées en résistance, de doper l'acier avec des éléments d'alliage, ce qui rendait très délicates et chères les opérations de soudage ;
- en conséquence, coût de fabrication des structures élevées, qui diminuait la valeur d'usage de ces produits.

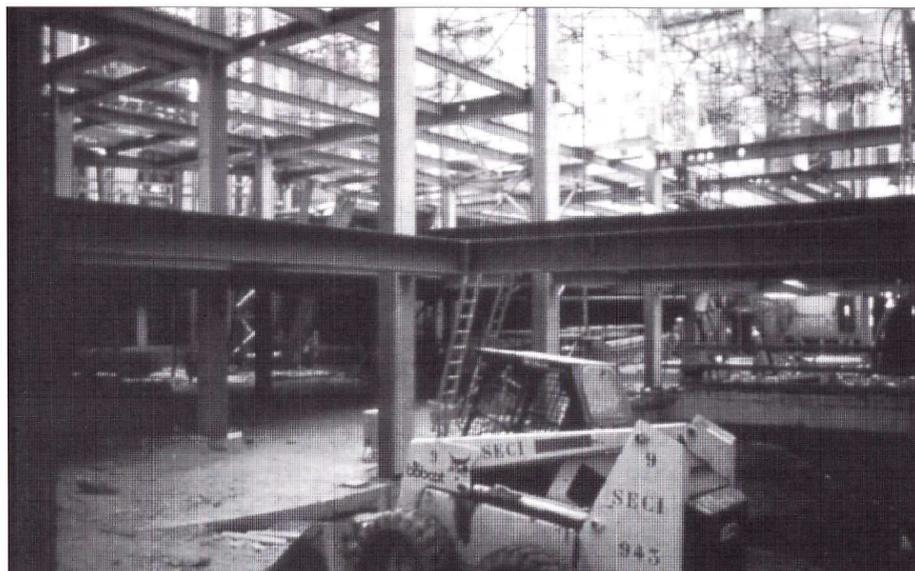
Afin de trouver des solutions à ces différentes contraintes, les sidérurgistes ont développé de nouvelles nuances : les aciers HLE à laminage thermo-mécanique.

### Aujourd'hui

Pourquoi ce terme, quelque peu rébarbatif, de thermo-mécanique ? Parce que le processus de fabrication combine l'aspect mécanique du laminage (écrasement de l'acier entre les cylindres) et le cycle de température au cours de cette opération. Il devient ainsi possible de fabriquer des nuances d'acier qui présentent les caractéristiques suivantes :

- haute limite d'élasticité,
- facilité de mise en œuvre par soudage, car ces nuances sont très faiblement alliées,
- utilisation dans le cas de très basses températures grâce à l'augmentation de la résistance à la rupture fragile.
- enfin, prix de vente extrêmement proche des anciennes nuances, pour une même limite d'élasticité.

Depuis 1990, cette nouvelle gamme d'acier de construction, disponible en tôles, tubes



Rue Réaumur.

et poutrelles s'est rapidement développée dans le monde entier, dans les secteurs suivants :

- plates-formes off-shore, pour lesquelles les éléments mécano-soudés doivent présenter une résistance élevée à basse température,
- poutres ou caissons de ponts métalliques et mixtes. Pour l'administration française, l'ouvrage de Rémoulins, dans le Gard en 1994 a servi d'ouvrage expérimental,
- pieux métalliques de fondation. Le développement en cours des pieux métalliques en Europe et en France est dû,

pour une large part, à la possibilité d'utiliser des pieux de faible section et fortes capacités portantes,

- poteaux et poutres de bâtiment, tels qu'immeubles IGH, parkings aériens ou structure treillis de grande portée.

En France, parmi les références on peut citer, outre l'ouvrage de Rémoulins, les poteaux préfondés de l'immeuble France-Soir rue Réaumur, des éléments de poutres treillis du Palais des Congrès d'Euralille ou les passages supérieurs en ossature mixte de l'autoroute A16. Par ailleurs, le tableau I ci-dessous récapitule différentes références dans le monde.

### RÉFÉRENCES RÉCENTES D'UTILISATION D'ACIERS HLE THERMO-MÉCANIQUES DANS LE MONDE. NUANCES DE LIMITES D'ÉLASTICITÉ > 400 MPa)

OUVRAGE	PAYS	ANNÉE	TONNAGE	NUANCES (limite d'élasticité)
Plates-formes off shore	UK	1991	25 000 environ	S 420
	NORVEGE	1994		S 460
Edificio Mapfre, Barcelone (village olympique)	ESPAGNE	1992	800	S 460
Parking du stade Luxembourg-ville	LUXEMBOURG	1991	-	S 460 S 490
Dai-Ichi-Seimi Building, Osaka	JAPON	1994	-	S 570
Pont de Rémoulins, Gard	FRANCE	1994	180	S 460
Pont Erasmus Brucke, Rotterdam	PAYS-BAS	1995	2 200	S 460
Pont de Normandie, Honfleur-le Havre	FRANCE	1993	2 000	S 420
Bergsoysundet Bridge, Kristiansund	NORVEGE	1992	5 200	S 460

**Demain**

On pourrait penser que l'intérêt des aciers HLE est lié aux grands ouvrages ou constructions exceptionnelles. Il n'en est rien. Dans le domaine des ponts, l'exemple des passages supérieurs de l'autoroute A16 en ossature mixte bipoutre en donne une bonne illustration.

De même, dans le domaine du bâtiment, le tableau 2 démontre que les aciers HLE permettent de diminuer les épaisseurs de planchers dans le cas d'ouvrage classique de construction métallique. Cependant, dans ce cas précis, l'optimisation de la conception

Le pont de Normandie.



**INTÉRÊT DES ACIERS HLE : EXEMPLE DES POUTRES MIXTES ACIER-BÉTON DE PLANCHER DE BÂTIMENT**

Portée : 16,00 m  
 Entraxe des poutres : 2,50 m  
 Epaisseur de la dalle collaborante : 12 cm  
 Surcharge : 350 daN/m<sup>2</sup>

NUANCE D'ACIER	S 235	S 355	S 460
Profil	IPE 500	IPEA 450	IPEA 400
Masse linéaire du profilé	90,7	67,2	57,4
Economie de matière	-	26 %	37 %
Encombrement du plancher (en cm)	62	56,7	51,7

implique de calculer la structure comme composite acier-béton, technologie peu répandue en France pour les bâtiments.

Les dénominations S 235 et S 355 représentent les aciers de type E 24 et E 36.

Pour assurer le développement des aciers HLE, en particulier la génération des nuances thermo-mécaniques, il convient donc de faire aussi évoluer les modes de conception et les règlements. De tels changements sont aujourd'hui en cours du fait :

- des possibilités d'utilisation des Eurocodes, nouveaux règlements européens de calcul, documents définissant les règles de conception et calcul, qui comportent des chapitres dédiés à l'utilisation des nouvelles nuances d'acier ;
- de l'introduction probable dans les prochaines années du calcul et de la fabrication de poutres hybrides, où les semelles fortement sollicitées sont en acier HLE et l'âme de la poutre en acier plus classique. Grâce à ce concept, très intéressant économiquement, les pays scandinaves construisent aujourd'hui des ponts avec des nuances de limite d'élasticité > 500 MPa.

Les perspectives de développement des aciers HLE sont donc prometteuses. Dans un futur plus lointain, il est possible d'envisager l'utilisation pour certaines constructions d'aciers de limite d'élasticité 700-800 MPa, voire 1 000.

Constatons toutefois qu'en Europe aucun cadre réglementaire, norme produits-code de calcul mise en œuvre n'existe. Il s'agira donc d'un travail de longue haleine.

Mais, en 1950, qui aurait imaginé que la limite d'élasticité des aciers de construction métallique serait, 40 ans plus tard, multipliée par 2,5 !

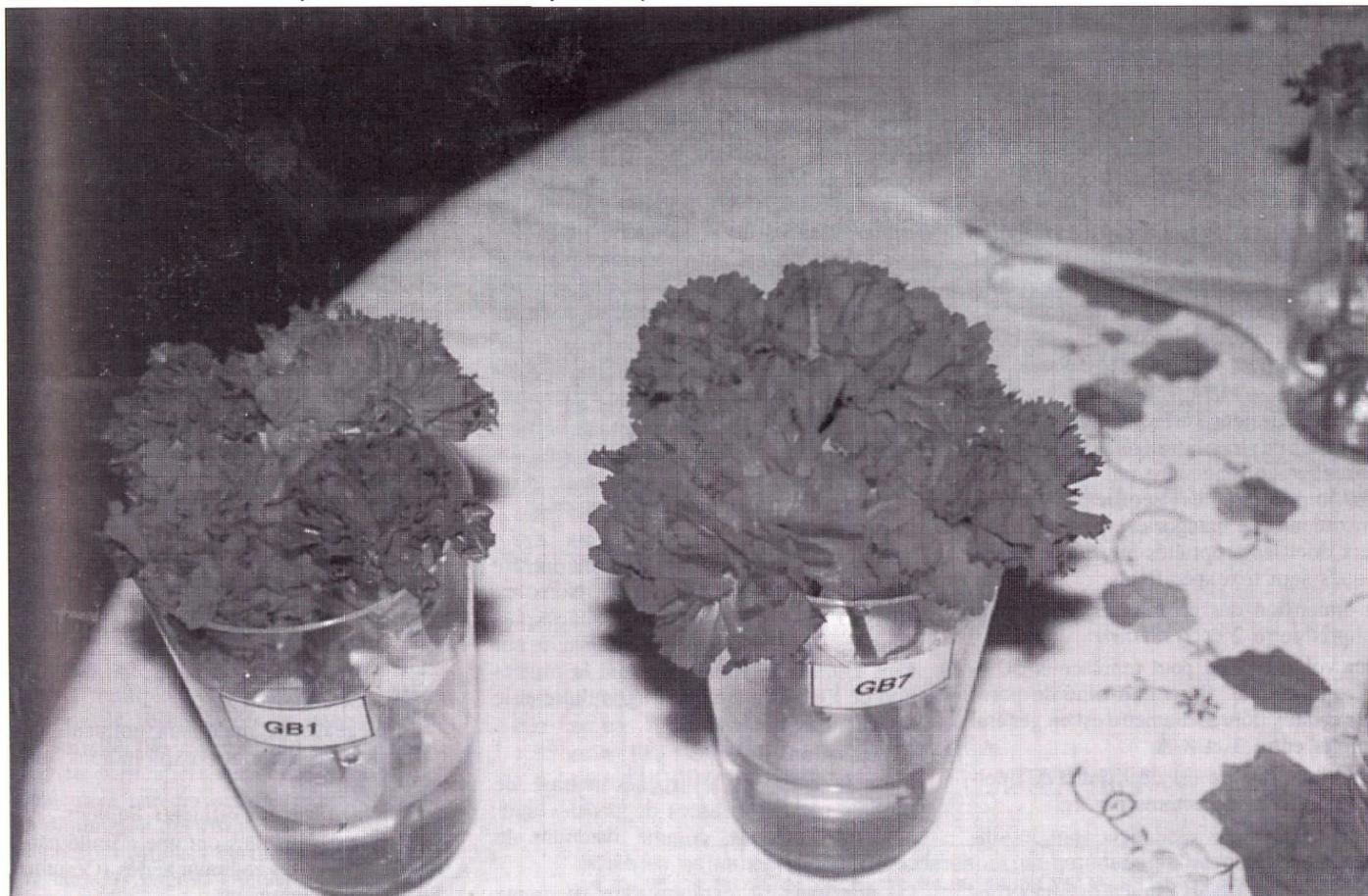
**Patrick LE PENSE, PC 84  
 USINOR SACILOR  
 Développement BTP.**

# LES MATÉRIAUX DIVISÉS : DES MATÉRIAUX NATURELS ANCIENS POUR DES UTILISATIONS NOUVELLES

*par Albert et Jean-Marc Paré*

**D**ans l'exposé ci-après nous ne traitons volontairement que des matériaux naturels divisés objet de nos recherches tout en rappelant aux lecteurs qu'il existe des matériaux synthétiques utilisés dans des secteurs de la haute technologie (pétrochimie notamment) qui nécessitent des matériaux aux caractéristiques uniformes et précises, ce qui n'est pas le cas des matériaux naturels. Les matériaux divisés naturels comprennent plusieurs catégories : zéolites, argiles, diatomées...

Effet de la lutte contre l'éthylène sur des oeillets après 20 jours.



**D**ans une première partie nous présentons l'origine, les caractéristiques et les principales utilisations de ces matériaux à partir du cas des zéolites.

Dans une seconde partie nous exposons les études et recherches originales que nous menons dans le cadre de la société ASI dans le domaine de la conservation alimentaire et qui concerne l'ensemble des matériaux divisés.

Nous menons ces études en coopération avec les Pouvoirs Publics et avec le concours d'organismes extérieurs : ASEPT, IFHP, BRGM, Labo de Physiologie Végétale Paris VI, ITGA, CNRS Marseille.

### **Des matériaux anciens pour des utilisations nouvelles : le cas de zéolites naturelles**

Les zéolites (ou zéolithes) sont des matériaux authigènes qui proviennent le plus souvent - mais pas toujours - de l'altération de matériaux volcaniques et notamment de la transformation du verre volcanique en présence d'une phase acqueuse. Les conditions les plus favorables à la genèse des zéolites se présentent lorsque le matériel pyroclastique de base est très divisé (cas des cendres) et la teneur en silice et l'activité des ions alcalins et alcalino-terreux et le PH du milieu très élevés.

Les principaux pays où on les trouve et où on les exploite sont l'Afrique du Sud, l'Australie, la Bulgarie, Cuba, l'Égypte, la Hongrie, l'Italie, le Japon, la Roumanie, la Tchécoslovaquie, la Turquie, les USA, la Yougoslavie, la Nouvelle-Zélande, les Philippines.

En raison de leur surface interne hors du commun, de leur arrangement atomique particulier qui engendre un volume poral très important, les zéolites naturelles constituent une catégorie à part de matériaux dont les propriétés physiques et chimiques sont très spécifiques.

La dimension des cristaux est en général compris entre 2 et 2,3 T/m<sup>3</sup>.

Leur volume poral peut représenter 50 % du volume total. Il est constitué de pores et de canaux dont le diamètre est en général compris entre 3 et 8 Å.

La surface interne est de l'ordre de quelques centaines d'hectares par kg.

Leurs composants essentiels sont le silicium, l'oxygène et l'aluminium.

Elles présentent deux caractéristiques fon-

damentales : leur aptitude à l'adsorption et à l'échange cationique.

#### **L'adsorption :**

Du fait de leur grande surface interne les zéolites sont capables d'adsorber jusqu'à 30 % de leur poids sec de façon réversible ce qui en fait des matériaux exceptionnels pour l'adsorption des ions et molécules étrangères.

La dimension des pores et des canaux étant différente il en résulte que l'adsorption se fait de manière sélective en fonction de la taille des matériaux à accueillir : les plus petits sont captés et les plus gros ne peuvent pénétrer la structure.

Les diverses zéolites - on en a recensé une cinquantaine - ayant des pores et des canaux de dimensions différentes on peut ainsi avec un ou plusieurs matériaux constituer des tamis moléculaires qui fonctionnent à l'inverse des filtres.

Enfin, ces matériaux, en raison d'une distribution spatiale particulière des charges électriques dans les espaces internes dépourvus de molécules d'eau, certaines molécules polarisées telles que H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> ou H<sub>2</sub>S sont adsorbées préférentiellement aux molécules non polarisées. Ce caractère sélectif complémentaire n'existe pas dans la plupart des autres adsorbants connus.

#### **L'échange cationique :**

Les cations alcalins et alcalino-terreux étant très faiblement liés à la structure cristalline des zéolites, ils peuvent être remplacés dans des proportions plus ou moins grandes de la catégorie de zéolite particulière par d'autres cations par mise en contact de la zéolite avec une solution présentant une forte concentration en un autre ion.

Parmi les matériaux naturels les zéolites sont les plus aptes à l'échange cationique.

Il est important de noter qu'un nombre très limité de zéolites naturelles ont des capacités d'adsorption et d'échange cationique économiquement exploitables.

- Utilisations :

Diverses utilisations des zéolites ont été de par le monde effectuées. Nous en citerons ci-après quelques-unes des plus connues pour nous concentrer ensuite sur trois grands domaines que sont la protection de l'environnement, l'agriculture et le secteur agro-alimentaire.

- Utilisations diverses :

Dans le bâtiment les roches à base de zéolites ont été utilisées depuis des époques très anciennes comme matériaux de construction.

De nos jours on exploite dans ce même



**Albert PARE  
ICPC 61**

**1961/67 : Arrondissement territorial d'ARRAS et Arrondissement fonctionnel du Pas-de-Calais,  
67-69 : Chef du GEP du Pas-de-Calais,  
69-71 : DDE de l'Oise,  
71-75 : DDE du Pas-de-Calais,  
75-81 : Conseiller Scientifique et Technique des Charbonnages de France,  
81-96 : Ingénieur Conseil de Sociétés.  
Directeur R. et D. de la Grande Distribution Commerciale (Énergie et Charges Techniques), Expert près la Cour d'Appel de Paris et le Tribunal Administratif.**

domaine leur capacité à titre de matériaux isolants (thermiques et phoniques) et leur faible densité. Les zéolites entrent également dans la fabrication de kaolin et dans celle de certains ciments.

Enfin, des machines thermiques exploitant les propriétés très particulières d'adsorption-désorption de ces matériaux sont utilisées dans la climatisation et la déshumidification de certaines ambiances.

- Utilisations pour la protection de l'environnement :

Du fait de leurs exceptionnelles capacités d'adsorption et d'échange cationique les zéolites naturelles ont un large champ d'applications potentielles.

Elles sont très nombreuses dans :

- le traitement de certaines émanations gazeuses nocives ;
- le piégeage de matériaux polluants ou encore de certaines exploitations minières ;
- le traitement des effluents liquides.

Certaines d'entr'elles ont une affinité particulière pour les radionucléides (Césium, Strontium notamment)



**Jean-Marc PARE**  
**ECL 83,**  
**Directeur de la Recherche**  
**et du Développement de la**  
**Société ASI.**

Elles sont donc avantageusement employées dans la prévention de pollutions susceptibles d'être causées par des accidents nucléaires, le stockage de déchets radioactifs.

Enfin, dans ces diverses utilisations, elles ont la particularité à la fois de récupérer certains matériaux tels les métaux lourds tout en préservant la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines.

**Utilisations en agriculture :**

En agriculture, les zéolites sont utilisées soit à l'état naturel, soit mélangées à d'autres matériaux (vermiculite, lignite, tourbe, etc.).

Elles peuvent également constituer des supports à des engrais à action retardée en mélange avec des phosphates, de l'ammonium, du potassium etc... ou aussi de supports à des produits phytosanitaires.

L'objectif principal des utilisations en agriculture est d'améliorer la fertilité de certains sols notamment ceux sableux, acides ou à faible teneur en matière organique.

Elles sont également efficaces du fait de leur propriété de rétention de l'eau dans les zones géographiques à climat sec grâce à leur capacité d'adsorber l'humidité de l'air même lorsque celle-ci est très faible et dans les zones tropicales où elles régulent dans le temps l'eau provenant des précipitations saisonnières.

L'action des zéolites en agriculture a un intérêt multiple : elle participe à la valorisation de certains sols ou encore à l'amélioration des capacités de sols dans des climats particuliers mais elle se concrétise également par des actions indirectes telle la diminution des risques de pollution des nappes phréatiques du fait de la réduction de certains engrais polluants tels les nitrates.



**Utilisations dans l'élevage :**

Les zéolites sont avantageusement utilisées en additifs dans l'alimentation animale (élevage de volailles, lapins, porcs, ruminants, poissons) avec les effets suivants : amélioration de la santé animale, croissance et gain de poids plus rapide, réduction du prix de revient par économie de protéines, assainissement des litières, réduction des odeurs.

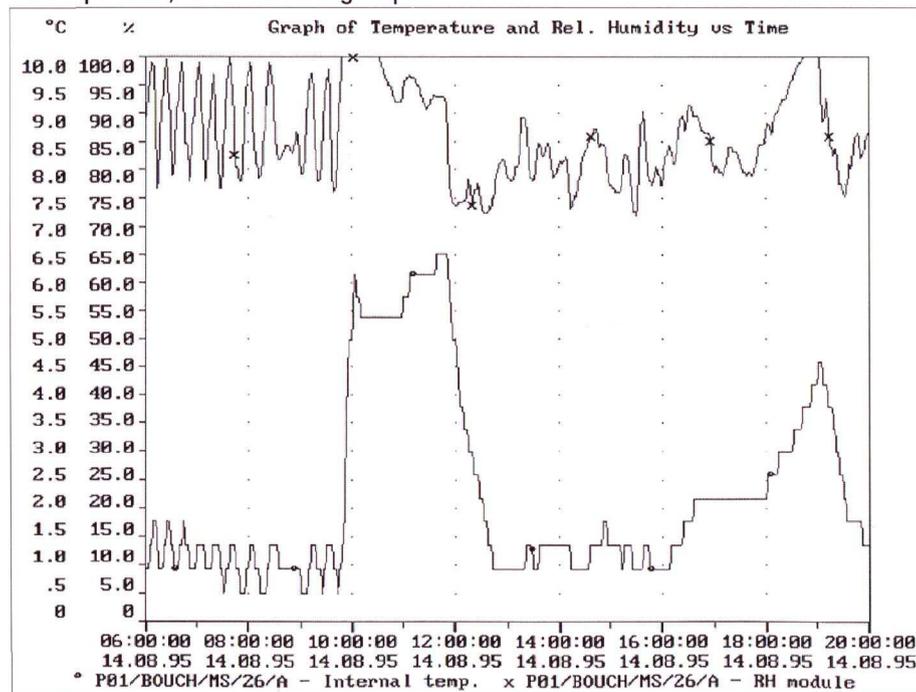
Elles améliorent grandement les conditions d'élevage des poissons en aquaculture par

fixation de l'ammonium toxique issu des déjections et épuration de l'eau dans les circuits fermés.

**Utilisation des matériaux divisés dans la conservation alimentaire : une technologie innovante**

En juin 1994, nous avons alerté les Pouvoirs Publics, notamment le Ministère de l'Industrie (ADEME) et le Ministère de

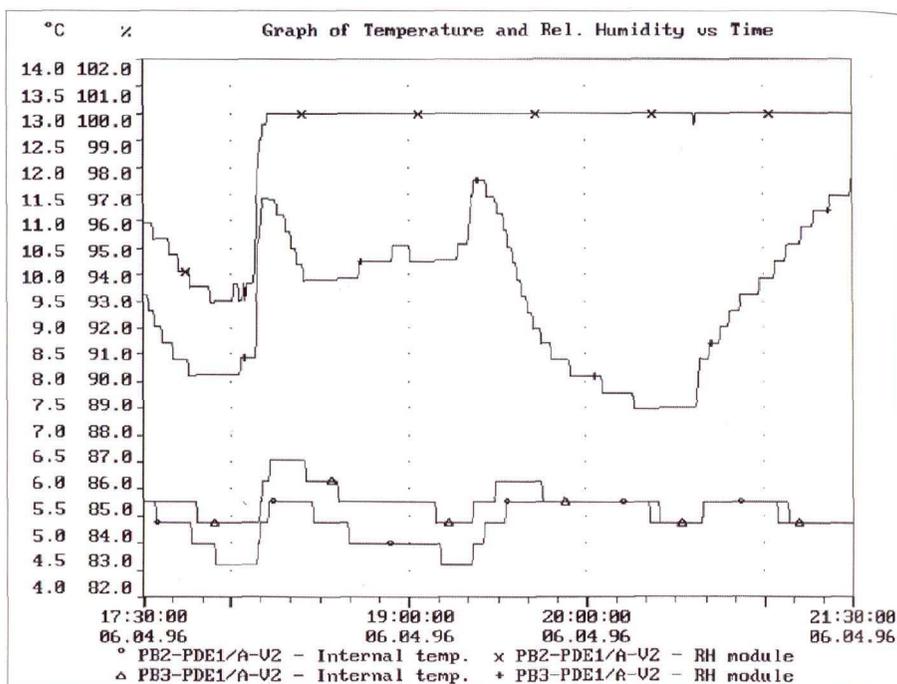
**Conditions de température et d'humidité pendant la journée dans une chambre froide positive, boucherie du groupe Casino.**



l'Agriculture (DGAL), sur l'intérêt que pouvaient représenter les matériaux divisés dans le domaine de la conservation des produits alimentaires dans les espaces réfrigérés : chambres froides positives, camions frigorifiques, etc., ainsi que les utilisateurs potentiels de la Grande Distribution et le secteur de la Restauration Collective.

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris l'étude des possibilités d'amélioration des conditions générales de l'atmosphère des chambres froides positives à l'aide de dispositifs composés de matériaux divisés placés en différents points de ces chambres afin de :

- réguler simultanément la température et l'humidité par adsorption et désorption de la vapeur d'eau ;
- assainir les conditions générales physiques et hygiéniques de l'atmosphère ;
- conduire à une utilisation plus performante de l'électricité.



Régulation de l'humidité par des matériaux divisés.

**Contrôler l'humidité pour mieux conserver :**

Un constat : l'humidité est le parent pauvre des préoccupations actuelles pour la conservation des produits frais dans les grands volumes. S'il est vrai que le respect des températures et de la chaîne du froid reste plus que jamais à l'ordre du jour, l'humidité a été jusqu'à présent considérée comme une conséquence fatale du dispositif de production du froid.

Or, aux températures de conservation en froid positif (0/8 °C), de faibles variations de l'humidité absolue conduisent à des variations importantes de l'humidité relative qui ont pour conséquence des phénomènes de stress pour les produits conservés, sous forme de cycle d'hydratation et de déshydratation.

Certains produits y sont très sensibles (fruits rouges, pâtisseries, charcuteries et produits traiteurs, plats cuisinés, etc.)

De plus, L'hygrométrie la mieux adaptée dépend largement du type de produits conservés.

Nous avons à ce titre mené différentes campagnes de mesures simultanées de température et d'humidité en chambre froide réelle (CEA de Saclay, Hôpital de la Pitié Salpêtrière, Groupe Casino) et des tests en chambre d'essais pour confirmer l'impact de matériaux divisés sur les conditions hygrométriques par adsorption et désorption de la vapeur d'eau.

**L'éthylène, gaz de la maturation et de la sénescence des fruits, légumes et fleurs coupées**

Parmi les gaz dégagés par les végétaux, fruits légumes et fleurs coupées, l'éthylène est la principale phytohormone impliquée dans leur vieillissement et leur sénescence.

En réduisant le niveau d'éthylène à un taux suffisamment bas (moins de quelques dixièmes de ppm) on peut ainsi ralentir le vieillissement des végétaux les plus sensibles (œillets, fruits climactériques : pommes, pêches, poires, tomates, melons, kiwis, etc.), même pour des temps de séjour relativement courts dans les espaces réfrigérés.

Des produits à base de fixation chimique de l'éthylène existent depuis longtemps sur le marché, mais des difficultés non résolues de mise en œuvre subsistent, dues notamment aux conditions d'humidité saturante (effet de compétition avec la vapeur d'eau).

La combinaison de mélanges de matériaux divisés capables de maîtriser simultanément l'hygrométrie et de piéger l'éthylène à des seuils adéquats fait actuellement l'objet de travaux de recherches dans le cadre d'un programme spécifique engagé avec le concours de plusieurs laboratoires spécialisés français.

**Les odeurs et la conservation en des produits frais : une course contre la montre**

Une première campagne de mesures menée en janvier 1995 dans une chambre froide de conservation des plats cuisinés de l'Hôpital de la Pitié Salpêtrière a permis de confirmer l'importance du problème des odeurs dans la restauration collective : il s'agit d'une véritable course contre la montre car la dégradation des qualités gustatives des plats conservés est en effet aggravée par le froid qui augmente leur capacité d'adsorption des odeurs !

Lié à la maîtrise de l'hygrométrie, le contrôle des odeurs par adsorption solide sur des matériaux divisés constitue un enjeu majeur pour la restauration et fait appel à des techniques de pointe dans les domaines de l'épuration et de la séparation des gaz.

En effet, chaque odeur est constituée de plusieurs centaines de composés volatils gazeux présents à des quantités très faibles (traces). C'est pourquoi la mesure et l'évaluation des niveaux d'odeurs nécessitent une instrumentation très performante qui fait actuellement l'objet recherches sophistiquées (nez électroniques).

En outre, un système de désodorisation par adsorption solide doit pouvoir traiter l'odeur dans sa globalité (réduction de la signature olfactive) sans la déformer : la

sensation olfactive peut parfaitement augmenter après avoir retiré une fraction des gaz qui constituent une odeur.

Nous avons obtenu des résultats très prometteurs sur la mise au point de systèmes de désodorisation à base de matériaux divisés destinés à être utilisés en froid positif.

### **L'aérocontamination biologique et particulaire : un vecteur encore mal contrôlé de la dégradation des denrées**

Les produits conservés, composés de matière organique vivante - comme les fruits et légumes - ou morte - comme les viandes - dégagent des composés gazeux complexes dont certains très volatils, de la vapeur d'eau et des particules en suspension (aérosols).

Les gaz et particules dégagés sont le siège de transformations physiques et biochimiques qui peuvent être responsables de phénomènes de contamination croisée entre les produits et d'une dégradation accélérée notamment au niveau de leur surface.

Bien que les chambres froides ne soient pas des lieux aseptisés, il n'empêche que la recherche de l'amélioration des conditions hygiéniques de l'air confiné de ces lieux de conservation et la réduction de l'aérocontamination représentent une voie de recherche novatrice qui mérite d'être explorée.

### **Améliorer les conditions de travail du personnel circulant dans les espaces à température contrôlée**

La conservation des produits frais, ce sont aussi des hommes et des femmes qui circulent quotidiennement dans les chambres froides ; des espaces de préparation où la température est contrôlée mais où de nombreux problèmes - conditions de travail rendues difficiles par des problèmes d'humidité, d'odeurs, d'hygiène - subsistent.

Maîtriser l'humidité, les gaz et la contamination dans les zones de travail à température faible c'est aussi apporter un mieux être pour le personnel qui y travaille.

### **Mieux gérer les consommations énergétiques des systèmes froids : un gisement d'économie important**

Dès l'origine du projet, l'enjeu énergétique s'est imposé comme un élément essentiel. De nombreuses visites de chambres froides



et des campagnes de mesure ont confirmé cette réalité : les espaces réfrigérés sont très souvent mal gérés au plan de la consommation énergétique.

En effet, une fois installées, les chambres froides ne font bien souvent l'objet d'aucune maintenance. Or, une détérioration des réglages, un excès d'humidité persistant et la facture d'électricité s'envole.

Les kilowattheures sont consommés pour combattre en priorité l'excès de givre formé sur l'évaporateur ce qui est néfaste au maintien de la température souhaitée.

Un traitement convenable de l'humidité offre en outre la possibilité de mieux régler les cycles de dégivrage, autre facteur de surconsommation énergétique.

Des matériaux divisés judicieusement choisis peuvent concourir à ces objectifs.

En conclusion nous pensons que les matériaux divisés naturels de par leurs propriétés originales nous paraissent mériter de retenir l'attention des Ingénieurs dans de très nombreux domaines. ■

# Saint Gobain Vitrage

**SAINT-GOBAIN VITRAGE** est présent sur l'ensemble des marchés grâce à la qualité et à la fiabilité de ses produits élaborés pour répondre aux exigences de plus en plus spécifiques des professionnels du bâtiment pour les différentes fonctions du verre (thermique, acoustique, contrôle solaire, sécurité et décoration).

Pour être plus proche du marché, **SAINT-GOBAIN VITRAGE** dispose d'un réseau de filiales et licenciés implantés sur l'ensemble du territoire national.

**SAINT-GOBAIN VITRAGE** a participé avec ses clients à l'élaboration des réalisations architecturales parmi les plus prestigieuses de la décennie, notamment le Musée d'Orsay, la Pyramide du Louvre, la Grande Arche de la Défense, la gare TGV de Satolas, la Bibliothèque Nationale de France.

**"Les Miroirs" Cedex 27 - 92096 La Défense - Tél. (1) 47 62 34 00**

## BULLETIN D'ABONNEMENT

*Pour vous abonner, il vous suffit de nous téléphoner  
au 44.58.34.85 ou de nous retourner le bulletin  
ci-dessous à :*

### PCM Le Pont

Service Abonnement  
28, rue des Saints-Pères, 75007 PARIS

M. ....

Adresse : .....

.....

**souscrit un abonnement à PCM Le Pont**

(1 an = 550 F - Étranger = 580 F)

Règlement par chèque à l'ordre de PCM  
paiement à la réception de la facture

Date ..... Signature

## PROGRAMME RÉDACTIONNEL 1996

*Si un thème vous intéresse  
et si vous souhaitez écrire un article ou nous  
aider pour l'élaboration  
d'un sommaire,  
n'hésitez pas à nous contacter.  
Votre participation sera bienvenue.*

**Octobre** Banque - Finances - Assurances

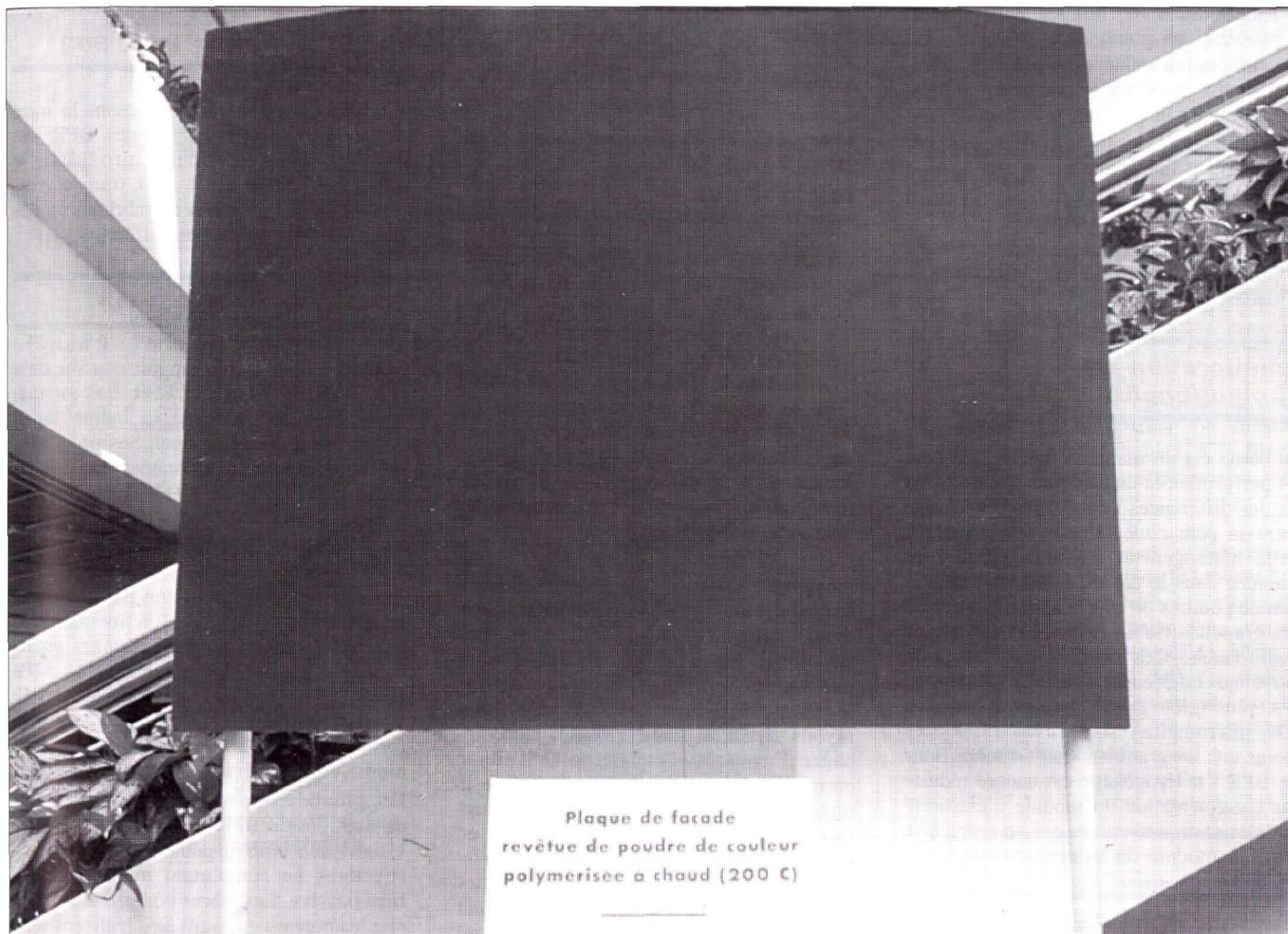
**Novembre** Eau et environnement

**Décembre** La route

.....  
Contact : Brigitte Lefebvre 44.58.34.83

# LES BÉTONS DE POUDRES RÉACTIVÉS (BPR)

*par Marcel Cheyrezy et Régis Adeline*



Plaque de façade  
revêtue de poudre de couleur  
polymerisée à chaud (200 °C)

Panneau de façade en BPR (épaisseur 15 mm).

**L**e béton, matériau de base de la construction depuis plus d'un siècle, n'a évolué de façon significative qu'à partir des années 80 avec la mise au point des Bétons à Hautes Performances (BHP). Précurseur de la formulation de ces nouveaux bétons, la Direction Scientifique de Bouygues a été la première à les mettre en œuvre à grande échelle lors de la construction de l'Arche de la Défense ou du Pont de l'Île de Ré. Dès 1990, sous l'impulsion de Pierre Richard, directeur scientifique de Bouygues, elle a franchi un nouveau seuil en créant un béton aux performances inédites : le Béton de Poudres Réactives (BPR), deux fois plus résistant qu'aucune roche naturelle connue, étanche à l'eau et aux gaz, est employé sans armatures passives.

Ce matériau ductile à ultra-haute résistance (200 à 800 MPa en compression) se substitue au béton traditionnel et à l'acier ainsi qu'à d'autres matériaux high-tech utilisés pour des applications industrielles ou militaires.

Le programme de recherche concernant les BPR a été conduit en appliquant les principes de base suivants :

- Amélioration de l'homogénéité par suppression des granulats,
- amélioration de la compacité par optimisation du mélange granulaire et pressage avant et pendant la prise,
- amélioration de la microstructure par traitement thermique après prise,
- amélioration de la ductilité par l'emploi de microfibrilles métalliques,
- fabrication et mise en place aussi proches que possible des pratiques existantes.

### Amélioration de l'homogénéité

Le béton est un matériau hétérogène dont les performances mécaniques sont limitées par les différences de modules d'élasticité entre la pâte cimentaire et les granulats. Cette hétérogénéité est considérablement atténuée dans le cas du BPR par l'utilisation de poudres de quartz en remplacement des granulats (sable et gravier) des bétons traditionnels. Ces poudres ont une taille moyenne inférieure à 300 micromètres. Les plus gros grains ne dépassent pas 500 micromètres soit environ 50 fois moins que les granulats traditionnels. Pour les BPR l'hétérogénéité est encore réduite par l'augmentation du module d'élasticité de la matrice cimentaire qui se rapproche ainsi du module du quartz.

### Amélioration de la compacité

Le principal paramètre qui détermine la quantité d'eau minimale nécessaire à la fluidisation du béton est sa compacité solide (complément de l'indice des vides). Pour un béton traditionnel, la compacité est augmentée par l'emploi d'un agent dispersant (superplastifiant) et par l'ajout de particules fines (fumée de silice) remplissant partiellement les vides entre les grains de ciments. Ces principes sont également utilisés pour le BPR qui comporte une quantité de fumée de silice égale à 25 % du poids de ciment.

Un autre moyen d'accroître la densité

solide du BPR consiste à appliquer une pression de serrage au béton frais avant la prise. Cela permet de réduire considérablement la quantité d'air occlus. En outre, lorsqu'on utilise des coffrages non parfaitement étanches on obtient un essorage avec élimination de l'eau excédentaire. Enfin, lorsque la pression de serrage est maintenue pendant la prise on obtient une compensation partielle du retrait chimique qui accompagne le phénomène de prise. Ces trois effets étalés dans le temps conduisent à des gains de densité de 5 à 6 %.

### Amélioration de la microstructure

La microstructure des BPR est améliorée par la réaction pouzzolanique de la fumée de silice qui conduit à la formation d'hydrates secondaires. Cette réaction est fortement activée par la température. Ainsi, en chauffant le BPR à 90°C pendant deux jours on obtient des résistances supérieures de 30 % à celles obtenues après 28 jours de cure à 20°C. Dans le même temps, l'analyse de la microporosité par porosimétrie au mercure montre que la taille des micropores décroît fortement.

L'ajout de quartz finement broyé (taille moyenne 10 micromètres) permet d'intensifier le traitement thermique jusqu'à des températures de 250 à 400°C. A ces températures, les hydrates amorphes sont transformés en hydrates cristallins comme le montre l'analyse en diffraction des rayons X. Cette transformation s'accompagne d'un départ d'eau qui conduit, d'une part à l'augmentation de la porosité de la microstructure et, d'autre part, à une augmentation considérable de la résistance en compression. C'est ainsi que des résistances de 670 MPa ont pu être obtenues sur des échantillons de BPR pressés avant et pendant la prise. La résistance record de 810 MPa a été atteinte pour du BPR dans lequel la poudre de quartz est remplacée par un granulats métallique.

### Obtention d'un comportement ductile

La matrice cimentaire obtenue en appliquant les principes mentionnés ci-dessus est presque aussi fragile qu'une céramique. Son énergie de fracturation ne dépasse pas 50 J/m<sup>2</sup>. Le béton traditionnel, qui est aussi un matériau fragile, a une énergie de fracturation d'environ 120 J/m<sup>2</sup>. L'ajout de fibres métalliques de petites dimensions

(diamètre 0,15 mm, longueur 13 mm) permet d'augmenter la résistance en flexion et d'accroître de façon considérable l'énergie de fracturation. Avec des dosages en fibres de 2 à 4 % en volume on obtient ainsi des énergies de fracturations, mesurées sur éprouvettes entaillées, de 20 000 à 40 000 J/m<sup>2</sup>.

### Définition du BPR 200 et BPR 800

Les travaux effectués concernant la mise au point des formulations des BPR ont conduit à retenir deux produits, le BPR 200 et le BPR 800, qui correspondent à des procédés de fabrication, des propriétés et des usages différents.

#### BPR 200

Malgré un très faible rapport eau sur liant [E/(C+FS) = 0,135], le BPR 200 est malaxé, coulé et vibré de la même façon qu'un béton conventionnel. Ses propriétés mécaniques sont mentionnées dans le tableau 1. La valeur de 170 MPa correspond à la résistance à 28 jours du BPR curé à température ambiante. Le même BPR traité à 90°C a une résistance de 230 MPa.

Les résistances à la traction par flexion et les énergies de fracturation mentionnées correspondent à différents dosages en fibres. On obtient respectivement 45 MPa et 30 000 J/m<sup>2</sup> avec un dosage de 2,5 % en volume, ce qui correspond à des performances voisines de celles de l'aluminium (Fig. 1).

Les propriétés de résistance en traction et de ductilité du BPR 200 permettent d'envisager son emploi pour la réalisation de structures ne comportant **aucune armature passive**. Les pièces comprimées telles que les poteaux peuvent être réalisées sans armatures. Les pièces tendues ou fléchies telles que les tirants, les poutres ou les

## PROPRIÉTÉS

Résistance à la compression
Résistance à la traction par flexion
Énergie de fracturation
Allongement à la rupture
Module d'élasticité

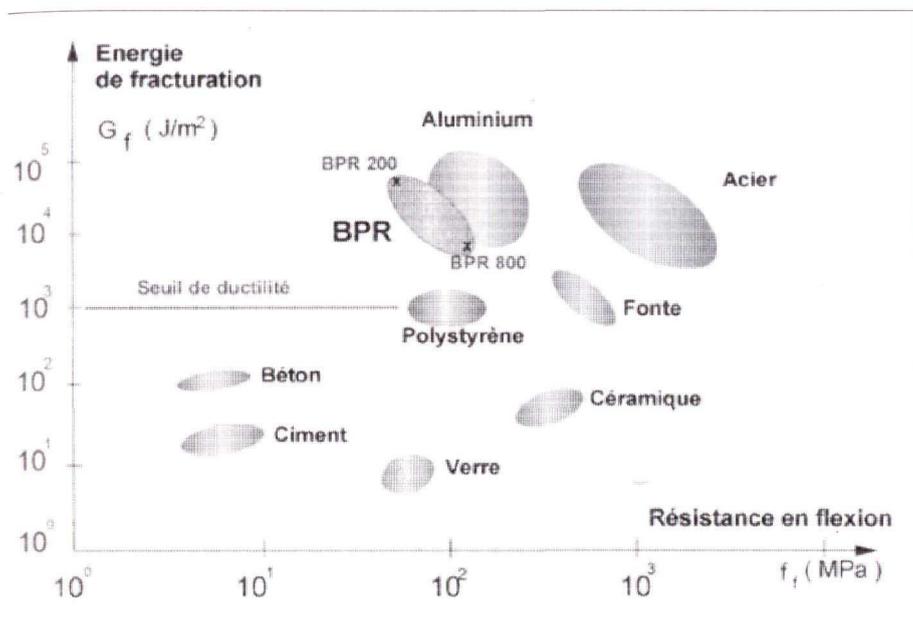
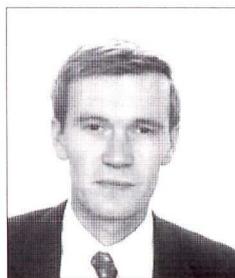


Figure 1 : Performances mécaniques comparées de différents matériaux.



**Marcel CHEYREZY,**  
PC 67.  
Bouygues, Directeur à la  
Direction Scientifique.



**Régis ADELIN,**  
X, PC 89.  
Bouygues, Ingénieur à la  
Direction Scientifique.

Tableau 1 :

**MÉCANIQUES DES BPR 200 ET BPR 800**

BPR 200	BPR 800
170 MPa à 230 MPa	490 MPa à 810 MPa
30 MPa à 60 MPa	45 MPa à 141 MPa
2 000 J/m <sup>2</sup> à 4 000 J/m <sup>2</sup>	1 200 J/m <sup>2</sup> à 2 000 J/m <sup>2</sup>
$5\ 000 \cdot 10^{-6}$ à $7\ 000 \cdot 10^{-6}$	-
50 GPa à 55 GPa	65 GPa à 75 GPa

dalles peuvent être réalisées en béton précontraint. Dans ce cas la précontrainte reprend les efforts de traction principaux alors que tous les autres efforts (compressions, tractions secondaires, cisaillements) sont repris directement par le BPR sans l'aide d'armatures passives. Des poutres de 15 m de portée en BPR précontraintes par prétension ont été réalisées et testées. L'absence d'armatures permet de réaliser des poutres à âmes minces. En fait, l'encombrement et le poids de la poutre en BPR sont comparables à ceux d'un profilé métallique de même moment résistant.

**BPR 800**

Le recours au serrage avant la prise limite l'emploi du BPR 800 aux pièces préfabriquées de petites ou moyennes dimensions.

Le BPR 800 utilise les mêmes composants que le BPR 200. Toutefois afin de pouvoir supporter sans dommage le traitement thermique à 250°C et de contrôler la microfissuration qui en résulte, on substitue, totalement ou partiellement, à la fibre de 13 mm une fibrille en acier inox de moins de 3 mm de long.

Le BPR 800, dont les propriétés mécaniques sont indiquées dans le tableau 1, est un matériau à très hautes performances pouvant remplacer l'acier dans certaines applications. Des prototypes de pièces mécaniques moulées ont déjà été réalisées. Le BPR 800 a également un excellent comportement vis-à-vis de la résistance à la pénétration de projectiles.

**Conclusion**

Par l'analyse des différents paramètres influant sur l'obtention de hautes résistances - homogénéité, compacité, pouzzolanité, cristallisation, dessiccation - il a été possible d'obtenir des bétons aux performances mécaniques élevées. Tous les BPR peuvent être fabriqués à partir d'équipements traditionnels, certains d'entre eux pouvant également être mis en œuvre sur chantier en utilisant des quantités réduites de matériaux.

De toutes les performances mécaniques obtenues, la plus remarquable concerne la ductilité qui permet la réalisation de structures en béton précontraint ne comportant pas d'armatures traditionnelles.

# ENTRE CRÉATIVITÉ ET TECHNOLOGIE

*par Alain Bucaille*

**L**eader mondial des matériaux de construction, le groupe Lafarge occupe des positions de premier plan dans chacune de ses activités : le ciment, les bétons et granulats, le plâtre et les produits de spécialité pour la construction.

*Facteur clé de succès de plus en plus déterminant : la recherche.*

*Ce géant du ciment fut l'un des premiers groupes industriels à se doter d'un centre de recherche. C'était en 1887. Aujourd'hui, Lafarge entend se doter d'une recherche structurée, efficace, capable de générer des économies d'échelle au plan mondial.*

*Un défi de taille face à un domaine d'activité en pleine évolution, où créativité, technologie et marchés s'interfèrent, et ceci dans un âpre contexte concurrentiel.*

*Un pari qui a séduit Alain Bucaille, un X-Mines de 44 ans que ces 16 ans dans l'administration ne prédisposaient pas vraiment à entrer dans le monde de la recherche bétonnière et cimentière de pointe.*

*Comment avez-vous été amené à intégrer le groupe Lafarge ?*

Après une carrière dans l'administration, largement tournée vers la recherche en économie, j'ai eu envie de passer d'un poste d'observateur à un poste d'acteur. J'avais participé à un certain nombre d'études clés sur l'industrie française et j'avais l'impression d'avoir fait le tour de la question.

J'ai donc pris contact avec deux entreprises. Lafarge est celle qui a répondu le plus rapidement à ma demande. Le groupe me proposait un poste qui utilisait mes compétences en analyse stratégique et m'ouvrait au monde des matériaux. Je me suis d'ailleurs très vite passionné pour la technologie. Ce qui était finalement assez logique.

*Comment définissez-vous votre rôle ?*

Il recouvre plusieurs facettes. Je suis



**Alain BUCAILLE**

**1971 : École Polytechnique**  
**1974 : Doctorat de troisième cycle en mathématiques**  
**1977 : École des Mines**  
**Depuis mars 1995 : Directeur de la Recherche, de la Technologie et de l'Innovation du Groupe Lafarge.**

d'abord chargé de piloter la recherche de Lafarge. Cette dernière est menée pour moitié par un laboratoire central de recherche et pour l'autre moitié par des laboratoires d'applications dépendants des différentes unités du groupe situées près des marchés locaux.

L'ensemble de cette recherche représente 350 millions de francs de dépenses par an.

Deuxième rôle : piloter la politique produits, en particulier en ce qui concerne le ciment Portland.

Enfin, j'ai une mission de facilitateur de lancement de projets d'innovation, entre les unités marketing qui expriment des besoins et les chercheurs qui proposent leurs capacités scientifiques, sachant que les développements sont menés par les branches, activités et autres unités opérationnelles du groupe.

**Comment se manifeste le poids de la technologie dans les matériaux de construction ?**

La technologie pénètre de plus en plus le monde des matériaux de construction par la transformation et l'évolution des outils de mesure des laboratoires. Ces derniers se sont modernisés et se dotent d'équipements et de méthodes d'analyse de pointe : microscopie électronique et environnementale, spectroscopie infra-rouge à « transformée de Fourier », chromatographie ionique de haute performance, résonance magnétique nucléaire, thermogravimétrie à vitesse contrôlée... Ces moyens permettent d'observer les matériaux à une échelle beaucoup plus fine et plus complète qu'auparavant, de mieux exploiter leur possibilité, leur caractérisation, et par conséquent de progresser dans leur conception. Parallèlement, on assiste à l'essor des polymères. Une évolution qui est de nature à créer des systèmes combinant ingrédients organiques et ingrédients minéraux beaucoup plus performants. D'année en année, les diagrammes de solubilité, les calculs thermodynamiques, les cinétiques chimiques rentrent de plus en plus au cœur des démarches d'analyse des produits. La technologie et la chimie sont en train d'irriguer notre industrie et d'en étendre les possibilités.

**Et son influence sur les attentes des marchés ?**

Jusqu'à il y a encore 10 à 15 ans, les marchés étaient hors ciment très différents d'un pays à l'autre, avec des habitudes nationales encore fortement ancrées : chaque pays a son habitat, ses habitudes de construction, son climat, ses goûts... Le mouvement technologique en cours ne va pas gommer toutes ces différences. Ce n'est d'ailleurs pas notre objectif. Par contre, la technologie irriguera la satisfaction d'attentes des marchés, variables de pays à pays. Ce qui nécessite plus encore qu'hier de rapprocher recherche et fonction commerciale, voire de créer des passerelles efficaces entre ces deux mondes et d'internationaliser nos équipes de recherche.

**Quels sont les axes de recherche de Lafarge ?**

Le premier axe concerne l'amélioration de la qualité des produits existants. Les progrès effectués dans ce domaine sont continus du fait de l'évolution des



outils de mesure et d'analyse des laboratoires. Le deuxième axe, plus spectaculaire, porte sur les innovations de ruptures. Par exemple : nous sommes en train de travailler en partenariat avec Rhône-Poulenc et Bouygues sur la conception du béton du futur ou béton de poudres réactives, dont les performances en termes de résistance à la compression, à la déformation ou à la flexion, n'auraient rien à voir avec celles d'aujourd'hui.

Entre ces deux axes, il existe de très nombreux projets d'adaptation de gammes de produits existants et des études visant à détecter des marchés stratégiques pour l'entreprise.

**Quelle sera la conséquence de la réorganisation actuelle de la recherche chez Lafarge en termes de ressources humaines ?**

Elle nous impose de faire évoluer nos effectifs de recherche et d'équilibrer notre politique de recrutement entre des personnes déjà fortement expérimentées et des débutants.

Nos ambitions ne pourront être atteintes que par une forte élévation du niveau de nos ressources.

C'est un défi passionnant pour les années à venir.

**CHIFFRES CLÉS LAFARGE**

**Chiffre d'affaires 1995 :**

33,218 milliards de francs

**Dépenses :**

1 % du chiffre d'affaires (350 MF)

**Répartition :**

- recherche produits : 50 %
- recherche process : 50 %

**Organisation :**

- Un laboratoire central à L'Isle-d'Abeau (Ardèche)
- Des centres techniques implantés au sein d'unités opérationnelles en France et à l'étranger

# Le verre dans le bâtiment : un matériau ancestral mais moderne

Le verre est un signe de modernité architecturale depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle.

Les diverses fonctions qu'il remplit lui ont permis d'être souvent associé aux évolutions des techniques constructives et des modes d'utilisation de bâtiments à destinations variées.

On pourrait citer, par exemple, son utilisation en verrières au XIX<sup>e</sup> siècle à des fins socio-économiques. Cette application correspondait en effet à un développement de l'ère industrielle et marchande avec la volonté de créer de grands espaces couverts (gares, pavillons d'exposition, marchés...).

Au XX<sup>e</sup> siècle, les recherches et développements de l'industrie verrière ont permis à ce matériau d'exception d'ajouter à ses qualités originelles de transparence, des propriétés lui permettant aujourd'hui de répondre à d'autres besoins comme :

- les économies d'énergie ;
- l'aspiration à un plus grand confort ;
- le développement de la sécurité.

De ce fait, le verre peut être aujourd'hui considéré comme l'un des rares matériaux multifonctionnels du bâtiment.

Les axes de recherche-développement qui ont permis ces évolutions dans les performances du matériau portent essentiellement sur :

- la transformation des surfaces par différents traitements ;
- la modification des compositions chimiques ;
- l'association avec d'autres matériaux qui rend possible la création de produits composites.

Depuis plusieurs décennies, des raisons économiques nous ont amenés à accélérer nos recherches de nouveaux produits verriers pour rehausser les niveaux de performances thermiques des bâtiments, en particulier de la baie vitrée, tout en répondant à une demande croissante de confort.

Des vitrages isolants avec dépôt de couche basse émissivité (Vitrages à Isolation Thermique Renforcée) ont été conçus afin d'obtenir un renforcement du pouvoir isolant et une meilleure régulation thermique.

Ces couches, constituées d'oxydes métalliques appliqués sur les surfaces du vitrage, modifient ses propriétés réfléchives, diminuent les échanges de chaleur par rayonnement (un des trois modes de transfert de chaleur) et permettent ainsi de réduire très fortement les déperditions de chaleur mais aussi les dépenses de chauffage.

On notera en outre que l'évolution de cette nouvelle technologie permet de prendre en compte la protection de l'environnement en limitant les émissions de CO<sup>2</sup> liées à la production d'énergie.

Ces performances thermiques améliorent considéra-

blement le confort de l'habitat conformément aux exigences de plus en plus marquées des utilisateurs.

Une agréable sensation de confort règne à proximité de la baie vitrée, en particulier l'hiver lorsque les températures extérieures sont basses. En outre, l'apparition de condensation sur la face intérieure du vitrage isolant est pratiquement supprimée.

Les notions de protection et de sécurité s'imposent très souvent, soit pour répondre aux normes en vigueur, soit simplement pour répondre à un réel besoin de protection, notamment contre les risques de blessures, contre le vandalisme et contre l'effraction.

Le verre pris intrinsèquement sous sa forme traditionnelle, ne peut pas toujours apporter une réponse à ces questions.

La solution passe soit par un traitement thermique qui lui confère des qualités particulières (trempe), soit par l'association avec d'autres matériaux tels que polymères ou résines.

Grâce à cette faculté de transformer et moduler les propriétés du verre, notre recherche-développement nous a permis par exemple de faire naître récemment de nouveaux produits offrant des solutions de protection contre le vandalisme et l'effraction.

De par ses multiples propriétés et grâce à des techniques de mise en œuvre de plus en plus sophistiquées, le verre trouve de très nombreuses applications dans le bâtiment.

Traditionnellement, on pense que le verre est essentiellement utilisé pour l'enveloppe du bâtiment (façade, verrière). On constate pourtant avec surprise qu'il est autant utilisé en intérieur que sur les façades.

Depuis les années 1980, on assiste à un développement des produits verriers en décoration intérieure répondant aux exigences des designers et permises par l'évolution des techniques de traitement de surface (émaillage, sablage, bouchardage, etc...) et d'autres possibilités de mise en œuvre (colles UV notamment).

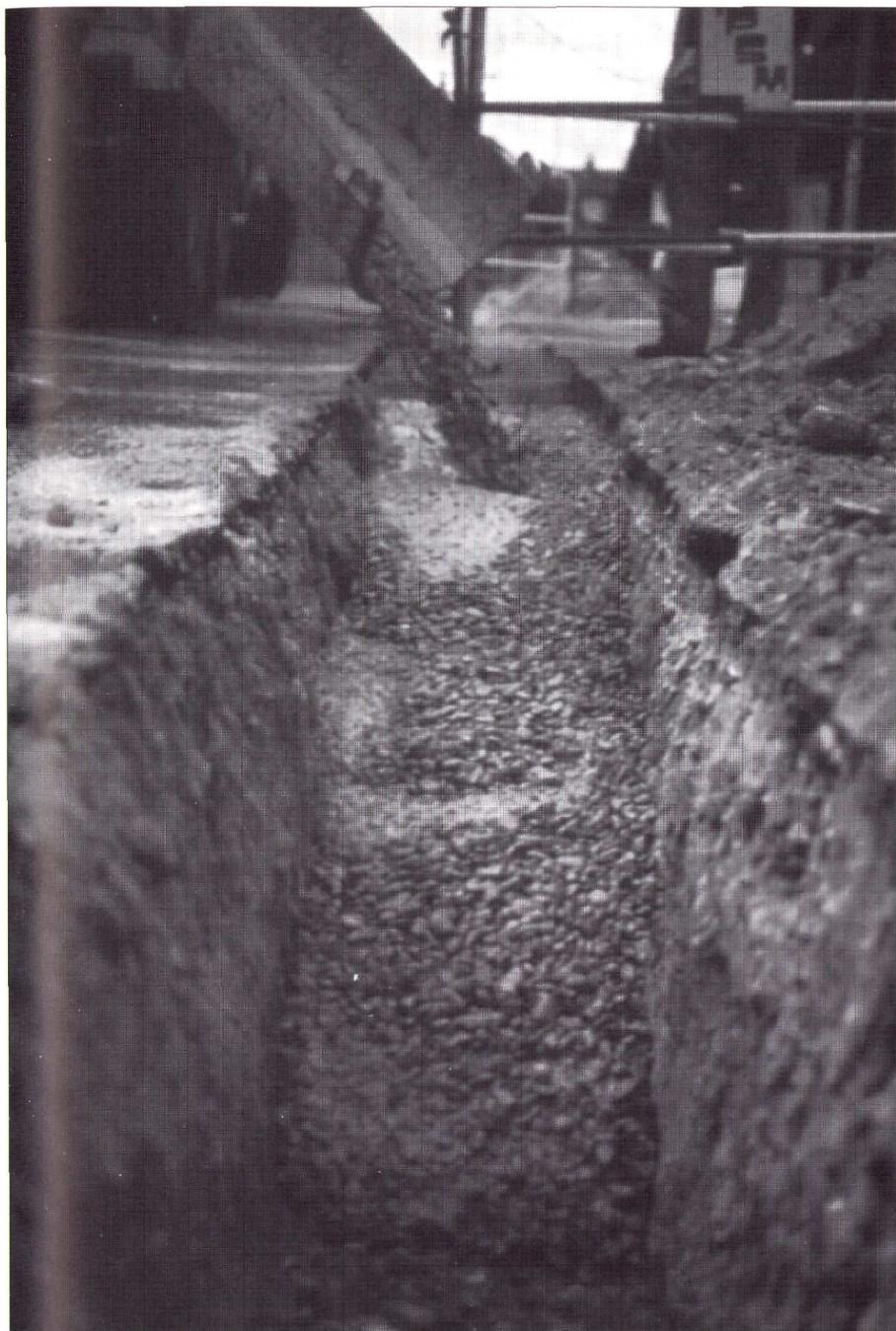
Enfin, l'innovation s'est exprimée largement ces dix dernières années dans le domaine des façades légères (VEC - VEA - Double peau, etc...) et, depuis peu, dans des réalisations d'éléments de structure (poteaux, poutres, contreventements...), pour lequel Saint-Gobain Vitrage est leader tant en moyens de production qu'en matière de compétence technique pour les études des projets.

Ces applications renforcent notre conviction que le verre est un matériau moderne et d'avenir, dont on est loin encore d'avoir utilisé toutes les ressources.

**Jean-Jacques DAGUERRE (CIVIL 71)**  
Directeur Marketing & Développement  
SAINT-GOBAIN VITRAGE

# BÉTON DE TRANCHÉE : UNE SOLUTION NOUVELLE A UN PROBLÈME CONNU

*par Dominique Hoestlandt*



**Q**ui (automobiliste ou piéton) n'a jamais pesté contre le désagrément de ces tranchées qui viennent couper les chaussées de nos villes, les trottoirs de nos quartiers, parfois des routes plus importantes ? Nous savons bien sûr que c'est un mal nécessaire, contrepartie d'un équipement urbain de qualité (eau, électricité, gaz, téléphone, réseaux divers...) ; mais nous aimerions que cette contrepartie soit la moins perturbante possible : ne pourrait-on faire les travaux plus vite, les tranchées plus courtes (ou plus étroites) ?

Qui (élus, services techniques de collectivités locales) n'a pesté contre cette curieuse habitude qu'ont apparemment les concessionnaires de réseaux d'entreprendre leurs travaux de creusement de chaussée indépendamment les uns des autres (ce qui multiplie les occasions de désordre) ? Sait-on qu'il se creuse en France, bon an mal an, plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de tranchées (EDF, par exemple, en ouvre environ 17 000 km par an ; dans la seule communauté urbaine de Lyon, on estime à 8 000 par an le nombre de trous de l'ordre du m<sup>3</sup> qu'il faut creuser puis reboucher). Quel concessionnaire de voirie n'a rêvé, pour atténuer ces « nuisances », de disposer de techniques lui permettant de gagner du temps dans ces travaux de VRD : tranchées plus étroites (lorsque c'est possible), plus simples à recreuser (lorsqu'il s'agit de modification de réseaux), rapides à remblayer ensuite, et qu'on peut remettre rapidement en circulation (donc présentant assez vite des portances suffisantes).

**Une solution séduisante : le béton de tranchée**

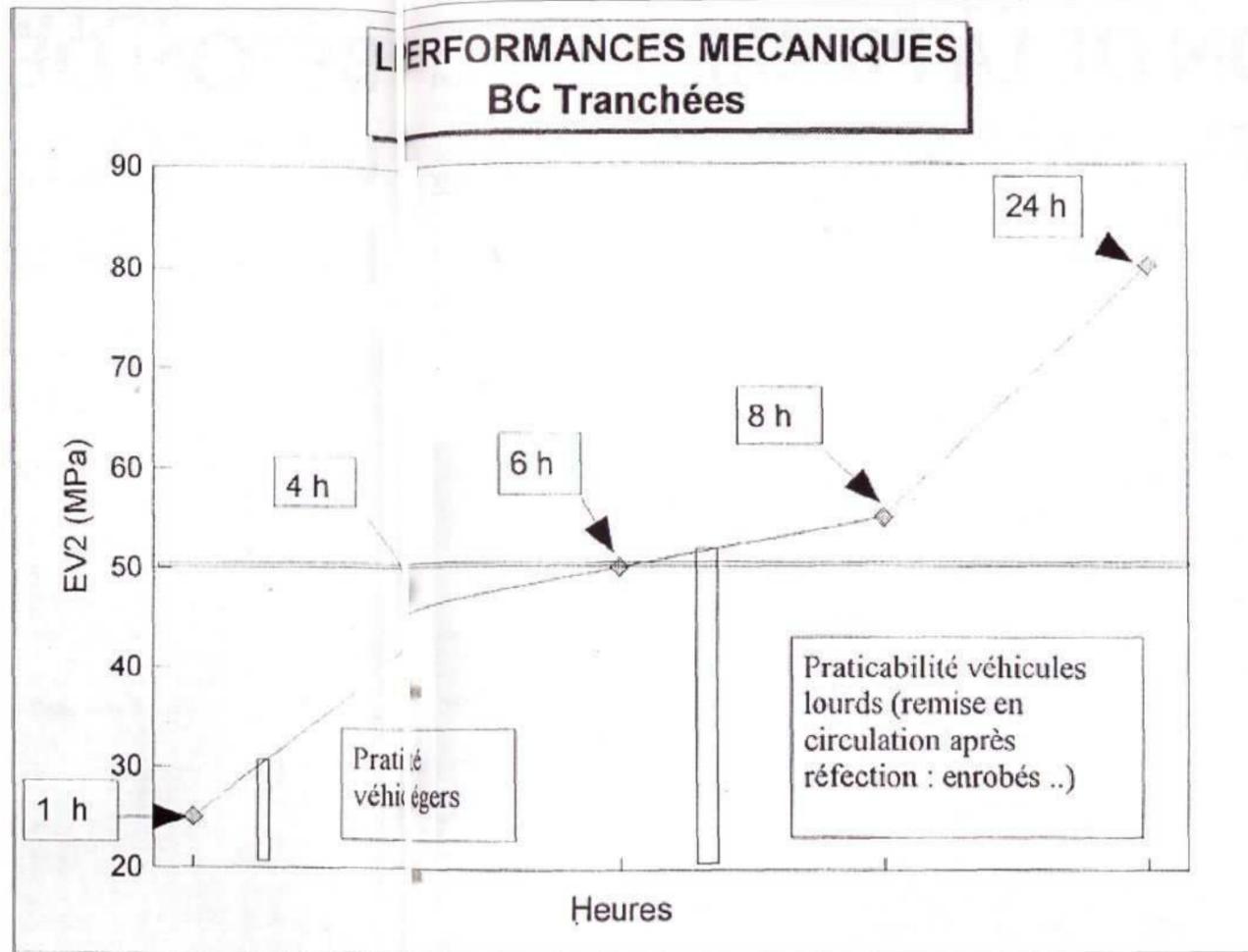
En nous inspirant largement de l'expérience canadienne de Lafarge, nous avons mis au point et commercialisons désormais (sous l'appellation « BC Tranchée ») un béton de tranchée dont les caractéristiques sont très intéressantes pour un certain nombre d'utilisations. C'est en effet un produit préparé en centrale à béton (BPE), livré en camion malaxeur avec une consistance fluide (voir photo). Il est auto-compactant, ne présente pas de tassements différés une fois en place. Il offre une portance « acceptable » six à huit heures après sa mise en place (et la portance d'un sol « très peu déformable » deux à trois

jours après) ; enfin il est excavable (ce qui autorise tous les « remords » du gestionnaire de réseau, parfois obligé de désenfouir ses réseaux quelques années après).

Par « portance acceptable », on entend ici la définition que donne le SETRA des sols « peu déformables » (voir le tableau ci-contre, en figure 1) : un « module de déformation à la plaque », noté EV<sub>2</sub>, est mesuré selon le mode opératoire LCPC par l'essai à la plaque de 600 mm. On estime qu'au delà de 50 Mpa, il définit un sol « peu déformable » (dans lequel l'essieu de 13 tonnes ne laisse pas d'ornièrerie), qui autorise un classement P3 (pour les voiries à faible trafic) ou Pf2 (pour les voiries à trafic important), selon la nomenclature SETRA.

On observera, en figure 2, la rapidité avec laquelle ce béton de tranchée acquiert une portance suffisante pour supporter le passage de véhicules légers moins de deux heures après mise en œuvre, et le passage de véhicules lourds de six à huit heures seulement après mise en œuvre (ce délai de compactage étant inversement proportionnel à la perméabilité du sol dans lequel est creusé la tranchée : c'est en effet par une sorte de percolation de l'eau initiale que s'opère le compactage du BC Tranchée).

D'autre part, avoir un produit auto-compactant est un atout décisif dès que les tranchées sont étroites, ou à géométrie complexe : outre l'attrait d'un produit à mise en place très rapide (puisqu'il est versé directement en fond de tranchée par le camion toupie, et se met en place de lui-même), il présente une densité homogène sur toute la hauteur du remblai, et ainsi évite tout tassement différé. Rappelons que, dans les solutions classiques, ce phénomène de tassement différé impose le



plus souvent de procéder en deux temps pour la réfection de la couche de roulement de la chaussée (une première réfection provisoire de la couche de roulement, au

moment de la mise en circulation, puis la réfection définitive quelques semaines plus tard).

**Le BC tranchée est-il vraiment un béton ?**

A vrai dire, le technicien puriste pourrait nous reprendre sur l'appellation de « béton » donnée à notre BC Tranchée ; il s'agit stricto sensu d'une grave fluide auto-compactable réexcavable. Grave 0-20 adaptée, enrichie en éléments fins et médians du fuseau granulaire, elle contient une quantité relativement faible de liant hydraulique, et est le plus souvent adjuivée (on m'excusera de ne pas livrer ici le détail de sa formulation). Largement dosée en eau au départ de la centrale BPE, cette grave acquiert de ce fait une rhéologie fluide (très inhabituelle pour une grave). Cette eau en excédent est précisément ce

**Dominique HOESTLANDT PC 70, Architecte DPLG Directeur Général Adjoint de LAFARGE Bétons Granulats**

qui en permet la mise en place : à mesure qu'elle s'évacue par percolation (ce qui se produit d'autant plus rapidement que le terrain entourant la tranchée est perméable), le squelette granulaire s'ordonne, s'empile et assure ainsi une grande stabilité dimensionnelle au remblai. En même temps, il se fait une remontée de fines en surface ; une pellicule de laitance se forme, vient enrober partiellement les gravillons superficiels, et fait prise. Il se crée ainsi, sur le remblai, une croûte superficielle qui limite l'entraînement mécanique des granulats, et favorise l'accrochage du revêtement de surface.

**Avantages comparés des diverses solutions de remblai de tranchée**

En matière de tranchées, rappelons que les solutions de remblai les plus courantes (et largement répandues) consistent tout simplement à remplir les tranchées de graves classiques ou de tout-venant. Leur mise en place et leur compactage se font - selon les règles de l'art - par couches successives de 25 à 30 cm. Cette solution « traditionnelle » a bien entendu l'avantage d'utiliser des matériaux bruts peu coûteux. Elle peut cependant avoir l'inconvénient d'une mise en place plus longue, et surtout plus délicate dès lors que la tranchée (ou le trou) deviennent étroits, encombrés, ou d'une géométrie compliquée : il y faut alors des outillages spécialisés, une main d'œuvre plus qualifiée et plus nombreuse.

C'est précisément dans le cas de travaux à faire rapidement, et/ou de formes étroites ou complexes à remblayer qu'on trouve le domaine d'élection naturel des bétons de tranchée : deux à trois fois plus chers qu'une grave classique, ils sont sensiblement plus économiques à la mise en place, et offrent des garanties techniques appréciables : densité homogène sur toute la hauteur de la zone remblayée, absence de tassement différé, bon remplissage, portance d'autant plus rapide que le terrain est perméable.

Signalons, pour mémoire, l'existence de bétons, coulis, mortiers de remplissage. Mais leur prix plus élevé que les bétons de tranchée (de 15 % à 20 %) les rend en général peu compétitifs en utilisation de remblaiement de tranchées, et les destinent plus avantageusement au comblement d'anciens réseaux, de canalisations ou buses désaffectées, caves, cuves à condamner, etc.

**CLASSIFICATION DES SOLS EN FONCTION DE LEUR PORTANCE**

P	Examen visuel (essieu de 13 t)	Indice portant CBR	Module de déformation à la plaque EV <sub>2</sub> (MPa)
P0	Circulation impossible, sol inapte, très déformable	CBR ≤ 3	EV <sub>2</sub> ≤ 15
P1	Ornières derrière l'essieu de 13 t déformable	3 < CBR ≤ 6	15 < EV <sub>2</sub> ≤ 20
P2 ou PF1	Pas d'ornières derrière l'essieu de 13 t	déformable	6 < CBR ≤ 10
P3 ou PF2		peu déformable	10 < CBR ≤ 20
P4 ou PF3		très peu déformable	20 < CBR ≤ 50
P5 ou Pex		très peu déformable	CBR > 50
			EV <sub>2</sub> > 200

# L'UTILISATION DE LA PIERRE NATURELLE EN DALLAGES

par Arnaud de Servigny

**Q**uelles filières pour passer de la carrière de pierre de taille au produit fini de second œuvre : le sol de pierre ?

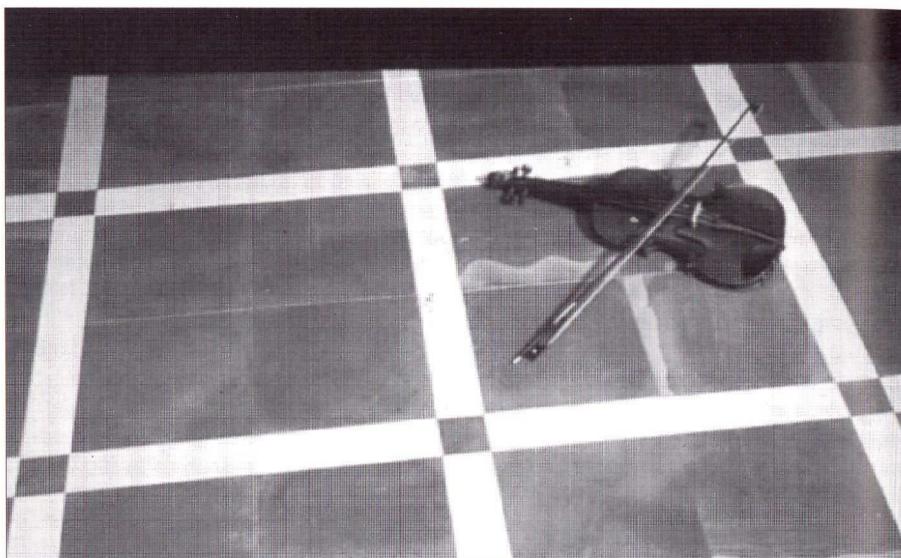
## Rétrospective historique des techniques de production

La pierre naturelle fait incontestablement partie de notre patrimoine culturel, tant en sols qu'en façades, constituant à partir du XI<sup>e</sup> siècle un des moyens de construction privilégiés de l'habitat individuel, du bâtiment public et de l'ouvrage d'art.

En dehors du caractère extrêmement artisanal de l'extraction et du façonnage des blocs de pierre, leur transport par charroi de bœufs a très longtemps été trop onéreux et lent pour que l'on sorte d'un usage local de produits locaux.

Ce n'est qu'au XIX<sup>e</sup> siècle, à la veille des programmes Haussmanniens, que la *révolution industrielle* a réellement bouleversé ce secteur d'activité. Le développement d'énergies nouvelles, d'abord à base de vapeur d'eau, avait en effet favorisé un accroissement de la dimension des blocs extraits dont le levage et le sciage était devenu possible. Cette mutation a permis un accroissement dans l'usage de la pierre, avec toutefois le maintien d'une contrainte de transport élevée.

Après la seconde guerre mondiale, deux nouvelles mutations successives ont une nouvelle fois changé la donne : C'est d'une part l'usage *d'outils diamantés* pour la découpe de la pierre, permettant une accélération des cadences de production, une diminution de l'épaisseur des tranches de pierre coupées et enfin la réduction de la part de la main d'œuvre dans les coûts de production, c'est également plus récemment la mise en place de *lignes robotisées de façonnage* favorisant un travail en continu avec une manutention beaucoup plus légère encore. Ces deux mutations successives ont eu des conséquences majeures sur l'évolution de la profession. La



Sols de France : Sonate.

première est la *maîtrise totale des épaisseurs nécessaires*, alors qu'autrefois les épaisseurs étaient dictées par les problèmes techniques, aujourd'hui, rien de tel ; en conséquence en moins d'un siècle, les dalles sont passées de 5 cm d'épaisseur à 1 cm d'épaisseur, avec en parallèle une amélioration quant à la sélection de la matière première.

La seconde évolution résulte de la *maîtrise renforcée des aspects de surface*. Autrefois le polissage était un travail de marbrier, effectué à l'aide d'une genouillère, travail onéreux réservé aux marbres destinés au mobilier et aux accessoires de décoration (dessus de commodes, tabliers de fenêtres...). Aujourd'hui, obtenir un poli parfait ne pose pas problème, d'où la tentation récente qui consiste à offrir facilement ce type de finition qui ne correspond guère à une habitude culturelle fran-

çaise et qui risque de donner un rendu froid et quelque peu artificiel à l'espace d'habitation.

Ces deux évolutions ont permis une meilleure accessibilité de la pierre pour l'habitat individuel, elles ont également permis de diminuer significativement la contrainte de transport.

## Un retour aux produits naturels pour l'habitat intérieur

Il semble y avoir aujourd'hui un véritable attrait pour des *matériaux naturels* nobles. Le souci du naturel, de l'authentique, du matériau vrai, le rustique, l'artisanal apparaissent comme autant de valeurs caractéristiques de notre époque. L'offre actuelle des carrelages imitant des pierres, des

terres cuites ou plus récemment du bois en est une bonne illustration.

Dans le même temps, les études publiées montrent que la demande de produits de sol évolue : la part du logement neuf et de l'équipement neuf semble diminuer au profit de la **rénovation**. Cette évolution se traduit par deux conséquences : une diminution des surfaces unitaires posées d'une part et d'autre part un réel souci d'intégration du sol dans **une démarche de décoration individualisée**.

La conjonction de ces deux perspectives paraît ouvrir des opportunités pour des sols moyenhaut de gamme.

Parmi ces sols moyenhaut de gamme, la pierre naturelle, matériau traditionnel, apparaît comme une opportunité nouvelle, en raison de la profonde mutation qui a eu lieu dans ce secteur au cours des dernières années.

### La pierre naturelle, identification des produits disponibles pour les sols

La notion de pierre naturelle regroupe une **diversité importante**, on peut distinguer, en gros, trois principaux groupes :

- les granits,
- les marbres,
- les pierres calcaires dures.

**Les granits** ont connu un essor assez considérable pour des réalisations urbaines et publiques, moins en habitation. La France a, il faut le rappeler, un patrimoine culturel plutôt à dominante calcaire que granitique.

**Les marbres** sont assez souvent utilisés, notamment pour des usages se rapprochant du sanitaire mais également pour des espaces publics. En habitat privatif, le marbre pâtit de deux handicaps : sa brillance, nouvelle dans les pays d'Europe du nord, et sa symbolique de luxe qui rend le produit plus difficilement accessible, sauf peut-être sous des formes vieillies.

Il existe enfin les **pierres calcaires**, d'aspect mat ou lustré, véritables éléments du patrimoine français et nord européen, pierres très diverses et dont on ne connaît souvent que les plus fameuses : les pierres de Bourgogne. Parmi ces pierres calcaires, tout n'est pas bon à prendre, les plus tendres sont destinées aux façades et élévations, les plus dures ont un usage bien établi pour les sols, d'ailleurs une bonne partie des édifices du passé ont conservé ces sols, preuve de leur robustesse.

### Standardisation des dalles et intérêt économique

Pour les pierres calcaires dures destinées au sol, il y a aujourd'hui une **gamme de formats** possibles au moins aussi **large** que pour du carrelage.

Il est en effet possible de trouver dans la pierre, par analogie avec le carrelage, des standards de dimension (20 x 20 cm ; 30,5 x 30,5 cm ; 40,6 x 40,6 cm), des formats spécifiques (triangles, dalles à coins coupés, rectangles) et des pièces spéciales (cabochons, bandes) compatibles entre eux.

Cette variété des formats standards représente un phénomène véritablement nouveau, en ce sens que la standardisation amène à une maîtrise des prix et donc à un accès facilité aux produits.

### Nouvelles techniques de pose

Les évolutions techniques se sont également traduites par la capacité à fabriquer des dalles d'épaisseur mince (1 à 2 cm). On peut se poser la question de la solidité de ces dallages.

Autrefois, lorsqu'on posait un dallage très épais sur lit de sable stabilisé à la chaux, on cherchait à apporter une solution à un double problème : celui du revêtement du sol et celui de la chape.



**Arnaud de  
SERVIGNY,  
PC 87,  
Directeur  
de SOLS de  
FRANCE**

Aujourd'hui on réalise la chape à part, en béton, on y loge les fluides : eau, électricité... Il s'agit donc de poser le dallage sur un sol plan et rigide, la seule question à régler est donc de permettre une bonne adhérence entre dallage et chape, ce que permettent parfaitement les mortiers colles actuels. Les dallages épais ne sont plus nécessaires.

Ces perfectionnements sont reconnus par les **normes techniques françaises** (NF B 10 601, DTU 521), et sont particulièrement utiles dans les contextes de rénovation où il est difficile de libérer une forte épaisseur pour le sol.

### Une palette chromatique à découvrir

Parmi les pierres calcaires dures, il existe une palette de couleurs très large : blanc, beige, brun, jaune, vert, rose, noir...

Il y a donc un vrai effort de découverte à opérer pour retrouver un nuancier large. Une contrainte architecturale a généralement été levée pour de nombreux matériaux de construction ces dernières années : c'est l'obligation de l'usage des matériaux locaux et des chromies locales. Jusqu'à il y a peu de temps la pierre avait, elle, encore cette contrainte chromatique, car en sortir **demandait un effort important sur le plan logistique** : la couleur verte se trouve en Allemagne ou en Angleterre, le noir en Belgique, le rouge en Italie ou en Espagne, le beige et le brun en France... Le challenge contemporain de la pierre naturelle pour les sols est donc clairement de lever cette contrainte chromatique pour que celle-ci puisse occuper toute la largeur de la gamme produits dans son segment de marché, perdant ce côté amateur et confidentiel résultant du manque de choix.

### Esthétique et patrimoine culturel

L'usage bien établi en France, notamment au XVIII<sup>e</sup> siècle, voudrait que chaque dalle mesure la taille du pied, soit de 28 à 30 cm de côté. C'est cette dimension que l'on retrouve d'ailleurs à Versailles. Une tendance actuelle semble être à l'agrandissement de la taille des dallages dans les habitations particulières. Cette évolution ne pose pas de problème technique. Sur le plan de la recherche de l'harmonie, elle paraît plus discutable. Les plus grandes dalles étaient réservées à des pavages d'églises, en extérieur ou encore des ambiances plus rustiques. ■

1747

ÉCOLE NATIONALE

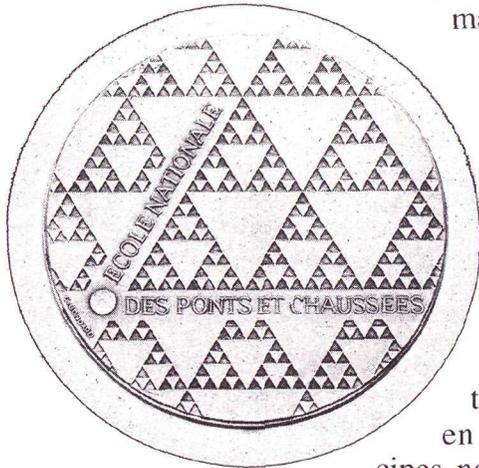


Proposées par l'Association pour le 250<sup>e</sup> de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, seront en vente dès le début de l'année 1997. Nous vous les présentons.

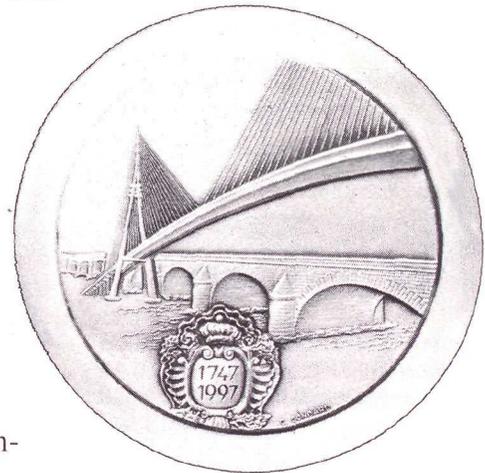
## MÉDAILLE DU 250<sup>e</sup> ANNIVERSAIRE

**M**édaille de 72 mm de diamètre, auteur Claude Gondart, frappée en bronze patiné par la Monnaie de Paris.

Avers : variation à partir du logo de l'École qui se répète à diverses échelles, à la manière de fractales.



Revers : superposition du pont de Normandie sur le pont Royal d'Orléans, construit au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle et toujours en service, en appliquant les principes novateurs de Perronet.



Deux ponts, deux dates inscrites dans le cartouche central du pont Royal – 1747, date de fondation de l'École des Ponts et Chaussées et 1997 –, les deux fleuves la Loire et la Seine dont les bassins sont complètement français.

1997

ans  
ONTS ET CHAUSSÉES

deux médailles signées Claude Gondart (X 65), et frappées par la Monnaie de Paris, ci-dessous accompagnées d'un bref commentaire de l'auteur.

## MÉDAILLE J.-R. PERRONET

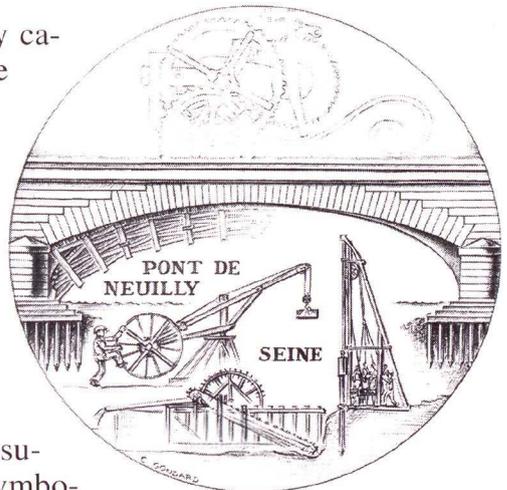
### 1708-1794, PREMIER DIRECTEUR DE L'ÉCOLE

**A**vers : effigie du grand ingénieur.  
Revers : composition d'éléments caractéristiques de son œuvre. Au centre, une arche de l'ancien pont de Neuilly dont l'élancement hardi était novateur pour l'époque.

L'arche du pont de Neuilly caractérise l'apport de Perronet à l'allègement de l'architecture des ponts.

En partie inférieure, l'ingénieur et le pédagogue expliquent comment les construire.

En filigrane, en partie supérieure, l'odomètre qui symbolise une autre dimension de Perronet, celle du gestionnaire soucieux de ne rémunérer que le travail effectué, une préoccupation novatrice au XVIII<sup>e</sup> siècle.





# LU POUR VOUS

Fouad Laroui

## Les dents du topographe



roman  
Julliard

PC 82, économiste, actuellement chercheur en Angleterre, signe ici son premier roman

« **U**n jour, quelques officiers ivres s'avisèrent de fomenter un coup d'État ; puis ils passèrent à l'action, tant qu'à faire. J'avais dixsept ans ; ce coup d'État me concernait peu. » Bien malgré lui ce jeune Marocain, amateur de canulars, passe un moment pour un agitateur. Renvoyé du Lycée français de Casablanca, il part à travers son pays croyant tourner le dos à la « boultique ». Mais, ici comme ailleurs, les micmacs vont bon train. Un chef de village lui propose un trafic, une panacée d'origine américaine : le « koulakoula » ; une fille s'offre à lui pour le contraindre au mariage, fût-ce les menottes aux poignets ; un topographe est licencié pour ivresse, lui qu'une rage de dent faisait tituber...

C'est d'un ton faussement candide, malicieux en diable, que le narrateur raconte les hasards de la route où les illusions se perdent et où le rêve, lui, mène toujours plus loin. »

« *Les Dents du topographe est beaucoup mieux qu'un pamphlet politique ; il va plus loin et plus profond que la dénonciation d'un régime. Ce n'est ni le roi ni son gouvernement qui sont interpellés par l'écrivain en exil, mais le Maroc lui-même, tout entier qui se trouve pris à parti. Laroui ne se fait d'illusion ni sur les révolutions politiques ni sur les vertus rédemptrices du peuple... »*

(*Le Monde des livres*, 3/08/93).

Laroui fait montre d'humour et d'un réel toupet : il n'est pas tendre pour le système du grandvizir. « *Les mathématiques, dit-il, sont un questionnaire permanent. On passe sa vie à chercher à comprendre pourquoi telle équation n'est pas intégrale. Je suis donc, par nature et par nécessité, quelqu'un d'étonné »*

(*L'Express*, 22/08/96) ■

## GUIDE DE CONCEPTION ET DE GESTION DES RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT UNITAIRES ÉTAT DE L'ART

François VALIRON - Michel AFFHOLDER

(sous l'égide de l'AGHTM et de l'Agence de l'eau Seine-Normandie)

**C**e guide de conception et de gestion des réseaux d'assainissement unitaires développe les modifications à apporter à ces réseaux pour répondre aux impératifs de la directive de l'Union européenne sur les eaux résiduaires. Il explicite l'ensemble des mesures à mettre en œuvre pour identifier les besoins d'investissements, définir une stratégie d'action et établir de nouveaux modes de gestion en accord avec les nouvelles réglementations.

Les auteurs se sont appuyés sur une centaine d'études récentes ainsi que sur deux enquêtes menées par l'Agence de l'eau Seine-Normandie. La première enquête analyse l'expérience anglaise dans la gestion des déversoirs, la seconde concerne les diverses dispositions mises en œuvre en Ile-de-France. Ils ont également pris en compte les travaux du groupe pluvial de l'AGHTM. Ce guide insiste notamment sur :

– le rôle déterminant des dé-

versoirs d'orages et les modifications à leur apporter pour réduire la pollution déversée,

- les modes de calcul et de mesure,
- l'importance des différents points d'échanges, parfois occultes, entre les collecteurs que l'histoire a souvent rendus très complexes.

Nous sommes persuadés que cet ouvrage ne manquera pas d'intéresser vos lecteurs et vous remercions par avance de l'accueil que vous

saurez lui réserver. N'hésitez pas à nous contacter pour l'obtenir en service de presse. ■

### Pour information :

Format 16 x 24,5 376 pages - 335 F.

### Éditeur :

TEC & DOC LAVOISIER.

Vous pouvez vous procurer cet ouvrage dans toutes les librairies spécialisées et à la librairie Lavoisier, 11 rue Lavoisier, 75008 PARIS. Tél. 42.65.39.95, Fax 42.65.02.46.

FONDATION NATIONALE  
ENTREPRISE  
ET PERFORMANCE

## MISSION D'ÉTUDE ANNUELLE 1997

« L'Entreprise, l'Administration et les nouveaux moyens de communication »  
Pour la mission d'étude annuelle 1997, la FNEP propose à une douzaine de jeunes fonctionnaires âgés de 24 à 35 ans, issus des Grandes Écoles et de l'Université, un cycle de réflexion et une mission d'étude à l'étranger.

*Les six premiers mois de travail en groupe, à temps partiel, sont consacrés à :*

- définir le plan d'étude,
- faire le bilan de la situation en France,
- préparer le voyage à l'étranger,
- procéder à des études bibliographiques et à des enquêtes auprès de personnalités compétentes.

*De septembre à novembre :*

- séjour à l'étranger, d'une durée de six semaines cumulées, dans six pays, en Europe et hors d'Europe, où des rencontres sont organisées à haut niveau avec l'assistance des Ambassades.

De cette expérience collective doit résulter un rapport rédigé dans les trois mois qui suivent le retour en France ainsi que des études sur chacun des pays visités. L'ensemble de ces travaux est imprimé dans un ouvrage de la collection Pangloss, puis présenté publiquement. L'expérience montre que les propositions contenues dans ces rapports sont souvent retenues par les Pouvoirs Publics.

*Vous souhaitez*

- travailler au sein d'une équipe pluridisciplinaire,
- mieux connaître et comprendre les pays étrangers, leurs institutions et leur culture, mener une réflexion approfondie sur un thème d'intérêt gé-

JEUNES  
CADRES  
DE  
L'ADMINISTRATION  
ET  
DES  
ENTREPRISES

L'ENTREPRISE,  
L'ADMINISTRATION  
ET LES NOUVEAUX MOYENS  
DE COMMUNICATION



FONDATION NATIONALE  
ENTREPRISE ET PERFORMANCE

ral qui constitue une contribution originale à l'ouverture de la société française,

- vous retrouver ensuite dans un club avec ceux qui ont participé aux missions antérieures et profiter des prestations offertes (dîners-débats, mini-missions...).

**Demandez un dossier de candidature à :**



Tour ELF Bureau 5 A 80  
2, place de la Coupole,  
92078 PARIS LA DEFENSE  
CEDEX. Tél. (1) 47.44.54.36  
- Fax : 47.44.53.91

# REMISE DES DIPLOMES DE LA PROMOTION 1995

**L**e 28 juin 1996 s'inscrira à jamais dans la chronique de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

En effet, ce jour-là l'amphi Caquot a été témoin de la dernière cérémonie de remise des diplômes d'ingénieurs dans les locaux du 28 rue des Saints-Pères.

A part quelques coopérants, exilés quelque part à l'autre bout du monde. Ils sont venus au grand complet pour parler de leur toute nouvelle vie professionnelle, mais surtout pour se retrouver et faire revivre quelques souvenirs endormis çà et là, dans les recoins de cette bonne vieille bâtisse.

En costume-cravate, tailleur (eh oui, il y a de plus en plus de jeunes femmes ingénieurs de l'ENPC), ou en jeans, ils ont reçu leurs diplômes d'ingénieurs des mains de Jacques Lagardère, directeur de l'École, assisté de Philippe Sardin.

En présence de MM. Galvez Sanchez et Grundman, les élèves ayant suivi un cursus spécial dans le cadre des doubles diplômes avec l'Escuela de Caminos de Madrid et l'Université Technique de Munich ont été applaudis.

Pierre Richard, Président du Conseil d'administration de l'ENPC, a su trouver les mots adaptés à leurs futures activités, en



leur évoquant sa propre aventure personnelle d'ingénieur à banquier.

Après avoir signé le Registre, les jeunes diplômés, déjà détendus, ont retrouvé les enseignants et les représentants de l'Association des Anciens Élèves autour d'un



buffet. Peu après prirent place « La Nuit des Fanfares » et soirée dansante.

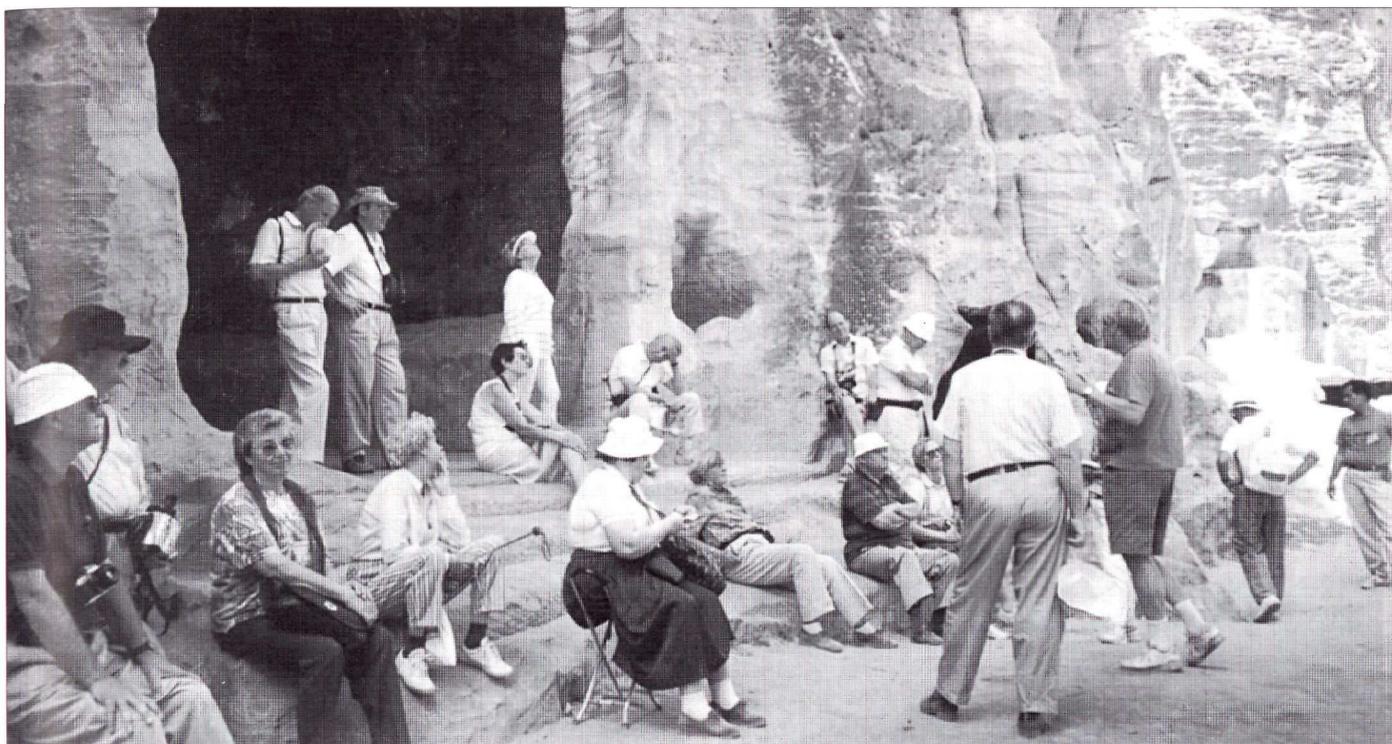
L'année prochaine - nouveau décor pour cette déjà traditionnelle cérémonie ; les élèves de la promotion 1996 recevront leur diplômes dans l'amphi flambant neuf de l'ENPC à Champs-sur-Marne. ■



## 45 ANS D'ACTIVITÉ DE LA PROMOTION 54

# VOYAGE 1996 :

# LIBAN-SYRIE-JORDANIE



**D**epuis près de 45 ans, notre promotion est restée très bien liée, tant dans la vie professionnelle, que culturelle et amicale. Dans les dernières décades, nous nous sommes réunis presque annuellement en dîner de promotion, souvent avec nos épouses, et nous avons fait bon nombre de voyages touristiques, dont la principale qualité était que nous formions un groupe très homogène, uni tant dans les moments d'intérêts culturels que dans ceux de détente. Nous avons aussi veillé à garder le contact avec nos veuves, car il y en a déjà.

Ces voyages ont été faits : en Egypte (dès l'École), au Liban, en Turquie, en Égypte, au Kenya, au Sri Lanka, au Rajasthan et Népal et le dernier vient de se faire au Liban (où nos camarades nous ont réservé un accueil plus que chaleureux) puis en Syrie (Crack des Chevaliers, Palmyre, Alep

(où Chami nous a reçu avec un enthousiasme émouvant), Château de Salaoun, St Siméon le Stylite, Apame, Hama, Damas, Bosra), puis en Jordanie (Jerrash, Amman, Mont Nebo, Mer morte, Kerak, Petra, et Whadi Roum.

Chacun de ces voyages a été l'occasion de Week end « mémoire-photos » organisés par l'un des nôtres. C'est ainsi que nous nous sommes retrouvés à Mercey grâce à Claude et Anne-Marie de Mercey, à Aix-en-Provence grâce à Henri et Lise Ruin, à Genève grâce à Henri et Chantal Laporte, à Montagnac, grâce à Jean et Guitte Rollin, à Chatou, grâce à Michel et Claude Rouault.

La participation est importante puisqu'aux voyages nous sommes entre vingt-cinq et trente-cinq (avec *cooptés* si nécessaire) et qu'aux dîners ou WE-Mémoire, on dépasse

la cinquantaine (épouses comprises). Ainsi les participants au dernier voyage étaient :

- MM et MMES : G. et J. AMEIL, Cl. et G. ANDRIVON, Cl. et F. BROUTIN, P. et N. DURAND-RIVAL, P. et I. GAUD, P. et J. GIRARD, A. et D. KHOURY, M. et R. LESCAIL, J. et G. ROLLIN, M. et Cl. ROUAULT, D. et M. TAUSSIG.

MM : R. BOUCHET, A. CHAMI, M. GAMBIN, A. JABRE.

MMES : G. COSTE, M. DUBERNAY, S. MOULIN

Auxquels il serait normal d'ajouter les empêchés de dernière minute pour raison de santé : H. et Ch. LAPORTE, H. et L. RUIN, A. et D. SALAMÉ.

**Délégué de promo. :**  
**M. LESCAIL**

## AAENPC - RAPPORT MORAL - 135<sup>e</sup> exercice

# ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 26 JUIN 1996



*Chers Camarades,*

Comme pour les deux assemblées précédentes, je vais vous faire part des activités exercées par l'AAENPC pendant la période de juillet 1995 à juin 1996, sachant que le rapport financier du Trésorier portera bien entendu sur l'année civile de janvier à décembre 1995.

Pourquoi ce distinguo ? Il tient essentiellement au rythme retenu pour nos assemblées annuelles qui se tiennent traditionnellement au mois de juin, et surtout, aux modifications profondes de l'organisation et de la nature des activités de votre association pendant cette dernière période.

A tout seigneur, tout honneur, votre Co-

mité a désigné à l'unanimité le 6 juillet 1995, Jean-Pierre Pronost, ici présent, comme président au titre du remplacement de Michel Quatre en fin de mandat. Nommé Président d'honneur, Michel Quatre continue à faire bénéficier l'AAENPC de ses précieux conseils.

Le 1<sup>er</sup> janvier 1996, les activités de formation continue exercées depuis 1975 par l'AAENPC ont été transférées à la société anonyme « Ponts Formation Édition » dont votre Association, conformément à la résolution votée lors de notre dernière assemblée, a participé à la souscription de son capital de 5 455 000 F, à hauteur de 45 %.

Détentrice de 24 550 actions, votre Association est représentée au conseil de

surveillance de « Ponts Formation Edition » par Gérard Baudouin et Olivier Dupont.

Enfin, pour mémoire, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1994 la transformation de l'ENPC en Établissement Public à caractère Scientifique, Culturel et Professionnel permet à ce dernier de prendre en charge directement les nouveaux contrats de recherche jusqu'ici pris en compte par l'AAENPC.

Cette possibilité se traduit progressivement dans les faits avec bien sur le transfert simultané des charges correspondantes.

Que s'est-il alors passé de notable au niveau des « Activités associatives » de

l'AAENPC pendant ces douze mois, sachant que dans quelques instants :

- Claude Huot, en l'absence de Jean-Pierre Grézaud, évoquera le volet important de l'emploi solidarité.
- Hervé Mathieu vous fera part des résultats de l'activité Recherche en 1995.
- et que Michèle Cyna commentera de son côté les douze mois 1995 du département formation continue et les six premiers mois 1996 de « Ponts Formation Édition ». Alors, qu'en est-il dans les autres domaines d'activité de l'AAENPC ?

## Promotions

Certaines promotions se sont réunies dans des lieux les plus éclectiques grâce à l'imagination fertile de leurs délégués par exemple :

**Fournier** au Théâtre Saint-Georges, **Monin** au cercle National des Armées, **Lescail** à l'université d'Alep en Syrie ou, par exemple, pour les promotions plus récentes :

**Plazen** à la cafétéria de la rue des Saints-Pères à Paris, **Hug** à Jersey, îles anglo-normandes, sans compter le bon chemin pris par les élèves :

le **BDE de la promo 97** a organisé son voyage de promotion à New-York aux États-Unis.

## Groupes géographiques

Grâce à Claude Huot, infatigable animateur, une nette reprise du sentiment d'appartenance est constatée à l'occasion de réunions animées par les correspondants régionaux, tels que :

**Barre** à Lille, **Bécart** à Chartres, **Dieu** à Talence, **Médot** à Metz et Nancy, **Saureil** à Montpellier, **Suffren** à Cabries, **Vejdovsky** en relève de Masséna à Nice.

De même au niveau National par :

**Fawaz** et Aris au Liban, **Benmoussa** au Maroc, **Drira** en Tunisie

Les réunions des groupes régionaux ont parfois été précédées d'entretiens emploi-carrière animés par Pierre Blondin et Françoise Watrin.

## Groupes professionnels

**Robert Branche** et **Jean-Paul Menassier** vont entreprendre une sélection des secteurs importants justifiant la création de groupes professionnels.

Il reste bien entendu que le groupe « Routier » excellemment animé par **G. Bergerat** tient la route et a eu notamment en février 1996 l'occasion d'une rencontre avec les élèves, très appréciée par ces derniers.

## Le club des Ponts

Les trois dîners-débats tenus au cercle républicain ont accueilli :

**Jean Moussé**, Morale et corruption

**Pierre Lévy**, L'intelligence collective et **Michel Virlogeux**, La conception des grands ponts : l'ingénieur et l'architecte.

Ces dîners ont été suivis avec succès par les adhérents franciliens.

La répétition de ces conférences ou la tenue d'activité similaire dans le nord, la région lyonnaise, le sud-ouest et le sud-est de l'hexagone pourraient être d'une actualité proche.

## Les rencontres du club des Ponts

Ces rencontres développées par l'AIPC à l'amphi Caquot sont de leur côté des manifestations très suivies.

## Le sport

Au niveau du rugby, notons l'évolution favorable du comportement des « anciens », comme le confirment les résultats :

Chènevères, en juin 1995, 3:2 pour les élèves

Bagatelle, en décembre 1995, 3:3

Chènevères, en juin 1996, 2:2

Gloire en soit rendue à Dubrac, capitaine éclairé, qui saura motiver à nouveau ses troupes en fin d'année.

Football, tennis, volley-ball et pétanque ont aussi, bien entendu, leurs animateurs, preuve en est leur récente rencontre acharnée mais courtoise à Chènevères le 8 juin dernier.

## L'annuaire

L'édition 1995, dont la diffusion a été retardée par les événements sociaux de fin d'année, a franchi une nouvelle étape dans la qualité des informations reprises pour chaque ancien élève.

L'édition 1996 sortira en octobre de cette année afin de permettre notamment la prise en compte de la nouvelle numérotation téléphonique.

Pour l'édition 1997, année du 250<sup>e</sup> Anniversaire, une présentation particulière fait l'objet d'études en cours.

## La revue PCM Le Pont

La tenue régulière de rubriques associatives est de plus en plus incorporée dans chaque numéro. Les numéros spéciaux sur les villes de Bordeaux et Lyon ont permis de recueillir une attention particulière de la part de lecteurs et d'annonceurs.

## Les adhésions

Le regroupement de l'adhésion et de l'abonnement a obtenu un franc succès et permet de constater un net renouvellement du sentiment d'appartenance.

Un reçu est désormais délivré à ceux qui le désirent pour les adhésions, restant bien entendu que les dons font l'objet d'une édition automatique de reçu fiscal.

## Les organismes fédérateurs

CNISF (Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France)

François-Gérard Baron a été élu Administrateur du CNISF pour six ans lors de l'assemblée générale du 30 mars 96, au titre de la représentation des anciens élèves des Ponts et Chaussées et des Mines (Nancy, Paris et Saint-Étienne).

Les états généraux du CNISF seront prochainement convoqués à l'amphi Caquot, le 14 décembre prochain.

Une importante concertation est en cours pour la création éventuelle d'un répertoire des Ingénieurs français.

Pour mémoire, chaque adhérent de l'AAENPC est cotisant au CNISF par



l'intermédiaire d'une rétrocession de 21 F du montant de sa cotisation à l'AAENPC.

**ECCE** (European Council of Civil Engineers)

Au cours de la 23<sup>e</sup> réunion tenue à Madrid en mai dernier, son infatigable président François-Gérard Baron, a annoncé la participation possible de l'ECCE aux manifestations du 250<sup>e</sup> anniversaire de l'ENPC.

## Les Maisons des élèves

*270 rue Saint-Jacques*

Propriétaire de 125 actions de la société HLM de la Maison des Mines et des Ponts et Chaussées située 270, rue Saint-Jacques, votre Association conservera pour l'année scolaire 1996-97 un droit à l'affectation de la moitié des 198 chambres de cette résidence.

*23 avenue Ampère*

L'AAENPC est propriétaire foncier de cette résidence de 55 logements. La gestion de l'occupation de cette résidence, ouverte en septembre 1994, a été confiée à la société Arpej, qui en assurera pour l'année 1996-97 le remplissage par des étudiants de Champs-sur-Marne.

*11 boulevard Copernic*

Cette nouvelle résidence de 172 chambres et 108 parkings ouvrira ses portes en septembre prochain. Là aussi l'AAENPC, propriétaire foncier, a confié la gestion de cette résidence à

Arpej, qui pour l'exercice 96/97 en assurera la mise en location auprès d'étudiants universitaires de Champs-sur-Marne.

Pour conclure, les modifications profondes de l'activité de votre Association seront donc apparentes et significatives dans les comptes de l'exercice 1996.

Sachez que dès à présent une première note d'orientation a été élaborée par le bureau. Elle sera prochainement soumise au Comité pour l'enrichissement de sa teneur.

Elle devrait ensuite être examinée à l'occasion d'une convocation de la commission consultative de votre association, comme le prévoit le chapitre VI de notre règlement intérieur.

Bien sûr, par la suite une large diffusion de cette note auprès de tous les adhérents cotisants sera organisée.

La version finale pourrait même in fine être envisagée en diffusion aux 7 400 élèves ou anciens élèves de l'ENPC vivants figurant dans notre annuaire (à savoir de l'ordre de 4 300 ingénieurs civils, 2 200 ingénieurs du corps, 300 docteurs et 600 élèves correspondant aux trois promotions présentes à l'École).

Les circonstances sont exceptionnelles dans les douze mois à venir : ouverture de la troisième maison des élèves, desserrement de l'École à Champs-sur-Marne, célébration du 250<sup>e</sup> anniversaire, création de la Fondation de l'ENPC. Ces événements devraient concourir au renforcement des liens a-

micaux réunissant tous les anciens élèves de l'ENPC à travers le monde entier. A l'ère de la constitution de réseaux cyberspaces, l'existence de relations humaines de proximité téléphonique et/ou physique est plus que jamais d'actualité. Elle est et restera bien sûr le principal ressort des activités de l'AAENPC. Cependant, cette mise en œuvre demande temps et moyens.

C'est pourquoi conformément à l'article 6 de vos statuts, votre Comité a décidé de porter de 20 à 23 le nombre de ses membres afin de parer aux nombreux événements et orientations futurs.

Ce qui, tenant compte de la non représentation devant vos suffrages de :

- **Gérard Baudouin** (par règlement statutaire)
- **Jacques Baulès** (trop pris par ses activités à la CGE)

et de la démission de :

- **Régine Bréhier** (qui a des difficultés à cumuler temporairement vie professionnelle, vie familiale et vie associative),

permet de présenter à vos suffrages les dix candidatures suivantes :

- en renouvellement de deux mandats : Bruno Chanut et moi-même,
- une demande d'un nouveau mandat de la part de Dario d'Annunzio, qui avait dû suspendre ses activités associatives l'année dernière,
- et enfin sept candidats : **Dominique Auverlot, François Bouchard, François Girod, Michel Lescaïl, Jean-Louis Médot, Michel Raabe et Gérard Rabier.**

Merci par avance pour la confiance que vous voudrez bien leur accorder à l'occasion de votre prochain vote.

Croyez-moi, expérience vécue, ils auront bien besoin de votre soutien pendant toute la durée de leurs mandats.

Avec vous, ils s'engagent pour vous représenter au moment d'une évolution majeure des activités de votre Association, dont la 50 000<sup>e</sup> journée d'existence pourra être célébrée en 1998.

Aussi, chers camarades, à très bientôt, votre présence dans cet amphi Caquot à Paris, ou dans celui encore non dénommé de Champs-sur-Marne.

# RAPPORT DU TRÉSORIER

## EXERCICE 1995

### Activités associatives et legs Meunier

Les activités associatives regroupent essentiellement :

- **en charges** : les frais de personnel et d'administration du Secrétariat Général, de l'animation des groupes et clubs, du service Orientation-Carrière et diverses subventions notamment au bureau des élèves et cotisations (CNIFS).

- **en ressources** : les cotisations des adhérents, les dons, les résultats de la diffusion de l'Annuaire, de la revue PCM le Pont et du bulletin emplois.

Les produits courants (1 211 000 F) sont en stagnation par rapport à l'année 1994. En particulier le produit des cotisations recule de 2 %.

Les produits financiers sont en forte progression (651 000 F) mais cela résulte pour une grande partie de l'extériorisation de plus-values latentes anciennes.

L'année 1995 a vu le solde des opérations relatives à la réalisation des résidences des élèves de Marne-la-Vallée :

- signature de l'acte de vente et paiement du terrain destiné à la construction de la deuxième tranche de la résidence des élèves (203 chambres et studios, livrés à la rentrée 1996),
- signature d'un bail de 70 ans avec la société 3 F (SA HLM), promoteur de l'opération.

Bien qu'il n'ait pas souhaité que son nom y soit attaché, rappelons que la réalisation de ces résidences qui aura coûté plus de 4 MF à l'Association pour l'achat du foncier n'a été possible que grâce au legs que nous a transmis notre camarade MEUNIER.

### Formation permanente

L'année 1995 est la dernière année où l'activité formation permanente est gérée par l'Association. En effet, une société anonyme de droit privé, filiale à 55 % de l'École et à 45 % de l'Association, a été créée le 1<sup>er</sup> janvier 1996 pour poursuivre cette activité. L'Association a apporté à cette filiale nouvelle la majeure partie des actifs et passifs relatifs à cette branche d'activité, les apports de l'École étant quant à eux étalés sur trois ans.

L'année 1995 a été perturbée par les mouvements sociaux de décembre qui ont surtout pénalisé l'activité presse/publications (dont une bonne partie du chiffre d'affaires est réalisé à l'occasion des cadeaux de fin d'année, CA 4 196 KF, - 5,3 %) et l'activité formation continue France (CA 21 785 KF, - 1 %) qui avait pourtant connu tout au long de l'année un rythme satisfaisant dans un contexte de concurrence toujours très vive.

Le département international est en légère amélioration (8 %) après une mauvaise année 1994.

Les charges ont été relativement bien maîtrisées et sont équivalentes à celles de 1994 mais comme les produits financiers ont diminué avec la baisse des taux et qu'une provision de 550 KF pour des départs (principalement FNE) a été constituée, le résultat global est fortement négatif : - 1 936 000 F.

### Recherche

Les nouveaux contrats de recherche sont transférés petit à petit à l'École qui a souhaité intégrer progressivement l'activité de recherche au sein de l'Établissement Public. Les charges variables relatives à ces contrats sont également bien sûr transférées ainsi qu'une

partie des charges fixes (chercheurs permanents et personnel administratif) chaque fois que des accords peuvent être trouvés avec le personnel en conformité avec les statuts de l'Établissement Public. Le chiffre d'affaires et les charges ont donc diminué par rapport à 1994 (- 12,5 % pour les produits, - 15 % pour les charges) sans qu'un équilibre ne puisse être trouvé puisque le résultat net reste sensiblement négatif (- 681 KF).

L'année 1996 verra se poursuivre ces opérations de transfert des produits et charges.

\* \*  
\*

En consolidé les comptes 1995 de l'Association accusent une perte pour la deuxième année consécutive (- 2 100 KF) pour un total de produits de 49 065 KF.

Par ailleurs, l'Association a subi un contrôle fiscal en 1995 et un redressement nous a été notifié sous le motif que l'activité formation permanente était une activité commerciale normale soumise comme telle à l'impôt société et à la taxe professionnelle. Nous avons contesté les conclusions de ce contrôle et nous espérons, comme lors du contrôle précédent de 1983, avoir gain de cause dans cette affaire.

Nous vous proposons d'affecter la perte de l'exercice au poste report à nouveau et de maintenir, selon la décision de l'AG du 4 juin 1994, la somme de 6 MF au fonds de réserve spéciale destinée à faire face aux charges à venir liées aux mutations importantes de l'activité de notre Association.

Dans ces conditions, les fonds propres consolidés après affectation du résultat et dotation de la réserve spéciale s'élèvent à 23 583 980 F.

**Détail du compte de résultat par département au 31/12/1995 en KF**

RUBRIQUES	FORMATION	ANCIENS	RECHERCHE	TOTAL
Production vendue	32.906	812	12.824	46.541
Autres produits	2.097	400	27	2.524
<b>TOTAL PRODUITS D'EXPLOITATION</b>	<b>35.003</b>	<b>1.211</b>	<b>12.850</b>	<b>49.065</b>
Achats fournitures et variation de stock	(12.080)	(54)	-	(12.134)
Autres achats et charges externes	(10.720)	(355)	(4.495)	(15.571)
Charges de personnel	(12.635)	(642)	(8.220)	(21.497)
Autres charges	(2.122)	(178)	(710)	(3.010)
<b>TOTAL CHARGES D'EXPLOITATION</b>	<b>(37.557)</b>	<b>(1.229)</b>	<b>(13.425)</b>	<b>(52.211)</b>
<b>RÉSULTAT D'EXPLOITATION</b>	<b>(2.553)</b>	<b>(18)</b>	<b>(575)</b>	<b>(3.146)</b>
<b>RÉSULTAT FINANCIER</b>	<b>852</b>	<b>535</b>	<b>(286)</b>	<b>1.102</b>
<b>RÉSULTAT EXCEPTIONNEL</b>	<b>(235)</b>	<b>-</b>	<b>179</b>	<b>(56)</b>
<b>RÉSULTAT NET</b>	<b>(1.936)</b>	<b>517</b>	<b>(681)</b>	<b>(2.100)</b>

**COMPTE DE RESULTAT au 31/12/95  
(en FRF)**

RUBRIQUES	31/12/95	31/12/94
Achats fournitures, études, prestations	12.504.277	11.827.883
Variation de stock	(370.247)	(49.462)
Autres achats et charges externes	15.570.543	16.248.427
Impôts taxes et versements assimilés	408.735	546.626
Charges de personnel	21.496.733	23.358.677
Dotation aux amortissements	889.122	1.455.341
Dotation aux provisions	1.499.229	1.071.270
Autres charges	212.731	237.778
<b>TOTAL CHARGES D'EXPLOITATION</b>	<b>52.211.123</b>	<b>54.696.540</b>
Production vendue de services Export	7.021.929	6.497.061
Production vendue de marchandises France	4.098.533	4.534.942
Production vendue de services France	35.420.996	37.421.453
Production immobilisée	-	-
Suvention d'exploitation	-	-
Reprise sur provision	860.302	280.819
Autres produits	1.663.556	2.053.516
<b>TOTAL PRODUITS D'EXPLOITATION</b>	<b>49.065.316</b>	<b>50.787.791</b>
<b>RÉSULTAT D'EXPLOITATION</b>	<b>(3.145.807)</b>	<b>(3.908.749)</b>
<b>CHARGES FINANCIERES</b>	<b>258.503</b>	<b>22.014</b>
<b>PRODUITS FINANCIERS</b>	<b>1.360.214</b>	<b>1.329.376</b>
<b>RÉSULTAT FINANCIER</b>	<b>1.101.711</b>	<b>1.307.362</b>
<b>CHARGES EXCEPTIONNELLES</b>	<b>1.283.053</b>	<b>498.638</b>
<b>PRODUITS EXCEPTIONNELS</b>	<b>1.227.506</b>	<b>1.575.649</b>
<b>RÉSULTAT EXCEPTIONNEL</b>	<b>(55.547)</b>	<b>1.077.011</b>
<b>RESULTAT NET</b>	<b>(2.099 643)</b>	<b>(1.524.376)</b>

**PASSIF au 31/12/95 en FRF**

RUBRIQUES	31/12/95	31/12/94
Report à nouveau ordinaire	25.464.471	26.988.856
Fonds de réserve spéciale	6.000.000	6.000.000
Report à nouveau	31.464.471	32.988.856
Résultat de l'exercice	(2.099.643)	(1.524.376)
Subventions d'investissement	219.152	1.056.002
<b>TOTAL CAPITAUX PROPRES</b>	<b>23.583.980</b>	<b>26.520.482</b>
Provisions pou R & C	1.015.373	100.000
Avances et acomptes reçus	220.536	339.582
Dettes fournisseurs et comptes rattachés	8.598.311	9.759.453
Dettes fiscales et sociales	8.640.947	8.450.375
Dettes sur immobilisations	-	52.142
Autres dettes	3.620.703	4.645.347
Produits constatés d'avance	3.868.727	1.908.775
<b>TOTAL DETTES</b>	<b>25.964.597</b>	<b>25.255.674</b>
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>49.548.577</b>	<b>51.776.156</b>

**ACTIF au 31/12/95 en FRF**

RUBRIQUES	MONTANT BRUT	AMORTISSEMENTS ET PROVISIONS	MONTANT NET	EXERCICE PRÉCÉDENT
Immobilisations incorporelles	1.105.077	(1.001.350)	103.727	180.537
Terrains et constructions	4.241.419		4.241.419	2.883.166
Installations techniques	507.010	(416.951)	90.059	120.096
Autres immobilisations corporelles	6.636.025	(5.435.861)	1.200.164	2.226.220
Immobilisations financières	379.000	(7.500)	371.500	347.665
<b>ACTIF IMMOBILISÉ</b>	<b>12.868.531</b>	<b>(6.861.662)</b>	<b>6.006.869</b>	<b>5.757.684</b>
Stocks	1.607.915	(3.080.293)	1.527.622	1.317.123
Avances et acomptes versés	712.499		712.499	655.878
Créances clients	31.468.875	(627.936)	30.840.939	29.553.741
Autres créances	1.524.427		1.524.427	1.633.260
Valeurs mobilières de placement	13.324.019	(655.464)	12.668.555	13.998.598
Disponibilités	1.196.337		1.196.337	4.035.380
Comptes de régularisation	1.071.329		1.071.329	824.492
<b>ACTIF CIRCULANT</b>	<b>53.905.401</b>	<b>(4.363.693)</b>	<b>49.541.708</b>	<b>52.018.472</b>
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>66.773.932</b>	<b>(11.225.355)</b>	<b>55.548.577</b>	<b>57.776.156</b>

# SUITE A L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 26 JUIN 1996 EXTRAIT DU COMPTE-RENDU DE LA RÉUNION DU COMITÉ DU 27 JUIN 1996



De gauche à droite : François Girod, François Bouchard, Pascal Lupo, Philippe Bergot et Michel Quatre.

**C**'est à M. Jacques HERVET, doyen d'âge du Comité, qu'il revient d'ouvrir la séance et de demander qu'il soit procédé à l'élection du Bureau. Le quorum du tiers des membres présents étant dépassé, le Comité peut délibérer valablement.

## RENOUVELLEMENT DU BUREAU :

*Président :*

PRONOST Jean-Pierre  
est réélu à l'unanimité

*Vice-Présidents :*

D'ANNUNZIO Dario  
DEKKERS Marie-Antoinette  
GRÉZAUD Jean-Pierre

*Secrétaire Général :*

BERGOT Philippe

*Secrétaire Général Adjoint :*

CHANUT Bruno

*Trésorier :*

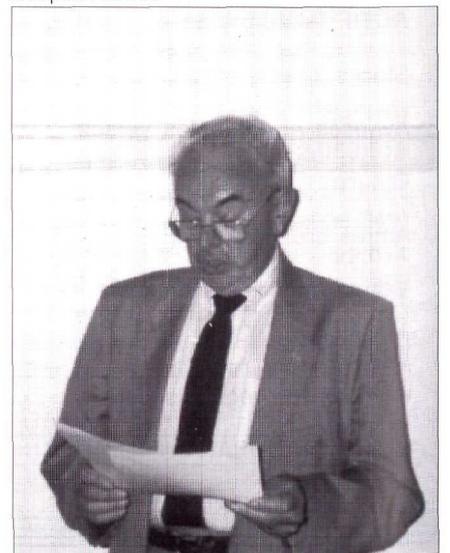
FOUGERAT Denis

*Trésorier-Adjoint :*

DUPONT Olivier



Jacques Hervet.





INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE

## De la recherche aux applications

### MISSIONS DE L'INRIA

Établissement public national, à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle du ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche et du ministre de l'industrie. L'INRIA a pour missions dans le domaine de l'informatique et de l'automatique :

- 1) d'entreprendre des recherches fondamentales et appliquées ;
- 2) de réaliser des systèmes expérimentaux ;
- 3) d'organiser des échanges scientifiques internationaux ;
- 4) d'assurer le transfert et la diffusion des connaissances et du savoir-faire ;
- 5) de contribuer à la valorisation des résultats des recherches ;
- 6) de contribuer, notamment par la formation, à des programmes de coopération pour le développement ;
- 7) d'effectuer des expertises scientifiques ;
- 8) de contribuer à la normalisation.

### IMPLANTATION

Cinq sites géographiques : Grenoble, Nancy, Rennes, Rocquencourt, Sophia Antipolis.

### ACTIVITÉS

Soixante dix projets répartis en 4 thèmes :

- Thème 1 : Réseaux et systèmes
- Thème 2 : Génie logiciel et calcul symbolique
- Thème 3 : Interaction homme-machine, images, données, connaissances
- Thème 4 : Simulation et optimisation de systèmes complexes

\* *L'INRIA et l'industrie* : 250 contrats de recherche en partenariat avec des industriels et utilisateurs nationaux et européens, 45 licences de commercialisation de logiciels en cours d'exploitation, participation à une centaine de projets de recherche européens (ESPRIT, EUREKA...).

\* *L'INRIA et la création d'entreprises*

Depuis 1984, l'INRIA a favorisé la création de plus de 20 sociétés de technologie couvrant un large spectre de marchés (systèmes d'exploitation, systèmes de gestion de bases de données, intelligence artificielle, gestion de documents, calcul scientifique, traitement d'images, robotique...).

\* *La diffusion des connaissances* : édition de rapports de recherche, thèses, actes de colloques, etc., diathèque et vidéo-thèque, centres de documentation.

\* *La formation* : cours et séminaires, accueil de stagiaires de DEA ou de fin d'études d'écoles d'ingénieurs et de post-doctorants industriels, encadrement de thèses, formation par la recherche.

\* *Les rencontres* : colloques INRIA, rencontres INRIA/Industrie.

### QUELQUES POINTS DE REPÈRES

- Environ 1 500 personnes travaillent à l'INRIA dont 1 200 scientifiques.
- Budget 1996 : 580 MF TTC.
- Moyens informatiques : un parc comprenant 1500 postes de travail et terminaux, 12 machines de service (Bull, Dec, Pyramid...), 3 machines de haute performance (2 Convex C2, accès au Cray2 du CCVR), des machines d'expérimentation (IPSC, Connection Machine, T-Node, KSR...).

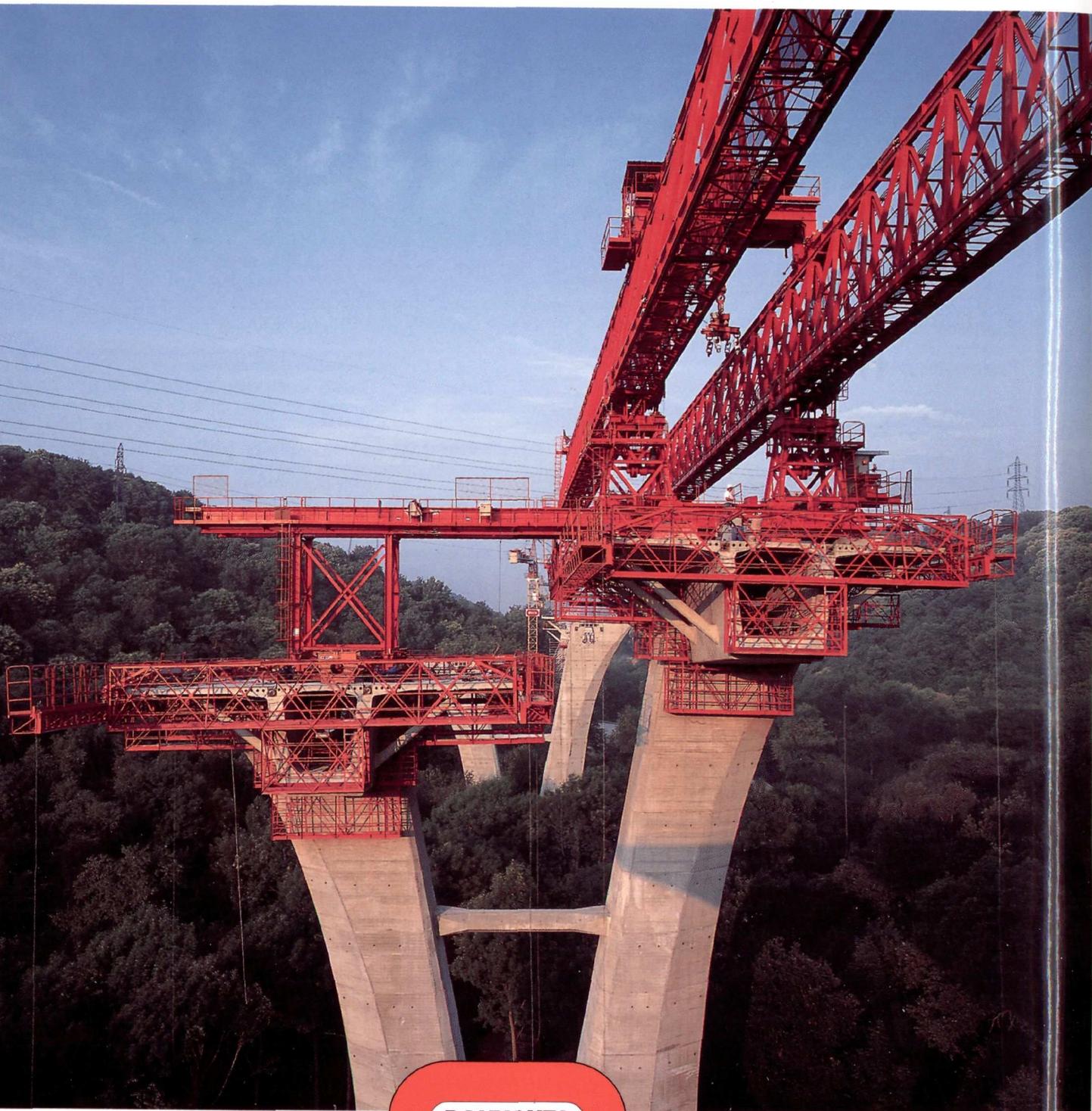
### RECRUTEMENT

Les chercheurs de l'INRIA dépendent des statuts particuliers des corps de fonctionnaires de l'INRIA et sont recrutés par concours.

Personne à contacter : Georges NISSEN, directeur des relations industrielles

Domaine de Voluceau - B.P. 105 - 78153 Le Chesnay Cedex France  
Tél. : +33 1 39 63 55 11  
Minitel 3616 INRIA  
<http://www.inria.fr>

Nous sommes différents.  
Nous croyons que rien de grand  
ne s'accomplit sans passion.



Viaduc de Rogerville

**BOUYGUES**

réalisé par Bouygues TP pour la SAPN

**NOTRE DIFFÉRENCE EST NOTRE FORCE  
AU SERVICE DE NOS CLIENTS**