

Revue

Recherche et innovation

n° 772

• LA RECHERCHE EN FRANCE. MINISTÈRE DE LA RECHERCHE

• LA RECHERCHE EN GÉNIE CIVIL

• LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE EN GÉNIE CIVIL

• LA RECHERCHE PARTAGÉE

• LA RECHERCHE PROFESSIONNELLE

• LA RECHERCHE ET INNOVATION DANS LES ENTREPRISES

• LA RECHERCHE PRIVÉE

• LES MANIFESTATIONS

• LA RECHERCHE ET LE DÉVELOPPEMENT EUROPÉENS

• LES POLITIQUES PUBLIQUES ET L'INNOVATION



Travaux

numéro 772

février 2001

Recherche et innovation



Notre couverture

Plate-forme
d'essais des structures
du LCPC

© LCPC

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : (33) 0144 13 31 44

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart
Tél. : (33) 0241 18 11 41
Fax : (33) 0241 18 11 51
E mail : Francoise.Godart@wanadoo.fr

MAQUETTE

T2B & H
8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris
Tél. : (33) 0144648420

VENTES ET ABBONNEMENTS

Colette Robert
RGRA
9, rue Magellan - 75008 Paris
Tél. : (33) 0140 738005
E mail : revue travaux@wanadoo.fr

France : 950 FF TTC
Etranger : 1150 FF
Prix du numéro : 115 FF (+ frais de port)

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle
61, bd de Picpus - 75012 Paris
Tél. : (33) 0144 748636

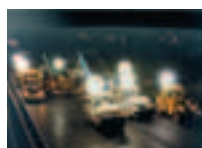
Imprimerie Chirat
Saint-Just la Pendue (Loire)

La revue Travaux s'attache, pour l'information de ses lecteurs, à permettre l'expression de toutes les opinions scientifiques et techniques. Mais les articles sont publiés sous la responsabilité de leurs auteurs. L'éditeur se réserve le droit de refuser toute insertion, jugée contraire aux intérêts de la publication.

Tous droits de reproduction, adaptation, totale ou partielle, France et étranger, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (Copyright by Travaux). Ouvrage protégé; photocopie interdite, même partielle (loi du 11 Mars 1957), qui constituerait contrefaçon (Code pénal, article 425).

Editions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n° 0106 T 80259



éditorial

Daniel Tardy

1

actualités

9

matériels

15

PRÉFACE

Pierre-Gilles de Gennes

17

Ministère de la Recherche. La recherche en France
V. Courtilot

18

LA RECHERCHE EN GÉNIE CIVIL

◆ Le réseau Génie civil et Urbain (RGC&U)

20

S. Feneuille

◆ La DRAST, la recherche et l'innovation en génie civil

22

B. Halphen

◆ Les réseaux du LCPC

26

J. Roudier

◆ Les chartes Innovation de la Direction des routes

30

Fr. Perret

LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE EN GÉNIE CIVIL

◆ Contribution des universitaires à la recherche, au développement et à l'innovation en génie civil

33

Divers auteurs

LA RECHERCHE PARTAGÉE

◆ L'IREX et la recherche associative

40

Ch. Bernardini

LA RECHERCHE PROFESSIONNELLE

◆ La commission "Béton" de la FNTP

47

M. Guérinet

◆ La profession routière

49

D. Irastorza - Barbet

◆ La recherche et développement en géotechnique

53

D. Gouvenot

◆ Les actions de la profession pour développer la recherche et l'innovation professionnelle

55

Fr. Vahl, H. Thonier

LA RECHERCHE ET INNOVATION DANS LES ENTREPRISES

◆ La recherche et l'innovation chez Campenon Bernard

59

M. Wastiaux

◆ GTM innove pour ses clients

62

V. Cousin

◆ La valorisation de l'innovation chez Spie

66

P. Chassagnette

◆ Solétanche Bachy, une R & D orientée client

69

D. Gouvenot

◆ Recherche et innovation chez Bouygues TP

73

B. Raspaud, P. Aristaghes, G. Causse, M. Cheyreyz, Cl. Dumoulin

Sommaire

février 2001

Recherche et innovation

Dans les prochains numéros

- Tramways - Travaux urbains**
- Tunnels - Travaux souterrains**
- Sols et fondations**
- Routes**
- Terrassements**
- Environnement**
- Tunnel de Toulon**
- Réhabilitation - Réparation d'ouvrages**
- International**

	◆ La recherche et développement, moteur de Colas <i>M. Chappat</i>	76
	◆ La recherche et le développement chez Appia <i>B. Heritier, J.-P. Antoine</i>	78
	◆ L'innovation vue par l'entreprise Eurovia <i>J.-P. Marchand</i>	80
	◆ Recherche et développement chez Eiffage Construction <i>P. Vezole</i>	82
	◆ Freyssinet innove... : Passé, Présent, Futur <i>J.-Ph. Fuzier</i>	84
	◆ Les innovations du Groupe EGIS au service de ses clients <i>M. Ray</i>	86
	◆ La recherche et l'innovation chez Jean Lefèbre <i>M. Cyna</i>	89
	◆ Advitam : l'inspection et la surveillance des ouvrages d'art à l'ère du clic <i>J.-M. Brujaille</i>	92
	◆ Les innovations en construction métallique aujourd'hui <i>J. Brozetti</i>	97
	LA RECHERCHE PRIVÉE	
	◆ Recherche et innovation au CEBTP <i>D. Vié</i>	99
	◆ La recherche et l'innovation au LERM <i>J.-P. Bournazel</i>	101
	LES MANIFESTATIONS	
	◆ TPtech : 1 ^{er} Salon des technologies innovantes des TP <i>P. Cormon</i>	104
	LA RECHERCHE ET LE DÉVELOPPEMENT EUROPÉENS	
	◆ Le 5 ^e Programme cadre de Recherche et Développement <i>J. Laravoire</i>	110
	LES POLITIQUES PUBLIQUES ET L'INNOVATION	
	◆ Les politiques publiques et l'innovation dans l'industrie de la construction <i>A. Manseau</i>	115
	prix de l'innovation FNTP	117
	formation	122
	répertoire des fournisseurs	126

ABONNEMENT TRAVAUX

Encart après p. 48

INDEX DES ANNONCEURS

ALPHACAN.....4È DE COUVERTURE	LHOIST9
BOUYGUES CONSTRUCTION2	NOBEL EXPLOSIFS12
CNETP32	PRO BTP3È DE COUVERTURE
FREYSSINET16	SADE125
GTM CONSTRUCTION2È DE COUVERTURE	SIPLAST10
ISPC PROFIL ARBED13	SOLETANCHE BACHY4
JEAN D'HUART123	SYNDICAT DES MATÉRIaux ÉRUPTIFS11
JMB MÉTHODES8	TELEMAC4
LE MATÉRIEL DE SONDAGE14	VINCI.....6 ET 7

Le fer de lance

Spearhead

La force de l'Europe s'est créée sous la Renaissance, par l'audace de ses artisans progressivement transformés en ingénieurs et en chercheurs. Aujourd'hui, l'Europe doit garder une place en face des États-Unis et de l'Extrême Orient. Elle doit, plus que jamais, investir dans une recherche à long terme, qui sera le fer de lance de nos actions futures.

Et bien des progrès sont possibles, par exemple en génie civil. Dans le secteur qui m'est proche, je note des avancées significatives :

- ◆ les ciments avec additifs polymères (Rhodia),
- ◆ la compréhension fine de l'aquaplaning des voitures (Institut Curie),
- ◆ l'adhésion (Atochimie, Ecole de Physique et Chimie, Collège de France),
- ◆ le sondage acoustique des structures (Ecole de Physique et Chimie).

Comme toujours (et comme on le voit sur la liste précédente), cet effort de prospective ne peut s'épanouir que par une collaboration étroite entre laboratoires industriels et universitaires.

J'ai bon espoir que de telles actions se développent en génie civil, comme elles l'ont fait (par exemple) en chimie, sous deux formes complémentaires :

- ◆ création d'équipes mixtes CNRS/Industrie,
- ◆ une politique active de bourses de thèses.

Parmi les grands travaux, celui qui consiste à penser le futur mérite toute notre attention.



■ **PIERRE GILLES DE GENNES**

Prix Nobel de Physique 1991

Directeur ESPCI¹

Europe's force arose during the Renaissance out of the boldness of its craftsmen, who were gradually transformed into engineers and researchers. Today, Europe must maintain a position in relation to the United States and the Far East. More than ever before, it must invest in a long-term research programme that will spearhead our future action.

There is still great potential for progress, for example in civil engineering. In the sector closest to me, I find significant advances:

- ◆ Cement with polymer additives (Rhodia),
- ◆ Better understanding of vehicle hydroplaning (Curie Institute),
- ◆ Skid resistance (Atochimie, Ecole de Physique et Chimie, Collège de France),
- ◆ Acoustic sounding of structures (Ecole de Physique et Chimie).

As always (and as can be seen in the above listing), these forward-looking efforts will become tangible only through close cooperation between industrial and university laboratories.

I have great hopes that such efforts will be increasing in civil engineering, as they were, for example, in chemistry, along two complementary lines:

- ◆ creation of joint CNRS²/Industry teams,
- ◆ an active policy of thesis scholarships.

Among our major projects, those thinking in terms of the future deserve our undivided attention.

¹ Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle

² French national scientific research centre

La recherche en France

La recherche publique française s'articule autour de deux pôles : les organismes de recherche et les établissements d'enseignement supérieur. Cette dualité du dispositif public fait l'originalité de la recherche de notre pays et sa richesse. Plus que jamais, les interactions entre ces deux pôles sont indispensables, mais aussi celles avec le monde des entreprises que la loi du 12 juillet 1999 sur l'innovation et la recherche encourage. En effet, la recherche demeure l'un des principaux moteurs de l'innovation et de la compétitivité, et par conséquent, de la croissance et de l'emploi. La France a eu la chance de présider l'Union européenne et de pouvoir dessiner, avec l'aide de ses partenaires européens, les pourtours de ce paysage nouveau de la recherche du XXI^e siècle.

Les grandes priorités de la politique de recherche de la France ont été arrêtées par deux réunions du Comité interministériel de la recherche scientifique et technique (CIRST) présidé par le Premier ministre, les 15 juillet 1998 et 1^{er} juin 1999.

Deux instances de conseil, le Conseil national de la science, composé de personnalités du monde scientifique et économique dont un tiers de personnalités étrangères, et le Comité national pour le développement des sciences humaines et sociales, et quatre structures de coordination ont été créées à l'issue du CIRST de 1998 pour éclairer les choix du Gouvernement en matière de politique de recherche et de technologie. Par ailleurs, des instances de concertation placées auprès des ministres chargés de la recherche et de l'enseignement supérieur, sont appelées à émettre des avis sur la mise en œuvre de la politique définie par le Gouvernement. Il s'agit du Conseil supérieur de la recherche et de la technologie et du Conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Les contrats quadriennaux que l'Etat passe avec les établissements permettent, en outre, de conduire les actions en cohérence avec les grandes orientations définies au plan national. La contractualisation des établissements d'enseignement supérieur permet en effet d'harmoniser les stratégies des établissements en matière de recherche, de gestion des ressources humaines et d'action internationale. Le rapprochement avec l'ensemble des organismes de recherche dans le cadre d'unités mixtes de recherche, la généralisation des écoles doctorales et l'émergence de nouvelles équipes de recherche technologique dans des domaines nouveaux

sont les principales nouveautés de cette politique contractuelle.

De même, la relation contractuelle mise en place progressivement entre les organismes de recherche et leur tutelle permet à l'organisme de présenter, pour une période de quatre ans, ses orientations stratégiques en tenant compte des priorités définies par le gouvernement, dans la perspective d'évolution des disciplines et des métiers. Les moyens mis en œuvre veillent par conséquent au soutien de base des équipes de recherche et des laboratoires, à l'accroissement de l'autonomie et de la prise de responsabilité des jeunes, à l'amélioration de l'évaluation comme garantie de l'excellence et de la pertinence de l'activité scientifique, au développement des actions de valorisation et de transfert technologique en vue d'un réel impact sur la compétitivité économique et l'emploi.

Ce sont deux instances indépendantes, le Comité national d'évaluation des universités et le Comité national d'évaluation de la recherche qui évaluent *a posteriori* les établissements d'enseignement supérieur et les organismes de recherche et émettent des recommandations pour en améliorer le fonctionnement.

Le financement de la recherche publique est assuré principalement par le budget civil de recherche et de développement technologique (BCRD). Le BCRD regroupe l'ensemble des crédits que l'Etat consacre à la recherche civile. Plus des trois quarts correspondent au budget du ministère de la Recherche et à quelques chapitres du budget de l'enseignement supérieur. Les autres moyens budgétaires relèvent d'autres ministères. Le budget du ministère de la Recherche comprend principalement le financement des organismes de recherche placés sous sa tutelle. Il comprend également des crédits d'intervention : des crédits destinés à la formation doctorale (allocations de recherche, conventions industrielles de formation pour la recherche), le Fonds national de la science (FNS) destiné à donner une impulsion aux recherches dans les domaines prioritaires et à promouvoir des actions concertées incitatives entre laboratoires publics, le Fonds de la recherche technologique (FRT) destiné à favoriser la recherche en partenariat avec les entreprises et le transfert de technologie des organismes publics vers la sphère économique. Le plan "Universités du III^e millénaire" constitue par ailleurs le volet recherche et enseignement supérieur des contrats de plan Etats-régions couvrant la période 2000-2006. 18,3 milliards de francs y



seront consacrés par l'Etat, dont un quart pour la seule recherche.

Pour 2001, le budget s'élève à 56 GF, en progression de 2,5 % par rapport à la loi de finances initiale pour 2000. Les crédits d'investissement s'élèveront à 24,4 GF, en augmentation de 7 % par rapport à 2000. Cette double progression doit permettre de donner un nouvel essor à la recherche publique et de traduire concrètement les orientations nationales. Les orientations de la politique de recherche poursuivent quatre objectifs majeurs : rajeunir la recherche, renforcer les moyens des laboratoires, dynamiser les disciplines prioritaires : sciences du vivant, sciences de l'information et de la communication, sciences humaines et sociales, sciences de la planète et de l'environnement, matériaux et énergie, et favoriser le transfert de technologie et l'innovation. Elles poursuivent également la mise en œuvre des priorités thématiques définies par le CIRST : réussir le passage à la société de l'information, réconcilier science et environnement, rapprocher la science et la société.

Le BCRD pour 2001 prévoit la création de 305 emplois dont 265 dans les EPST. Ces créations permettent d'amorcer une gestion pluriannuelle de l'emploi scientifique en anticipant les départs à la retraite importants attendus au cours de la période 2004-2010.

Soixante-quatorze emplois seront créés à l'INSERM, 116 à l'INRIA, 70 au CNRS, en particulier pour le nouveau département dédié aux STIC, permettant ainsi de renforcer les effectifs dans les disciplines prioritaires. La progression de 3,9 % des autorisations de programme des organismes de recherche permet également de renforcer le soutien de base des laboratoires (+ 11 %).

Le ministère entend promouvoir l'interdisciplinarité et la mobilité des chercheurs et enseignants-chercheurs. La politique contractuelle, la mise en place des actions concertées incitatives, de réseaux et de plates-formes technologiques dans le cadre des CPER, les dispositions de la loi sur l'innovation doivent y contribuer. Trois millions de francs de mesures nouvelles sont prévus pour amplifier l'accueil d'enseignants-chercheurs ou de chercheurs d'autres organismes dans les EPST. Le budget de l'enseignement supérieur prévoit une mesure analogue s'agissant des universités.

Le FNS est porté à 885 millions de francs en autorisations de programme (+ 26 %). Son accroissement permettra essentiellement de financer les recherches dans les sciences du vivant (génomique,

post-génomique...), mais aussi quelques actions nouvelles dans les domaines des neurosciences, des molécules nouvelles, des mégasources informatiques, de l'internationalisation dans les sciences humaines et sociales et de l'observation de la terre. L'ensemble des programmes déjà lancés est accessible sur le site web du ministère.

Le FRT s'élève pour 2001 à un milliard de francs ; cette augmentation de 10 % permettra d'amplifier les moyens de recherche dans les TIC (technologies logicielles, Internet du futur...) et les technologies liées aux sciences du vivant (médicament, bio-informatique...).

L'espace européen de la recherche qu'ont souhaité, sous la Présidence française, bâtir les ministres de la recherche, ouvre des perspectives fécondes pour la politique de recherche en France et en Europe. Cet espace doit développer des réseaux d'excellence européens, favoriser la mobilité des chercheurs, permettre une meilleure coordination des politiques nationales, notamment promouvoir une stratégie sur les grandes infrastructures, et une expertise de haut niveau. La constitution d'un espace européen suppose aussi une diffusion de l'information scientifique plus large par le lancement d'une Agence européenne de diffusion scientifique et technique. Cet espace doit être une force d'attraction pour les chercheurs du monde entier. Aussi, les "Maisons européennes de la recherche" à l'étranger pourront être des lieux privilégiés d'accueil, d'information et de recherche des chercheurs européens.

Dans tous les domaines, la société a besoin de savants, de chercheurs de haut niveau. Le nouveau siècle qui sera celui de la matière grise est aussi l'occasion de faire de nouveau confiance à la science. C'est l'occasion pour les scientifiques d'expliquer les raisons de cette confiance. Il faut rapprocher la science et le citoyen, car une démocratie ne peut se passer d'un débat public sur les enjeux et les grands choix scientifiques de demain. Les citoyens doivent être informés, les experts scientifiques consultés. Ils ne doivent être ni les uns ni les autres oubliés.

C'est alors au politique que revient la responsabilité de définir l'avenir de la recherche. Il ne faut se tromper ni de missions, ni de contact. Faute de quoi un pays comme le nôtre, un continent comme le nôtre perdrait toute importance politique, culturelle et à terme économique dans la bataille que l'on veut pacifique, mais qui se livre déjà.

Le réseau "Génie civil Bilan de deux années

Paris - Assemblée Nationale.
Parking souterrain de cinq niveaux.
Paroi moulée à 48 m
de profondeur,
fond de fouille à 15 m
sous le niveau
de la nappe

Paris - National Assembly (Parliament).
Five-level underground car-park.
Diaphragm wall 48 m deep,
with bottom of excavation 15 m
under the groundwater level



Le réseau technologique "Génie civil et Urbain" fut l'un des tout premiers à être mis en place. Certes, on peut y voir une priorité donnée par le gouvernement au développement des infrastructures et aux questions de la ville, mais la vraie raison en est sans doute qu'un tel réseau préexistait à la formalisation du concept. En effet depuis le début des années 80, sous l'impulsion de quelques grandes figures du secteur auxquelles il convient de rendre hommage, le ministère de l'équipement et la profession du génie civil s'étaient lancés, dans des actions de recherche coopératives. Ces actions organisées à l'intérieur d'un programme regroupant déjà l'essentiel des acteurs concernés ont duré plus de dix ans. Leur bilan a été unanimement reconnu comme très positif. La création du réseau manifeste avant tout la volonté des pouvoirs publics de construire sur cet acquis.

Quelques faiblesses s'étaient toutefois révélées au cours des dix années de fonctionnement précédent : insuffisance d'implication des équipes uni-

versitaires dans des projets de recherche pilotés par les professionnels, difficultés rencontrées par les petites et moyennes entreprises du secteur pour rentrer dans des projets lourds, enfin, ouverture limitée aux questions posées par l'émergence de nouvelles contraintes imposées au génie civil : protection de l'environnement, réduction des nuisances, intégration dans le tissu urbain, notamment. Par le titre même du nouveau réseau et par la composition de son comité d'orientation, incluant une forte composante urbaine et plusieurs universitaires de disciplines et d'institutions diverses, les pouvoirs publics ont exprimé clairement leur volonté de corriger ces quelques faiblesses. Le comité d'orientation s'est évidemment attaché à mettre en œuvre cette volonté par l'affichage tant des thèmes qu'il entendait privilégier que de critères d'évaluation qu'il souhaitait utiliser pour guider ces choix. S'ils concernent bien sûr les matériaux et les structures, ces thèmes intègrent aussi largement des questions d'environnement et des problèmes spécifiques à la ville. Quant aux critères,

et Urbain" de fonctionnement

Serge Feneuille



PRÉSIDENT DU COMITÉ
D'ORIENTATION
DU RÉSEAU

ils mettent en avant, outre l'originalité technique, les considérations économiques qui conditionnent la capacité des dossiers présentés à déboucher sur de véritables innovations sanctionnées par le marché.

Après deux ans de fonctionnement, qu'en est-il aujourd'hui ?

Au niveau des thèmes, les projets ayant reçu le label du comité montrent que la communauté du génie civil reste encore très mobilisée sur les questions de matériaux et de structures, mais qu'elle a un certain mal à intégrer de nouvelles problématiques comme celles de la gestion des risques, de l'environnement et de l'urbain. Encore faut-il se garder de tout amalgame et d'une conclusion trop rapide qui ne verrait dans cette constatation qu'une simple marque de conservatisme. En effet, une analyse plus fine permet de mettre en évidence des raisons structurelles aux réticences observées qui sont différentes pour chaque thème.

Ainsi, s'agissant de la thématique liée à l'environnement, le rôle structurant de l'Ademe, combiné avec ses moyens financiers, permet à lui seul d'expliquer une certaine saturation du marché auprès d'un nombre *a priori* restreint d'équipes disponibles. La solution passe sans doute par une meilleure concertation entre les parties prenantes et par la conduite d'actions concertées sinon communes. Concernant l'urbain, l'échec observé est d'autant plus troublant qu'une demande sociale et politique forte s'exprime dans ce domaine. Il est à noter toutefois que, déjà dans le passé, d'autres tentatives d'investissement du champ n'ont pas abouti. Il faut souligner aussi que si le discours politique est fort, il fait rarement référence à des aspects technologiques, à la différence de ce qui se pratique dans d'autres secteurs. Il y a urgence à voir les pouvoirs publics s'investir fortement dans le montage d'une nouvelle communauté véritablement concernée par la problématique du génie urbain, à l'instar de leur intervention passée dans le champ du génie civil proprement dit. Cela supposera des moyens et une capacité d'agir très supérieurs à ceux dont dispose actuellement la cellule d'animation du réseau. Cela supposerait aussi un financement qui aille bien au-delà des quelques crédits incitatifs qu'elle peut aujourd'hui attribuer.

S'agissant des participants actifs au réseau, on peut se réjouir d'une participation accrue des petites et moyennes entreprises, et notamment des bureaux d'études et d'ingénierie comme on pouvait l'anticiper compte tenu de la nature de leurs

activités. Moins satisfaisante est la participation des grandes entreprises qu'il s'agisse de producteurs de matériaux ou de sociétés de construction. Sans doute faudrait-il reprendre une campagne de sensibilisation pour convaincre les différents acteurs de la profession qu'ils ne pourront progresser qu'ensemble, même s'il est normal qu'une part importante de leurs efforts soient consacrée à construire des différences de compétitivité vis-à-vis de leurs concurrents. La compétition dans ce domaine ne devrait pas exclure la coopération.

Plus préoccupante est la constatation d'une mobilisation faible de la communauté universitaire du génie civil sur la construction du réseau technologique et les thèmes qui ont été proposés. Cette communauté a pourtant une taille qui n'a rien à envier à celle de ses homologues dans les grands pays voisins. Dans ces conditions, soit, elle reçoit déjà suffisamment de crédits pour ne pas avoir à se préoccuper de rechercher des crédits incitatifs, soit, les compétences qu'elle a développées ne sont pas susceptibles de rencontrer les préoccupations des professionnels. Dans les deux cas, qui ne sont d'ailleurs pas exclusifs l'un de l'autre, il y a là un problème dont les pouvoirs publics ne sauraient se désintéresser. En outre, nombre de problèmes à résoudre ne trouveront leur solution qu'au travers d'une collaboration entre des disciplines diverses, mécanique, physique et chimie notamment. Or, en dépit de quelques progrès, ces collaborations interdisciplinaires restent aujourd'hui encore une exception. Là encore, le réseau ne prendra toute sa dimension que s'il est capable, par des actions d'information et de sensibilisation, de promouvoir de telles collaborations.

Toutefois, au-delà de ces constatations en demi-teinte, les projets qui ont reçu le label du réseau montrent à l'évidence la vitalité du secteur et sa volonté d'innover, non seulement par une amélioration continue de ses produits et de ses techniques mais aussi par la recherche de véritables ruptures. Reste que cette vitalité et cette volonté d'innovation ne pourront se maintenir durablement qu'à une double condition :

- ◆ que le volume des travaux reste suffisamment élevé en France pour permettre la construction des compétences nécessaires à l'international, seul terrain de jeu autorisant des innovations de rupture ;
- ◆ que les maîtres d'ouvrage acceptent le risque de l'innovation pour pouvoir en tirer ultérieurement les avantages. Si ces conditions sont satisfaites, nul doute que le réseau saura alors jouer pleinement son rôle.

La DRAST, la recherche en génie civil

Tableau I
Le réseau scientifique et technique de l'Équipement
The French public works scientific and technical network

Organisme	Sigle
<i>Organismes scientifiques et techniques</i>	
Centre d'étude de la navigation aérienne	CENA
Centre national de recherches météorologiques	CNRM
Centre scientifique et technique du bâtiment	CSTB
Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer	IFREMER
Institut géographique national	IGN
Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité	INRETS
Laboratoire central des Ponts et Chaussées	LCPC
Météo-France	
<i>Ecoles</i>	
Ecole nationale de l'aviation civile	ENAC
Ecole nationale de la météorologie	ENM
4 Ecoles nationales de la marine marchande	ENMM
Ecole nationale des ponts et chaussées	ENPC
Ecole nationale des sciences géographiques	ENSG
Ecole nationale des techniciens de l'équipement	ENTE
Ecole nationale des travaux publics de l'Etat	ENTPE
<i>Services techniques centraux</i>	
Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques	CERTU
Centre d'études techniques maritimes et fluviales	CETMEF
Centre d'étude des tunnels	CETU
Centre national des ponts de secours	CNPS
Service d'études et d'aménagement touristique de la montagne	SEATM
Service d'études techniques des routes et autoroutes	SETRA
Service de la formation aéronautique et du contrôle technique	SFACT
Service technique des bases aériennes	STBA
Service technique de la navigation aérienne	STNA
Service technique des remontées mécaniques	STRM
<i>8 Centres d'études techniques de l'équipement</i>	CETE

Dans le champ de compétence du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, les activités d'étude, de prospective, de recherche et d'innovation relèvent d'une double finalité : d'une part éclairer les décisions publiques concernant le territoire, le cadre de vie et les transports, et d'autre part développer la capacité d'innovation et la compétitivité des secteurs professionnels de la construction, des transports et de l'aménagement.

Afin de mieux orienter les activités de recherche-développement et d'ingénierie du ministère et son soutien à des actions du même type qui ne lui sont pas propres, la Direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques (DRAST) a été créée en 1992, en regroupant des structures pré-existantes réparties au sein de diverses directions. Cette création affirme clairement la prise en compte des préoccupations de recherche et d'innovation dans la politique du ministère.

■ LA DRAST ET LES ORGANISMES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Une des fonctions majeures de la DRAST est l'animation du réseau des organismes scientifiques et techniques (RST) relevant du ministère, en liaison avec les autres directions concernées, du ministère ou hors du ministère. En effet ceux qui ont un statut d'établissement public peuvent être sous la co-tutelle du ministère du Budget, du ministère de la Recherche, ou de celui de l'Agriculture et de la Pêche. Par ailleurs, dans cette fonction, la DRAST est souvent conduite à coopérer avec le ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire.

Fort de plus de 8 000 ingénieurs, chercheurs et spécialistes techniques, le RST comprend (tableau I) huit organismes scientifiques et techniques, sept écoles, dix services techniques centraux, et huit centres d'études techniques de l'équipement (CETE), couvrant ainsi l'ensemble des domaines de compétences du ministère, sur tout le champ continu de la recherche, des études techniques et de la formation.

Dans le domaine du génie civil et de la construction qui nous intéresse plus particulièrement ici on y trouve :

- ◆ les services techniques centraux, qui en particulier effectuent des études, élaborent des méthodologies et la doctrine technique de l'Etat, et constituent un vivier d'expertise et de ressources

et l'innovation

Bernard Halphen



CHEF DE LA MISSION
GÉNIE CIVIL À LA DRAST
Ministère de l'Équipement,
des Transports et du Logement

techniques au profit des collectivités publiques et des acteurs économiques : le SETRA, le CETU, qui de plus a un programme de recherche, souvent en coopération avec d'autres organismes du RST et des laboratoires universitaires, le CNPS, le STRM, le CETMEF, qui étudie, entre autres, les questions de génie civil portuaire ou fluvial, le CERTU, le STBA;

◆ les huit CETE, composés de divisions d'études et des laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées, qui participent au programme de recherche des LPC piloté par le LCPC et effectuent des études, des contrôles, des inspections d'ouvrages;

◆ des organismes de recherche : le LCPC et le CSTB, auxquels il faut ajouter Météo-France qui met au point des systèmes d'information météorologique pour la construction, et des collaborations de ces organismes avec l'Ifremer ou l'IGN sur des sujets particuliers;

◆ les écoles et leurs laboratoires : l'ENPC, l'ENTPE et l'ENSG.

La DRAST contribue à la préparation de la stratégie scientifique et technique de ces organismes. Elle assure la coordination de leurs actions et suscite les coopérations nécessaires entre eux. Elle veille à la valorisation des produits de la recherche et de l'innovation auprès des services déconcentrés du ministère, mais aussi au sein du monde professionnel. La DRAST participe à l'élaboration des propositions budgétaires du ministère de l'Équipement pour le budget civil de recherche et développement, qui constitue tout ou partie du budget public initial des organismes de recherche.

En coopération avec la direction du personnel et des services du ministère, elle anime la politique de l'emploi scientifique. Elle assure en particulier le secrétariat du Comité d'évaluation des chercheurs du ministère, constitué de 24 membres issus de l'université et de la recherche et actuellement présidé par Yves le Bars, président de l'ANDRA.

■ LA DRAST ET LES PROFESSIONNELS

La recherche en partenariat

La DRAST apporte une aide aux actions de recherche de la profession de la construction au niveau national et européen.

La mission pour la recherche et l'innovation en génie civil de la DRAST est chargée de l'animation du réseau de recherche technologique Génie civil et urbain (RGC & U), et participe à la mise en œuvre



Mise en œuvre de la passerelle de visite "Epsilon" du CETE de Lyon

The "Epsilon" inspection gangway of the Lyon CETE (French infrastructure technical research center)



Essai d'incendie dans le tunnel sous la Défense

Fire testing in tunnel under the La Défense business district (Paris)



Mur de soutènement préfabriqué pour déchetterie, label IVOR 1999

Prefabricated retaining wall for waste collection centre, IVOR label 1999

des actions de ce réseau à tutelle partagée avec le ministère de la Recherche. Elle assure le secrétariat du Comité d'orientation du RGC & U, et c'est elle qui reçoit les propositions de programmes de recherche collective entre professionnels et laboratoires soumises à ce Comité.

En plus de la participation de certains de ses agents à la représentation française dans les comités des programmes européens dont les thèmes incluent la construction, la DRAST coordonne l'action du ministère pour l'élaboration et la mise en œuvre de ces programmes. Elle participe par exemple à la rédaction des propositions de la France dans le cadre de la préparation du 6^e PCRD.

La procédure IVOR

Créée en 1993, en parallèle avec le Plan génie civil, la procédure IVOR (Innovation validée sur ouvrage de référence) a pour objectif de mettre l'accent sur de nouveaux matériaux, de nouvelles méthodes de conception, ou de nouveaux procédés de construction, en leur délivrant un label, dès lors qu'ils ont été mis en œuvre avec succès dans un ouvrage de génie civil.

Le comité IVOR, maintenant présidé par Georges Mercadal, vice-président du Conseil général des Ponts et Chaussées, est composé de onze personnalités choisies pour leur compétence et leur impartialité reconnues. Il organise l'évaluation des innovations qui lui sont proposées et délivre des labels attestant de leur validation sur un ouvrage de référence. La mission Génie civil de la DRAST assure le secrétariat du comité IVOR, et publie, à l'appui des labels, les "fiches IVOR", qui contiennent les éléments techniques de validation des innovations et sont diffusées à plusieurs milliers d'exemplaires au sein du monde professionnel et de la recherche.

La candidature d'une innovation à la délivrance du label doit être présentée par le maître d'ouvrage, évidemment en accord avec l'entreprise innovante. Ceci a cependant pour but de souligner que l'innovation a effectivement été mise en œuvre après acceptation par un maître d'ouvrage. Grâce au dossier technique de validation et à l'appréciation du comité sur l'innovation, l'utilisateur futur dispose d'éléments de jugement indépendants du concepteur de l'ouvrage et de l'inventeur de l'innovation. Pour montrer la diversité des trois ou quatre innovations par an ayant reçu le label, rappelons en quelques-unes.

Le premier label IVOR a été attribué en 1995 à l'emploi d'aciers thermomécaniques dans la construction du pont de Remoulins dans le Gard et un autre en 1996 à l'utilisation du bois pour la structure d'un pont routier.

En 1997 on l'a attribué à l'utilisation de matériau composite pour la construction de portes d'écluse et récemment à un système de chasse automa-

tique pour drains siphons utilisés dans la stabilisation des glissements de terrain.

Dans le domaine des travaux d'entretien du patrimoine, on peut noter le label obtenu pour la réparation d'ouvrage d'art par collage de tissu à base de fibres de carbone (TFC®).

La procédure IVOR est indépendante mais complémentaire de la Charte de l'innovation mise en place par le ministère de l'Équipement et la FNTP. En effet, il est convenu que lorsque l'innovation est validée dans ce cadre, la Direction des routes s'engage, si l'entreprise le souhaite, à faire une demande d'attribution du label IVOR.

C'est ainsi que le dernier label IVOR a été attribué au revêtement de piédroits de tunnel par des coques en composite ciment-verre, revêtu d'un film de résine de méthacrylate, mis au point par la société Betsinor; l'ouvrage de référence est l'extrémité ouest du tunnel de Saint-Cloud à l'entrée de l'autoroute A13 dans le sens Paris-province.

Procédé de démantèlement contrôlé de ponts à poutres isostatiques sous chaussée, label IVOR 1995

Controlled dismantling of bridges with statically-determinate girders under pavement, IVOR (validated innovation) label 1995



Année	INNOVATION	OUVRAGE DE RÉFÉRENCE	ENTREPRISE(S)	MAÎTRE D'OUVRAGE
1995	Utilisation d'aciers thermomécaniques dans la construction d'ouvrages d'art	Franchissement du Gardon par la RN 86 à Remoulins	Eiffel GTS Industries	DDE du Gard
1995	Procédé de démantèlement contrôlé de ponts à poutres isostatiques sous chaussée	Franchissement du Vallon Charretier par la RD37 à Tanneron	S.N.P.	Département du Var
1995	Utilisation du clouage pour réaliser un mur de soutènement	Mur sur l'autoroute A12 à Bois d'Arcy	Bouygues STIPS	DDE des Yvelines
1996	Procédé "Modulopont 2" de construction industrialisée de ponts de type courant	Passage inférieur de l'autoroute A28	Quille	DDE Seine Maritime
1996	Utilisation du bois pour la structure d'un pont routier	Pont sur la Dore	Tarentaise-Maintenance-Bâtiment D. Calvi	Département du Puy-de-Dôme
1996	Utilisation du béton de sable dans la construction d'une chaussée routière	Route départementale La Teste-Le Pyla	Compagnie Moderne de Route (C.M.R.)	Département de la Gironde
1997	Ecran poreux (gravillons enrobés de coulis ECOSOL®) pour traiter la pollution in-situ	Tranchée drainante sur A22 à Neuville en Ferrain	Solétanche	DDE du Nord
1997	La précontrainte extradossée dans un ouvrage d'art	Pont sur l'Arc et A43 à St-Rémy-de-Maurienne	Bureau Tonello Fougerolle Ballot Architecte : C. Lavigne	Société française du tunnel routier du fréjus
1997	Un pont provisoire rapide à construire	Franchissement de l'Oise par la RD 17 à Précy-sur-Oise	Baudin-Chateaufort CNPS	Département de l'Oise
1997	Renforcement d'un pont par collage de tissu à base de fibres de carbone	Passage supérieur n° 38/18 sur l'autoroute A10	Freyssinet Soficar Ato Findley	COFIROUTE
1997	Des portes d'écluse en matériau composite verre-résine	Ecluse n° 14 sur le canal de l'Est à Golbey	Direction des Constructions Navales	Voies Navigables de France
1999	Ames métalliques plissées dans un caisson précontraint	Franchissement du Doubs et du canal du Rhône au Rhin à Dôle	Campenon Bernard SGE Architecte : A. Spielmann	Ville de Dôle
1999	Système de chasse automatique pour drains siphons (stabilisation de glissements de terrains)	Ouvrage sur la RD 96 à Oingt	Groupe Ress TP Géo	Conseil général du Rhône
1999	Procédé EPI/PB Mur de soutènement préfabriqué pour déchetterie	Déchetterie de Bressuire (Deux Sèvres)	Préfa. Bressuirais Inventeur : H. Dutel	Syndicat du Val de Loire
2000	Application de la précontrainte par post-tension à un dallage industriel sur sol	Usine du groupe O.C.G. Cacao S.A. à Grand Quevilly (Seine Maritime)	Bouygues DCI VSL France	O.C.G. Cacao S.A.
2000	Procédé d'AUTORIPAGE® des ouvrages d'art	Passage de l'A77 sous les voies ferrées à Boismorand (Loiret)	JMB Méthodes VSL France Demathieu et Bard	SNCF
2000	Procédé de remblai léger PLASTBLOC®	Rectification du lacet du Cudret de la RD 99 à Montaimont	Société INGEVAL Société TRIVALOR Conseil : IUT de Villeurbanne, Dpt GC	DDE de Savoie
2000	Des coques en composite ciment-verre (CCV) pour l'habillage des piédroits en tunnel	Tunnel de l'autoroute A13 à Saint-Cloud	BETSINOR société APSA	DDE des Yvelines

Tableau II
Les labels IVOR depuis leur création jusqu'à fin 2000
IVOR (validated innovation) labels from their creation until the end of 2000

Les réseaux du Laboratoire Central et Chaussées

A l'occasion de son changement de statut, le LCPC a été amené à préciser son positionnement et ses priorités de la recherche d'ici à 2004. Pour atteindre ses objectifs de production scientifique mais aussi de valorisation, il développe résolument une approche en réseau. Il se situe donc au cœur de plusieurs réseaux : le Réseau scientifique et technique de l'Équipement (CETE), le réseau des autres laboratoires d'établissements publics de recherche, le réseau des utilisateurs des travaux de recherche (maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre de l'État et des collectivités locales mais aussi entreprises de travaux, de services ou d'ingénierie), le réseau de ses homologues étrangers, notamment Européens.

En créant, en 1851, un Laboratoire des pierres et des chaux, l'administration des travaux publics de l'époque témoignait déjà de ses préoccupations en matière de matériaux pour la construction des ouvrages, qu'il s'agisse de ponts ou de routes. Depuis lors, les techniques ont progressé, les problèmes se sont élargis et les structures se sont adaptées en conséquence. Mais l'administration en charge des travaux publics puis de l'équipement a tenu à maintenir une présence forte et constante dans la recherche et dans l'innovation.

Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées se situe encore aujourd'hui dans cette tradition, tout en la renouvelant pour tenir compte des évolutions actuelles des attentes de la société comme des politiques publiques qui y répondent. Il le fait en liaison étroite avec l'ensemble des services qui constituent le Réseau technique de l'Équipement, au premier rang desquels se situent les Centres d'Études Techniques de l'Équipement (CETE).

tervenue le 1^{er} juin 1998, a mis les textes en conformité avec les missions et les activités de l'organisme.

Depuis cette date, l'Établissement a conduit une réflexion stratégique sur son positionnement et ses priorités pour les cinq années à venir. Cette réflexion s'est traduite par l'élaboration d'un schéma directeur, adopté par son conseil d'administration en novembre 1999, puis d'un contrat quadriennal avec l'État signé par les ministres de l'Équipement, des Transports et du Logement M. Gaysot, et de la Recherche, M. Schwartzberg, le 7 septembre 2000.

Le LCPC, en plein accord avec ses tutelles, s'y réaffirme comme un organisme public de recherche finalisée œuvrant sur les champs du génie civil et urbain, de l'exploitation optimale des infrastructures de transport et de leur impact sur l'environnement ainsi que de la prévention des risques.

Une des originalités fortes du LCPC réside dans sa capacité à associer, dans la conduite de ses travaux de recherche, l'établissement de modèles, numériques ou physiques, l'expérimentation en laboratoire ou sur modèles réduits ainsi que la mesure et l'expérimentation en vraie grandeur sur le terrain. Il le fait grâce aux équipements scientifiques dont il dispose (manège de fatigue des chaussées, banc de fatigue des câbles, centrifugeuse géotechnique, plate-forme d'essais des structures) mais aussi grâce à l'accès aux chantiers que lui permet son partenariat étroit avec les laboratoires régionaux.

■ LE POSITIONNEMENT DU LCPC

La transformation du LCPC en établissement public à caractère scientifique et technologique, in-

Conservation du patrimoine d'infrastructures existant. Le LCPC est doté de grands équipements comme la plate-forme d'essais des structures qui permet d'étudier dans les conditions de laboratoire et à l'échelle 1, le comportement de nouvelles techniques de construction et d'entretien des ouvrages

Conservation of existing infrastructure heritage. The LCPC (French TR laboratory) has major facilities and equipment, such as the structure test facility allowing full-scale investigation, under laboratory conditions, of the performance of new construction and maintenance techniques for highway structures



© LCPC

■ LES ORIENTATIONS PRIORITAIRES DE LA RECHERCHE DU LCPC POUR LA PÉRIODE 2001-2004

Dans le cadre du contrat quadriennal, le LCPC adapte les thématiques de ses travaux pour mieux répondre aux attentes de la société et appuyer les politiques publiques. Il cherche aussi à diversifier les utilisateurs de ses travaux vers les services de l'État mais aussi vers les collectivités locales et les entreprises.

A ce titre, il prévoit de faire porter au moins 80 % de son effort de recherche, durant les quatre années 2001-2004, sur les cinq orientations suivantes :

◆ **la conservation du patrimoine d'infrastructures existant** : la connaissance de l'état des infrastructures existantes, leur maintenance, la pro-

des Ponts

longation de leur durée de vie, leur adaptation à l'évolution de leurs usages seront des préoccupations dominantes à l'avenir. L'action de recherche engagée porte en particulier sur les méthodes d'auscultation et de diagnostic des ouvrages, sur les techniques d'entretien, préventives ou curatives, de maintenance, de réparation et d'adaptation ainsi que sur les méthodes technico-économiques d'optimisation des politiques d'entretien. Les résultats attendus concernent une nouvelle génération d'appareils d'auscultation tant des chaussées (dégradation superficielle, profil en long) que des ouvrages d'art, une méthodologie d'évaluation et de suivi des ouvrages atteints de gonflement interne, une méthodologie de dimensionnement des infrastructures aéronautiques prenant en compte les effets des avions gros porteurs, une base de données sur les produits de collage en génie civil, des méthodologies de caractérisation et de suivi des assemblages collés ;

◆ **la sécurité des usagers des infrastructures routières** : l'effort de recherche du LCPC porte en priorité sur la contribution de l'infrastructure et de ses équipements à la sécurité routière. Les actions du LCPC vont vers la construction de modèles et la réalisation d'expérimentation sur le comportement de l'ensemble formé par le conducteur, le véhicule et ses aides à la conduite, la mise au point de systèmes de gestion de la circulation, l'appréhension de l'adhérence mobilisable pour un véhicule en déplacement, l'amélioration de la lisibilité et de la visibilité de la route, y compris en situation difficile (nuit, brouillard, pluie), la compréhension et le traitement du gel en surface de chaussées ;

◆ **les impacts des infrastructures sur l'environnement et la maîtrise des risques naturels** : les actions de recherche du LCPC concernent le développement de méthodes ou d'outils permettant une évaluation des performances environnementales et l'analyse du cycle de vie des "objets" du génie civil, l'évaluation des aléas naturels (mouvements de terrain, séismes, pollution des sols), l'appréciation et la réduction de la vulnérabilité des ouvrages face à ces aléas, l'évaluation et la maîtrise des nuisances des infrastructures de transport (bruit et risques de pollution des eaux et des sols), les méthodes d'études pour l'emploi de matériaux de démolition, de matériaux locaux ou de déchets ;

◆ **les ouvrages de génie civil en zones urbaines** : du fait de l'urbanisation, de plus en plus de travaux d'infrastructures sont réalisés en ville. Les caractéristiques de l'environnement dans lequel ils sont réalisés, la densité de l'utilisation du sol et du sous-

sol et la sensibilité aux perturbations engendrées par les chantiers créent d'importants besoins d'outils et de méthodes particulières pour opérer en zone urbaine ou suburbaine. Les actions du LCPC portent sur l'intégration dans la voirie des différents réseaux techniques urbains, l'appréhension de la complexité des ouvrages géotechniques en milieu urbain, l'assainissement, le bruit et l'éclairage urbains. Parmi les résultats attendus, le LCPC prévoit de développer une méthodologie de traitement des carrières souterraines abandonnées, une méthodologie d'évaluation et des recommandations d'emploi pour l'instrumentation en réseau d'assainissement, une méthodologie de dimensionnement des infrastructures de transport en site propre (tramway) ;



Impacts des infrastructures sur l'environnement. Étude du comportement et de l'état des systèmes d'assainissement en milieu urbain, pour la maîtrise des nuisances des infrastructures apportées par la pollution des eaux

Impacts of infrastructures on the environment. Study of the behaviour and condition of sewer systems in urban areas to control the impact of water pollution on infrastructures

© LCPC

◆ **l'introduction de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies dans le domaine du génie civil et des transports** : le Laboratoire accentue ses efforts de recherche sur la compréhension générale des comportements des matériaux du génie civil, regardés au moyen des outils de modélisation des matériaux granulaires et poreux, sur le développement de deux domaines spécifiques des matériaux nouveaux (les matériaux composites et les nouveaux bétons auto-plaçants et fibrés), l'application au génie civil des méthodes d'acquisition et de traitement de l'information (capteurs de mesure, saisie et traitement d'image, méthodes modernes de localisation ou de pesage). Le LCPC prévoit donc d'établir des recommandations sur les structures en bétons fibrés ultra-performants, des procédures de qualification des procédés de renforcement des structures par matériaux composites, un système de gestion des données adapté à la totalité de la durée de vie d'une infrastructure routière (conception, réalisation, suivi, entretien).

Ouvrages de génie civil en zone urbaine. La mise au point du logiciel LISE-LCPC permet aux aménageurs d'étudier l'éclairage urbain au moyen d'images de synthèse

Civil engineering works in urban areas. The development of the LISE-LCPC software enables developers to design urban lighting by means of synthetic images



© LCPC

Recherche en réseau à l'amont et à l'aval. Les recherches permettent entre autres de développer des matériels innovants pour équiper le réseau des Laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées. C'est par exemple le cas du Portancemètre qui mesure en continu la portance des plates-formes routières. Ce matériel a reçu la médaille d'argent au palmarès de l'Innovation d'Intermat 2000



© LCPC

Network research upstream and downstream. Research makes it possible, among other things, to develop new innovative equipment for the LCPC network. An example is the Portancemètre (Bearing Capacity Meter) which continuously measures the bearing capacity of highway roadbeds. This equipment was awarded the Interimat 2000 Innovation silver medal

LA RECHERCHE EN RÉSEAU, À L'AMONT ET À L'AVAL

Le développement de collaborations entre chercheurs, permettant la conjonction de plusieurs disciplines et leur enrichissement mutuel, le partenariat, le plus en amont possible, entre les organismes de recherche et les agents économiques susceptibles de mettre en œuvre, au plan industriel, les résultats de la recherche sont des traits incontournables d'une recherche contemporaine performante. Dans le cadre du contrat quadriennal, le LCPC se place complètement dans cette approche.

Le tissu relationnel établi par le LCPC avec les autres composantes du réseau scientifique et technique de l'Équipement (CETE mais aussi services techniques centraux comme le SETRA, le CERTU, le CETU, le CETMEF) constituent une originalité et un atout pour le LCPC. Son nouveau statut place au premier plan de ses missions, la consolidation de ces relations.

Les relations établies entre le LCPC et les CETE relèvent par nature du domaine contractuel, s'agissant d'entités juridiques publiques mais distinctes. Si elles intéressent principalement, au sein des

CETE, les laboratoires régionaux et les unités spécialisées, les autres composantes des CETE que sont les divisions d'études, qu'il s'agisse de tracés routiers, d'ouvrages d'art, d'informatique ou de sécurité routière, sont également concernées. Elles portent sur trois aspects distincts :

- ◆ la participation des CETE et des laboratoires régionaux aux travaux de recherche pilotés par le laboratoire central ;
- ◆ la mise en œuvre des méthodes et des outils développés par la recherche, dans les activités opérationnelles que les CETE effectuent pour les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre, essentiellement publics, pour lesquels ils sont prestataires de service ;
- ◆ la coordination technique par le LCPC des activités opérationnelles des différents CETE dans les domaines de compétence du LCPC.

Le LCPC renforce également ses collaborations avec les autres laboratoires de recherche travaillant sur des champs proches du sien. Cet effort concerne en particulier :

- ◆ le partenariat avec l'INRETS, notamment dans les domaines de l'environnement et de la sécurité routière : il a déjà abouti à la création d'une unité mixte (le Laboratoire des interactions véhicule-infrastructure-conducteur, le LIVIC) ;
- ◆ les autres établissements publics de recherche non universitaires, notamment l'ENPC et le CNRS mais aussi le CSTB, l'ENS de Cachan, l'ENTPE, le CEMAGREF ou le BRGM : trois unités communes à l'ENPC et au LCPC – dont une associée au CNRS – ont ainsi été établies depuis le 1^{er} janvier 2000, pour des activités de recherche pluridisciplinaires sur les matériaux et les structures du génie civil ;
- ◆ les laboratoires universitaires, notamment ceux existants à proximité de ses localisations de Paris, de Marne-la-Vallée ou de Nantes.

Le LCPC a de longue date établi des relations de travail suivies avec les entreprises opérant dans ses domaines de compétence : entreprises productrices de matériaux du génie civil, entreprises de travaux, exploitants d'infrastructure et de services de transports, bureaux d'études ou d'ingénierie. Il mène avec elles des travaux de recherche mais il apporte à l'occasion son expertise à leurs activités. Le développement des réseaux technologiques, évoqués par ailleurs dans ce numéro et dans lesquels le LCPC s'implique activement, offre autant d'occasion de renforcer ces relations.

LES PARTENARIATS ÉTRANGERS

La recherche en génie civil est bien évidemment, comme les autres, internationale. Le LCPC fait partie des membres fondateurs du Fo-

rum des laboratoires nationaux européens de recherche routière (FEHRL), qui regroupe, au sein d'une association internationale de droit belge, vingt-cinq laboratoires appartenant à autant de pays européens. Le FERHL constitue en particulier le cadre privilégié dans lequel s'organisent les groupements de recherche pour répondre aux appels d'offre de recherche européens du 5^e PCRD actuellement en cours d'exécution, appels d'offre des programmes "Produits, procédés et gestion innovants", "Mobilité durable et intermodalité", "Ville de demain", "Société de l'information conviviale". Au-delà, les membres du FEHRL développent actuellement une stratégie de mise en œuvre de projets de recherche partagés, sur la base d'une mise en commun d'objectifs et de moyens propres.

Le LCPC a par ailleurs des relations engagées et qu'il entend développer avec les centres d'excellence de la recherche dans les principaux pays développés, tels que les Etats-Unis (Federal Highways Administration – FHWA – et grandes universités intervenant dans le domaine du génie civil), le Canada (ministère des Transports du Québec, universités de Montréal et de Québec), Japon (Public Works Research Institute PWRI) et Brésil (université fédérale de Rio de Janeiro).

PRÉSENTATION DES CETE ET DU LCPC

Les CETE sont des services déconcentrés du ministère de l'Équipement, qui réalisent essentiellement des travaux d'études, d'expertises, de contrôles et d'essais. Au nombre de sept, auxquels il faut ajouter la Direction technique de la DRE d'Ile-de-France, ils assurent une couverture de l'ensemble du territoire. Ils emploient de l'ordre de 4 000 personnes, dont la moitié environ au sein de dix-sept laboratoires régionaux et de quatre centres spécialisés. Le LCPC est un établissement public à caractère scientifique et technologique ; il emploie 600 personnes – dont soixante-dix doctorants – et est localisé sur les quatre sites de Paris, Nantes, Marne-la-Vallée et Satory.

ABSTRACT

The LCPC (French TR laboratory) network

J. Roudier

On the occasion of changes to its status, the LCPC was led to clarify its positioning and its priorities for research until 2004. To achieve its targets relative to scientific research activities, but also to internal development, it is resolutely undertaking a network approach. It is thus at the heart of several networks : the infrastructure scientific and technical network (CETE), the network of other laboratories of public research agencies, the network of users of research work (government contracting agencies and local authorities, but also construction, service or engineering consultancy firms), and the network of its foreign counterparts, notably in Europe.

Conservation of existing infrastructure heritage. The LCPC has major testing facilities, such as the structural testing platform enabling full-scale laboratory investigations on the performance of new construction and maintenance techniques.

RESUMEN ESPAÑOL

Las redes del Laboratorio Central de Puentes y Caminos de Francia (LCPC)

J. Roudier

Con motivo de la modificación de su estatuto, el LCPC se ha visto inducido a precisar su posición y sus prioridades de investigación de aquí a 2004. Para lograr sus objetivos de producción científica, así como también de valorización, el LCPC desarrolla resueltamente un enfoque en forma de red. Por consiguiente, se sitúa en pleno centro de varias redes, es decir : la Red científica y técnica del Equipamiento (CETE), la red de los demás laboratorios dependientes de los establecimientos públicos de investigación, la red de usuarios de los trabajos de investigación (entidades contratantes y directores o responsables de proyectos, tanto del Estado como de los entes locales, así como también empresas constructoras, de servicios o de ingeniería), y finalmente, la red de sus homólogos de otros países, y fundamentalmente europeos.

También está implicado en la conservación del patrimonio de las infraestructuras existentes. El LCPC cuenta con grandes equipos como, por ejemplo, la plataforma de pruebas de estructuras, que permite estudiar en condiciones de laboratorio y a escala 1/1, el comportamiento de nuevas técnicas de construcción y de mantenimiento de las construcciones.

Les chartes Innovation des Routes

Les directeurs des routes successifs ont tous été, chacun selon son style, des soutiens réguliers de l'innovation. Il n'est pas douteux que ce trait qui leur est commun doit quelque chose à leur culture et leur formation communes. Il est tout aussi certain qu'ils ont tous été facilement pénétrés de la responsabilité qui était la leur dans la progression des diverses techniques qui intéressent à un titre ou à un autre l'univers routier.

Appuyé sur cette autorité, il est naturel que le Setra ait eu à cœur de favoriser toutes opportunités d'innovation. Cette orientation de principe a donné lieu à des réalisations intéressantes sous la forme des "chartes Innovation", que je vais évoquer plus loin. Mais il faut savoir aussi qu'elle a également donné lieu à quelques déconvenues, dont il me semble utile de faire mention pour ne pas donner l'impression que tout va toujours tout seul.

Photo 1
Eclairage adapté
aux travaux de nuit
sur autoroute

*Lighting designed
for night works
on motorway*



C'est pourquoi il est intéressant de commencer par revenir brièvement sur la nature et le champ de l'innovation. Précisons tout d'abord que nous ne parlons ici que d'innovation technique. Il est en effet tout aussi légitime et intéressant de s'appliquer à l'innovation organisationnelle, managériale, etc., mais ce sont d'autres problématiques que nous n'aborderons pas ici. Quant à cette innovation technique, elle consiste à faire effectivement parvenir au stade opérationnel un nouveau procédé ou un nouveau parti technique. Cette définition manifeste que le processus d'innovation est d'une nature différente du processus de recherche. En effet, la recherche figure parmi les sources possibles d'idées nouvelles, et a pour objet de principe pre-

mier l'augmentation des connaissances. Le processus d'innovation a de son côté pour objet de valider et mettre au point une idée et de la promouvoir. La recherche se situe donc à l'amont de l'innovation. Il y a des recherches qui débouchent sur des innovations et d'autres non. Il y a des innovations qui exploitent un résultat de recherche ; il y en a beaucoup d'autres qui ont une autre origine. Existente d'ailleurs divers cheminements engendrant des idées d'innovation ; je ne les détaille pas ici. Je me contenterai d'indiquer en passant que par rapport aux méthodes auxquelles nous avons recouru jusqu'ici, en figure une que nous avons sans doute insuffisamment exploitée, qui est le concours.

En revanche, je souhaite souligner que le processus d'innovation, qui consiste donc d'abord à mettre au point et valider une idée, mais aussi l'accompagner jusqu'à ce qu'elle soit effectivement utilisée, recourt à des méthodes qu'on peut répertorier. Le processus correspondant a une dimension technique, bien sûr. La mise au point du procédé se fait en général d'abord au niveau du principe, puis à des échelles grandissantes, jusqu'à vérifier qu'on est capable de stabiliser un *process* industriel robuste et fournissant des performances acceptables. Mais la mise au point doit également être menée sur d'autres registres :

- ◆ le registre fonctionnel. Il s'agit ici de positionner avec précision le produit par rapport aux besoins des clients en choisissant un calage précis de ses caractéristiques fonctionnelles ;
- ◆ le registre économique. Celui-ci est en fait couplé avec le précédent, le positionnement du produit étant caractérisé par un binôme performance-prix ;
- ◆ le registre juridique. Cette dimension n'est pas toujours présente en tant qu'élément de décision ou d'ajustement, mais doit malgré tout le plus souvent faire l'objet au moins d'une vérification, notamment pour s'assurer de l'absence de problème de propriété industrielle ou de conformité à la réglementation ;
- ◆ le registre organisationnel. Il s'agit cette fois d'examiner les conditions d'insertion du procédé dans les pratiques des équipes qui vont y recourir. La question peut se poser tant au niveau de la production du produit que de son utilisation. C'est souvent un aspect important. Nous avons tous en tête de nombreux exemples de très bonnes idées qui n'ont pu être mises en œuvre parce qu'elles ont été rejetées par le corps au sein duquel elles devaient s'insérer ;



de la Direction

◆ le registre promotionnel. L'innovation prend rarement sa place opérationnelle toute seule et spontanément. Il faut l'accompagner et la promouvoir. La façon de le faire varie évidemment beaucoup avec le contexte, mais dans tous les cas la nécessité de s'en occuper activement demeure, sous peine de voir tous les efforts développés jusque là se terminer dans un placard.

Il faut enfin souligner qu'une des caractéristiques premières du contexte d'innovation dans le domaine d'application des travaux publics dont il est question ici, est l'importance du thème du risque. En effet, le processus d'innovation implique de passer par des réalisations expérimentales en vraie grandeur. Dans ces conditions il peut se produire que l'expérience échoue. Prétendre gérer l'innovation implique nécessairement de prendre en compte explicitement cette hypothèse, c'est-à-dire d'identifier clairement, d'une part les limites des risques acceptables (ne pas mettre en jeu la sécurité des usagers de l'ouvrage), et d'autre part ce qui se passe au cas où un sinistre se produit.

C'est donc à la lumière de tout ceci qu'il convient de regarder les mécanismes mis en œuvre et résultats obtenus au moyen des "chartes de l'innovation". Sans entrer dans les détails, disons qu'il existe en gros deux chartes, qui ont été mises en place respectivement dans le domaine des chaussées et dans le domaine des ouvrages d'art. Bien qu'elles soient un peu différentes l'une de l'autre et qu'elles aient une ancienneté et donc un acquis de résultats différents, elles ont une parenté "philosophique" suffisamment forte pour justifier de les présenter ensemble.

Leur conception repose sur les principes suivants :

- ◆ le directeur des routes souhaite exploiter le gisement d'idées que recèlent les entreprises ;
- ◆ les entreprises, en même temps qu'elles constituent un gisement d'idées, sont intéressées à l'exploitation du résultat final. Elles prendront donc normalement en charge l'essentiel du travail de promotion du produit. Il ne faudra quand même pas oublier de compléter par quelques actions qui sont à examiner au cas par cas, mais qui comportent au minimum une "bénédiction" officielle du résultat ;
- ◆ le directeur des routes est en mesure de proposer des sites d'expérimentation en vraie grandeur des innovations proposées, et de financer une partie des frais spécifiques correspondants.

Pour qu'un projet innovant ait le maximum de chances de déboucher avec succès, il faut :

- ◆ que l'idée de départ soit prometteuse ; en l'occurrence il faut que les experts de l'entreprise et de l'administration soient d'accord là-dessus ;
- ◆ que l'idée de départ soit jugée suffisamment étudiée ; dans le cas contraire, le processus de travail en commun peut éventuellement commencer par des études complémentaires ;
- ◆ qu'on parvienne à se mettre d'accord :
 - sur le processus d'expérimentation,
 - sur la nature et le partage des risques,
 - sur le montant et le partage des surcoûts,
 - sur les conditions de suivi technique des expérimentations (de façon à valider proprement le produit et à exploiter au mieux les enseignements des expérimentations),
 - sur les conditions de confidentialité à respecter, et à consigner cet accord dans un "protocole".



Photo 2
Renforcement de chaussée en enrobé à module élevé

High-modulus asphalt (French designation EME) overlay

Ce dispositif fonctionne donc depuis bientôt dix ans pour les chaussées, trois ans pour les ouvrages d'art, et semble donner satisfaction aux partenaires. La preuve en est malgré tout mieux assurée côté chaussées que côté ouvrages d'art qui nous crée davantage de soucis de toutes natures. Et enfin et surtout, nous trouvons des partenaires volontaires pour accepter cette règle du jeu.

En ce qui concerne les chaussées, c'est 75 protocoles qui ont été ainsi signés depuis l'origine, ayant donné lieu à la réalisation de 175 chantiers expérimentaux. Il y a eu une dizaine de sinistres. L'ensemble a débouché sur seize attestations de bonne fin (sous une forme ou sous une autre). L'affaire marche si bien que des variantes en ont

▶ également été utilisées pour mener à bien des programmes expérimentaux, intéressant non plus une entreprise, mais un syndicat professionnel tout entier.

Les principales difficultés rencontrées portent sur :

- ◆ le Code des marchés publics, qui n'est manifestement pas bâti de façon à accueillir simplement une démarche de ce genre. Nous espérons que la réforme en cours permettra de clarifier au moins en partie la situation, éventuellement en nous conduisant à modifier un peu certains aspects de la procédure. A noter qu'une des difficultés du problème est que cette procédure doit évidemment être gérée au niveau national, alors que les marchés de travaux relèvent d'une maîtrise d'ouvrage locale. Il s'est déjà produit que certains contrôleurs financiers locaux tordent un peu le nez devant les marchés correspondants mais, jusqu'à présent, cela s'est toujours bien terminé ;

- ◆ la difficulté à trouver des sites de chantier. Les maîtres d'œuvre locaux manifestent un enthousiasme mesuré pour accepter un chantier expérimental, même lorsqu'ils savent bénéficier d'un accompagnement technique massif du réseau technique du ministère. Manifestement, cette difficulté est encore plus importante pour les affaires d'ouvrages d'art que pour les chaussées.

En conclusion, et comme je l'indiquais ci-dessus, il serait utile de compléter le dispositif actuel sur de nombreux autres champs techniques. Il faudra sans doute recourir à des procédures différentes, parmi lesquelles je crois que le concours devrait jouer un rôle privilégié. Bref, il y a encore du travail à faire pour qu'on puisse estimer qu'on fait "tout ce qu'il faut" pour que nos réseaux routiers bénéficient des meilleures techniques, et pour que nos entreprises soient les plus performantes.

Contribution des universitaires à la recherche, au développement et à l'innovation en génie civil

Les laboratoires universitaires ayant des activités de recherche en génie civil sont le plus souvent associés à des établissements d'enseignement : écoles d'ingénieurs, universités, IUT...

On trouve en France 17 départements génie civil d'IUT, 11 IUP (Instituts universitaires professionnalisés) traitant de génie civil, huit licences maîtrises traitant de génie civil, et 28 écoles d'ingénieurs soit de spécialité soit avec une option génie civil.

Les laboratoires menant des recherches en génie civil sont au nombre de 31. Il s'agit souvent d'équipes au sein de laboratoires relevant soit de la mécanique, soit de la physique ou de la chimie, soit de la géologie.

Les laboratoires participent activement à la formation par la recherche en accueillant les étudiants de DEA et les doctorants. Ces étudiants sont rattachés à des écoles doctorales. On compte en France 16 formations de 3^e cycle de génie civil.

Les enseignants chercheurs du génie civil sont regroupés au sein de l'Association universitaire du génie civil (AUGC), qui édite régulièrement des annuaires de ses membres, des formations, des laboratoires et un catalogue des publications des universitaires. L'AUGC organise également des colloques thématiques, des rencontres annuelles. Elle collabore avec l'AFGC (Association française du génie civil), l'IREX, le G2C (Groupement des associations du génie civil) pour le montage de forums ou de colloques sur des thèmes transversaux.

Les universitaires participent à titre individuel aux groupes de travail de l'AFGC, contribuent à la diffusion et à la valorisation de l'innovation en génie civil, et encadrent les doctorants et jeunes chercheurs, souvent en convention

de type CIFRE ou DRT, en partenariat avec les entreprises.

Les recherches menées dans les laboratoires universitaires de génie civil se situent à plusieurs niveaux.

Elles traitent de points fondamentaux, souvent en relation avec la mécanique et la physico-chimie, en collaboration avec d'autres grands établissements de recherche, et en association avec le CNRS. Par exemple, il convient de citer les développements de modèles complexes de calcul de structures et d'évolution des matériaux.

Mais les laboratoires contribuent également au développement et à l'innovation en collaborant avec les entreprises et les centres de recherche professionnels. Un nombre important d'entre eux participe aux projets nationaux, dont ceux de l'IREX, et pratique avec les entreprises des partenariats sous des formes multiples avec le soutien du RGCU (Réseau génie civil et urbain) ou d'autres instances nationales ou européennes. Citons les recherches sur le développement des nouveaux bétons, de l'instrumentation en génie civil et en géotechnique, et l'étude des structures ou matériaux dégradés...

Enfin, à un niveau souvent local, les laboratoires contribuent au transfert et à l'innovation avec les PME-PMI, mais également avec les entreprises et les industries régionales du BTP.

Quelques exemples d'innovation au service des travaux publics sont présentés ici. Certains portent sur les sols et la géotechnique, d'autres sur les ouvrages. Ils relèvent plutôt du deuxième niveau évoqué ci-dessus.

Il faut noter que les travaux présentés ont été réalisés par des chercheurs confirmés aussi bien que par de jeunes doctorants.

► Colorimétrie des parements de béton

Guillaume Lemaire
GTM-Construction, L.M.D.C.

Eric Ringot
L.M.D.C. - Toulouse

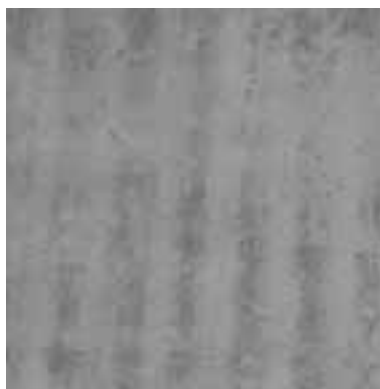


Figure 1
Image du parement
The facing

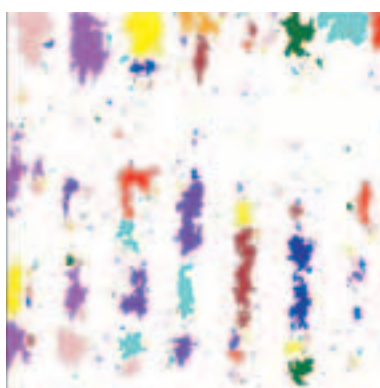


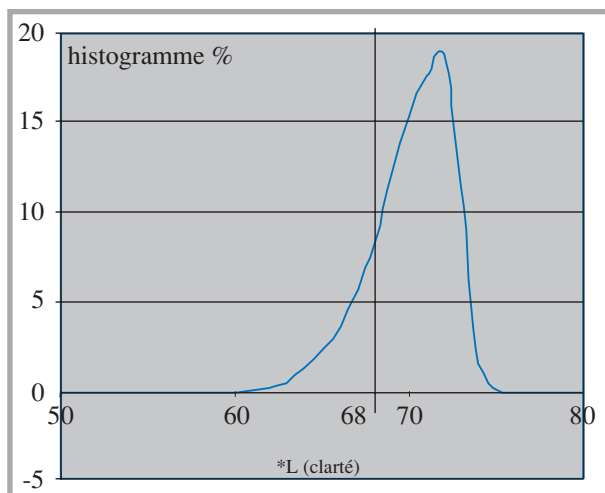
Figure 2
Zones de clarté inférieure à 68.
Tâches individualisées
en fausses couleurs
*Zones with brightness
level below 68. Individualised
spots in false colours*

Pour de nombreux bâtiments de prestige ainsi que pour beaucoup d'ouvrages d'art, les architectes font le choix du béton "brut de décoffrage". Ce choix s'accompagne généralement d'une exigence forte de qualité. Or, il est difficile, avec les méthodes existantes, de donner des spécifications *a priori* puis d'évaluer *a posteriori* la qualité d'un parement du point de vue de sa "teinte" et de l'homogénéité de cette dernière.

GTM-Construction et le LMDC proposent de déterminer, à partir de photographies et de mesures au spectrocromimètre, une cartographie complète d'une surface en béton pouvant couvrir plusieurs mètres carrés. Cette méthode permet de ramener les images prises sous une lumière incidente naturelle quelconque à une image sous lumière standard indépendamment du dispositif de prise de vue. Le fait de s'affranchir de la lumière incidente permet de pouvoir suivre dans le temps l'évolution d'un parement mais aussi de comparer des parements de béton situés dans des lieux et sous des lumières différents (figures 1, 2 et 3).

A chaque défaut localisé est associée sa valeur de clarté moyenne, maximale, minimum et l'écart type. Une étude paramétrique complète peut ainsi être menée objectivement sur le parement de béton.

Figure 3
Histogramme "normalisé" de clarté *L
*"Standardised" histogram of brightness *L*



Prédiction du comportement mécanique des ouvrages en béton armé dégradés par corrosion des armatures

Arnaud Castel

Raoul François

Ginette Arliguie

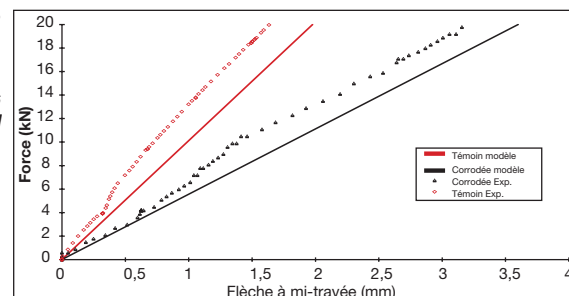
L.M.D.C. (INSA-UPS) Complexe scientifique de Rangueil (Toulouse)

Predire, en fonction de leur environnement, l'évolution du comportement des ouvrages d'art au cours de leur vieillissement constitue aujourd'hui un des enjeux de recherche majeurs en génie civil. Parmi les facteurs de dégradation recensés, la corrosion des armatures est reconnue comme la principale cause de détérioration des ouvrages en béton armé. Ces détériorations, très préjudiciables, sont caractérisées par une fissuration du béton d'enrobage (figure 4), résultant du caractère expansif des produits de corrosion, et s'accompagnent d'une réduction de la section des aciers ainsi que d'une perte d'adhérence acier-béton. Concernant ce thème de recherche, le laboratoire "Matériaux et durabilité des constructions" développe actuellement un modèle dont l'objectif est une prédiction fiable du comportement mécanique résiduel des ouvrages en béton armé corrodés. Ce



Figure 4
Fissuration du béton d'enrobage
Cracking of coating concrete

Figure 5
Résultats obtenus
Results obtained



modèle est basé sur un long programme expérimental débuté en 1984, qui a permis de suivre, dans des conditions expérimentales contrôlées, le comportement d'éléments de structure de dimensions réelles en fonction de l'évolution du processus de corrosion. La figure 5 présente les résultats obtenus sur une poutre en béton armé âgée de 16 ans, chargée en flexion trois points. Sur cette figure, sont représentées les courbes force-flèche obtenues expérimentalement sur une poutre témoin (non dégradée) et sur la poutre corrodée, ainsi que les prédictions du modèle pour les deux éléments de structure.

But final : élaborer des outils de diagnostic et d'aide à la décision adaptés aux structures en béton armé actuellement en service.

Réparation par rechargement mince adhérent de dallages industriels ou chaussées en béton

Jean-Louis Granju
Anaclet Turatsinze
L.M.D.C. - Toulouse

Sont concernés les dallages industriels et chaussées en béton, pour :

- ◆ renforcement mécanique par augmentation de l'épaisseur;
 - ◆ remplacement de la couche de surface détériorée.
- Sont également concernés les chapes, ragréages, et divers rechargements y compris projetés.

Présentation de l'étude

La durabilité des réparations ou rechargements est conditionnée à celle de leur adhérence à la structure support. L'étude a pour objectif de préciser les conditions de leur décollement et surtout les conditions de la prévention de ce dernier. La pratique a montré qu'un renfort du rechargement par des fibres métalliques est bénéfique. Les deux causes principales du décollement, les effets du retrait et ceux des chargements mécaniques, sont prises en compte (figures 6, 7 et 8).

Résultats déjà acquis

Dans tous les cas, le décollement est consécutif à la fissuration du rechargement.

Un renfort du rechargement par des fibres métalliques, en assurant une continuité de la transmission d'efforts à travers les fissures, retarde le décollement.

Les fibres les plus adhérentes sont les plus efficaces.

L'effet favorable des fibres est encore plus sensible dans le cas d'un chargement de fatigue.

But final : proposition de règles de calcul à l'usage de l'ingénieur.

Coopérations

- ◆ Canada : CRIB, Université Laval, Québec;
 - ◆ Pologne :
 - IPPT, Académie Polonaise des Sciences, Varsovie,
 - IBDM, Institut des Routes et des Ponts, Zmigrod.
- Partenariat** : Société Seva, Chalon-sur-Saône, France.

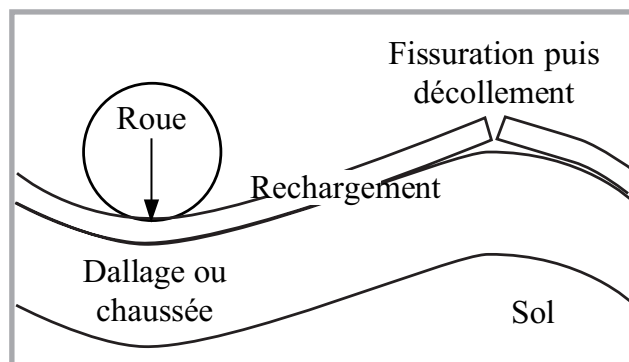


Figure 6
Effets des déformations imposées à la structure par les charges appliquées, particulièrement les charges roulantes
Effects of strain imposed on the structure by applied loads, and in particular live (rolling) loads

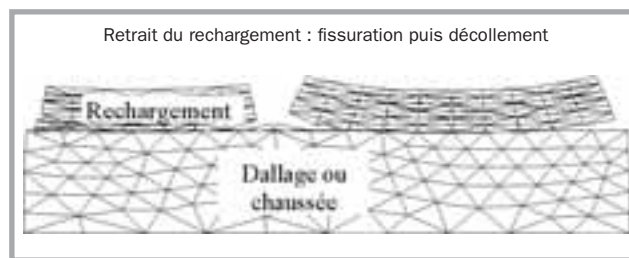


Figure 7
Effets des variations dimensionnelles différentes du rechargement et du support, notamment du fait du retrait
Effects of different dimensional variations in the overlay and the existing pavement, in particular owing to shrinkage

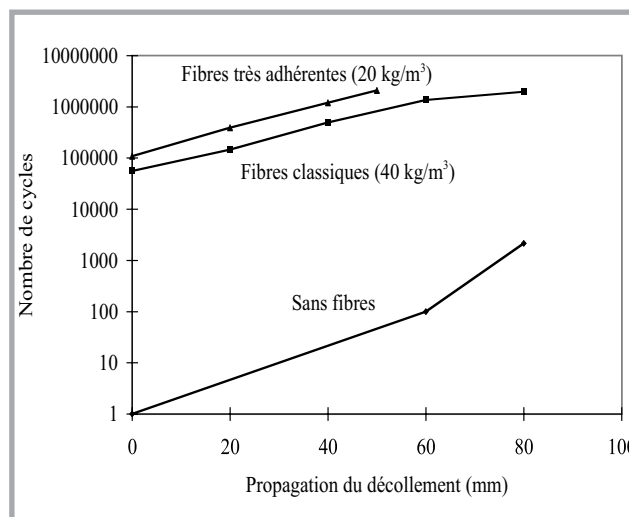


Figure 8
L'effet favorable des fibres est encore plus sensible dans le cas d'un chargement de fatigue
The favourable effect of fibres is even more apparent in the case of fatigue loading



Evaluation de la dégradation de la peau du béton par ondes ultrasonores

Sidi Ould Naffa^{1, 2}
Marc Goueygou¹
Bogdan Piwakowski¹
François Buyle-Bodin²

¹ GROUPE ACOUSTIQUE ELECTRONIQUE
 Ecole Centrale de Lille (EMN UMR 9929 CNRS)
² Laboratoire de Mécanique de Lille (URA CNRS 1441) EUDIL

Cette recherche a pour objet le développement d'une méthode de caractérisation de la dégradation de la peau des structures en béton par ultrasons et en hautes fréquences (0,5 - 1 MHz). Le choix des hautes fréquences, original dans ce domaine, se justifie par l'intérêt de travailler avec des longueurs d'ondes très courtes comparables aux faibles dimensions de la couche dégradée et des défauts. De telles ondes sont susceptibles d'apporter des renseignements sur les paramètres physiques et mécaniques de la dégradation. Pour cela nous avons procédé à la comparaison de deux parties d'un même bloc de béton après immersion de l'une d'elles dans une solution chimique agressive (nitrate d'ammonium). Cette comparaison porte sur la vitesse de propagation et l'atténuation acoustique pour les ondes longitudinales (L), transversales (T) et de surface (OS). Les résultats obtenus sont montrés sur les figures 9 et 10. Leur analyse permet de faire les observations suivantes :

- ◆ une diminution de la vitesse moyenne sur la partie attaquée accompagnée par une augmentation de la variance de la vitesse, ce qui traduit une augmentation de l'hétérogénéité de la partie dégradée ;
 - ◆ une forte modification du spectre du signal transmis à travers la partie exposée à la solution chimique. Cette modification est due à l'absorption des ondes acoustiques, plus forte dans le béton dégradé. Notons que les effets de la dégradation (différence entre les spectres) croissent si la fréquence augmente. Ceci justifie le choix de fréquences élevées pour cette étude.
- Ces phénomènes sont observés pour les trois types d'ondes L, T et OS. Les ondes transversales paraissent être les plus sensibles à la dégradation. Il faut souligner l'intérêt de l'utilisation des ondes de surface qui permettent les mesures dans les conditions habituellement rencontrées sur site, où l'accès à la structure à examiner ne peut se faire que par un seul côté.

Ondes et turbulences

Michel Bélorgey
 M2C-GROUPE MÉCANIQUE DES FLUIDES
 Université de Caen, UMR CNRS 6143

Les activités de recherche du laboratoire s'inscrivent dans la thématique : "Ondes et turbulences".

Les applications en génie côtier concernent :

- ◆ le transport sédimentaire sous l'action de la houle et des courants :
 - étude de la couche limite générée par la houle sur les fonds marins lisses ou rugueux,
 - étude de la remise en suspension des sédiments dans les zones de déferlement et de *swach* des vagues ;
- ◆ l'action de la houle sur les ouvrages :
 - étude des digues à paroi perforée avec une approche simultanée *in situ* (nous avons instrumenté la digue Jarlan du port de Dieppe) (figure 11) et en laboratoire (en canal à houle : houles régulières et aléatoires). Ces travaux ont été menés en partie dans le cadre du programme de recherches européen PROVERBS (MAST III),
 - étude des digues semi-immergées pour ports en eau profonde (extension du port de Monaco). Nos résultats ont permis le dépôt de deux brevets : BL-BOP I et II avec Bouygues Offshore,
 - étude des efforts exercés par la houle sur un cylindre, au voisinage du fond et/ou dans la zone de déferlement des vagues.

Les principaux moyens dont nous disposons sont :

- ◆ un canal à houle n° 1 (L = 24 m ; l = 0,8 m ; h = 1 m) houle régulière et aléatoire ;
- ◆ un canal à houle n° 2 (L = 18 m ; l = 0,5 m ; h = 0,6 m) houle régulière plus courant (0,8 m/s) ;
- ◆ un vélocimètre laser deux composantes ;
- ◆ un vélocimètre ultrasonore.

Figure 11
 Coupe du caisson Jarlan n° 6 de la digue du port de Dieppe (caisson instrumenté)

Section of Jarlan No. 6 caisson on pier of the Port of Dieppe (instrumented caisson)

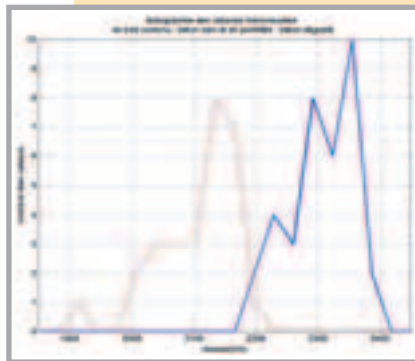
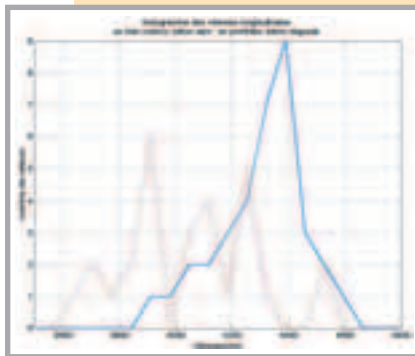
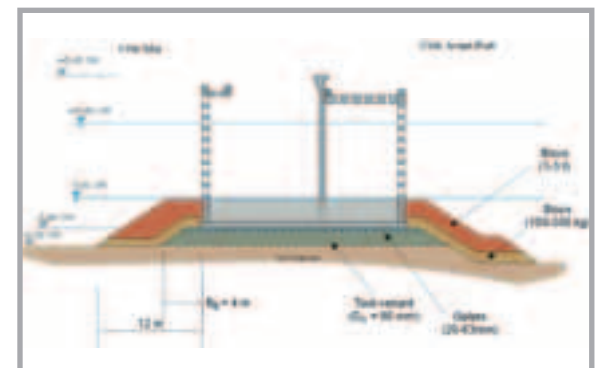


Figure 9
 Histogrammes des vitesses longitudinales (en haut) et transversales (en bas)

Histograms of longitudinal (top) and transverse (bottom) speeds

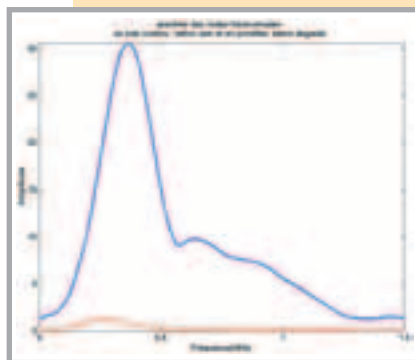
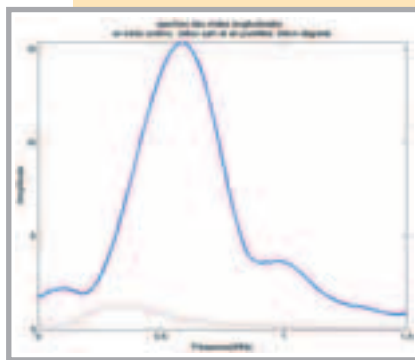


Figure 10
 Spectres des ondes longitudinales (en haut) et transversales (en bas)

Spectra of longitudinal (top) and transverse (bottom) waves

Le Géomécamètre® nouvel appareil d'essais *in situ*

Jacques Monnet
LIRIGM. Université Joseph Fourier - Grenoble

La difficulté ou l'impossibilité d'extraire des échantillons de sol intacts pour les essais de laboratoire, ainsi que le besoin de résultats obtenus très rapidement, sont les principaux facteurs qui font choisir d'utiliser les essais *in situ* plutôt que les essais de laboratoire.

Ce type de mesure est de plus en plus utilisée. Nous présentons ici un nouvel appareil d'essais *in situ*, le Géomécamètre® qui est une variante de l'essai pressiométrique, et qui utilise les forces d'écoulement générées par un écoulement hydraulique autour de la sonde.

L'écoulement permet le réglage et le contrôle de la contrainte verticale au niveau de la sonde. Le cisaillement dans le plan horizontal est obtenu par l'expansion d'une sonde de mesure de type pressiométrique.

Les essais sur la maquette du Géomécamètre® au laboratoire, montrent que l'écoulement hydraulique influe sur la contrainte verticale, et sur les courbes d'expansions pressiométriques.

Quand cette variation de contrainte verticale est prise en compte comme une variation de profondeur simulée, l'appareil est alors capable de déterminer directement quatre paramètres : le module élastique, de cisaillement, l'angle de frottement interne, le coefficient de perméabilité, le coefficient de consolidation.

La juxtaposition de trois essais doit permettre la détermination supplémentaire de la cohésion. Le prototype de l'appareil sera bientôt testé *in situ* (figure 12).

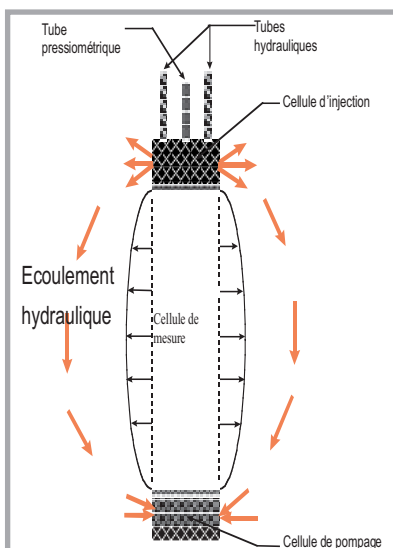


Figure 12
Principe du
Géomécamètre®
Principle
of the
Géomécamètre®

Etude de la pollution des sols non saturés Utilisation de la méthode TDR (Time Domain Reflectometry)

Laouni Gaidi
Ibrahim Alimi-Ichola
Laboratoire de Géotechnique, INSA de Lyon, Villeurbanne

La méthode TDR (*Time Domain Reflectometry*) s'appuie sur le calcul de la vitesse de propagation d'une onde électromagnétique le long d'une sonde placée dans le sol. Cette méthode nous permet de suivre la variation spatio-temporelle de la teneur en eau volumique θ et la conductivité électrique σ d'un milieu poreux.

Au laboratoire

Les essais peuvent être effectués dans des colonnes ou dans des bacs. Dans les deux cas nous pouvons tracer :

- ◆ les profils hydriques $\theta = f(z, t)$: front d'humidification, teneur en eau, perméabilité... ;
- ◆ les profils de conductivités $\sigma = f(z, t)$: positionner et détecter le polluant, front de soluté ;
- ◆ les profils de concentration en soluté $C = f(z, t)$: coefficient de diffusion ;
- ◆ les courbes de dilution à la sortie $C = f(t \text{ ou volume des pores})$: coefficient de diffusion.

L'étude expérimentale au laboratoire permet une meilleure compréhension des phénomènes de transfert de polluants. Les résultats des colonnes sont comparés à ceux obtenus dans les bacs avant le passage à l'échelle réelle (*in situ*) (figures 13, 14).

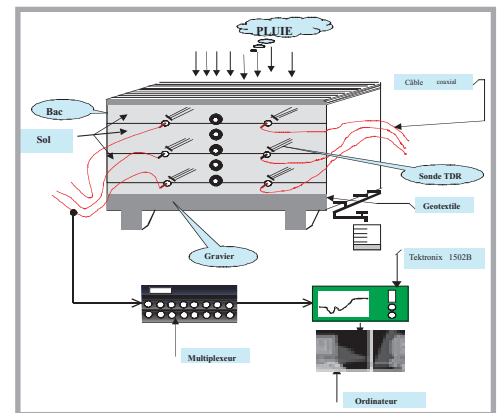
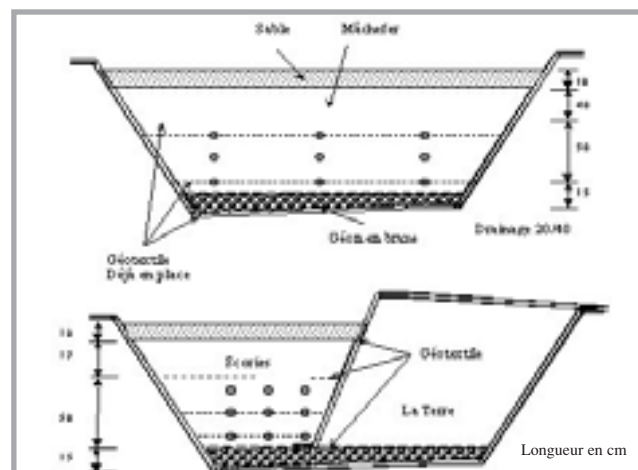


Figure 13
Etude de la pollution des sols non saturés.
Etude en colonnes
Unsaturated soil pollution study.
Column study

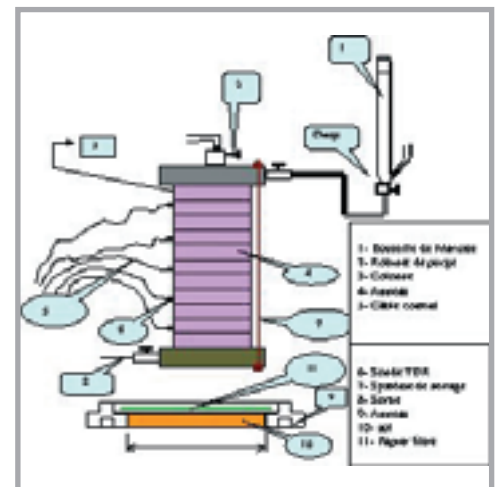


Figure 14
Etude de la pollution des sols non saturés.
Etudes en bacs
Unsaturated soil pollution study.
Pan study



In situ

Après la validation et la comparaison des résultats, nous passons à l'étude du transfert dans le sol sous dépôt réel de déchets (figure 15).

Etude de l'interaction creusement de tunnels - Ouvrages existants

Hussein Mroueh
Isam Shahrour
 Laboratoire de Mécanique de Lille (URA 1441)

Lors de creusement de tunnels en site urbain, on peut assister à une forte interaction entre le creusement de tunnels et les ouvrages existants. Cette interaction peut induire des mou-

vements de sols non négligeables avec parfois des conséquences néfastes pour les ouvrages. Dans ce cas, il est nécessaire de disposer d'outils et de méthodes fiables pour déterminer les conséquences du creusement sur les ouvrages existants afin de prendre des mesures de protection de ces ouvrages ou éventuellement de changer de procédé de construction.

Dans la pratique, on détermine les efforts induits par le creusement à l'aide d'une méthode simplifiée, qui consiste à déterminer le mouvement du sol induit par le creusement en l'absence de l'ouvrage (méthodes semi-empiriques ou numériques), ensuite à évaluer les efforts dans l'ouvrage à l'aide d'un calcul de structure en imposant le mouvement du sol aux fondations de l'ouvrage.

Cette méthode ne prend pas en compte l'influence de la présence de la structure sur le mouvement du sol. Un travail a été réalisé au LML (Laboratoire de Mécanique de Lille) pour étudier la conséquence de la non prise en compte de la présence de l'ouvrage sur les efforts induits par le creusement.

Ce travail a été effectué à l'aide d'une modélisation tridimensionnelle du problème de creusement en présence de l'ouvrage (figure 16).

Le comportement du sol est décrit par un modèle élastoplastique utilisant le critère de Mohr-Coulomb non associé.

La figure 17 présente une confrontation des résultats de l'approche classique (découplée) avec ceux obtenus avec l'approche globale.

On constate que l'approche classique surestime de manière substantielle les efforts engendrés par le creusement.

En effet, la présence de l'ouvrage limite le mouvement du sol et réduit par conséquent les efforts induits dans l'ouvrage.

Des travaux sont en cours pour étudier l'influence sur l'interaction creusement-structure du préchargement du sol et des caractéristiques de la couverture du tunnel (profondeur et type du sol).

Figure 16
 Modèle éléments finis retenu pour le calcul (3912 éléments; 19017 nœuds; 52 533 degrés de liberté)

Finite-element model adopted for calculations (3,912 elements; 19,017 nodes; 52,533 degrees of freedom)

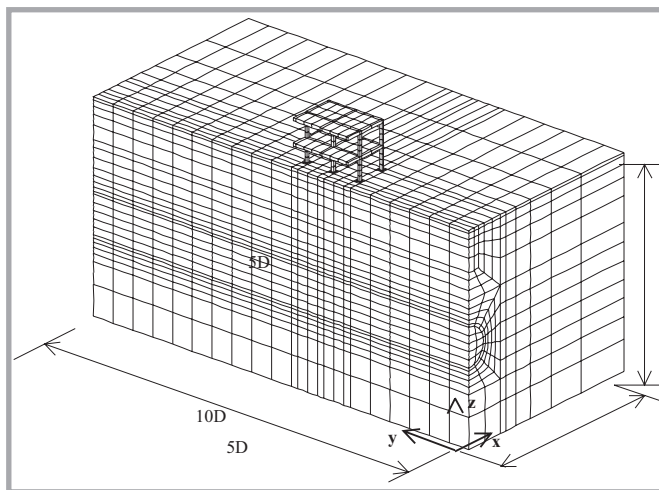
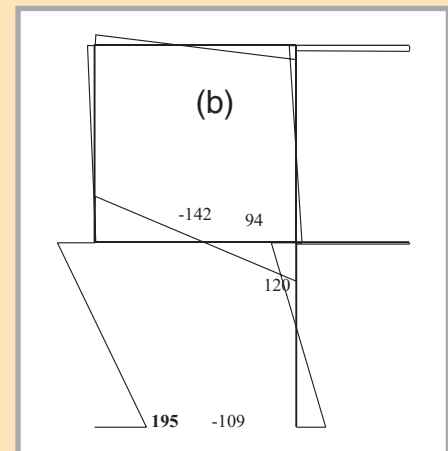
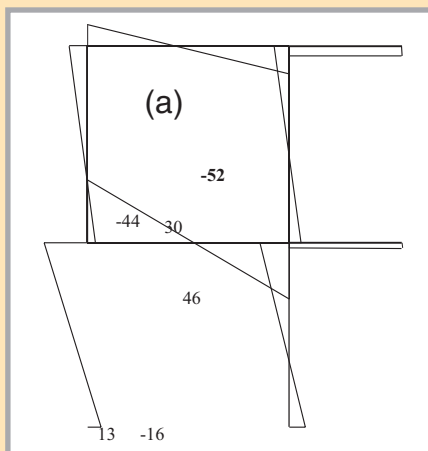


Figure 17
 Effort fléchissant induit dans la travée centrale de la structure (a) Approche globale (couplée) - (b) Approche classique (découplée)

Flexural stress induced in the central section of the structure. (a) Global approach (coupled) - (b) Conventional approach (uncoupled)



Analyse du comportement dynamique des micropieux utilisés comme des éléments de fondation

Isam Shahrouf
Machour Sadek
Rami Ousta
 Laboratoire de Mécanique de Lille (LML, URA 1441)

Les micropieux sont utilisés comme éléments de fondation pour la construction en zone sismique et pour le renforcement des ouvrages existants ou la réparation des ouvrages ayant subi des dommages sismiques.

Afin de mieux comprendre le comportement sismique des micropieux, en particulier l'effet de groupe et de réseau, des travaux conjoints ont été effectués en France (projet national *Forever*) et aux Etats-Unis.

Ces travaux ont fait appel à des essais en centrifugeuse et à une modélisation tridimensionnelle par éléments finis.

Le Laboratoire de Mécanique de Lille a participé aux travaux de modélisation sur deux aspects : étude du comportement dynamique des micropieux lorsqu'ils sont utilisés pour le renforcement des sols liquéfiables et analyse de l'effet de groupe lorsque les pieux sont utilisés comme éléments de fondation.

L'étude de l'effet de groupe a montré une forte concentration des efforts sur les éléments extérieurs, en particulier les éléments de coin et la persistance de l'effet de groupe pour des valeurs élevées d'espacement entre pieux ($S/D = 7$).

Le travail sur ce thème se poursuit par une confrontation entre la modélisation numérique et les essais en centrifugeuse et par l'étude du comportement sismique des micropieux inclinés (figures 18 et 19).

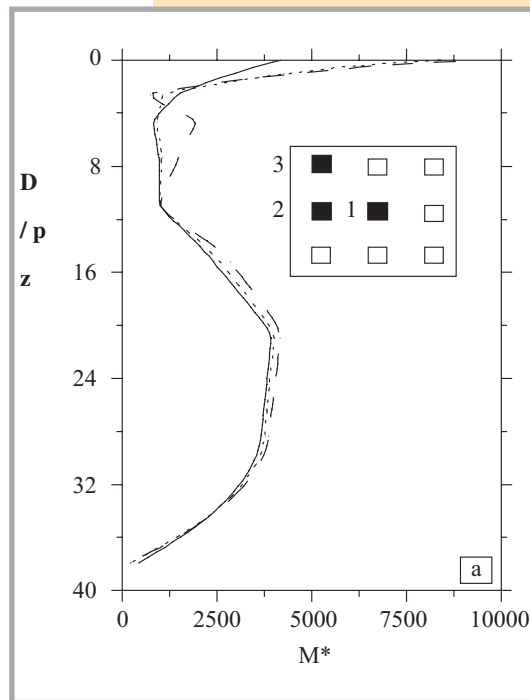


Figure 18
 Groupe de 3*3 micropieux
 Group of 3*3 micropiles

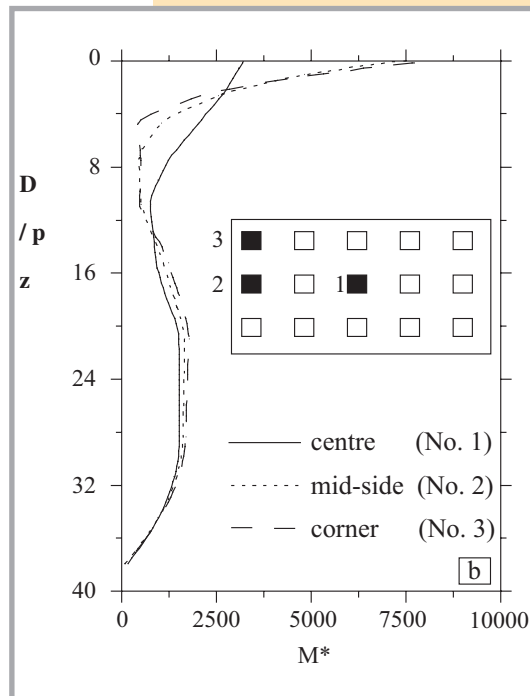


Figure 19
 Groupe de 3*5 micropieux
 Group of 3*5 micropiles

L'IREX et la recherche

Le partenariat entre les différents professionnels pour mener une recherche associative dont l'objet en génie civil validées par des expérimentations

Il faut rappeler que cette démarche, qui s'est traduite par la procédure des Projets nationaux de recherche et développement, a été initiée, il y a une vingtaine d'années, par Michel Martin, alors chargé de la recherche en génie civil à la Direction des Affaires économiques et internationales (D.A.E.I.) du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement. Les premiers projets réalisés dans ce cadre ont été les Voies nouvelles du béton (V.N.B.), les bétons de sable (Sablocrète), le béton compacté au rouleau (Bacara), le creusement de tunnels en terrain meuble et aquifère (Tunnel 85/90), la télésurveillance des ouvrages et sites (Itelos), les structures mixtes acier béton (Alphabeta).

Puis, pour développer cette action, a été créé en 1989 l'Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil (IREX), association loi de 1901, à l'initiative d'une part des ministères de l'Équipement, des Transports et du Logement et de la Recherche, d'autre part, de la profession représentée par la Fédération nationale des travaux publics (FNTP).

■ POURQUOI UNE RECHERCHE ASSOCIATIVE

Ce besoin de rassembler toutes les compétences et moyens repose essentiellement sur trois considérations :

◆ **le caractère particulier des ouvrages de génie civil** : chaque réalisation est unique car, pour répondre à sa finalité fonctionnelle, elle doit s'adapter aux caractéristiques du site où elle est implantée, lesquelles sont toujours différentes d'un point à un autre, qu'il s'agisse du sol, du sous-sol et des autres éléments naturels. Il en résulte la nécessité de mobiliser pour la réaliser, un ensemble de professionnels qui va du maître d'ouvrage à l'exploitant futur, en passant par les concepteurs et ingénieurs, les industriels des matériaux et des matériels et bien entendu les entreprises en charge de la réalisation, sans oublier les laboratoires d'essais et de contrôle.

Il en découle tout naturellement le besoin, pour mener des recherches dans le génie civil, de faire appel à des représentants de tous ces intervenants, associés à des chercheurs de l'Université, de l'Administration ou de la profession ;

◆ **la pluridisciplinarité et la complexité de la recherche en génie civil** : elle implique de rassembler des compétences en mécanique, physique,

chimie, électronique et même en sciences économiques et sociales, afin de prendre en compte les contraintes environnementales, mais aussi les retombées bénéfiques sur l'amélioration des conditions de vie que peuvent apporter les résultats de recherche.

Cette complexité et la validation d'avancées techniques par des chantiers expérimentaux imposent une mobilisation de moyens techniques et financiers qui ne peuvent être rassemblés que par une participation la plus large possible de toutes les parties prenantes des résultats et retombées ;

◆ **la nécessité de développer la compétitivité de nos entreprises** : pour s'imposer à l'exportation elle justifie que des entreprises, bien que concurrentes, doivent unir leurs efforts de recherche, d'autant plus qu'à partir de cette recherche collective, elles peuvent développer individuellement des innovations afin d'améliorer leur compétitivité individuelle ;

◆ enfin en corollaire, ce large partenariat justifie d'autant plus le soutien financier de l'État.

■ LE RÔLE DE L'IREX POUR DÉVELOPPER CETTE DÉMARCHÉ

L'IREX regroupe environ 80 membres où sont représentés des professions et des organismes du secteur public et du secteur privé :

- ◆ des maîtres d'ouvrages ;
- ◆ des maîtres d'œuvre ;
- ◆ des industriels ;
- ◆ des laboratoires ;
- ◆ des universités et écoles ;
- ◆ et divers organismes représentant les professions du génie civil, notamment la FNTP, dont le soutien qu'elle a apporté à l'IREX lors de sa création, est toujours présent.

Le rôle de l'IREX est de développer cette dynamique de partenariat dans la recherche, en associant de plus en plus les organismes institutionnels (universités et écoles) en charge de recherche en génie civil, sans mettre de frontière entre la recherche dite fondamentale et la recherche dite appliquée ; le plus bel exemple de leur complémentarité sera apporté par le projet national Bétons autoplaçants (B@P) qui démarre.

Cette dynamique de rassemblement a pour objet, en premier lieu, de faire émerger les besoins en connaissances et des thèmes de recherche considérés comme prioritaires par la profession au sens

associative

de l'art de construire et les chercheurs est de déboucher sur des applications pratiques sur ouvrages

le plus large. Puis les thèmes de recherche retenus font l'objet, après accord et soutien de l'Etat (Direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques [DRAST] du ministère chargé de l'Equipement, des Transports et du Logement), d'études de faisabilité permettant d'apprécier l'intérêt de cette recherche, définir un programme de recherche, estimer son coût, mobiliser les partenaires et bâtir un plan de financement.

Les résultats de ces études de faisabilité sont ensuite présentés au Comité d'orientation du réseau technologique génie civil et urbain (RGC&U) installé par les deux ministères chargés de l'Equipement et de la Recherche qui, au vu de cette étude, décide de l'opportunité ou non de monter un projet national de recherche et développement. Cette décision s'accompagne d'une convention passée entre l'Etat (DRAST) et l'IREX, qui confie à ce dernier le montage du projet. Ce montage consiste, avec les partenaires potentiels recensés, à affiner le programme de recherche, son budget, le plan de financement et finaliser la charte fixant les droits et les obligations des partenaires. Le dossier rassemblant l'ensemble de ces documents est alors présenté au Comité d'orientation du RGC&U pour "labellisation" – démarche obligatoire pour obtenir la participation financière de l'Etat au projet.

Le temps nécessaire pour accomplir toutes ces démarches est très souvent long, mais les délais imposés par la procédure permettent parallèlement une large concertation pour définir les thèmes de recherche et monter le financement.

■ LE FONCTIONNEMENT ET LE FINANCEMENT D'UN PROJET DE RECHERCHE ASSOCIATIVE

Le fonctionnement et les objectifs

Les partenaires, qui ont signé la charte, désignent chacun un représentant pour constituer le comité directeur du projet, qui détient la totalité des pouvoirs de décision ; il est présidé par une personnalité de la profession désignée par ce comité.

Ce comité est assisté d'un comité scientifique et technique, animé par un directeur et qui regroupe les animateurs des différents thèmes de recherche et des représentants des différentes catégories de partenaires. Il assure la coordination technique des thèmes, négocie les commandes à passer pour me-



**Viaduc du Chavanon
sur l'A89. Pylônes en B80
coulé dans des coffrages
préfabriqués en B50 polis**

*Chavanon viaduct
on the A89. Towers
in B80 cast in prefabricated
shuttering in polished B50*

ner à bien les études, valide les résultats obtenus et prépare, avec le concours de l'IREX, qui assure la gestion administrative et financière du projet, les décisions à soumettre à l'approbation du comité directeur.

A la fin du projet national, les résultats obtenus conduisent, suivant les cas, à :

- ◆ publier, sous forme de livre, une synthèse des études et travaux réalisés ;
- ◆ organiser des colloques pour présenter ces résultats et sensibiliser l'ensemble de la profession sur les avancées techniques obtenues et assurer leur développement ;
- ◆ éditer des recommandations ou des guides en matière de règles de l'Art ;
- ◆ établir des projets de normes à soumettre aux instances qui sont en charge de les établir ;
- ◆ proposer les modifications de la réglementation.

Le financement des projets de recherche associative

Le montant des budgets de ces projets de recherche associative peuvent varier de quelques millions à plusieurs dizaines de millions de francs.

On constate que le financement des projets est assuré, en moyenne :

- ◆ à hauteur de 50 à 60 % par des apports en na-

TITRE DU PROJET	DÉSIGNATION DU PROJET	BUDGET EN KF		RÉSULTATS ET DOCUMENTS PRODUITS
		TOTAL	Drast ETAT	
CHAUSSÉES ET PISTES EN BÉTON				
HYDRAUPACT	Bétons compactés	628	54	A fait l'objet d'un état de l'art sans suite
BÉTONS DRAINANTS	Utilisation de bétons poreux	2 341	468	Chantier expérimental à Paris
FLORE	Fissuration limitée et organisation du retrait	2 100	419	Thèse Lemarignier et recommandations (guide technique diffusé par le LCPC)
FABAC	Fatigue des chaussées en béton armé continu	5 297	794	Fabrication de 2 machines d'essais réutilisables pour d'autres essais - nouvelle fiche de calculs des chaussées en béton éditée par la Direction des Routes
RERAU - REHABILITATION DES RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT URBAINS				
RERAU 1	Auscultation et diagnostic des collecteurs visitables	5 093	723	Manuel et Logiciel RERAUVIS sur la méthodologie de la programmation de la réhabilitation de collecteurs visitables
RERAU 2	Techniques de projection du béton	7 319	1 233	Les résultats seront repris dans un guide à paraître sur la reconstruction des grands collecteurs
RERAU 7	Branchements	5 228	834	Résultats pris en compte par le groupe de rédaction du DTU70
CLOUTERRE II	Renforcement des sols par clouage	9 440	2 123	Un additif aux recommandations 1991 sera publié en 2001 par les Presses de l'E.N.P.C.
KRONOS 1	Facteurs d'influence sur le vieillissement des ouvrages	1 979	299	Rapport final plus fiches de synthèse par type d'ouvrages
TUBA	Battage de pieux métalliques	2 002	169	Logiciel de prévision de battage CALYPSO et guide d'utilisation
BEFIM	Bétons de fibres métalliques	15 500	3 200	Publication en 2001 d'un livre de recommandations pour les différentes applications : dallages, pieux, réparations d'ouvrages fissurés, voussoirs préfabriqués, éléments de façade, etc.
CALIBÉ	Fabrication et mise en œuvre des bétons	21 500	3 700	Publication en 2001 guides, fascicules, méthode d'essais
TOTAUX		78 427	14 016	

Tableau I
Les projets nationaux
Recherche et Développement
terminés au 31 décembre
2000

National Research
and Development projects
completed as of 31 December
2000



ture des partenaires sous forme de temps passé par des ingénieurs et chercheurs, des fournitures de matériaux ou de mise à disposition de matériel pour les expérimentations, de surcoût pris en charge par les maîtres d'ouvrages pour expérimenter un nouveau matériau ou un nouveau procédé et tout concours non rémunéré participant à la réalisation des études et travaux;

- ◆ pour 20 à 30 % par l'apport financier des partenaires sous forme de cotisations;
- ◆ et pour 20 % par une participation de l'Etat.

Bien entendu, les proportions peuvent dans certains cas s'écarter de ces moyennes et il serait souhaitable que 20 % ne soit pas une limite supérieure pour la participation de l'Etat, spécialement quand il s'agit de projets dont l'intérêt général est reconnu mais qui nécessitent des dépenses importantes pour réaliser les essais et les expérimentations – et par conséquent lorsque les professionnels capables de les supporter sont trop peu nombreux pour rassembler 80 % du financement nécessaire.

■ LE BILAN DES DIX DERNIÈRES ANNÉES DE LA RECHERCHE ASSOCIATIVE

Pour dresser ce bilan, on commencera par présenter sous forme des tableaux récapitulatifs d'une part, les projets gérés par l'IREX et terminés au 31 décembre 2000 (tableau I) et ceux qui sont en cours (tableau II).

Dans la dernière colonne du tableau I, sont indiquées les retombées des recherches, en rappelant les produits qui en sont issus et qui ont été publiés ou le seront très prochainement pour ce qui concerne Clouterre II.

Parmi les projets en cours (tableau II), trois se termineront en 2001 : BHP 2000, Forever, Microtunnels.

Par contre, deux nouveaux projets Bétons auto-plaçants (B@P) et Vibrofonçage, "labellisés" en juillet 2000 viennent de démarrer.

Le premier mobilise déjà 44 partenaires dont huit organismes universitaires et son budget est de 23 000 millions de francs HT.

Le second a rassemblé 23 partenaires à ce jour et prévoit un budget de 6,5 millions de francs HT. A signaler que ce projet compte, parmi ses partenaires, le Centre scientifique et technique de la construction de Belgique (CSTC) et ProfilArbed, qui ont accepté d'apporter au projet les résultats d'expérimentations réalisées dans le cadre des projets européens de recherche Hypervib et Sipdis.

Enfin un troisième projet, labellisé également en juillet 2000, sur les ponts mixtes acier-béton (MIKTI) commencera au cours du 1^{er} trimestre 2001 sur la base d'un budget de 24,5 millions de francs HT.

On ne serait pas complet concernant ce bilan si on ne mentionnait pas deux autres projets qui ne sont pas gérés par l'IREX : Materloc-Calcaires terminé en 1998 et Eupalinos sur les tunnels, en cours.

Ces tableaux appellent les commentaires suivants :
 ◆ on note, au niveau des entreprises, une repré-

TITRE DU PN	DÉSIGNATION DU PROJET	Montant du budget en KF HT	Participation de l'ÉTAT en KF HT	Date d'achèvement prévisible
BHP 2000	Bétons à Hautes Performances	33 000	7 000	2 001
CLE DE SOL	Galeries multiréseaux	30 000	6 000	2 003
CRITERRE	Détection des anomalies et contrôle des améliorations des sols	20 885	4 146	2 002
FOREVER	Renforcement des sols par micropieux	33 400	5 010	2 001
MICROTUNNELS	Utilisation des microtunneliers et des forages dirigés	15 000	3 343	2 001
RERAU 4	Réhabilitation des grands collecteurs par éléments préfabriqués	7 567	1 285	2 002
RERAU 5/6	Auscultation et réhabilitation des canalisations non visitables	12 520	2 128	2 003
	TOTAUX	152 372	28 912	

Tableau II
Les projets nationaux en cours au 31 décembre 2000
National projects in progress on 31 December 2000

sensation limitée aux grands groupes, à quelques exceptions près, qui sont le plus souvent des entreprises spécialisées dans des techniques particulières dont un des moteurs de leur compétitivité repose sur leur technicité appuyée sur la recherche;

- ◆ les P.M.E. du BTP ont été quasiment absentes. Mais on observe – fort heureusement – une participation croissante des représentations syndicales, notamment de la FNTP, présente dans plusieurs projets, particulièrement dans les derniers lancés comme Bétons autoplaçants, où conjointement avec la Fédération française du bâtiment (F.F.B.) elles ont financé directement des études programmées dans le projet Bétons autoplaçants (B@P) pour ne pas retarder les premiers travaux;
- ◆ une faible implantation dans les premiers projets, des institutionnels de la recherche, en particulier des universitaires, mais ce n'est heureusement plus le cas dans les projets les plus récents, par exemple le projet B@P qui compte parmi les partenaires huit laboratoires universitaires;
- ◆ une diffusion insuffisante des résultats pour les projets déjà terminés faute, dans la plupart des cas, de moyens financiers en fin de projet. On peut cependant affirmer que des dispositions ont été prises pour y remédier; tous les projets lancés depuis 1996 comportent en effet un poste communication-diffusion des résultats disposant d'un budget propre. Ainsi les premières actions concrètes dans ce sens ont été développées pour le projet BHP 2000, puisqu'en 1999, sept colloques ont été organisés avec le concours de l'Ecole française du

béton (E.F.B.) et la Direction des Routes du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement à destination notamment des maîtres d'ouvrages, pour faire connaître les bétons à hautes performances et les nouveaux progrès techniques qu'ils vont permettre. Environ 500 ingénieurs ou techniciens, principalement des D.D.E., ont participé à ces colloques.

Cette volonté de sensibiliser l'ensemble de la profession sur les avancées techniques qui résultent de ces projets de recherche est maintenant prise en compte par tous les projets.

Par exemple, les trois projets BEFIM, BHP 2000 et CALIBÉ ont ou vont, avec le concours de l'Ecole française du béton et de l'IREX, organiser trois colloques de deux jours chacun, à Paris les 30 et 31 janvier 2001, Marseille les 7 et 8 mars et Strasbourg les 20 et 21 mars 2001 pour présenter les résultats de leurs travaux, en réservant la dernière demi-journée à une table ronde sur le matériau béton, d'où devraient émerger de nouvelles pistes de recherche pour faire progresser un matériau de plus en plus "sophistiqué" et dont la résistance mécanique n'est plus l'unique performance recherchée;

- ◆ on constate, enfin, que ce type de recherche associative permet d'éviter une trop grande dispersion des efforts et des moyens : il fait disparaître les frontières entre les savoirs, les clivages entre la recherche fondamentale et ses applications industrielles et favorise la collaboration entre les secteurs public et privé. S'est ainsi constitué un réseau

- de recherche en génie civil auquel participent :
- 40 maîtres d'ouvrages,
 - 40 entreprises et leurs syndicats ou fédérations,
 - 28 industriels dont 18 du béton,
 - 27 universités et écoles,
 - 28 bureaux d'ingénierie, centres techniques et laboratoires,
- qui ont montré leur capacité à travailler ensemble, bien que certains d'entre eux soient concurrents dans l'exercice de leur activité.

En effet, la coopération dans des actions associatives de recherche ne limite pas la compétition entre les entreprises, mais au contraire la stimule, car elle leur permet d'effectuer collectivement des actions de recherche qu'elles ne pourraient pas entreprendre si elles les faisaient seules et leur offre la possibilité de développer ensuite individuellement des innovations qui améliorent leur propre compétitivité, donc de progresser en exploitant au mieux les performances de nouveaux matériaux ou procédés.

dans les différents types de bétons et l'utilisation de nouveaux matériaux naturels ou non susceptibles de les remplacer;

- ◆ l'incidence des aciers thermo-mécaniques sur la conception des structures métalliques;
- ◆ la corrosion des armatures de béton armé ou pour la précontrainte;
- ◆ l'utilisation de matériaux composites en génie civil.

Risques dus au sol et à l'hydrologie

Ce thème regroupe :

- ◆ le renforcement des sols de fondations par inclusions rigides;
- ◆ la conception de barrières de confinement verticales et horizontales;
- ◆ les méthodes observationnelles et inverses;
- ◆ les incidences des chargements cycliques.

Suivi - Diagnostic et entretien des constructions

C'est un thème qui deviendra de plus en plus prioritaire, compte tenu de la nécessité du maintien en service d'un patrimoine d'infrastructures important mais "vieillissant". D'où la nécessité de :

- ◆ progresser dans l'amélioration et le diagnostic des ouvrages (projet Kronos 2);
- ◆ de prendre en compte, dès la construction, les contraintes liées à la maintenance et à la "démolition".

Construction et environnement - Réduction des déchets et polluants

Une première étude exploratoire, réalisée à la demande de la DRAST, sur les matériaux de substitution utilisables en génie civil, n'a pas permis à ce jour, malgré l'intérêt qu'elle a suscité, de monter un projet de recherche associative. Il est cependant certain que l'emploi des matériaux de substitution ne se développera que si la caractérisation de ces matériaux, les conditions d'emploi sont définies et validées conjointement par les maîtres d'ouvrages, les producteurs, les entreprises qui les mettront en œuvre et les organismes chargés de la réglementation et du contrôle. L'IREX estime donc que ce thème est toujours d'actualité et est prêt à le relancer, si la profession, et plus particulièrement les producteurs de ces matériaux de substitution et les entreprises, comprennent qu'elles doivent enfin rassembler leurs moyens plutôt qu'éparpiller leurs efforts.

Réductions des nuisances sonores et des vibrations

C'est un sujet très vaste qui met en jeu des sources de nuisances multiples et variées, ce qui conduit à traiter les problèmes le plus souvent au cas par cas, par exemple :

- ◆ les vibrations dans le PN Vibrofonçage;
- ◆ le bruit et la pénibilité du travail lors de la mise

Projet national CALIBÉ. Station d'essais de pompage "CALIBÉ" national project. Pumping test station



PERSPECTIVES DE L'ACTION DE L'IREX POUR LE COURT ET MOYEN TERME

Thèmes des actions de recherche

De nouvelles pistes de recherche sont recensées et susceptibles de développement dans le cadre de ce concept de recherche associative. On peut brièvement les citer en les ordonnant en fonction des thèmes retenus par le comité d'orientation du RGC&U.

Matériaux - Les méthodes constructives

Il s'agit de :

- ◆ la tenue au feu des bétons;
- ◆ l'association en béton armé du BHP et d'armatures également à hautes performances;
- ◆ l'influence des caractéristiques des granulats

en œuvre des bétons dans le PN Bétons autoplaçants ;

◆ des gênes multiples supprimées par l'utilisation de galeries multiréseaux en site urbain (PN Clé de Sol).

On peut citer, toutefois, un projet qui est dès maintenant au stade de l'étude de faisabilité, ce projet concerne l'évaluation du bruit engendré par les revêtements routiers.

Suivi et diagnostic et entretien des réseaux urbains

Le projet RERAU sur le diagnostic et la réhabilitation des réseaux d'assainissement s'achèvera par les deux opérations RERAU 4 (Réhabilitation des grands collecteurs par éléments préfabriqués) et RERAU 5/6 (Auscultation et réhabilitation des collecteurs non visitables). Il produira en 2002 un guide technique de recommandations synthétisant tous les résultats acquis lors de ces différentes opérations.

Conception et entretien des voiries et des aménagements urbains

Le projet Clé de Sol s'inscrit dans ce thème, mais il faudra réfléchir plus globalement sur l'organisation du sous-sol urbain, convoité non seulement par les réseaux mais aussi par les infrastructures de transport et de stationnement.

Instrumentation et outils informatiques

Une recherche est en cours, au niveau européen, sur l'utilisation de GPS (Global Positioning System) pour le guidage des engins.

C'est certainement un thème d'avenir que l'IREX avait recensé, il y a plusieurs années, en mettant en place un club de réflexion sur le sujet. Il reste à attendre les résultats du projet européen pour lui donner une suite concrète sous la forme d'une action de recherche associative.

Par ailleurs une réflexion s'impose sur la nécessité de prévoir, dès la construction des ouvrages, la mise en place ou la possibilité de les équiper ultérieurement d'une instrumentation permanente avec transmission à distance des mesures conduisant à une poursuite du projet Itelos.

Ce thème est à rapprocher de celui envisagé dans le cadre d'un projet Kronos 2 sur l'auscultation et le diagnostic des ouvrages.

Voies et moyens

Cette énumération des thèmes possibles de recherche collective est loin d'être exhaustive et ne reflète que l'état présent d'un besoin de connaissances nouvelles que nous avons pu déceler en constatant qu'ils suscitaient déjà dans la communauté du génie civil un intérêt suffisant pour considérer qu'ils pourraient faire prochainement l'objet d'actions de recherche dont le montage se



Projet national BEFIM. Essai de pieux en béton de fibres métalliques

"BEFIM" national project. Testing of steel-fibre concrete piles

fera naturellement. Par contre, les thèmes sur l'environnement en milieu urbain n'ont pas encore suscité des propositions d'actions ; peut-être parce que les décideurs collectivités locales et leurs services techniques, ne se sont pas encore suffisamment sensibilisés à l'intérêt de la recherche pour résoudre, dans le temps et non pas instantanément, les problèmes qu'ils rencontrent dans la conception et la gestion de leurs équipements au regard de l'environnement ; mais aussi peut-être parce qu'ils ont une connaissance insuffisante des possibilités de la recherche associative et des aides susceptibles d'être apportées à son financement. On ne peut que les encourager à participer à tous les colloques et instances où sont présentés les études de faisabilité des projets de recherche ou les résultats de ces recherches afin qu'ils deviennent partie prenante aux actions lancées dans le cadre du Réseau technologique du génie civil et urbain (RGC&U).

Pour ce qui le concerne, l'IREX se mobilisera auprès des collectivités locales dans ce sens et se tient à la disposition de la DRAST et du RGC&U pour aider à rattraper le retard qui risque d'être pris en matière de recherche sur le thème de l'environnement en milieu urbain.

Plus généralement afin de continuer à rendre plus



efficace la recherche associative, l'IREX a retenu les orientations qui suivent pour son action présente et pour le court terme :

- ◆ s'appuyer sur les groupes de réflexion de l'Association française du génie civil (A.F.G.C.) pour recenser les besoins en recherche appliquée de la profession ;
- ◆ organiser avec l'Association universitaire du génie civil (A.U.G.C.) des réunions pour faire connaître à l'ensemble de la profession, les compétences des laboratoires universitaires et les avancées de la recherche fondamentale porteuses d'actions de recherche appliquée en génie civil ;
- ◆ utilisation des nouveaux outils de communication ;
- ◆ renforcer la mobilisation des maîtres d'ouvrages pour obtenir que leur participation permette la mise à disposition de chantiers expérimentaux ;
- ◆ prendre en compte dans les projets les aspects économiques, mais aussi socio-économiques ;
- ◆ rechercher en liaison avec la profession des solutions conduisant les P.M.E. à participer nombreuses à des actions de recherche associative.

■ LA PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION EUROPÉENNE QU'IL FAUT DÉSORMAIS DONNER À LA RECHERCHE ASSOCIATIVE

Enfin, on se doit de réfléchir sur la prise en compte de la dimension européenne, comme l'a fait remarquer J.-P. Giblin, alors directeur de la DRAST, lors des Rencontres techniques du 28 janvier 2000, en se demandant si l'appellation "Projet national" ne pouvait laisser croire que, du fait même de leur appellation, les "Projets nationaux" excluent *a priori* la participation de partenaires européens ; alors qu'en réalité, ce n'est nullement le cas, comme on le constate pour plusieurs d'entre eux.

Il est en effet souhaitable qu'une réflexion générale s'instaure, où toutes les parties prenantes puissent donner leur avis et présenter leurs suggestions, concernant la possibilité pour des projets de recherche à vocation européenne de faire appel à l'aide communautaire, en complément du soutien national ou en substitution de ce dernier.

Or notre procédure des "Projets nationaux" est basée sur une associativité ouverte à tous et traitant essentiellement de thèmes posés et reconnus d'intérêt général pour l'ensemble de la profession ; au contraire, au niveau européen, les actions sont menées, notamment dans le cadre du Programme cadre de recherche et développement (P.C.R.D.), par des équipes comportant un nombre limité de partenaires (en principe originaires au minimum de trois pays de l'Union) et leurs thèmes doivent s'inscrire dans les priorités du P.C.R.D. dont le génie civil en tant que tel est absent, ce qui implique

l'obligation de se raccrocher à des thèmes beaucoup plus vastes comme les matériaux ou la ville de demain...

En fait, au moment où l'Europe semble s'orienter vers des projets importants pour éviter la dispersion des efforts, c'est certainement, en s'appuyant sur cette nouvelle orientation, qu'il faut suggérer que les instances de l'Union européenne soutiennent des actions de recherche associative, qui peuvent être menées au plan national ou régional, visant un même objectif sur un thème fédérateur déterminé, mais qui doivent faire l'objet d'une coordination au niveau européen, sous une forme à définir.

C'est certainement une formule qui permettrait à l'Europe de mobiliser, dans divers Etats-Membres, le maximum de compétences et de moyens qu'exige de plus en plus la recherche en génie civil pour répondre aux exigences de la compétitivité de son économie à l'échelle mondiale.

Il ne s'agit là que d'une suggestion, lancée pour ouvrir un débat sur le sujet, afin que soit définie la position française au moment où s'engagera, au niveau européen, l'examen des futures orientations du prochain P.C.R.D.

■ CONCLUSION

La bonne utilisation des moyens publics et privés veut que la recherche appliquée soit menée de façon associative, lorsque les acteurs du génie civil ont effectivement intérêt à conjuguer leurs efforts : ◆ c'est le cas de la partie "amont" de la recherche appliquée, car les résultats obtenus sont souvent insuffisants pour déboucher sur des brevets ou pour le moins des "tours de main" et doivent, pour atteindre ce dernier objectif, être complétés par des recherches que les entreprises mènent alors individuellement pour conserver légitimement à leur seul bénéfice, le fruit de leurs efforts ;

◆ mais cela peut également être le cas de la partie "aval" de la recherche appliquée, lorsque les résultats peuvent conduire à modifier les règles ou les normes, ce dont bénéficient alors tous les acteurs du génie civil.

C'est sur ces deux "niches" que l'IREX entend concentrer son action – c'est-à-dire là où la recherche associative provoque une mobilisation "naturelle" des membres de la communauté du génie civil – pour s'engager dans des opérations qu'ils ont intérêt à mener en commun.



La recherche et l'innovation dans la Commission béton de la FNTF

Notre profession se heurte à de nombreuses difficultés dans le domaine du matériau béton. Ce sont des problèmes qui se situent hors du domaine de la concurrence directe entre entreprises et qui sont liés étroitement à la technique. Ce sont, par exemple :

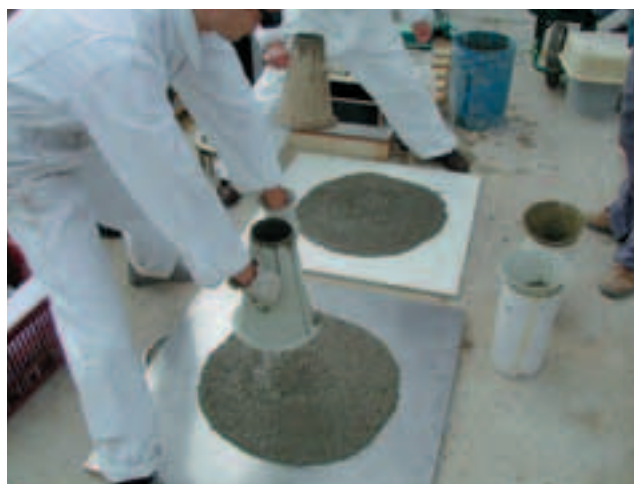
- ◆ les règlements, qui évoluent lentement et permettent mal de valoriser les possibilités nouvelles offertes par la technique. Elles sont pourtant nombreuses et porteuses, en particulier dans le domaine des nouveaux bétons (exemple des BHP, des BAP);
- ◆ les normes européennes qui prennent peu à peu, mais de plus en plus rapidement, la place du contexte normatif français, bien connu aujourd'hui mais qui sera profondément modifié dans l'avenir (EN 206-1; EN 12620, et leur cortège de normes expérimentales associées);
- ◆ les nouveaux matériaux, qui nécessitent un cadre technique adapté pour se développer (exemple des BTHP, des bétons avec fibres ou avec additions).

Le lieu idéal pour chercher à apporter des solutions est certainement une fédération. En effet, celle-ci regroupe les compétences de ses différents adhérents et leur permet de rechercher une réponse collégiale à des problèmes d'intérêt commun :

- ◆ la Commission béton regroupe les responsables techniques des plus grandes entreprises et, par là même, dispose d'une expérience pratique des plus complètes dans le domaine du matériau béton;
- ◆ cette expérience est un atout important vis-à-vis des prescripteurs et des administrations, expérience que ne pourrait revendiquer une entité isolée;
- ◆ les recherches communes qui y sont entreprises minimisent le coût de telles actions. Elles sont parfois couplées avec celles de la Fédération du bâtiment (cas des bétons autoplaçants ou avec additions) quand les interrogations sont communes. La dépense serait beaucoup plus lourde et le résultat beaucoup moins efficace pour la profession si de telles actions étaient lancées en dehors de ce cadre et de façons isolées;
- ◆ les aspects pratiques sont privilégiés, les labo-

ratoires de recherche sont guidés dans des directions concrètes favorables à un résultat pratique;

- ◆ les résultats de ces recherches permettent le montage de projets nationaux, en particulier grâce à l'action de l'IREX (c'est le cas, par exemple, de BaCaRa ou du projet B@P) en élargissant encore le cercle des partenaires concernés et en réunissant les différents partenaires de l'art de construire, y compris les composantes extérieures aux adhérents de la FNTF;
- ◆ de tels projets fonctionnent alors principalement grâce aux cotisations des partenaires et aux subventions de l'Etat qui complètent le financement apporté par la Fédération. Le cercle est bouclé, le problème sera traité sur une durée réduite et conduira à des recommandations professionnelles reconnues par tous pour un investissement minimal et efficace de la profession.



PN B@P :
mise au point
de l'essai
d'étalement

PN B@P national project :
preparation
of spreading test

© Orsa Béton

Ainsi, le budget alloué par la Fédération aux Commissions techniques participe, pour une part importante, en tant qu'élément moteur indispensable à l'amorce de travaux plus généraux conduisant à la mise en place accélérée d'un cadre technique répondant aux besoins de l'ensemble de ses adhérents.

C'est un des aspects principaux du rôle de la Commission béton, mais ce n'est pas le seul.

► Le suivi des Commissions de normalisation est lourd, très lourd pour des professionnels très occupés par les recherches et développements internes, les études et les interventions sur chantiers au sein de leurs diverses entreprises. En étant associés au suivi de travaux de normalisation qu'assurent les représentants des laboratoires, les membres de la Commission sont informés du déroulement de ces travaux grâce à des comptes rendus réguliers. Ils peuvent alors intervenir sur certains points importants pour la profession, lorsque la nécessité s'en fait sentir, et ceci en minimisant le temps passé correspondant.

La participation de la Commission béton, sous forme de subventions, à la majorité des projets nationaux concernant les bétons permet également à la profession de suivre les travaux correspondants tout en limitant la participation active de chacun aux seuls projets pour lesquels il est directement intéressé. Il est impossible d'être présent partout, mais il est, là encore, indispensable d'être informé.

Sur ce point, l'approche retenue par la profession apparaît particulièrement efficace.

Mais des recherches plus ciblées, tout en restant d'intérêt général, sont également nécessaires en ce qui concerne les bétons.

C'est, par exemple le cas de la tenue du béton durci au gel et aux fondants pour laquelle les propriétés des bétons modernes ne sont pas encore intégrées dans un cadre réglementaire. Le virage qui s'annonce, en matière de justification en terme de performance des propriétés du matériau bé-

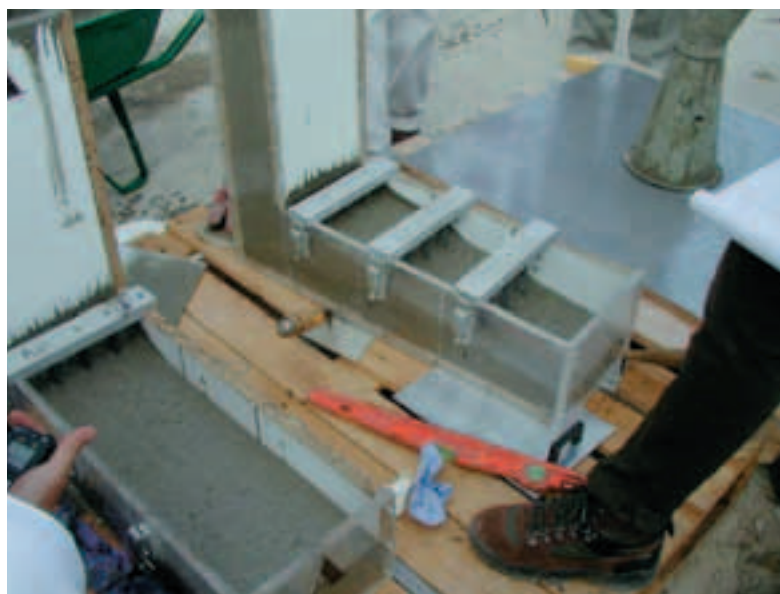
ton, nécessite la mise au point de procédures nouvelles. Les adaptations des dispositions concernant les granulats et les additions pour bétons demandent un certain nombre d'études, ponctuelles, mais très importantes pour notre activité.

La réponse à de tels besoins d'intérêt général est apportée par les travaux que pilote la Commission.

Bien sûr, le budget disponible est limité. Il ne permet pas de répondre à l'ensemble des besoins d'une profession qui ne dispose pas d'un appui de l'Etat à l'échelle du poids de son impact économique.

De nombreux sujets restent à traiter et chaque année des arbitrages délicats doivent être réalisés pour utiliser au mieux le budget disponible. C'est à cela que s'emploient les membres de la Commission qui, ne disposant plus d'un laboratoire directement rattaché à la fédération, doivent consulter et optimiser les offres de prestation des différents secteurs de recherche spécialisés sur le sujet du béton.

Les membres de la Commission béton travaillent depuis longtemps ensemble sur le sujet. Ils ont participé activement aux progrès réalisés par la profession dans le domaine des bétons modernes en apportant le réalisme des professionnels, indispensable pour guider une recherche efficace débouchant sur des applications concrètes. Il n'est pas prétentieux de parler de succès en la matière. Les membres de la Commission béton ont la volonté de poursuivre et d'améliorer encore les résultats obtenus en optimisant les moyens mis à leur disposition par la Fédération.



Projet national B@P : caractérisations comparées à la boîte en "L"
B@P national project : "L" box comparative characterisations

© Orsa Béton



Recherche et Innovation dans la profession routière

Pour les entreprises routières, l'innovation, appuyée par la recherche, est une nécessité qui peut leur permettre d'évoluer dans un contexte de plus en plus concurrentiel.

La finalité d'une innovation étant son application sur chantier, seul un réel partenariat avec les clients, basé sur un intérêt commun et des relations de confiance peut favoriser la capacité des entreprises à innover.

Si l'innovation fait partie du "domaine réservé" de l'entreprise, il existe un réel besoin de "recherches partagées" destinées à établir des référentiels par rapport auxquels les entrepreneurs pourront valoriser leurs produits, et de développer des outils reconnus (logiciels ou systèmes de mesures) pour comparer les techniques entre elles.

La France représente un exemple unique de mise en œuvre d'une politique volontariste et partenariale d'innovation qui s'appuie sur des recherches développées en interne par les entreprises à partir de besoins clairement exprimés par ses clients.

■ LES ENJEUX

Le besoin d'évoluer, et donc d'innover, est inhérent à la nature humaine mais dans un contexte économique tendu, comme c'est le cas actuellement, la recherche et les innovations sont devenues une nécessité, voire – bien qu'exclusivement volontaire – une obligation pour les entreprises qui veulent perdurer.

La conjonction de plusieurs événements, en exigeant une compétitivité accrue des entreprises, a eu pour conséquence de créer un contexte difficile mais également favorable à la recherche et à l'innovation :

- ◆ développement d'exigences croissantes de la part des donneurs d'ordres liées à l'apparition de besoins nouveaux formulés par les usagers ;
- ◆ diminution généralisée des crédits d'investissement et tendance future à privilégier les travaux d'entretien et d'aménagements ;
- ◆ montée d'une concurrence de plus en plus forte au plan national comme international avec la nécessité absolue d'abaisser les coûts.

■ SPÉCIFICITÉ DU CONTEXTE FRANÇAIS

Les entreprises

S'il est un point important à relever, c'est bien la particularité des entreprises françaises qui ne se sont jamais contentées d'être simplement applicatrices de produits courants recommandés par différents prescripteurs mais qui se sont dotées de moyens propres importants (directions techniques



© Colias

étouffées, laboratoires d'études et de recherches, moyens de contrôle). Elles ont pu ainsi progresser sans cesse dans la recherche et la mise au point de nouveaux produits, valoriser leur savoir-faire au niveau de l'application tout en accentuant leur compétitivité.

Le cadre partenarial

Une recherche ou une innovation n'ont de sens que si elles débouchent sur un développement industriel. Seule la généralisation d'une technique peut assurer une rentabilité, indispensable pour crédibiliser le système. En effet, les efforts financiers engagés dans la recherche appliquée aux techniques innovantes doivent être justifiés tant par les représentants du maître d'ouvrage, que par les services techniques d'entreprises vis-à-vis de leur direction générale.

Ce contexte général a conduit à un réel partenariat, basé sur un intérêt commun et favorisé par un climat de confiance qui privilégie des exigences de



travaillent en interne dans des domaines ou sur des sujets qui peuvent leur permettre d'avoir un avantage concurrentiel sur les autres entreprises.

■ NÉCESSITÉ D'UNE RECHERCHE COMMUNE ENTRE LES ENTREPRISES

Objectifs d'une recherche commune

Cependant, c'est souvent au niveau de la diffusion d'une technique innovante que peuvent apparaître quelques difficultés et lourdeurs :

- ◆ si la technique proposée paraît trop innovante, les maîtres d'œuvre peuvent avoir des difficultés à estimer son efficacité ;
- ◆ elle peut donc ne pas être admise à concourir comme solution variante dans les appels d'offres ;
- ◆ les donneurs d'ordres sont réticents à donner une sorte d'exclusivité pour une technique ou un produit à une seule entreprise, ce qui peut les conduire à banaliser l'innovation en la faisant appliquer par d'autres entreprises qui n'auraient pas engagé les mêmes efforts de recherche.

Il existe donc une réelle nécessité de recherche partagée entre les entreprises sur des sujets de connaissances générales qui ont pour but de :

- ◆ constituer un référentiel validé à partir duquel chaque entreprise pourra valoriser les performances de ses propres produits ;
- ◆ suivre l'évolution du contexte normatif, notamment au niveau européen ainsi que l'application de nouvelles réglementations ;
- ◆ accroître les connaissances générales sur un sujet, à partir desquelles chacun pourra explorer les voies qui lui paraissent les plus intéressantes ;
- ◆ développer des outils de mesures communs qui permettront de comparer les techniques entre elles ;
- ◆ définir précisément des pathologies ou des problématiques permettant à chacun de proposer des solutions adaptées.

La Commission technique Routes de la FNTF

Cette commission, qui est une branche de la Commission technique générale de la FNTF, permet d'accompagner financièrement les programmes de recherches communes envisagées par les entreprises routières au sein de la Section des techniques routières (STR) de l'USIRF. Les partenariats peuvent être multiples (laboratoires des Ponts et Chaussées, universités, CEBTP...).

Les principaux sujets traités ces dernières années sont :

- ◆ création d'un logiciel "TH ROUTES" sur l'incidence de la température sur les chaussées ;
- ◆ rhéologie des liants modifiés ;

▶ performances finales plutôt que des exigences de moyens engagés. Ce partenariat est rendu possible par :

- ◆ une relative communauté de pensée des différents intervenants dans le domaine de la route. Comme indiqué plus haut, il y a une bonne répartition des compétences entre l'Administration et les entreprises et des discussions égalitaires ;
- ◆ une concertation régulière et un dialogue ouvert.

■ L'INNOVATION : UNE ACTION PERMANENTE

A travers la recherche, la démarche de l'innovation répond aux préoccupations essentielles de l'entreprise :

- ◆ satisfaire le mieux possible les exigences de ses clients ;
- ◆ trouver des solutions plus performantes mais également moins coûteuses afin d'améliorer sa rentabilité ;
- ◆ prendre de l'avance sur la concurrence dans des créneaux moins explorés et donc accroître ses parts de marché ;
- ◆ améliorer son image de marque et sa notoriété au plan national mais également à l'exportation ;
- ◆ motiver son personnel en développant en interne un mécanisme propice à l'émergence des innovations mais également à leur application et à leur développement commercial.

C'est pour toutes ces raisons que les entreprises

- ◆ caractérisation des graves-émulsion structurantes;
- ◆ calage sur chantiers de la nouvelle circulaire DR sur "l'UNI des chaussées";
- ◆ mesure du bruit de roulement en continu;
- ◆ comparaisons des normes d'essais français et européens;
- ◆ étude de l'analyse du cycle de vie des chaussées;
- ◆ qualification de nouvelles méthodes d'essais.

■ CADRE DU FONCTIONNEMENT DU PROCESSUS DE L'INNOVATION

Dans le cadre du partenariat évoqué plus haut, les entreprises ont établi avec leurs clients principaux (direction des Routes, départements et sociétés autoroutières) une charte Innovation.

Par rapport au concours des techniques innovantes qui a permis de 1983 à 1988 aux entreprises de tester leurs procédés innovants, la charte de l'Innovation a représenté un "plus" important en offrant un cadre plus structuré et mieux adapté aux produits hors normes que sont, par définition, les innovations :

- ◆ définition, chaque année, de thèmes précis représentant les besoins de l'Administration;
- ◆ possibilité pour chacun des partenaires de proposer des thèmes hors liste;
- ◆ relations de confiance, engagement fort des entreprises, confidentialité assurée;
- ◆ partage des risques et accompagnement financier du maître d'ouvrage;
- ◆ mise à disposition d'un site d'expérimentation adapté permettant de valider une idée ou un produit;
- ◆ développement progressif de l'innovation par phases;
- ◆ première référence et certificat permettant d'accéder plus rapidement aux avis techniques;
- ◆ une relation directe entre partenaires (sans tierce partie ou consultant).

L'implication des entreprises est forte car si le risque financier est principalement couvert par le client, leur responsabilité est totalement engagée car le développement futur de l'innovation est conditionné par la qualité des travaux exécutés.

■ LES TECHNIQUES INNOVANTES MARQUANTES DES ANNÉES 90

Il s'agit essentiellement de :

- ◆ lutte contre l'orniérage et la remontée de fissures;
- ◆ suppression des interfaces;
- ◆ rechargement des chaussées en béton;
- ◆ recyclage et retraitement des matériaux de chaussée;
- ◆ techniques employant des matériaux locaux, va-



© Colas

- lorisant les déchets et protégeant l'environnement ainsi que des classes granulaires excédentaires;
- ◆ amélioration des caractéristiques de surface (adhérence, niveau sonore);
- ◆ amélioration du service à l'utilisateur;
- ◆ amélioration de la lisibilité de la route;
- ◆ réduction du bruit de roulement.

■ BILAN POUR LES ENTREPRISES

L'implication des entreprises dans le domaine de la recherche et de l'innovation a eu des **conséquences positives** à plusieurs niveaux notamment **entre les clients et l'ensemble de la profession** :

- ◆ mise en place de vraies relations partenariales basées sur la confiance et la confidentialité;
- ◆ volonté commune de stimuler la créativité et engagement fort des entreprises;
- ◆ accompagnement financier du processus de l'innovation par l'engagement de moyens spécifiques, certes modestes en terme de montants, mais réellement dévolus à la prise en charge d'un risque et d'une partie du suivi;
- ◆ proposition des thèmes prioritaires mais possibilité d'ouverture à d'autres propositions;
- ◆ facilitation de la validation des innovations à travers le "certificat" attestant que la technique est connue et reconnue;

Au sein même de l'entreprise, d'autre part où elle a des effets positifs sur le personnel :



© Colias

◆ stimulation des organes de recherche et techniques

◆ augmentation de la compétence technique des équipes applicatrices ;

◆ diffusion plus large de cette compétence au sein de l'entreprise ;

◆ nécessité d'une très bonne complémentarité entre l'organisme de recherche et la structure technique (promoteurs de l'innovation) et les équipes d'exploitation chargées de la mettre en œuvre, de la commercialiser ainsi que les directions du matériel.

C'est ensuite **une valorisation de l'image de l'entreprise (et de ses hommes)** qui pourra communiquer en interne et externe sur son savoir-faire.

Enfin, elle a des effets positifs **pour l'image globale de la profession routière.**

Si la route est l'équipement collectif le plus ancien, les techniques mises en œuvre pour la réaliser évoluent sans cesse pour s'adapter aux besoins des usagers.

La communauté technique de la route dispose d'un potentiel important de créativité et de savoir-faire.



ABSTRACT

Research and innovation in the highway industry

D. Irastorza - Barbet

For highway contractors, innovation based on research is essential for development within an increasingly competitive context.

The end purpose of innovation is the successful application of ideas to the worksite, and only real partnering with clients, based on common interests and mutual confidence, can favour the innovation capacity of contracting firms.

While innovation forms part of the "reserved territory" of the firm, there is a real need for "shared research" designed to establish baselines in relation to which company heads will be able to evaluate their products and develop acknowledged tools (software or measurement systems) for comparing techniques.

France provides a unique example of the implementation of a resolute and partner-based innovation policy based on research carried out internally by companies and geared to the clearly expressed requirements of their clients.

RESUMEN ESPAÑOL

Investigación y Desarrollo en la profesión viaria

D. Irastorza - Barbet

Para las empresas viarias, la innovación, con el apoyo de la investigación, constituye una necesidad que puede permitir su evolución en un contexto cada día más sometido a los requerimientos de la competencia.

Dado que la finalidad de una innovación reside en su aplicación en las obras, únicamente una coparticipación con los clientes, fundada en un interés común y relaciones de confianza puede propiciar la capacidad de las empresas constructoras para innovar.

Si no es menos cierto que la innovación forma parte del "ámbito reservado" de la empresa, existe en cambio una necesidad efectiva de "investigaciones compartidas" destinadas a establecer referentes respecto a los cuales los contratistas podrán valorizar sus productos, y asimismo, desarrollar herramientas reconocidas (softwares o sistemas de medida) para poder comparar entre sí las técnicas aplicables.

Francia representa un ejemplo único de implementación de una política resuelta y de coparticipación en el terreno de la innovación, que toma apoyo en las investigaciones desarrolladas en su propio marco por las empresas constructoras tomando como punto de partida las necesidades claramente expresadas por sus clientes.



La recherche et développement en géotechnique

■ PRÉSENTATION

La recherche et le développement sont des éléments essentiels pour la compétitivité des entreprises du génie civil en général, et des sols et fondations en particulier. La Fédération nationale des Travaux Publics l'a bien compris et s'est dotée d'une Commission technique chargée d'encourager les activités de R & D de trois secteurs : le béton, la route, et la géotechnique. La sous-commission géotechnique est constituée d'entreprises spécialisées dans les technologies du sol, et dont la plupart sont membres du SOFFONS (Syndicat des entrepreneurs français de sondage, forage, et fondations spéciales). Elle s'occupe principalement de trois aspects techniques particuliers : la R & D au niveau de la profession, les problèmes de normalisation, et la certification qualité.

■ FONCTIONNEMENT

La sous-commission géotechnique se réunit deux fois par an :

- ◆ en décembre pour dresser le bilan des recherches effectuées et préparer le budget de l'année suivante. Ce budget est soumis à l'approbation de la Commission technique ;
- ◆ en juin pour suivre l'avancement des projets en cours.

Les travaux de R & D financés par la FNTF sont confiés à des organismes de recherche comme le CEBTP et très souvent à des laboratoires universitaires ou des écoles d'ingénieurs. On peut citer par exemple le CERMES (Centre d'enseignement et de recherche en mécanique des sols), lié à l'École nationale des Ponts et Chaussées ou encore le laboratoire des Sols de l'École Centrale Paris. La FNTF participe également à des projets nationaux.

■ RECHERCHES EN COURS

Une première recherche actuellement financée par la FNTF intéresse le procédé de jet grouting. Cette technique consiste à réaliser un forage dans lequel on insère un train de tige creux se terminant par une buse. Le train de tige est mis en rotation

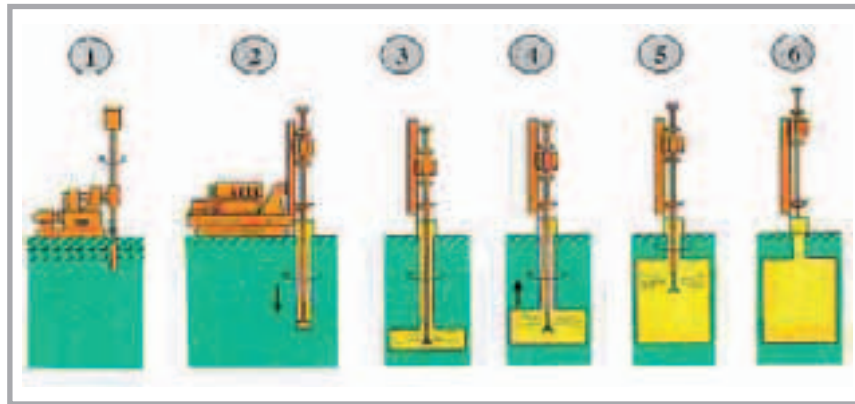


Figure 1
Étapes
de la réalisation
d'une colonne
de jet
*Flow column
construction
phases*

et remonté tout en injectant un coulis sous haute pression (figure 1). Elle permet par exemple de réaliser un radier ou un voile étanche en juxtaposant des colonnes cylindriques.

Le jet grouting se heurte néanmoins à un problème encore mal maîtrisé : la connaissance du diamètre des colonnes réalisées.

Pour les mêmes paramètres de fonctionnement de la machine, ce diamètre dépend en effet énormément du terrain rencontré. Il est pourtant souvent impératif d'avoir accès à ce renseignement, par exemple pour s'assurer de l'étanchéité d'un voile. La procédure actuellement utilisée sur les chantiers est d'effectuer un plot d'essai et d'excaver les colonnes pour mesurer leur diamètre. Ces mesures servent alors d'estimation pour les colonnes réalisées avec les mêmes paramètres de jet dans un même sol. Cette procédure est fastidieuse, et les résultats obtenus toujours trop peu précis.

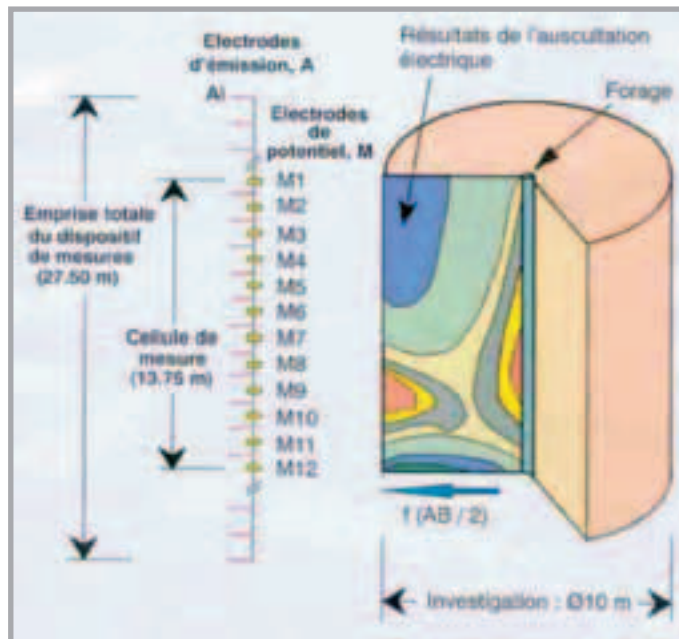
La FNTF a donc décidé de contribuer, dans le cadre du projet national Criterre, à la mise au point d'une mesure géophysique du diamètre d'une colonne après son exécution.

La méthode développée profite de la forte différence de résistivité entre le coulis de ciment utilisé pour réaliser les colonnes de jet et les sols habituels.

Pour cela, un tube non métallique est foncé dans l'axe de la colonne immédiatement après son exécution. La technique consiste alors à injecter un courant électrique à l'aide d'électrodes d'émission. Pour chaque injection, on mesure des différences de potentiel à l'aide d'un réseau d'électrodes espacées d'un pas constant et calées en fond de forage. On obtient ainsi une auscultation tridimensionnelle des terrains en terme de résisti-

Figure 2
Auscultation
par la méthode
du cylindre
électrique

*Evaluation
using
the electrical
cylinder method*



vités apparentes suivant un cylindre de révolution centré sur le forage (figure 2).

Les cylindres électriques ainsi réalisés sont interprétés à l'aide d'un logiciel 3D qui permet de calculer un cylindre théorique basé sur un modèle simple. Le but étant de reproduire au mieux le cylindre électrique expérimental en faisant varier les paramètres influençant les mesures de résistivité apparentes (résistivité des terrains, du coulis, diamètre de la colonne...).

On a ainsi accès au diamètre des colonnes. Les essais effectués en comparant les résultats obtenus avec cette méthode et l'observation visuelle de la colonne extraite montre que l'on atteint une précision de 10 %.

Un autre sujet financé par la FNTP concerne l'amélioration des coulis d'injection pour trouver une solution aux problèmes posés par les sols fins.

En effet, jusqu'à ces dernières années on ne savait pas injecter dans les sols fins des coulis de type ciment pour des problèmes de granularité et de viscosité. On utilisait donc des produits chimiques en solution à base de silicates et de réactifs, soit organiques, soit minéraux.

Le souci croissant de protection de l'environnement a conduit à l'interdiction progressive de l'utilisation des réactifs organiques jugés trop polluants.

Dès lors, les entreprises qui pratiquent l'injection ont cherché une solution de remplacement et ont

développé des coulis de microciments reconnus comme physiquement et chimiquement stables.

On arrive aujourd'hui à obtenir des ciments dont les grains sont de l'ordre de 12 μ , et même 6 μ pour certains, mais la circulation de ces grains à travers les pores du sol est un phénomène complexe.

À l'initiative des entreprises du SOFFONS, la FNTP a lancé un projet d'étude sur ces ciments ultrafins. Une première phase de recherche expérimentale a été confiée au CERMES. Ce laboratoire a effectué des essais d'injection de divers coulis de ciments dans différents sols pour constituer une base de données. Cette base de données sert à caler une modélisation numérique, actuellement mise au point par le laboratoire des sols de l'Ecole Centrale Paris pour simuler le cheminement des grains de ciment dans un sable (figure 3).

Une autre étude suivie et financée par la FNTP concerne les implications de la norme Eurocode 7 dans le domaine de la géotechnique, et en particulier pour le calcul des ouvrages de soutènement. En effet, selon cette norme, on devrait réaliser tous les calculs ainsi que toutes les vérifications concernant les ouvrages de soutènement à l'Etat limite ultime (ELU). Or, l'action du sol sur un ouvrage de soutènement dépend des déplacements de cet ouvrage. Contrairement à une poutre de pont pour laquelle les actions sont définies une fois pour toutes, la poussée du sol peut doubler entre un ouvrage très rigide par rapport à un ouvrage souple. Dans ces conditions, on ne sait pas appliquer simplement l'ELU. Les configurations dans lesquelles l'ouvrage est considéré en état limite sont encore mal définies, plusieurs coefficients de sécurité doivent être introduits dans les calculs, et il faut considérer plusieurs cas particuliers, avec des différents coefficients de pondération. Les ingénieurs des bureaux d'étude seraient donc obligés de mener plusieurs calculs et de les comparer pour trouver le plus critique.

Ces simulations et vérifications conduisent à des calculs nombreux et coûteux : cette procédure est encore assez irréaliste.

Une étude a donc été lancée à l'Ecole Centrale Paris pour trouver une méthode de calcul simple, réaliste, et correspondant aux caractéristiques demandées par l'Eurocode 7. Elle a commencé par un travail de recensement des différentes méthodes de calcul existantes. Une simulation numérique a ensuite été réalisée pour faire des calculs à la rupture (figure 4).

Ces différents projets témoignent de l'effort de recherche et développement réalisé par la profession. Si les entreprises françaises financent de telles recherches, avec, dans certains cas, une aide gouvernementale pour les projets nationaux, c'est que l'innovation est un besoin permanent pour qu'elles restent compétitives. En aidant ces entreprises la FNTP favorise leur développement industriel et stratégique.

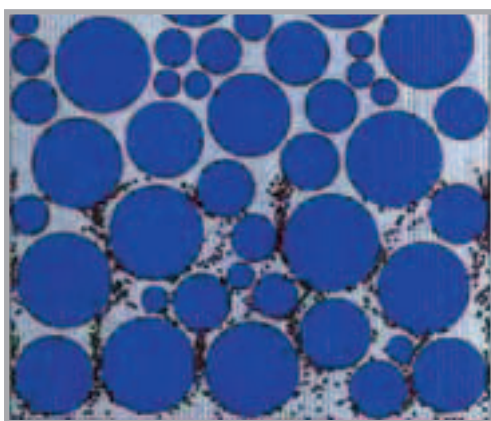
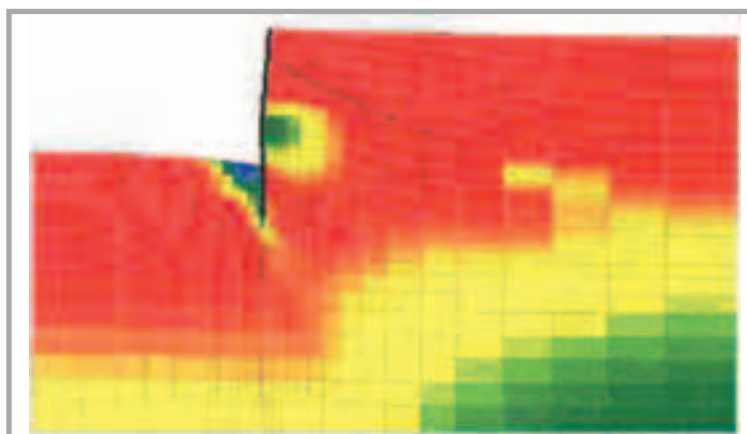


Figure 3
Modélisation numérique
des déplacements
d'un mur
de soutènement

*Numerical modelling
of retaining wall movements*

Figure 4
Simulation numérique
d'une injection ascendante
d'une suspension de ciment
dans un échantillon de sable

*Numerical simulation
for an ascending injection
of a cement suspension
in a sand sample*



Les actions de la profession pour développer la recherche et l'innovation professionnelle

François Vahl
PRÉSIDENT
DE LA COMMISSION TECHNIQUE
FNTP

Henry Thonier
DIRECTEUR DES AFFAIRES
TECHNIQUES
FNTP

La Fédération nationale des travaux publics (FNTP) regroupe dix-huit syndicats d'entrepreneurs spécialistes, tels que routiers, entreprises générales, canaliseurs, électriciens, terrassiers... et vingt fédérations régionales. Elle est donc l'image de la profession dans son ensemble.

■ LA COMMISSION TECHNIQUE ET SES BUTS

Le premier souci de la Commission technique est d'avoir des points d'application qui intéressent l'ensemble de cette profession soit directement, soit indirectement. A priori, on pourrait douter du fait que la recherche puisse être fédérative. Bien sûr, les grandes entreprises font des recherches de façon indépendante mais cela ne signifie pas qu'il n'existe pas des secteurs où les intérêts de la profession soient communs et où chacun trouve un intérêt à coopérer, les uns à profiter d'un mandat fédératif, les autres du travail des premiers.

En dehors des activités désormais classiques concernant la normalisation française et européenne, l'assurance de la qualité et la collaboration avec divers organismes (labels IVOR et Réseau génie civil et urbain du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement) nous développons plusieurs axes relativement nouveaux en accord avec les souhaits exprimés par le président de la FNTP.

Pour améliorer l'image générale de la profession, dont l'importance est si grande jusque dans les nouvelles embauches, nous avons apporté tout notre soutien au salon TPtech qui se tiendra en mars prochain. Ce qui nous a semblé important, c'est que la profession fasse parler d'elle par sa haute technicité et ses innovations permanentes souvent mises en œuvre à l'occasion de variantes acceptées par l'administration. Et aussi que cette communication soit entreprise par des professionnels dont les antécédents sont de nature à inspirer confiance sur la qualité de leurs prestations. Notre profession est souvent trop humble en ce qui concerne ses qualités techniques qui lui sont souvent

mieux reconnues à l'étranger que dans son propre pays. Dans le même domaine, nous coopérons à la création d'un musée virtuel des TP sur Internet qui sera une vitrine vivante de la profession et de ses réalisations.

Ensuite, nous avons travaillé, avec opiniâtreté, à une meilleure connaissance réciproque, et par la même au rapprochement du monde des écoles et universités et de celui des entreprises. Cela devrait avoir des conséquences importantes pour tous. D'une façon générale, les entreprises s'attachent à réduire, de façon de plus en plus drastique, leurs frais généraux. Il est donc très intéressant pour elles, de pouvoir améliorer et enrichir leurs recherches par des coopérations provisoires et pointues avec des universitaires de hauts niveaux. Pour les hommes de science, cela leur apporte une image des besoins concrets de la profession et des contacts enrichissants. Nous avons donc noué de bonnes relations entre la FNTP et l'AUGC (Association des universitaires du génie civil). Même si cela est encore très insuffisant, c'est un grand pas. Pour symboliser ce rapprochement nous avons, à l'initiative de son président, fondé un prix FNTP des chercheurs dont il est question plus avant, et dont la remise des dossiers était fixée au 10 janvier 2001.

Enfin, dans le domaine des recherches proprement dites que la FNTP contribue à financer directement, à côté des entreprises, nous nous sommes attachés à soutenir celles qui intéressaient toute la profession. Si le béton autoplaçant finit par bien avoir droit de cité, ce sera une petite révolution qui profitera en général à l'environnement des chantiers dont les nuisances sonores diminueront notablement et en particulier à diminuer la pénibilité des ouvriers du béton. La mesure du bruit des chaussées et la mise au point d'une procédure reconnue par tous intéressent tous les routiers. Les mesures à adopter pour tenir compte des conséquences de la nouvelle loi sur l'Eau qui vient d'être adoptée par le Parlement européen intéressent tous ceux qui font des travaux souterrains. Ce ne sont que des

Tableau I
Thèmes de recherches en cours ou qui viennent d'être terminées
Ongoing or recently completed research themes

Bétons	Bétons avec additions Béton de fibres - Projet National Béfim Bétons autoplaçants Bétons à hautes performances - PN BHP 2000 Qualité des bétons - PN Calibé Maintenance réparation. Gestion des ouvrages - PN Kronos Recommandations gel modéré Ultrafines dans les bétons
Géotechnique	Auscultation des colonnes de jet-grouting Groupe de micropieux - PN Forever Inclusions dans les sols Modélisation des injections de coulis bentonite-ciment Béton de fibres en fondation - PN Béfim
Routes	Chaussées en béton - Fabac Graves-émulsions Mesures du bruit de roulement Omiérage des chaussées Rhéologie des liants et enrobés

► exemples pour démontrer qu'il existe bien un domaine, même en R & D, qui intéresse tous les membres de la communauté. C'est aussi la raison qui fait que nous entretenons les meilleurs rapports avec la commission technique d'Entreprises générales de France-BTP (EGF-BTP) et avec la Fédération française du Bâtiment (FFB) afin d'utiliser nos moyens du mieux possible dans l'intérêt de tous en harmonisant nos sujets de recherche.

■ LA RECHERCHE

Elle consacre chaque année un budget d'environ trois millions de francs à des programmes de recherches à la demande des entreprises et sous le contrôle de la Commission technique et des trois sous-commissions "Béton", "Géotechnique" et "Routes".

Le but est d'entreprendre des recherches qui intéressent les entreprises en général ou pour défendre leurs intérêts.

Certains projets sont réalisés en collaboration avec d'autres organismes (maîtres d'ouvrage, fournisseurs, laboratoires...) dans le cadre des projets nationaux, généralement gérés par l'IREX.

La Commission technique est composée d'administrateurs de la FNTP, dont certains, ayant des fonctions dans les syndicats de spécialités, sont en mesure de représenter ces spécialités au sein de la Commission et d'experts d'entreprises.

Elle a pour but d'animer les différentes actions poursuivies par la FNTP, de représenter la profession

au sein d'organismes techniques, de développer des recherches intéressant les entreprises et d'encourager le progrès technique dans le domaine des travaux publics.

La Commission définit et gère des programmes de recherche technique, organise des conférences et des colloques et fait publier des résultats de ces recherches.

En 2000, la Commission a mené des actions dans les domaines suivants :

- ◆ la recherche technique ;
- ◆ les projets nationaux ;
- ◆ la réglementation technique ;
- ◆ la normalisation française et européenne ;
- ◆ l'assurance de la qualité : AFAQ et Travaux-Qualité ;
- ◆ la commission technique de la FIEC ;
- ◆ le musée vivant des Travaux publics ;
- ◆ la section technique de la Commission centrale des marchés du ministère de l'Economie ;
- ◆ représentation dans le comité de labellisation IVOR ;
- ◆ le Réseau de génie civil et urbain (vice-présidence) ;
- ◆ liaison avec l'Association universitaire de génie civil (AUGC) ;
- ◆ participation à la préparation du salon Tptech.

Les recherches et études coordonnées par la FNTP sont réalisées par des laboratoires universitaires ou indépendants. Elles concernent les domaines du béton, de la géotechnique et de la route.

Dans le domaine du béton, les recherches suivent l'actualité et sont orientées vers les bétons autoplaçants, les recommandations pour gel modéré, la durée de cure.

Dans le domaine de la géotechnique, les recherches en cours traitent de la modélisation des injections de coulis de bentonite-ciment, les colonnes de jet grouting.

Dans le domaine de la route, les recherches concernent la caractérisation des bruits de roulement, les liants modifiés, les chaussées en béton.

La FNTP, par apport des recherches qu'elle finance dans le cadre de son budget Recherche, participe à plusieurs Projets Nationaux : BHP (bétons à hautes performances), Forever (groupe de micropieux), Béfim (béton de fibres), Rérau (réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains), Calibé (qualité des bétons), Criterre (contrôle des améliorations de sol), Kronos (maintenance, réparation, gestion des ouvrages), Fabac (comportement à la fatigue des chaussées en béton), BAP (bétons autoplaçants), Vibrofonçage, Mikti, (ponts mixtes acier-béton) (tableau I).

■ L'INNOVATION

Les prix de l'Innovation ont été créés, en 1982, à l'occasion du centenaire du Syndicat Professionnel

des Entrepreneurs de Travaux Publics de France et d'Outre-Mer. Renouvelés tous les deux ans, ils sont dotés de 200 000 francs de prix et récompensent les auteurs d'une invention originale susceptible de contribuer à l'amélioration des performances et de la productivité dans le domaine des Travaux Publics.

Les Prix 2001 ont été remis le 25 janvier 2001 (cf. article page 115) à la FNTP par Marcel Boiteux, président du jury et Daniel Tardy, président du Syndicat de France (tableau II).

1 ^{er} Prix	Frédéric Badet Richard Billant Thierry Raymont	Le puits PIBOP - Puits intégré pour bassin d'orage profond
2 ^e Prix ex aequo	Evelyne Bonnet André Demonté Pierre Jartoux Mike Mc Clenahan Ivica Zivanovic	Système de suspension de ponts autoprotégé étanche
2 ^e Prix ex aequo	François Chevallier Louis Demilecamps Thierry Le Blond André Piquet	Rapidopont" - Pont mixte à hautes performances

Tableau II
Palmarès 2001
Prizes, 2001



Premier Prix : le puits PIBOP
(puits intégré pour bassin d'orage profond)
de Méricourt/Billy Montigny,
dans le district de Lens-Liévin

First Prize : the PIBOP
(integrated shaft
for deep storm basin)
of Méricourt/Billy Montigny,
in the Lens-Liévin district

© Phot'R



Deuxième Prix ex æquo : système
de suspension de pont autoprotégé étanche
Shared second prize: Watertight
self-protected bridge suspension system



Deuxième Prix ex æquo Rapidopont :
pont mixte à hautes performances
Second Shared Prize, Rapidopont :
high-performance composite bridge

JURY DU PRIX FNTP POUR LES CHERCHEURS

Président

Yves Malier

Professeur des Universités

Membres

• **Yves Delmas**

*Directeur du département Génie civil
de l'IUT de Reims*

• **Serge Feneuille**

*Président du Réseau génie civil &
urbain*

• **Michel Guerin**

*Directeur Scientifique, Eiffage
Construction*

• **Bernard Halphen**

*Direction de la recherche et des
Affaires scientifiques et techniques,
ministère de l'Équipement, des Trans-
ports et du Logement*

• **Gilles Pijaudier-Cabot**

*Professeur à l'École Centrale de
Nantes*

• **François vahl**

*Président de la Commission tech-
nique de la FNTP*

RÈGLEMENT DU PRIX FNTP POUR LES CHERCHEURS



Article 1

La Fédération Nationale des Travaux Publics a décidé de décerner un ou plusieurs prix destinés à récompenser un ou plusieurs chercheurs pour les résultats d'une recherche directement applicable aux Travaux Publics et susceptible de contribuer à l'amélioration des performances et de la productivité dans le domaine des Travaux Publics.

L'objet de cette recherche pourra être relatif à la conception des ouvrages ou aux procédés d'exécution.



Article 2

Toute personne ou tout groupe de personnes (cinq au maximum) de nationalité française ou résidant en France appartenant à une entreprise, au secteur public ou groupe conjoint secteur privé-secteur public, peut concourir en vue de l'attribution d'un prix sous conditions d'adresser, en double exemplaire à :

Monsieur le Président
Fédération Nationale des Travaux Publics
 3, rue de Berri - 75008 PARIS

Le dossier présentant l'objet de la recherche dont il est l'auteur.



Article 3

Les dossiers comprendront une lettre de candidature attestant que le candidat a pris connaissance du présent règlement, un mémoire de présentation accompagné de tous les résultats d'expérimentation, notes de calculs, dessins permettant d'en apprécier le bien-fondé. Tous les documents devront être rédigés ou traduits en français.

Dans le cas visé à l'article 2 de remise d'un dossier par un groupe de personnes, une déclaration jointe et signée par chacune d'elles indiquera les proportions de répartition d'un prix entre les lauréats éventuels.



Article 4

Le jury appréciera souverainement la qualité, la nouveauté et l'originalité des dossiers. Il sera présidé par Yves Malier.

Il aura la faculté de décerner ou non :

- ◆ un premier Prix de 50 000 F (cinquante mille francs) ;
- ◆ un deuxième Prix de 30 000 F (trente mille francs) ;
- ◆ un troisième Prix de 20 000 F (vingt mille francs).

Il pourra décider de décerner des prix ex aequo.

Ses décisions seront sans appel. Il tranchera souverainement, le cas échéant, toute question d'application ou d'interprétation du règlement ou toute question venant à se poser et non réglée par celui-ci.



Article 5

Les dossiers remis par les candidats n'ont pas de caractère confidentiel. Toutefois, sur demande écrite expresse d'un concurrent lors du dépôt du dossier, les résultats de la recherche pourront rester secrets, au plus tard jusqu'à la remise des prix, afin de permettre au concurrent de faire procéder au dépôt d'un brevet protégeant ses résultats de recherche.



Article 6

Les candidats dont les dossiers auront été primés en seront avisés par le président de la Fédération Nationale des Travaux Publics.

Les prix 2001 seront remis au cours d'une cérémonie lors du salon TPtech ayant lieu à Paris les 14, 15, 16 mars 2001.



Article 7

Le fait pour les concurrents de participer au concours implique la connaissance et l'acceptation sans réserve du présent règlement.



La recherche et l'innovation chez Campenon Bernard

Campenon Bernard est la composante du groupe Vinci chargée des grands projets en France et à l'international. Elle est également active à travers son réseau de filiales régionales BTP et ses filiales spécialisées : Botte Sade Fondations, EMCC (travaux maritimes et fluviaux), Salvarem et 3 D (déconstruction nucléaire). Le présent article donne quelques exemples dans le passé récent, pris dans le périmètre de la société avant sa fusion avec les filiales du groupe GTM.

RECHERCHE ET INNOVATION SE CARACTÉRISENT À TRAVERS QUELQUES ORIENTATIONS CLÉS

Une recherche ciblée sur les points forts de l'entreprise et les créneaux à forte valeur ajoutée

Il s'agit avant tout de renforcer la position de l'entreprise en tant que promoteur de solutions globales, intégrant toutes les fonctions de conception construction. Le but est de rendre le meilleur service aux clients en fonction de l'évolution des marchés et des réglementations.

◆ Le perfectionnement des méthodes dans le domaine des ouvrages d'art est une préoccupation permanente pour les équipes qui ont développé par le passé la plupart des moyens de mise en place des ponts à voussoirs préfabriqués. Plus récemment **la rotation des fléaux du viaduc de Ventabren (TGV Méditerranée)** a permis d'éliminer presque complètement la gêne occasionnée au trafic de l'autoroute A8 (première mondiale pour un viaduc ferroviaire) (photo 1).

◆ Les tunnels, autre domaine de prédilection, font l'objet de recherches pour améliorer la performance des tunneliers, les systèmes de guidage (comme le CAP qui a équipé 24 machines dans le monde entier), mais aussi pour améliorer la conception des revêtements en voussoirs préfabriqués. **La douille de connexion SOFCLIP utilisée récemment pour l'ouvrage du ru de Marivel** permet de s'affranchir de la pose de boulons longitudinaux engendrant un gain de temps et d'aspect du revêtement ainsi qu'une meilleure durabilité (photo 2).

◆ L'amélioration des procédés de base comme les passages supérieurs autoroutiers du réseau Cofiroute (**procédé PSP à poutrelles préfabriquées**) (photo 3) permettra de disposer des concepts les



Photo 1
Fléaux de Ventabren en cours de rotation
Ventabren booms being rotated



Photo 2
Douille Sofclip
Sofclip bushing



Photo 3
Vue en sous-face d'un ouvrage type
Underside view of a typical structure



Photo 4
Vue d'un barreau amortisseur en cours de test
sous chargement cyclique

*View of damping rod during testing
 under cyclic loading*



Photo 5
Vue d'un chantier expérimental mené en commun
avec le Projet national CRITERRE

*View of an experimental site conducted
 jointly with the CRITERRE National project*

► mieux adaptés aux développements des plateformes à 2 x 2 voies, avec le système bi-travées encastées.

◆ L'amélioration de la sécurité est un puissant moteur notamment dans la protection parasismique, comme en témoignent les nouveaux développements d'**amortisseurs élasto-plastiques** qui peuvent être utilisés comme limiteurs de force ou de déplacement dans les ouvrages d'art et le bâtiment, aussi bien en construction neuve, qu'en renforcement. L'originalité du système consiste dans la manière de contrôler les déformations plastiques (photo 4).

◆ Botte Sade Fondations, filiale spécialisée dans les travaux de fondation développe sa maîtrise des solutions pluritechniques combinant les différents types de parois, micropieux, colonne jet grouting. Concernant ces dernières, elle participe activement à des projets de recherche ayant pour but la **détermination du diamètre des colonnes** en ayant accès uniquement à leur tête, par un procédé d'impédance mécanique (photo 5).

◆ Salvarem et 3D, les filiales spécialisées dans le **démantèlement nucléaire** ont à leur actif plusieurs procédés de décontamination, de découpage, de traitement et compactage de déchets ou d'adaptation de divers matériels pour le travail en zone contaminée. Des solutions très innovantes ont été mises en œuvre comme le robot racleur hydromé-

canique qui a été utilisé pour le détartrage de la conduite de rejet de l'usine Cogema de la Hague.

◆ Les nouveaux matériaux restent un champ privilégié avec notamment la mobilisation des différents départements de l'entreprise en vue de développer l'utilisation des **bétons autoplaçants** qui seront la source de progrès réels dans l'organisation des chantiers.

◆ La protection de l'environnement et l'anticipation de contraintes réglementaires à venir en matière de **tri et recyclage des déchets de chantier** ont incité à prendre les devants comme sur le chantier de rénovation du Centre Pompidou. Les méthodes de tri, déconstruction et de recyclage y ont été investiguées avec les coûts associés (photo 6).

L'utilisation du cercle vertueux des grands projets

Par leur effet d'entraînement de tous les secteurs de l'entreprise, leurs enjeux techniques, les grands projets en conception construction permettent la mise en œuvre en grandeur réelle d'innovations qui auront été au préalable correctement ciblées et testées par l'entreprise.

◆ Comme exemple le **pont sur le Tage** a permis l'amélioration des modes constructifs, le lancement des amortisseurs élasto-plastiques, les études sur

la durabilité et la prévision du cycle de vie des ouvrages, et chez Freyssinet : le perfectionnement des systèmes de haubanages, des joints de dilatation Eole et les systèmes d'inspection et de suivi des ouvrages (photo 7).

◆ Le projet **socatop A86** a été l'occasion de la mise en œuvre d'un système mixte à pression de terre et pression de boue. On a également simulé le passage des matériaux prélevés sur le tracé dans un modèle réduit de vis d'extraction.

◆ Les tunnels routiers d'**El Azhar** en Egypte ont été le catalyseur d'une réflexion générale de l'entreprise sur les systèmes de ventilation, les systèmes d'évacuation et la tenue au feu des revêtements (photo 8).

Des structures de communication originales

Le cas le plus notoire est le **club Travaux Souterrains**, qui se réunit environ deux fois par an et permet aux cadres de l'entreprise de toutes origines (chantier, directions opérationnelles, études structures ou méthodes, responsables de matériel) de dialoguer librement sur différents sujets :

- ◆ les retours d'expériences de chantier ;
- ◆ le fonctionnement de nouveaux procédés, équipements et innovations ;
- ◆ les solutions pour résoudre des problèmes et difficultés à venir.

Le résultat en est une dynamique d'entraînement des équipes et une globalisation du savoir-faire dans le but de pouvoir mieux le réutiliser sur les chantiers futurs.

Ces actions sont maintenant facilitées par le développement des réseaux Intranet permettant de gérer l'information technique et le capital de connaissances de l'entreprise.



Photo 6
Sortie de benne de déchets après tri
Discharge of waste after sorting



Photo 7
Vue générale du pont sur le Tage
General view of bridge over the Tagus

Photo 8
Travaux de projection de produit réfractaire
Refractory product projection works



GTM innove Une tâche

Photo 1
Enfouir les voitures
et libérer la surface
*Burying cars
to clear the surface*



■ S'ANCER DANS UNE CULTURE

Pour innover, chacun sait bien qu'il ne suffit pas seulement d'avoir des idées, encore faut-il qu'elles puissent trouver "forme et solidité" au sein de l'entreprise, et en particulier de sa culture. Cette culture est à la fois le réceptacle qui permet à ces idées de germer et d'éclorre, mais il peut être aussi un carcan trop rigide qui empêche cette éclosion parce qu'il n'est plus adapté à l'environnement extérieur.

Pour Groupe GTM, l'innovation est une vieille dominante de sa culture. Elle peut être technologique lorsque des brevets furent pris pour un système de précontrainte en 1983, toujours employé. Depuis, elle a fait l'objet de perfectionnements en 1992 et bénéficie d'un développement important au Japon.

Photo 2
La traversée de la Manche
vue par Euroroute
*Channel crossing
with Euroroute*



Elle peut présenter aussi un aspect plus conceptuel, davantage tourné vers le client ou vers de nouvelles activités autonomes. Il en fut ainsi lorsque GTM et Entrepose créèrent ETPM pour se lancer dans la grande aventure de l'offshore pétrolier en 1965 en combinant leurs propres expériences de travaux maritimes et de pipelines. Cette activité nouvelle en France valait près de 2 milliards de francs en 1999 lors de sa cession.

Durant les dernières années, plusieurs records de cadences (6 km en un jour) et de profondeur (360 m) ont été battus pour des diamètres de 36" et au-dessus.

C'est ce même esprit pionnier et d'innovation qui amena les dirigeants de l'époque à créer en 1960 le concept de parking souterrain en concession mettant en application avant la lettre les concepts de conception-construction, de BOT, d'ingénierie simultanée pour mettre à disposition des municipalités et de leurs administrés des parkings adaptés aux voitures individuelles en centre-ville. Ces ouvrages souterrains permettent de ne pas nuire à l'image des centres-villes comme l'on a pu s'en rendre compte aux Champs Elysées dont les arbres centenaires ont été conservés malgré la construction d'un parking souterrain de 800 places.

Cette culture d'innovation mariant la technologie et le souci de nouveaux services pour de nouveaux clients sait aussi penser des ouvrages visionnaires, même si ceux-ci n'ont pas toujours été retenus par les autorités. Que l'on songe pourtant au confort et à l'agrément de la traversée de la Manche aujourd'hui si le projet d'Euroroute avait été choisi : une traversée sur un pont magnifique sans plus d'attente que celle d'une barrière de péage en comparaison de celle demandant réservation et montée sur des trains navettes circulant tout le temps en tunnel (photos 1, 2 et 3).

■ L'ANTI-MODÈLE

Une caricature récente met en scène quelques *Homo sapiens* tirant un chariot sans roue sur le sol tout en refusant l'offre d'une roue faite par un autre *Homo sapiens* sous le prétexte qu'ils n'ont pas le temps!

Cette caricature, si l'on veut bien la transposer au monde de l'entreprise, de la recherche & développement pour l'Innovation, traduit en termes crus les tensions qui peuvent exister entre ceux qui "cherchent" et ceux qui "travaillent". Le problème du management est de faire en sorte que les uns et les

pour ses clients exaltante pour tous

autres s'écoulent, se comprennent et échangent. Dans les sociétés industrielles focalisées sur des produits de série, le modèle est plutôt celui d'unités de R & D, de plus en plus décentralisées par secteurs avec des R & D centrales se concentrant sur des sujets très peu nombreux mais très transversaux.

Le secteur de la construction vit ces tensions de façon encore plus forte car les affaires, de faible série, et très "localisées" s'y traitent par "projets" et les unités centrales ont peu d'audience. Chez GTM, la solution repose, comme on le verra dans la suite, sur une très forte décentralisation de l'activité de R & D dans les projets eux-mêmes avec un pilotage et une animation centralisée mais légère au niveau de chaque secteur, de chaque marché. Tous ces animateurs travaillent en réseau non hiérarchisé.

■ MOBILISER LES HOMMES

Mais, la première tâche du management est la mobilisation de l'ensemble des collaborateurs. Dans ces organisations reposant essentiellement sur des projets ou sur la qualité des relations avec la clientèle comme c'est le cas dans les activités de services, chaque collaborateur est un acteur important de la production et de la relation avec la clientèle, c'est de lui que peut venir l'intelligence des contextes pour produire des innovations pertinentes. Il est donc essentiel de mobiliser tout un chacun pour innover, et par-là même pour conserver la compétitivité de l'entreprise.

Le système de prix réguliers de l'Innovation, employé dans d'autres secteurs industriels, a été mis à l'honneur pour la première fois dans une entreprise de construction par GTM en 1995. Depuis, il est organisé régulièrement tous les deux ans avec un succès grandissant : 120 propositions avaient été reçues en 1995, 265 en 1997, 410 en 1999 ! Les chiffres parlent d'eux-mêmes et sont à l'évidence la marque d'une culture de l'innovation solidement ancrée dans l'entreprise, mais aussi chez les collaborateurs, et encore plus dans la hiérarchie. Ce dernier point est très important puisqu'il assure que l'innovation est écoutée, encouragée, réorientée, et que le droit à l'erreur existe effectivement.

Le président-directeur général de Groupe GTM convie directement tous les collaborateurs de l'ensemble des filiales à innover et à proposer leurs innovations : pas les simples idées mais les projets



Photo 3
Travaux maritimes
et mécaniques
au service de l'offshore
*Maritime and mechanical works
in the service of offshore operations*

suffisamment mûris pour pouvoir être immédiatement mis en œuvre. C'est bien ainsi que l'on peut s'assurer de connaître les innovations, de les reconnaître et enfin de les faire connaître. Non seulement, un mouvement d'ensemble est entretenu, mais les innovations sont portées à la connaissance de tous pour qu'elles soient employées ailleurs dans le groupe, ou tout au moins qu'elles puissent en induire d'autres dans d'autres contextes. Au cours des diverses éditions, des orientations de plus en plus commerciales ou marketing ont été adoptées :

- ◆ une catégorisation non pas technique mais positionnée vis-à-vis des clients en produits, services, façons de faire ;
- ◆ des prix à thèmes pour insister sur des domaines jugés stratégiques par le groupe : par exemple environnement, ressources humaines ;
- ◆ une ouverture plus directe aux clients en introduisant des personnalités issues de nos clients à l'intérieur du jury ;
- ◆ une exploitation directe vis-à-vis des tiers par des invitations lancées à nos clients lors d'une cérémonie de remise des récompenses conjuguant qualité artistique et promotion de l'éventail complet des techniques maîtrisées par GTM.

Une politique de récompenses pas trop élitiste, et un mode d'appréciation des dossiers relativement

Photo 4
CENTAUR nivelle
au centimètre
*CENTAUR, levelling
to within a centimetre*

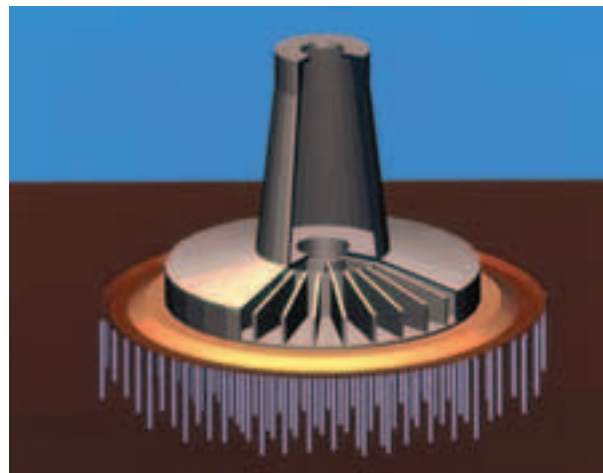
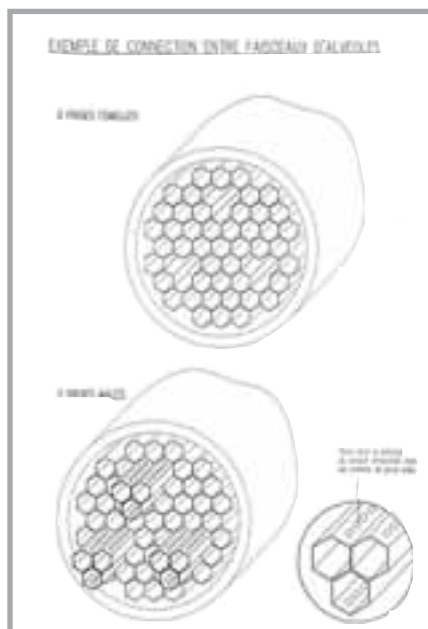


Photo 5
Des fondations antisismiques sur sols renforcés
Earthquake-resistant foundations on reinforced soils

Figure 1
De nouveaux
haubans
New cables



aux contextes dans lequel évoluent les innovateurs permettent de maintenir l'intérêt de tous les collaborateurs, même de ceux à des niveaux hiérarchiques modestes. C'était une des caractéristiques la plus appréciée par les membres externes du jury lors de la session de 1999. C'est à l'évidence celle qui est le plus à même de maintenir à tous les échelons la réactivité, et donc la pérennité de l'activité.

■ ORGANISER, CANALISER LES EFFORTS

Il est bien certain qu'entretenir la "flamme" de l'innovation par des prix bisannuels ne peut suffire. C'est aussi au quotidien que les innovations doivent être encouragées, que les idées doivent être générées, examinées, confrontées, que des projets et des programmes de recherche ou de développement doivent être organisés et financés. Toutes ces tâches sont, non pas assurées directement par des services centraux, mais insufflées et coordonnées par autant d'animateurs que de sociétés évoluant dans des contextes de techniques et de marchés différents.

Tous ces responsables, ayant très souvent l'expérience des travaux, sont eux-mêmes organisés en réseau, ce qui leur permet d'exercer une veille technologique, commerciale, européenne particulièrement efficace. La participation à des missions d'expertise, à des colloques techniques, à des commissions professionnelles leur permet de répondre avec promptitude aux sollicitations des opérationnels autour de projets innovants, leur permet aussi de proposer des innovations aux opérationnels très souvent associés dans des cercles internes d'orientation des activités de R & D.

■ DES RÉSULTATS, DES DOMAINES À EXPLORER

Avec ce double système de management de l'innovation, GTM a obtenu des résultats récents qui ont fait l'objet de communications diverses. Tous les domaines sont intéressés. En voici quelques-uns :

- ◆ parties du double constat des possibilités de positionnement en tout lieu du *Global Positioning System* spatial, et des possibilités d'inter-opérabilité des logiciels et des systèmes de commande des matériels, les équipes de GTM Terrassement ont mis au point le système CENTAUR de pilotage automatique des engins de nivellement. Le plan de la route à construire est entré directement sur l'ordinateur de bord de l'engin qui, muni de balises réceptrices GPS, est alors en mesure de travailler automatiquement et de régler le profilage de la route au centimètre près en élévation ;
- ◆ une réflexion approfondie des systèmes de câbles

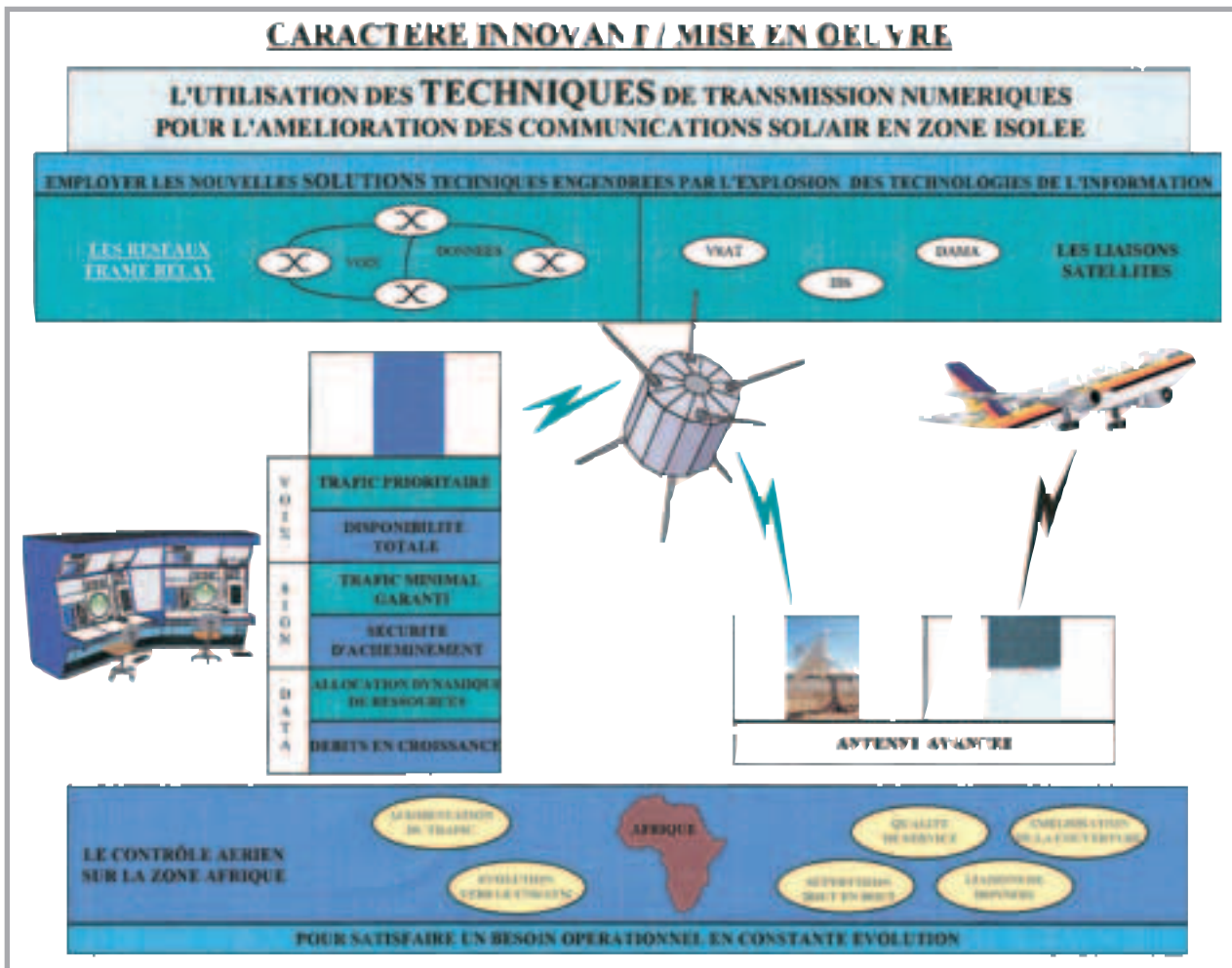


Figure 2
Des liaisons avions
aéroports économisant
l'infrastructure
*Aircraft-airport links
economising
the infrastructure*

pour précontrainte et pour haubans a permis aux équipes des techniques spéciales de GTM de développer une nouvelle gamme de câbles de haubans qui ont été adoptés pour le Stade de France, puis plus récemment après le dépôt de quatre brevets pour le pont de Rion Antirion en Grèce après une longue phase de qualification technique devant des experts internationaux indépendants qui ont déclaré cette nouvelle gamme supérieure à tous les produits existants ;

◆ ce même pont de Rion, à construire dans des conditions de profondeur d'eau importante, de sols médiocres et de sismicité importante, a conduit à la mise au point d'un concept nouveau de fondations répondant parfaitement aux conditions de *capacity design* à respecter dans ce type de structures antisismiques ;

◆ enfin, l'observation attentive de la technique des "relais de trame" en réseau informatique a donné l'idée aux ingénieurs de la filiale de télécommunications de l'appliquer dans celui des réseaux de télécommunications dans des pays manquant d'infrastructures. Elle permet par exemple de se satisfaire d'infrastructures limitées pour relier les postes radar avancés des aéroports africains.

L'irruption des nouvelles technologies et de l'Internet sont de nature, n'en doutons pas, à révolutionner l'activité de travaux de par les possibilités

offertes en simulation et en inter-opérabilité. C'est là un des chantiers prioritaires de la R & D et de l'Innovation dans GTM. L'activité de construction est à exercer dans le milieu naturel avec tous ses aléas géotechniques et climatiques. Par ailleurs, ceux-ci, même si les possibilités de simulation sont encore largement inexplorées, demandent pour leur maîtrise des organisations et des processus humains toujours plus performants. Voici un autre des chantiers importants avec l'introduction de l'apport des sciences humaines et d'organisation pour la conduite des projets et des chantiers (photos 4, 5, figures 1 et 2).

■ LA SATISFACTION DES CLIENTS

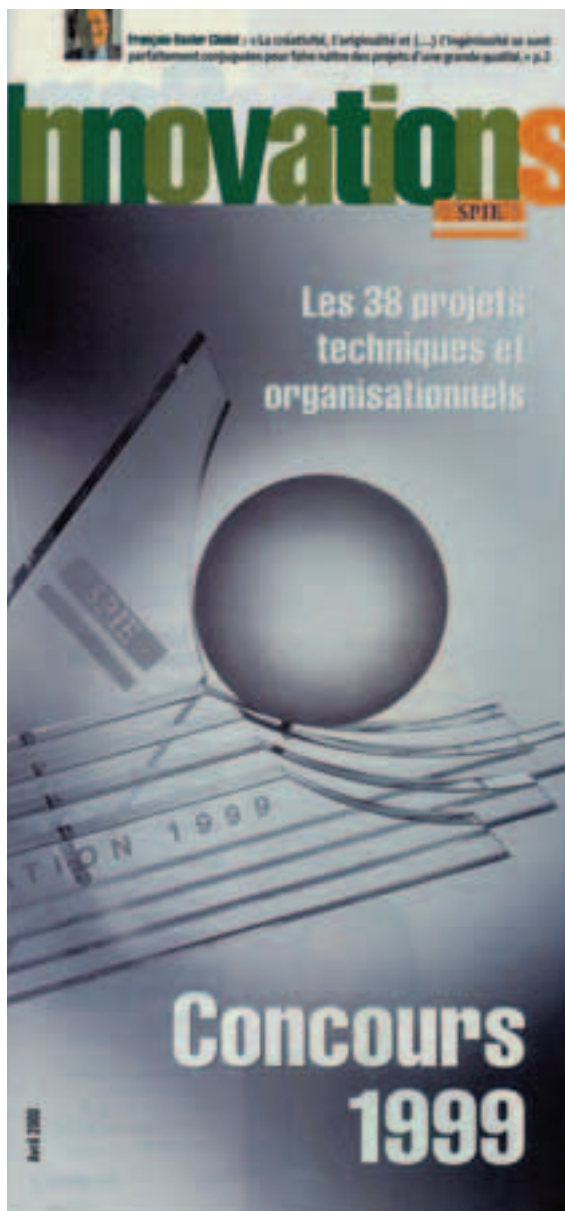
A la clef de toutes ces innovations, on trouve toujours la satisfaction du client :

◆ dans le cas des façons de faire, des organisations, des processus de production, le client est assuré de trouver en GTM une entreprise réactive, sachant faire face aux aléas extérieurs, compétitive car en possession des meilleures méthodes ;

◆ dans le cas des nouveaux produits et services, ce sont des approches originales qui, à côté de leur simple valorisation économique, apportent au client des qualités nouvelles ou un nouveau positionnement.

La valorisation de l'innovation chez

Figure 1
Concours 1999
1999 Contest



■ UN PEU D'HISTOIRE

De tout temps, Spie a su innover et rester à la pointe de la technologie dans ses métiers.

La Recherche & Développement a toujours constitué un point fort dans son histoire, plus que centenaire.

Les quelques exemples prestigieux suivants permettent d'illustrer cette constante volonté d'innovation :

- ◆ machine "Beaumont" pour le creusement du premier tunnel sous la Manche, en 1883;
- ◆ technologie des ponts poussés, dans les années 1970;

- ◆ appuis antisismiques pour centrales nucléaires, dans les années 1980 ;

- ◆ et plus récemment, la captation d'énergie par le sol pour les tramways... la ligne électrique à isolation gazeuse...

Les activités de Recherche & Développement menées par Spie peuvent être classées en deux catégories :

- ◆ les développements faits en interne (avec, en cas de besoin, l'assistance de laboratoires et de bureaux de conseil) dont les entités de Spie maîtrisent complètement l'évolution. Lorsque le caractère innovant de la recherche le permet, un brevet (ou une marque) est déposé au nom de l'entreprise avec l'assistance d'un cabinet spécialisé en propriété industrielle ;

- ◆ la participation à des recherches faites à l'extérieur, dans le cadre national et au travers d'organismes tels que l'Irex ou dans le cadre européen à l'occasion de programmes type Brite Euram.

■ UNE NOUVELLE IMPULSION

Dans les années 1990, l'Innovation, située au cœur de l'entreprise par la direction générale de Spie, a vu son importance et son champ d'application réaffirmés :

- ◆ moteur puissant de réussite, elle est vitale pour apporter les réponses adaptées aux nouveaux besoins des clients ;

- ◆ source de succès sur les marchés extrêmement concurrentiels, elle permet de se démarquer des concurrents et contribue à l'amélioration des savoir-faire dans tous les domaines d'activité ;

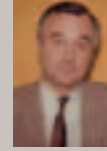
- ◆ facteur de cohésion, elle facilite les contacts transversaux entre les collaborateurs.

C'est pour concrétiser et soutenir cette impulsion que la direction générale de Spie a créé, en 1998, un concours annuel Innovation.

■ LE CONCOURS INNOVATION

Les principaux objectifs du concours sont :

- ◆ soutenir et stimuler l'émergence de projets innovants dans toutes les filiales de Spie ;
- ◆ promouvoir et fédérer toutes les initiatives, qu'elles proviennent du terrain ou des bureaux d'études ;
- ◆ impliquer l'ensemble des collaborateurs et porter à la connaissance du personnel les thèmes de recherche développés au sein de l'entreprise ;
- ◆ mettre en lumière, une fois par an, cette valeur



Spie SA

forte de l'entreprise, souvent peu connue du monde extérieur et récompenser ainsi ceux qui contribuent à la promouvoir.

Les principales étapes du concours sont :

◆ **la préparation** : appel à candidatures et envoi des dossiers ;

◆ **la sélection** : présentation des dossiers au jury par les candidats, analyse et votes pour la détermination et le classement des lauréats (prix, mentions spéciales...).

Le jury est composé du directeur général de Spie (président), du directeur des Ressources humaines, du directeur de la Communication, d'un représentant de chaque grande filiale, d'experts et d'intervenants extérieurs (Gaz de France, Air Liquide...). Les critères d'évaluation des dossiers sont au nombre de cinq :

- l'amélioration de la productivité,
- l'impact positif sur la qualité, la sécurité, l'environnement,
- l'originalité, la simplicité, l'efficacité, le coût,
- la facilité de mise en œuvre, de développement et de diffusion,
- le processus d'innovation, l'obtention de brevets ou de distinctions ;

◆ **les prix** : publication des résultats dans un "Flash" spécial diffusé à l'ensemble du personnel. Une cérémonie de remise des récompenses (trophées, prix, diplômes) par le directeur général en présence de tous les candidats est suivie d'un déjeuner au cours duquel tous les participants peuvent faire connaissance et échanger leurs expériences. La présentation des lauréats et de tous les thèmes est faite dans la brochure "Innovations", supplément à la revue interne "Rencontres" (figure 1).

■ LA RICHESSE DES RÉSULTATS

Depuis sa création, le concours Innovation de Spie a connu un intérêt et une participation soutenus. Les lauréats des trois premières années donnent un aperçu de la variété et de la richesse des dossiers présentés.

Année 1998 : quarante-cinq dossiers présentés

Prix

- Cryonest, nettoyage des armoires électriques sous tension par projection de neige carbonique (Spie Trindel et Soretel).



Photo 1
Brislam - Essai
au laboratoire
de Delft
Brislam - Testing
at the Delft
laboratory

- Alimentation des tramways par captage par le sol (SGTE).
- Balisage routier de sécurité lumineux par fibre optique alimentée par générateur (Spie Drouard).
- Resiscope, boîtier de détermination de la résistance à la compression du béton à jeune âge (Spie Batignolles TP et Spie Citra Ouest).
- Dispositif de vérinage des plates-formes de bétonnage des ponts poussés (Spie Batignolles TP et Spie Précontrainte).
- Chariots mobiles de protection du personnel travaillant sur voies ferrées (Satemo et ETF).
- Cybercatalogue, système de prises de commandes électroniques sur Intranet (Spie Batignolles).
- Micro-baladeur, micro-ordinateur utilisé en tous endroits du chantier (Spie Batignolles, Spie Tondella et Spie Citra Nord).
- Simulation informatique dans l'espace et dans le temps des installations de chantiers (Spie Tondella, Spie Batignolles et Esigec).

Mentions spéciales :

- Ban, concept de mise en œuvre (SCGPM et Lafarge).
- Carquois, pour la récupération et le transport des tubes fluo (Spie Trindel).

Année 1999 : trente-huit dossiers présentés

Prix

- Symcat, faisceau laser pour mesure informatisée de la position de la caténaire (Spie Drouard et Spie Enertrans).
- Diapason, mur de façade autoportant à perfor-

- manches acoustique et thermique (Spie Batignolles).
- Dépollution et recyclage des déblais de forage (Spie Fondations).
- ORELI, logiciel de prévision et de maîtrise des déchets de chantier (Spie Batignolles).
- GETSEM, logiciel de gestion, de maintenance et d'exploration des équipements d'un bâtiment (Spie Trindel).
- L'entreprise formatrice, démarche qualité pour et par les compagnons (Spie Citra Ouest).

Mentions Spéciales :

- Coffrage et ventilation pour travaux en taupe (SCGPM).
- Dérouleuse de poche pour câbles (Spie Trindel).
- BRISLAM, logiciel de dimensionnement des digues dynamiquement stables (Spie Batignolles) (photo 1).

Année 2000 : cinquante dossiers présentés

Prix

- Agora, plancher mixte acier-béton de grande portée (SCGPM et CM Paimboeuf).
- LIG, ligne à isolation gazeuse, prototype de réalisation de ligne électrique enterrée (Spie Capag, Cepel, EDF et ABB) (figure 2).
- Concertance, nouveau type de contrat fondé sur la création de valeur partagée avec le client (Spie Batignolles).
- REFLOW, logiciel de conception des caissons alvéolaires soumis à la houle (Spie Batignolles).
- Technique de suspension des planchers à conserver dans le cadre de réhabilitation d'immeuble (SCGPM et CM Paimboeuf).

Mentions Spéciales :

- Potence rainureuse, dispositif diminuant l'effort de maintien de l'outil et le risque d'accident (Spie Trindel).

- Université Autocad, formation simplifiée sur Intranet (Spie Batignolles TPCI).

UN OUTIL FÉDÉRATEUR DE PARTAGE DE LA VALEUR

Le concours Innovation est le point d'orgue annuel, l'élément fédérateur de la Recherche & Développement au sein de Spie.

La Recherche & Développement est répartie entre toutes les entités (entreprises régionales et filiales techniques) de Spie.

Différents types de structures permettent les contacts et la communication entre les intervenants (comités transversaux, forums thématiques, comités spécialisés...).

La veille technologique, soit par l'intermédiaire des différents services Documentation soit, directement, à l'aide des moyens modernes de communication, favorise la circulation des idées et des informations.

L'Innovation a ainsi un domaine d'application très vaste. Elle ne se réduit pas à la résolution par les ingénieurs de problèmes techniques qui peuvent avoir un fort impact à l'extérieur mais couvre également les améliorations et les astuces développées sur le terrain par les compagnons ou les monteurs, qui ont une incidence marquée sur la motivation de personnel et sur les conditions de travail de celui-ci (sécurité, respect de l'environnement...).

La Recherche & Développement, soutenue par la direction générale, est un puissant moyen de partage de la valeur avec les clients, un facteur d'amélioration de la productivité pour l'entreprise et un outil de communication et de cohésion entre les collaborateurs.

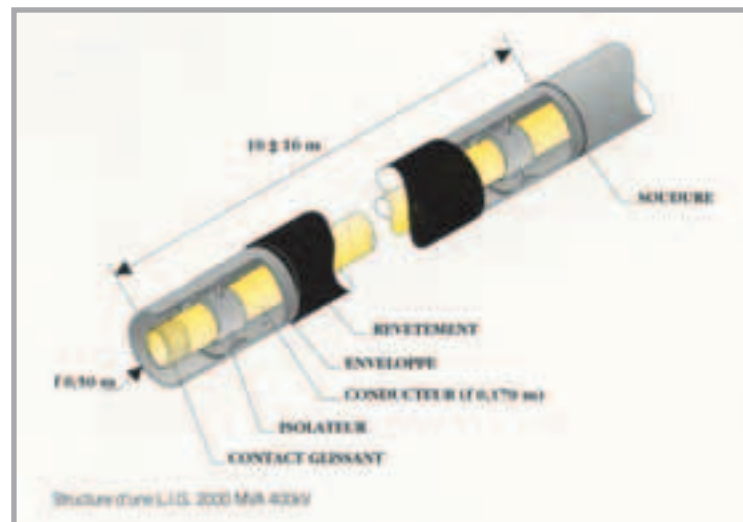


Figure 2
Structure d'une ligne à isolation gazeuse (L.I.G.) 2000 MVA 400 KV
Structure of a 2000 MVA 400 KV gaseous insulation line



Solétanche Bachy : une Recherche et Développement orientée client

L'entreprise Solétanche Bachy, spécialisée dans les technologies du sol, évolue dans un milieu très compétitif. Pour satisfaire toujours au mieux les besoins de ses clients, elle s'investit fortement dans un important effort de Recherche et Développement. De nombreux projets d'innovation, souvent menés en liaison avec des partenaires extérieurs complémentaires, témoignent de cet engagement. L'entreprise dispose ainsi de procédés et de matériaux toujours à la pointe de la technologie, et respectueux de l'environnement.

■ PRÉSENTATION

L'entreprise Solétanche Bachy est un grand acteur mondial dans le domaine des technologies du sol. Elle réalise aujourd'hui les trois quarts de son chiffre d'affaires à l'international.

Pour rester compétitive sur un marché de plus en plus concurrentiel, elle se doit de satisfaire les besoins économiques et techniques des clients. Il faut être le moins cher, et donc sans cesse accroître sa productivité. Il faut également proposer la meilleure qualité, c'est-à-dire développer un contrôle et une instrumentation de plus en plus importants et développer des techniques respectueuses de l'environnement.

A cet effet, le groupe consacre chaque année entre 2 et 2,3 % de son chiffre d'affaires à la recherche, au développement et à l'innovation ; il peut ainsi répondre aux exigences toujours croissantes de ses clients.

Ainsi, la précision des outillages de forage récemment développés a rendu possible l'exécution de voiles d'étanchéité de barrage à des profondeurs supérieures à cent mètres (figure 1 et photo 1).

La mesure des paramètres de forage ou de bétonnage lors de l'exécution de pieux garantit des performances toujours accrues.

Pour contrôler la qualité des améliorations de sol, l'entreprise a mis au point des méthodes de mesures géophysique qui, par exemple, assurent à moindre coût l'étanchéité parfaite de radiers ou de voiles étanches.

Cet effort constant d'innovation permet aussi d'apporter des réponses aux préoccupations environnementales des clients, comme des matériaux sans danger pour le milieu naturel, des procédés de confinement de sites pollués, et même une véritable barrière filtrante capable de dépolluer les eaux souterraines.

La R & D a également permis à l'entreprise de développer ses activités, et a donné naissance à de nouvelles filiales, comme Sol Data, qui offre un service d'auscultation et de surveillance perma-

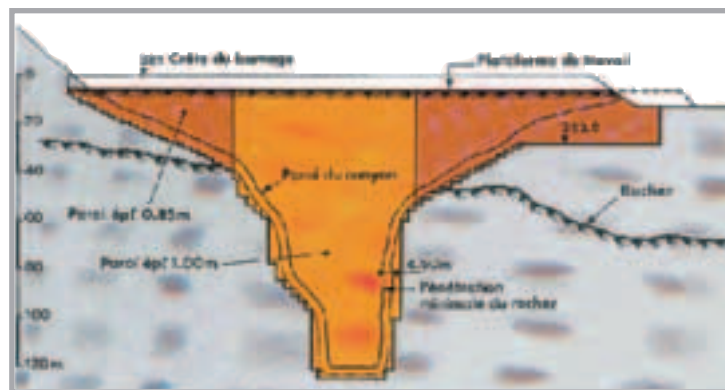
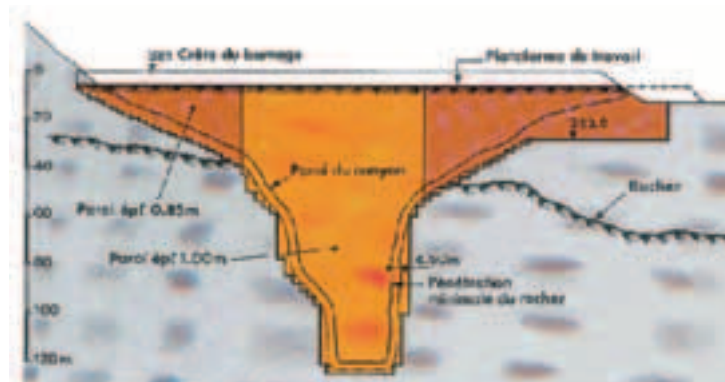


Figure 1 et photo 1
Voile étanche du barrage
de Mud Mountain (US)
réalisé à l'hydrofraise

*Grout curtain
of the Mud Mountain dam
(US) constructed
with the Hydrofraise cutter*



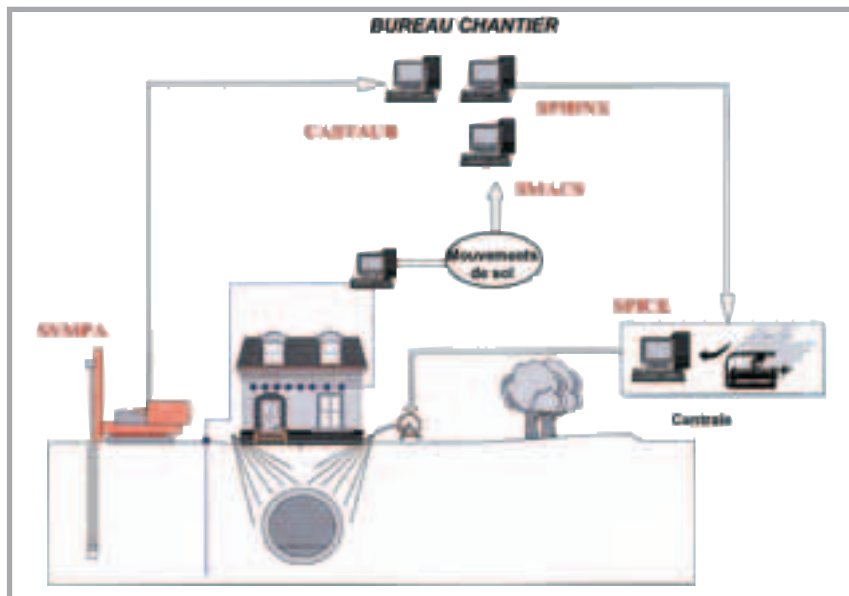
nente des mouvements du sol et des structures, ou encore Inertec, qui assure "l'inertage" des déchets et la dépollution de sites.

■ OBJECTIFS

L'objectif premier est la satisfaction des clients. La R & D du groupe doit optimiser les résultats de l'entreprise par rapport aux moyens mis en œuvre. Cela passe par un effort constant pour améliorer la sécurité sur chantiers, la qualité des ouvrages,

Figure 2
Schéma général
de la chaîne
informatique
du procédé
ContAcTS.
Prix de l'innovation
FNTF 1999

General diagram
of the ContAcTS
computer system.
FNTF (French
national public
works federation)
1999 Innovation
Award



Photos 2 et 3
Puits intégrés
pour bassins d'orages
profonds (PIBOP),
prix de l'innovation
FNTF 2001

Integrated shaft
for deep storm
basins (PIBOP), FNTF 2001
Innovation Award



© Phot'R



et la productivité. Les techniques développées dans ce but doivent être industrielles, c'est-à-dire que la R & D les accompagne jusqu'à leur mise en application sur chantier, allant même jusqu'à organiser la formation du personnel en place.

■ ORGANISATION

La R & D est une activité qui mobilise le Groupe dans son ensemble, et s'effectue également en liaison avec des partenaires extérieurs complémentaires.

Au sein de l'entreprise, l'effort d'innovation s'organise autour d'une préoccupation majeure : permettre à chacun de faire connaître ses idées et en tirer le meilleur parti.

Les ingénieurs des agences travaux peuvent ainsi s'exprimer à l'intérieur de clubs Créativité. Ces ingénieurs, non spécialisés en R & D, sont en effet en contact avec le client et peuvent facilement identifier ses besoins.

Un prix de l'innovation est également décerné chaque année à des membres de l'entreprise. Ouvert à tous, et parrainé par une personnalité scientifique (Pierre-Gilles de Gennes pour l'année 2000), ce prix récompense des projets de tous types : amélioration de techniques de chantier, de procédures administratives, etc.

Les filiales étrangères participent également activement à la R & D du groupe et plusieurs projets en cours sont développés à l'initiative des filiales d'Angleterre, d'Espagne, ou de Hong Kong et en collaboration avec elles.

Un comité stratégique se réunit alors pour analyser les informations récoltées, et définir un programme sur cinq ans.

Les problèmes que doit résoudre la R & D font appel à des domaines très divers : chimie, électronique, informatique, mécanique. Pour y répondre, nous avons constitué des équipes pluridisciplinaires qui profitent d'une formation continue de qualité. Nous faisons aussi appel à des partenaires parmi lesquels des laboratoires universitaires et écoles d'ingénieurs qui apportent les connaissances nécessaires en amont de nos programmes. Une veille technologique active permet également à l'entreprise de rester au contact des plus récents progrès. La R & D de Solétanche Bachy s'organise donc autour d'un noyau permanent assez réduit, mais c'est tout le groupe qui participe à l'effort d'innovation, comme le prévoit la charte de l'entreprise. La procédure des "Cents Projets" témoigne du grand nombre d'idées qui sont ainsi exprimées.

L'entreprise mène son activité de recherche et développement au niveau national, européen et même hors Europe.

Elle participe tout d'abord à de nombreux projets nationaux. On peut par exemple citer les projets Clouterre, Forever ou encore Criterre.

Cette activité peut également s'effectuer dans le cadre de réseaux tels que le Réseau Génie Civil et Urbain.

Ces projets peuvent aussi s'inscrire dans le cadre des procédures financées par le ministère de l'Education Nationale de la Recherche, et de la Technologie, le ministère de l'Equipement ou le ministère de l'Industrie pour les activités industrielles du groupe. Ils sont alors pilotés par l'entreprise qui travaille en collaboration avec des universités ou des laboratoires de recherche. Ces procédures constituent une validation technique du projet présenté par Solétanche Bachy et permettent également de réduire les risques inhérents à tout projet de R & D. Le groupe participe également à des projets internationaux au sein de réseaux européens.

Dans le cadre du cinquième PCRD (Programme cadre de recherche et de développement), la Commission européenne propose régulièrement des thèmes de recherche et de développement. Des partenaires européens venant d'horizons différents (universités, centres de recherche, entreprises) s'associent alors autour d'un projet répondant à ce thème, et pourront bénéficier d'aides financières si celui-ci est retenu.

Cette procédure a abouti à des projets comme Cosmos (suppression des tassements engendrés lors des creusements souterrains, et donc des dégradations liées à ces tassements, particulièrement en milieu urbain), Navijet (jet grouting avec contrôle de la trajectoire du forage, optimisation de l'énergie nécessaire à la réalisation d'une colonne, mesure en temps réel du diamètre des colonnes et de la continuité de colonnes adjacentes), Valomat (valorisation par le génie civil des mâchefers d'incinération des ordures ménagères), ou encore Ecomat (parois au coulis pour confinement de sites pollués).

■ RÉSULTATS

Les résultats obtenus sont à la hauteur des moyens investis. L'effort de Solétanche Bachy pour satisfaire toujours plus ses clients, a été récompensé par neuf des prix de l'innovation décernés par la FNTF sur les 14 dernières sessions. On peut par exemple mentionner le prix décerné en 1999 pour le procédé ContAcTs de contrôle des tassements pendant le creusement des tunnels (figure 2). Les matériaux développés bénéficient d'améliorations constantes.

Les caractéristiques des coulis et des bétons, comme leur durabilité, sont sans cesse accrues à coût égal.

Le domaine de la protection de l'environnement est en plein essor, tant sur le plan préventif, avec des produits non polluants ou des bassins d'orage profonds (photos 2 et 3), que sur le plan curatif, avec par exemple la nouvelle barrière filtrante utilisée

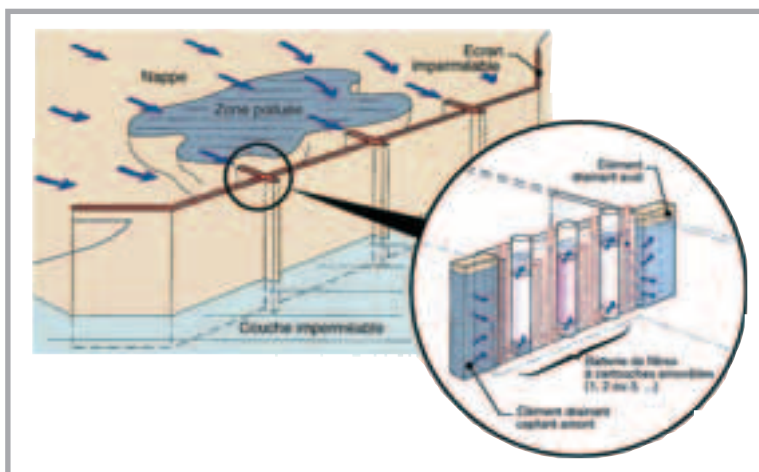


Figure 3
Procédé
panneau-drain,
prix innovation
FNTF 1997

*Panel-drain process,
FNTF 1997
Innovation Award*

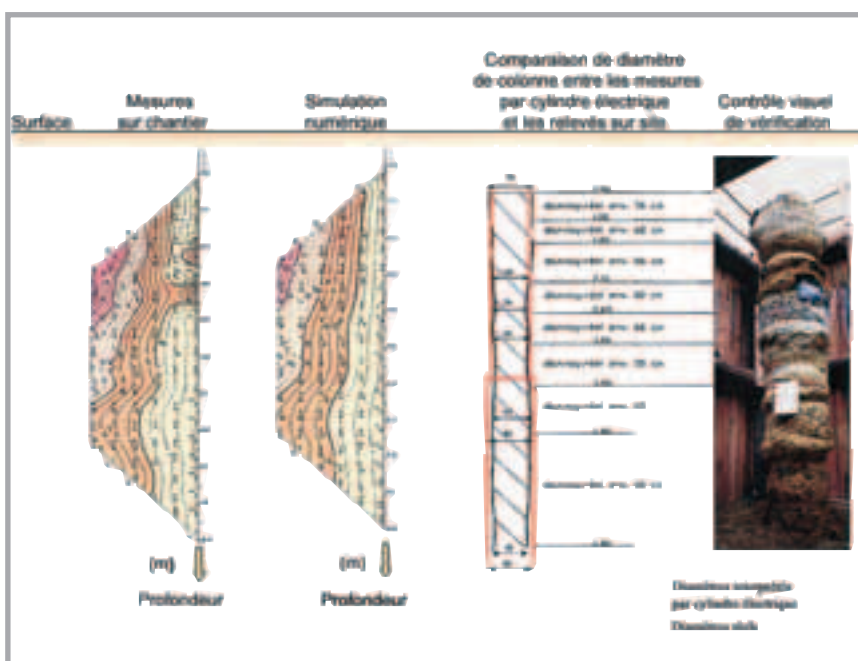


Figure 4
Détermination
du diamètre
d'une colonne
de jet
par la méthode
du cylindre
électrique

*Determination
of flow column
diameter using
the electrical
cylinder method*

pour dépolluer les eaux souterraines (figure 3).

Les procédés que nous mettons en œuvre sont eux aussi à la pointe de la technologie.

Le procédé Colmix permet de consolider rapidement et à coût moindre des terrains meubles avec le minimum de perturbation des conditions de sol existantes. Il consiste en une déstructuration fine du terrain à l'aide d'une tarière double, suivie de l'incorporation intime d'un liant adapté et d'un recompactage du mélange réalisé.

De récents progrès ont également été effectués dans la technique du jet grouting. Le projet Navijet inaugure le jet directionnel : on connaît désormais mieux la position du forage, et l'on peut même le diriger. De plus, l'énergie utilisée pour un diamètre de colonne donné est optimisée et l'on peut contrôler en temps réel la continuité de deux colonnes adjacentes. La méthode du cylindre électrique, développée avec le soutien de la FNTF, profite du fort contraste de résistivité entre le coulis de ciment et le sol pour déterminer le diamètre des colonnes de jet avec la précision inégalée de 10 % (figure 4).

La famille des machines hydrofraises, qui a révolutionné la conception de la paroi moulée il y a quinze ans, continue ses développements, de même que la technique des pieux. La tarière creuse Starsol développée il y a une dizaine d'années a constitué une telle avancée, qu'elle a conduit à la modification des normes nationales, et donc à une élévation générale du niveau de la profession. Une des grandes forces de la R & D du groupe est d'avoir su très tôt développer des techniques de mesures et d'aide aux opérateurs. En effet, ceux-ci ne voient pas directement le résultat de leur travail et ne pouvaient, il y a encore peu de temps, que s'appuyer sur un certain savoir-faire. Il a donc fallu adapter de nombreux capteurs (inclinomètres, capteurs de pression, gyroscope, etc.) aux conditions de travail de nos machines, et développer les systèmes nécessaires pour remonter cette information, la traiter, et la mettre à disposition de l'opérateur. De nombreuses opérations ont également été automatisées lorsque cela permettait un gain de temps ou de précision.

Les hydrofraises, par exemple, sont aujourd'hui capables de travailler à plus de cent mètres avec des déviations de quelques dizaines de centimètres, c'est-à-dire de l'ordre du millième seulement.

Les innovations mises au point au sein du groupe donnent lieu à de nombreux brevets. Ceux-ci ont tout d'abord pour but de protéger la propriété industrielle de l'entreprise et de tirer profit de ces innovations sans être contrefait par des concurrents. Ils ont aussi parfois un aspect offensif : en concédant des licences à diverses entreprises, notamment au Japon où il est très difficile pour un entrepreneur occidental de s'implanter, Solétanche Bachy développe des partenariats profitables (photo 4).

L'innovation dont a toujours fait preuve l'entreprise l'a hissée au premier rang mondial dans son domaine. Ceci n'a été possible qu'en satisfaisant au mieux les exigences des clients en termes de qualité, de respect de l'environnement, et de compétitivité des prix. Ces engagements, Solétanche Bachy les renouvelle aujourd'hui et se donne les moyens de les tenir par des actions qui l'engagent sur plusieurs années. L'entreprise tient également à remercier tous les partenaires extérieurs qui ont collaboré à cette réussite et en particulier les ministères de l'Éducation et de la Recherche, de l'Équipement, et de l'Industrie, ainsi que la Commission européenne.



Photo 4
Hydrofraise
japonaise

Japanese
Hydrofraise
cutter

ABSTRACT

Solétanche Bachy,
client-oriented Research
and Development

D. Gouvenot

The French company Solétanche Bachy, specialising in soil technologies, is active in a very competitive area. To constantly meet the requirements of its clients, it has invested significantly in major Research and Development efforts. Many innovative projects, often conducted jointly with external partners, attest to this commitment. The company has processes and materials which are constantly on the leading edge of technology and comply with the environment.

RESUMEN ESPAÑOL

Solétanche Bachy, una
Investigación y Desarrollo
orientada hacia el cliente

D. Gouvenot

La empresa constructora Solétanche Bachy, especializada en las tecnologías del suelo, evoluciona en un medio sumamente competitivo. Para siempre dar entera satisfacción a las necesidades de sus clientes, esta empresa lleva a cabo un importante esfuerzo de Investigación y Desarrollo (I + D). Esta intención se demuestra en la práctica por sus numerosos proyectos de innovación, frecuentemente ejecutados conjuntamente con otras empresas copartícipes exteriores y complementarias. La empresa dispone, por consiguiente, de procedimientos y materiales siempre en cabeza de la tecnología y siempre respetuosos del medio ambiente.

Recherche et innovation chez Bouygues Travaux Publics

La recherche de Bouygues TP a été orientée, ces dernières années, dans quatre directions : les ponts, les structures et plus précisément l'amortissement des structures, les tunnels et le béton.

Dans le domaine des ponts, le développement des structures treillis s'est poursuivi avec l'utilisation de treillis incorporant des diagonales en acier. Les recherches menées sur les structures ont permis d'augmenter fortement l'amortissement structurel des ouvrages souples tels que les ponts de grande portée.

Le résultat des recherches menées sur les tunnels permet d'assurer aujourd'hui la maîtrise des travaux réalisés avec des tunneliers.

Enfin, les recherches sur les bétons de poudres réactives ont débouché sur la mise sur le marché d'un matériau prometteur, le Ductal®.

Depuis plus de trente ans, Bouygues investit régulièrement dans la recherche afin d'être toujours au premier rang des entreprises innovantes. C'est pour cela que Bouygues a pris une part active aux programmes de recherche européens en participant à de nombreux projets (le budget de ces seules recherches approche les 30 millions d'euros). Bouygues est également présent dans plusieurs Projets nationaux et bien entendu, Bouygues mène également de nombreuses recherches en interne dans l'entreprise.

Quatre domaines de recherche ont été particulièrement privilégiés :

- ◆ les ponts ;
- ◆ les structures (et plus particulièrement l'amortissement des structures) ;
- ◆ les tunnels ;
- ◆ le matériau béton.

■ LES PONTS

Dans le domaine des ponts, Bouygues Travaux Publics a développé depuis vingt ans l'utilisation de structures en béton précontraint à voussoirs préfabriqués utilisant des treillis pour la transmission de l'effort tranchant.

Pour permettre l'augmentation de la capacité de ces treillis tout en simplifiant la conception de la structure, des diagonales en acier ont été substituées aux diagonales en béton sur les deux derniers grands ouvrages construits (viaducs du Boulonnais et pont du Bras de la Plaine). Il a été nécessaire, pour cela, de développer des systèmes d'assemblage spécifiques, qui d'une part résistent à toutes les sollicitations et d'autre part ont une pérennité équivalente à celle du béton précontraint. Enfin, l'utilisation de précontrainte dans les diago-

nales tendues, telle qu'on l'a envisagée pour la construction du pont du Bras de la Plaine à la Réunion (figure 1) améliore encore la conception pour l'ensemble des objectifs poursuivis :

- ◆ augmentation de la capacité de résistance ;
- ◆ diminution considérable des tractions sous charge et donc des risques de fatigue des assemblages ;
- ◆ compression quasi permanente des jonctions métal-béton rendant les zones de contact étanche ;
- ◆ simplification des formes : deux plans de diagonales au lieu de quatre pour les ouvrages construits précédemment.

■ L'AMORTISSEMENT DES STRUCTURES

Bouygues participe depuis quatre ans au programme de recherche européen ACE (Active Control in civil Engineering). Ce programme a pour objet l'étude de solutions permettant l'amortissement des structures par vérins pilotés.

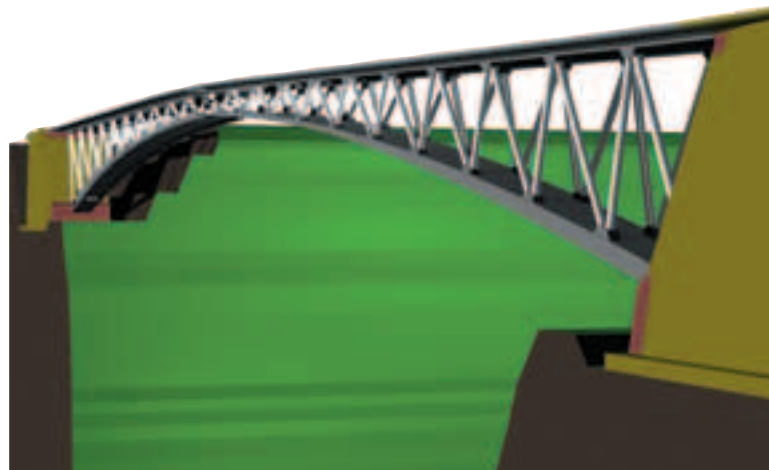


Figure 1
Viaduc du Bras de la Plaine à la Réunion
Bras de la Plaine viaduct on Réunion Island

Bernard Raspaud

DIRECTEUR TECHNIQUE
Bouygues TP



Pierre Aristaghes

DIRECTEUR ETUDES
ET DÉVELOPPEMENT
Bouygues TP



Marcel Cheyrezy

DIRECTEUR
SCIENTIFIQUE
Bouygues TP



Gilles Causse

DIRECTEUR DES ETUDES
TECHNIQUES
Bouygues TP



Claude Dumoulin

DIRECTEUR
INFORMATIQUE
Bouygues TP



Photo 1
Vérin piloté
Piloted valve



boratoire était inapplicable. Un "actionneur" hydraulique, technologie classique dans le domaine des structures haubanées de génie civil, a été mis au point.

Pour valider l'application de cette technique à des structures de génie civil, une maquette de très grande dimension, 30 m de long (photo 2), a été construite et testée, en utilisant des composants industriels. L'application de ces techniques à des structures réelles ne pose plus de problème et peut être réalisée en employant la même technologie. De plus, partant des résultats théoriques et expérimentaux, des règles simples ont été énoncées permettant de définir le champ d'application technique et économique du contrôle actif.

Toujours dans le domaine des structures, Bouygues a également participé au programme de recherche européen REEDS (Reduce Earthquake Damage in Structures), qui avait pour objet l'étude de nouveaux types d'appui à dissipation d'énergie, pour la protection sismique des structures.

■ LES TUNNELS

Dans le domaine des tunnels, Bouygues TP mène depuis plus de 15 ans une politique volontariste de développement permanent dans le domaine des travaux au tunnelier, fondée sur :

- ◆ la capitalisation d'expériences, en s'appuyant sur le travail fait dans l'entreprise ;
- ◆ l'ouverture sur l'extérieur, notamment grâce à des programmes de recherche en partenariat (contrats Drast, Projets nationaux ou européens).

Ceci a permis le développement de nombreuses innovations notamment dans le domaine de la navigation et de l'assistance à la conduite des tunneliers.

Dans le domaine de la navigation tout d'abord, pour lequel Bouygues a développé le système PYXIS, qui n'a cessé de s'enrichir de nouvelles options depuis une dizaine d'années. Les derniers développements ont permis de donner, en temps réel, aux pilotes des machines, une vision de la géométrie du tracé du tunnel, au-delà du front d'excavation, ainsi que des informations sur l'environnement du tube (géologie, ouvrages souterrain et de surface, sondages...). Par ailleurs, PYXIS s'est récemment vu doter d'un système particulièrement innovant, consistant à assigner à la machine une trajectoire tendant à placer le revêtement du tunnel sur l'axe théorique, et non plus sur le front d'excavation. Le processus consiste à tenir compte du comportement effectif de la machine dans l'excavation, de ses tendances, ainsi que de la trajectoire effective du revêtement. Dans le domaine de l'assistance à la conduite de la machine, Bouygues a créé le concept CATSBY. Ce système unique de traitement en temps réel permet d'abord de fabriquer des "capteurs virtuels" (indice de résistance du terrain, densité dans la



Aujourd'hui, les portées des ponts sont de plus en plus importantes, et les ponts sont de plus en plus souples. Les vibrations induites par le vent ou la circulation ne peuvent plus être négligées ou traitées *a posteriori* par des systèmes simples. La recherche menée dans le cadre de ce projet permet de concevoir des systèmes dans lesquels l'amortissement de la structure devient très important. Elle est basée sur une stratégie d'amortissement par vérin piloté, dit amortisseur actif. Elle s'applique aux structures supportées par des câbles : ponts suspendus, ponts à haubans, toitures ou mâts haubanés. On peut rappeler que la plupart des industries mécaniques ont déjà adopté cette stratégie : dans l'aéronautique, l'automobile, le matériel ferroviaire...

Contrairement à la plupart des amortisseurs passifs utilisés, un amortisseur actif permet d'augmenter fortement l'amortissement structurel d'un ouvrage complet, et donc d'atténuer les oscillations des câbles et de la structure. Il permet d'accroître l'amortissement équivalent de structures, qui – malheureusement pour les ingénieurs – ne présentent qu'un faible amortissement structurel naturel. Plus précisément, le taux d'amortissement visqueux des structures est souvent inférieur à 1 % en l'absence d'amortisseurs. Ceci est notoirement insuffisant pour les grands ponts du futur. La technique proposée permet d'obtenir un amortissement de 10 % voire plus.

La stratégie de contrôle retenue, consiste à équiper certains câbles d'ancrages actifs comprenant un "actionneur" – un vérin piloté – (photo 1) et d'un capteur de force, montés au même endroit. Le principe de base consiste à déplacer l'ancrage en fonction de la tension mesurée à ce même ancrage. L'objectif de la recherche a été de porter cette technologie – développée en laboratoire – à un niveau industriel, et de valider la possibilité de la mettre en œuvre dans des structures complexes de génie civil. Un des problèmes concernait "l'actionneur", car il était évident que la technologie utilisée en la-

Photo 2
Maquette de 30 m
de longueur
30-m long mock-up



chambre...), et des indicateurs (colmatages, irrégularité du confinement). Il permet également, par traitement statistique continu, de ramener l'ensemble des signaux (soit une centaine de paramètres par seconde) à une base de données qui synthétise l'interaction sol-machine.

Initié par des recherches menées sur des chantiers en France, le concept a été utilisé pour la première fois sur le métro de Sydney, et la dernière version est en préparation pour le tunnelier de Groene Hart aux Pays-Bas ; cette version comportera une liaison avec un Système d'informations géotechniques.

Enfin, Bouygues a participé activement au programme de recherche européen STBM (Smart Tunnel Boring Machine) qui avait comme objectif l'amélioration des techniques européennes dans le domaine des tunneliers.

■ LE MATÉRIAU BÉTON

Dans les années 1980, la direction Scientifique de Bouygues a permis à l'entreprise d'occuper une place de leader dans le développement des Bétons à Hautes Performances en France.

Au début des années 1990, de nouveaux efforts de recherche ont été engagés pour la mise au point d'une nouvelle génération de bétons appelés BPR (Bétons de poudres réactives). Des avancées supplémentaires ont été obtenues grâce à une coopération avec Lafarge et Rhodia, donnant lieu à une nouvelle gamme de matériaux de construction à ultra hautes performances, baptisée Ductal®.

Les recherches conduites par les laboratoires des trois entreprises ont été confortées par une aide accordée par le ministère de la Recherche et de la Technologie dans le cadre du programme REACTIF. On peut citer également les programmes de recherche européens concernant le béton, dans lesquels Bouygues a une part très active :

- ◆ Performance Tailoring of Structural Concrete ;
- ◆ Ministruct (MINImal STRUCTures using ultra high strength concrete) ;
- ◆ Hiteco (High TEMperature COncrete) ;
- ◆ Unicorn (Understanding and Improvement of Ultra High Performance Cementitious Materials Resistance to Water Aggression) ;
- ◆ Darts (Durable And Reliable Tunnel Structures).

Dans le domaine du béton, Bouygues est également présent dans plusieurs Projets nationaux et travaille activement au développement de bétons à rhéologie particulière, sur des concepts qui recouvrent en l'élargissant, la notion de béton auto-plaçant (BAP).

ABSTRACT

Research and innovation at Bouygues Travaux Publics

B. Raspaud, P. Aristaghes, G. Causse, M. Cheyrezy, Cl. Dumoulin

Research at Bouygues TP has been oriented along four lines in recent years : bridges, structures and more precisely the damping of structures, tunnels and concrete.

In the bridge area, the development of lattice structures is being pursued with the use of lattices incorporating steel diagonals. Research conducted on structures has made it possible to significantly improve the structural damping of flexible structures, such as long-span bridges.

The result of research conducted on tunnels has enabled mastery of the works carried out with tunnel boring machines. Finally, research on reactive powder concrete has led to the marketing of a promising material, the Ductal®.

RESUMEN ESPAÑOL

Investigación e innovación en Bouygues Travaux Publics

B. Raspaud, P. Aristaghes, G. Causse, M. Cheyrezy y Cl. Dumoulin

La investigación de Bouygues Travaux Publics ha estado orientada, durante estos últimos años, hacia cuatro direcciones : puentes, estructuras, y con mayor énfasis la amortiguación de las estructuras, los túneles y el hormigón. En el aspecto de los puentes, el desarrollo de las estructuras en celosía se ha proseguido con la utilización de celosías en que se incorporan diagonales de acero.

Las investigaciones llevadas a cabo acerca de las estructuras han permitido aumentar en grado sumo la amortiguación de las estructuras de las construcciones flexibles, como ocurre con los puentes de grandes luces.

El resultado de las investigaciones para la construcción de túneles permite llevar a cabo en la actualidad la dirección de las obras que se ejecutan por medio de tuneleros.

Finalmente, las investigaciones acerca de los hormigones de polvos reactivos han tenido como resultado la utilización de un material prometedor : el Ductal®.

La Recherche et Développement,

Colas a fait de l'innovation le fer de lance de son développement. Une politique qui requiert une R & D de plus en plus efficace. Aussi le groupe vient-il de rassembler les équipes scientifiques et techniques de plusieurs de ses sociétés dans un immense campus, doté de laboratoires ultra-modernes.

Colas est né d'une invention : celle Cold Asphalt, la première émulsion de bitume pour revêtements routiers, qui, en 1929, donna son nom à la société. 70 ans plus tard, l'innovation est restée le moteur de la stratégie du groupe. Plus que jamais, elle représente même un facteur clé de développement et de différenciation face à la concurrence : en moyenne, Colas met un nouveau produit sur le marché chaque année et consacre pour cela 1 % de son chiffre d'affaires à la recherche et au développement.

Salle
des orniéurs
complète
*Complete rutting
research facility*



Ses programmes de R & D s'articulent autour de trois axes majeurs. Tout d'abord, développer des matériaux routiers aux performances sans cesse accrues : plus faciles à poser, plus fiables, plus sûrs et plus confortables pour les usagers ou encore adaptés à des applications spécifiques. Pour les circuits de Formules 1, le groupe a par exemple lancé, en 2000, un revêtement conjuguant un très haut pouvoir drainant et une résistance exceptionnelle aux contraintes de cisaillement les plus sévères. Pour les aéroports et l'industrie, il a également conçu la première gamme complète au monde d'enrobés bitumineux ne se dissolvant pas sous l'effet du kérosène.

Second objectif des chercheurs du groupe : créer des produits offrant de nouvelles fonctionnalités. C'est par exemple le cas avec les revêtements routiers blancs à chaud et à froid, qui permettent de réduire l'éclairage dans les tunnels et, donc, d'économiser de l'électricité. En les répandant à température ordinaire, on diminue les risques et les contraintes de chaleur dans le tunnel.

La préservation de l'environnement constitue le troisième grand thème de recherche du groupe. Déjà à l'origine de plusieurs revêtements silencieux, tel le Colsoft qui réduit de 70 % les bruits de roule-

ment des véhicules, Colas poursuit plusieurs projets pour diminuer encore cette nuisance. De même, ses chercheurs ont mis au point des produits de substitution pour supprimer des matériaux routiers tous les composants dangereux pour la santé, allant ainsi bien au-delà des exigences de la réglementation. Le goudron et ses dérivés toxiques en sont par exemple déjà exclus depuis 1992. Toujours au chapitre environnement, Colas s'efforce aussi d'intégrer des matériaux recyclés dans ses produits, le tout sans altérer leurs propriétés ni renchérir leur coût. Ainsi, l'enrobé Colsoft contient du caoutchouc provenant de pneus usagers. Par ailleurs, le groupe développe des membranes bitumineuses pour protéger les sols et les nappes phréatiques des infiltrations. En 2001, il lancera ainsi une nouvelle géomembrane, qui, non seulement, détient le record du monde de largeur (5,30 m) mais, surtout, résiste à tous les types d'agressions chimiques (huiles, composés acides, etc.) et se révèle donc particulièrement efficace dans des milieux tels que les centres de stockage de déchets.

Point commun de toutes ces recherches : leur difficulté croissante. A mesure que les matériaux s'améliorent, il devient en effet de plus en plus difficile d'optimiser encore leurs performances dans des conditions économiques acceptables. Les projets consacrés aux revêtements acoustiques en offrent un exemple typique. Aujourd'hui, les connaissances scientifiques sur le sujet arrivent à une sorte de butoir. Pour progresser, il faut donc mener des programmes de recherche fondamentale. C'est pourquoi Colas travaille avec le département de physique de l'Ecole Polytechnique. Mais le développement de produits plus silencieux exige aussi de nombreuses expérimentations et, donc, des moyens d'essais adaptés. La tendance n'est cependant pas spécifique aux recherches sur le bruit... De manière générale, l'innovation requiert une R & D de plus en plus efficace.

C'est justement pourquoi le groupe a rassemblé les équipes scientifiques et techniques de ses sociétés routières dans un énorme campus situé à Magny-les-Hameaux (en banlieue parisienne). Le pôle central de R & D de Colas se trouvait déjà sur place depuis 1995. Les équipes de recherche et développement de Sacer et SCREG l'y ont rejoint en octobre dernier et celles de SMAC et Somaro s'y installeront en mai. Ce regroupement n'a pas pour objectif de fusionner les activités de recherche des différentes sociétés. Chacune a son identité et sa propre philosophie en matière de R & D : Colas qui produit des émulsions de bitume consacre

moteur de Colas

par exemple une bonne part de ses projets à ce type de produits, alors que SCREG a une tradition plus établie dans les mélanges granulaires. A Magny-les-Hameaux, chaque équipe scientifique et technique conserve donc ses spécificités et continue à travailler essentiellement pour sa société. Chacune possède aussi ses propres laboratoires de conception de matériaux. Les marques du groupe sont en effet concurrentes. Leur R & D doit donc demeurer un facteur de différenciation de leurs produits, ce qui suppose de préserver la confidentialité de leurs formules. En revanche, les laboratoires de caractérisation des matériaux, où les tests réalisés ne risquent pas de dévoiler le secret de leur composition, sont communs à toutes les équipes. L'intérêt est évident : en mutualisant ainsi une partie de leurs moyens, les sociétés du groupe gagnent en productivité.

De ce fait, chacune dispose en effet sur place de tous les outils nécessaires à ses développements : simulateur de trafic pour observer comment se forment des ornières sur un matériau de chaussée, machines pour analyser le comportement des granulats face aux sollicitations du trafic routier ou pour mesurer les performances des bitumes modifiés, banc d'essai reproduisant l'équivalent de millions de passages d'un essieu de poids-lourd afin d'évaluer la résistance des produits à la fatigue mécanique... Sans compter que le site possède une piste d'une centaine de mètres de long, qui servira pour tester les qualités acoustiques de nouveaux matériaux. Avantage : même si, in fine, il reste indispensable de valider les produits sur des chantiers expérimentaux, ces équipements de simulation permettent d'étudier plus vite et plus aisément davantage de solutions. Parce que les équipes de recherche et développement se les partagent, ils seront en outre mieux rentabilisés, ce qui facilitera d'autant les investissements futurs. A l'avenir, il est ainsi prévu d'automatiser le pilotage des machines des laboratoires de caractérisation, qui, de ce fait, pourront fonctionner 24 heures sur 24, 7 jours sur 7. Une évolution qui, là encore, contribuera à la performance de la R & D de Colas. Mais l'intérêt du campus de Magny-les-Hameaux ne s'arrête pas là. Ce regroupement devrait aussi faciliter les échanges entre les chercheurs des sociétés du groupe, aussi bien sur les connaissances scientifiques et technologiques intéressant leur domaine d'activité que sur les nouveaux produits sortant sur le marché. Un brassage culturel qui ne peut que nourrir les recherches des uns et des autres... et, là encore, favoriser l'innovation.



**Salle de fatigue
complète**
*Complete fatigue
testing facility*



**Banc
de répandage
de Trappes**
*Application bench
at Trappes*

UNE RECHERCHE INTERNATIONALE

Outre le campus de Magny-les-Hameaux, qui ne compte pas moins de 6 hectares de bâtiments et réunit 75 personnes, Colas compte un centre de R & D annexe à Trappes (également en région parisienne), comportant notamment deux groupes de fabrication d'émulsion et un banc d'essai destiné à tester le répandage des produits routiers. Afin de profiter des compétences en R & D des pays où il est implanté, le groupe s'est également doté de pôles scientifiques et techniques décentralisés, dont l'un en Irlande et l'autre en Afrique du Sud, qui, tous deux, mènent des recherches sur les émulsifiants. Pour faciliter les échanges entre ses équipes de R & D françaises et étrangères, Colas se dote de moyens de visioconférence.



Le campus de Magny-les-Hameaux
The Magny-les-Hameaux campus

Des solutions pour la route

La recherche et le développement

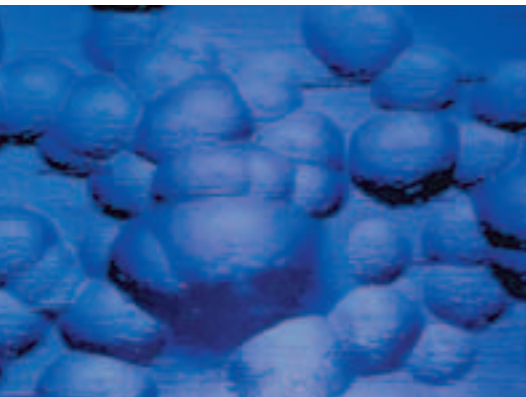


Photo 1
Observation de la coalescence d'un film d'émulsion au microscope à force atomique

Observation of emulsion film coalescence with the atomic force microscope

REPÈRES

Le groupe Appia, filiale d'Eiffage qui est une des premières entreprises du secteur routier français, emploie 11 700 personnes et réalise un chiffre d'affaires de plus de 10 milliards de francs. Appia dispose d'une couverture nationale avec 11 directions régionales, trois directions de spécialités et 150 filiales. La production industrielle est faite à travers un important réseau d'unités industrielles : 136 postes d'enrobage, 26 usines de liants, 60 carrières. En Europe, Appia est présente en Allemagne, en Espagne, au Portugal et au Benelux.

Les grandes entreprises routières françaises ont une forte tradition d'innovation, largement reconnue au niveau international.

Cette "spécificité française" s'est affirmée et renforcée au cours des dernières décennies, grâce, en particulier, à la politique mise en place ou encouragée par la Direction des Routes et ses services. Mais elle résulte surtout du fait qu'à l'origine, les principales sociétés routières se sont développées à partir d'idées nouvelles, répondant aux besoins de construction et d'entretien des années 1930. La réalisation des renforcements coordonnés et la construction du réseau autoroutier ont ensuite favorisé l'industrialisation de la fabrication et de la mise en œuvre et l'émergence d'une demande beaucoup plus qualitative.

Le groupe Appia s'est constitué à partir des sociétés SCR, Beugnet et Gerland (cf. encadré "Repères"), qui avaient une forte tradition de développement des produits et de matériel, a largement accompagné et anticipé ces évolutions. Aujourd'hui, Appia qui, en plus de la réalisation des travaux, est un important producteur de liants hydrocarbonés, d'enrobés et de granulats, offre une gamme complète de produits et procédés. Pour renouveler son offre et satisfaire les nouveaux besoins, Appia maintient un important effort de recherche et développement.

■ BESOINS DE RECHERCHE

Les besoins sont évidemment ceux des clients et à travers eux de l'utilisateur. Ils proviennent également de la demande interne de l'entreprise, pour faciliter la mise en œuvre, améliorer la productivité. A titre d'exemple, le développement d'Emulpropre, couche d'accrochage, qui doit coller au support et surtout pas aux pneumatiques des camions d'approvisionnement, s'est fait dans un souci d'économie, pour limiter l'emploi des finisseurs à rampe intégrée, dont le coût d'investissement et de maintenance est élevé.

Les programmes de R & D sont établis à partir du recueil des besoins : écoute des clients à travers des rencontres et des réunions techniques, colloques, veille technologique, sollicitation des services techniques régionaux au contact du terrain, concours innovation au sein de l'entreprise.

La demande a fortement évolué depuis les exigences de performance, jusqu'à la prise en compte des contraintes environnementales (recyclage, bruit...). Dans tous les domaines qui doivent satisfaire le

client et l'utilisateur, Appia offre des solutions. Après une période où les notions de performance des matériaux, de confort et de sécurité étaient prises en compte, émerge maintenant une forte demande dans le domaine environnemental et celui de la santé.

Les solutions d'Appia peuvent être consultées sur le site : www.appia.fr

■ ORGANISATION - MOYENS

Appia possède d'importants moyens au niveau des services centraux et à travers le réseau de ses services techniques régionaux, relais sur le terrain. Le groupe dispose des laboratoires hérités des trois sociétés SCR, Beugnet et Gerland, un nouveau laboratoire étant en construction sur le site de Corbas (Rhône) pour rassembler les moyens de la région lyonnaise.

Ce nouveau pôle sera doté de tous les moyens classiques de formulation des enrobés, des liants hydrocarbonés et d'analyse des différents constituants. Dans le domaine des émulsions, Appia modernise ses unités pilotes de fabrication des émulsions, banc d'essai des nouveaux produits. Le laboratoire dispose également de moyens d'analyse des bitumes (Iatroskan) et de leurs performances mécaniques (MetraVib). Il est également équipé pour l'étude mécanique des enrobés (MAER et presse MTS).

Le laboratoire de Mont-Saint-Eloi se spécialise dans le recyclage des matériaux, les matériaux traités aux liants hydrauliques et la valorisation des sous-produits.

Le cadre institutionnel : les chartes de l'innovation routière

La charte de l'Innovation routière est une procédure, créée par la Direction des Routes, gérée par le Setra, qui favorise l'innovation de produits, procédés, matériels, dans un cadre contractuel en permettant aux entreprises des expérimentations sur chantier. Le financement des expérimentations, leur suivi, le partage des risques sont définis par la charte. Appia gère actuellement plus de dix chartes Innovation.

Partenariat

Du fait de son actionnariat, Appia a des liens privilégiés et anciens avec Total et BP, ce qui permet

chez Appia

des échanges fructueux dans le cadre du développement de bitumes spécifiques et l'accès à d'importants moyens de recherche...

Appia travaille de façon spécifique avec le CERT Total sur l'évaluation des performances des liants modifiés et depuis quelques années sur les conditions d'enrobage à froid des matériaux, ce qui a conduit à plusieurs publications récentes et à une première : l'observation de la coalescence d'une émulsion de bitume par microscopie à force atomique (photo 1).

Les partenariats habituels d'Appia sont : les pétroliers et leurs laboratoires, les laboratoires et services de l'administration (LCPC, Setra, LRPC...), les écoles et universités.

■ QUELQUES EXEMPLES DE RECHERCHES EN COURS

Les sujets concernant les applications du bitume restent les plus nombreux mais un effort important est fait dans le domaine de l'environnement et de la valorisation des matériaux.

Les difficultés à venir pour ouvrir de nouvelles carrières, l'interdiction de mise en décharge conduiront à valoriser des matériaux aujourd'hui considérés comme des rebuts.

Liants hydrocarbonés anhydres

Bitumes modifiés : mise au point de nouveaux procédés de fabrication avec prise en compte des contraintes environnementales.

Bioflux/Bioflex : brevets Appia pour l'utilisation de monoester d'huile végétale en remplacement des solvants classiques (photo 2).

Emulsions de bitume

Les émulsions sont des liants "froids", ce qui présente de nombreux avantages économiques et écologiques. Les travaux de recherche sont très importants et nécessitent de constants allers-retours entre les laboratoires et l'expérimentation sur le terrain.

Des progrès significatifs ont été obtenus dans le domaine des enrobés coulés à froid (ECF) et surtout dans le développement d'un nouveau béton bitumineux à froid (BBF) pour couche de roulement (photo 3).



Photo 2
Réalisation
d'un enduit
avec Bioflux

*Preparing a coating
with Bioflux*



Photo 3
Actichape :
nouveau béton
bitumineux à froid

*Actichape:
a new cold-mix
bituminous concrete*

Enrobés à chaud

Les études portent sur la résistance à l'orniérage, les enrobés acoustiques, les enrobés avec fibres, Lumichape qui améliore le confort nocturne...

Appia développe également des produits à base de ciment et de liants hydrauliques pour de nombreuses applications : retraitement de chaussées, bétons auto-compactant...

■ CONCLUSIONS

Le contexte français, avec un environnement motivant, a favorisé l'innovation. Nos clients utilisent des normes performancielles, demandent des garanties de résultats sur leurs ouvrages, autant d'exigences qui demandent des entreprises à la technicité reconnue, qu'elles s'engagent.

Appia offre, depuis des décennies, un catalogue de solutions techniques, produits et procédés et dispose des moyens techniques et de recherche pour innover et satisfaire les demandes actuelles et futures.

L'innovation vue par



Photo 1
Le béton bitumineux phonique
Viaphone

Viaphone acoustic asphalt

■ INNOVER POURQUOI ?

L'innovation n'est pas un but en soi. C'est une nécessité. Elle doit constituer une réponse à une attente de l'utilisateur final. Aussi faut-il identifier cet utilisateur final ainsi que cette attente (ou ce besoin) afin de proposer une innovation adaptée. La course à l'innovation tend souvent à considérer la nouveauté comme une finalité alors que celle-ci ne doit être que le fruit de l'innovation. La nouveauté se propose de remplacer un produit par la mise sur le marché d'un autre. Il va alors soit le concurrencer directement soit le remplacer. Cela relève plutôt d'une stratégie marketing ou commerciale.

L'innovation a pour objectif la création d'un produit ou d'une technique, ou bien l'amélioration des performances de ce même produit par l'introduction d'un ou plusieurs éléments novateurs dans son concept, ou dans son processus d'élaboration.

En conséquence, si l'innovation est un facteur constant de progrès, elle ne se traduit pas nécessairement par l'élaboration d'un produit nouveau en charge de remplacer le précédent. Cela s'avère lorsque l'innovation est liée aux aspects de fabrication ou de mise en œuvre.

■ INNOVER POUR QUI ?

Dans le domaine routier le client final est souvent assimilé à l'utilisateur. Il revêt plusieurs visages : il est électeur, contribuable, riverain ou client. Toute la difficulté réside dans l'identification de ce fameux client final et de son attente. Si l'utilisateur exprime son besoin, souvent sous une forme diffuse (ou quelquefois vindicative), le maître d'ouvrage essaie de le cerner et de le définir, le maître d'œuvre cherche à le caractériser et l'entreprise tente de le traduire en produit ou procédé.

Cette démarche simplifiée de l'innovation sous-entend qu'il y ait un marché et que l'innovation réponde aux attentes des utilisateurs ainsi qu'à celles de l'entreprise.

Outre la réponse à l'attente d'un utilisateur, l'innovation doit permettre à l'entreprise de :

- ◆ se démarquer de la concurrence ;
- ◆ disposer d'un créneau porteur ;
- ◆ s'ouvrir une nouvelle part de marché ;
- ◆ conforter son image de marque ;
- ◆ et... augmenter sa marge.

Ayant identifié le client et le besoin, comment l'entreprise arrive-t-elle à proposer une innovation ?

■ INNOVER COMMENT ET AVEC QUELS SUPPORTS ?

L'innovation repose sur quelques principes simples :

- ◆ trouver une idée ;
- ◆ faire des tests de faisabilité ;
- ◆ avoir une approche technico-économique ;
- ◆ réaliser une application ou une expérimentation ;
- ◆ trouver des partenaires ;
- ◆ définir un cahier des charges ou des spécifications internes ;
- ◆ mettre au point le produit ;
- ◆ le transformer et l'adapter ;
- ◆ cibler quelques marchés tests ;
- ◆ commercialiser et promouvoir.

Parmi les supports à l'innovation, la charte de l'innovation routière, signée entre l'Usirf et la direction des Routes constitue un atout indéniable. Elle facilite, à travers ses différentes étapes, la réalisation de planches prospectives, de planches expérimentales, de chantiers de démonstration technique et démonstration économique.

Elle permet ainsi de tester et valider le produit durant toutes ces phases.

Le choix d'un cadre contractuel, avec des droits et des devoirs pour chacune des parties, n'est pas un carcan mais au contraire favorise l'innovation. En effet il prévoit une clause de garantie au cas où l'innovation s'avérerait... trop périlleuse.

Le suivi de l'innovation permet d'avoir un jugement objectif sur celle-ci même si le recul demandé peut paraître parfois un peu long pour une entreprise désireuse d'aller toujours plus vite.

■ QUELQUES EXEMPLES D'INNOVATION

Dans le cadre de la charte Innovation routière

C'est dans ce contexte que depuis 1993 l'entreprise Eurovia a développé des produits dans le domaine du confort acoustique, de l'amélioration des conditions de mise en œuvre et de la lutte contre l'orniérage :

- ◆ le béton bitumineux phonique Viaphone. Il s'agit d'un béton bitumineux très mince à granularité 0/6 à forte discontinuité 2/4 additivé de fibres organiques. Il a obtenu en avril 2000 le premier avis technique pour ce type de revêtement (photo 1) ;
- ◆ la Grave ciment optimisée (GCO), grave traitée aux liants hydrauliques à hautes performances,

l'entreprise Eurovia

mise en œuvre en une seule couche (jusqu'à 32 cm) et préfissurée. Cette technique a permis des réductions substantielles d'épaisseur ;

◆ Le Béton bitumineux à haute rigidité (BBHR). Il s'agit d'un béton bitumineux à module élevé au bitume polymère à faible pénétrabilité qui permet de lutter efficacement contre l'orniérage tout en conférant à la chaussée un apport structurel.

Cependant la charte de l'Innovation routière n'est pas le seul support à l'innovation. L'entreprise peut évidemment innover en dehors de ce contexte. C'est le cas par exemple pour les innovations qui ne relèvent pas encore des maîtrises d'ouvrage signataires d'une charte Innovation routière, des démarches propres à l'entreprise ou des programmes de recherche incitative lancés à l'initiative de l'Europe ou la France.

Autres innovations

Facilité de mise en œuvre

Le développement du matériel de préfissuration Craft [1] et Olivia [2] pour les assises traitées aux liants hydrauliques a relevé de cette démarche dès 1990. De la même façon, la mise au point des émulsions de bitume Emulvia P (photo 2) pour couche d'accrochage "propre" s'est faite par l'entreprise à l'occasion de chantiers ciblés.

D'autres domaines ont été explorés comme l'aide à la conduite des engins de chantiers avec le programme de recherche européen CIRC (Computer Integrated Road Construction). Celui-ci a abouti pour les compacteurs à la mise au point d'un système de localisation sur chaussée à l'aide de GPS. Associé à une interface homme/machine ce système se présente sous la forme d'un écran (photo 3) qui permet la visualisation du nombre de passes du compacteur.

Environnement

La réutilisation des déchets et des coproduits ainsi que le développement des produits à base d'émulsion de bitume ont fait l'objet de recherche.

La réutilisation des cendres d'incinération des boues de stations d'épuration a connu ces derniers temps un nouveau développement avec la réalisation de couches de forme et de fondation après traitement à la chaux. Cette recherche est conjointe avec l'Ademe.

L'étude du gonflement de mâchefers et la mise au point d'un essai spécifique ont été parallèlement entreprises dans le cadre d'un programme de recherche européen dénommé Mashroad.



Photo 2
Emulvia P pour couche d'accrochage "propre"
Emulvia P for "clean" tack coats



Photo 3
Ecran de visualisation
du système CIRC embarqué
sur un compacteur
Display screen of CIRC system
mounted on a compactor

On peut également citer le développement de la technique des bétons bitumineux à froid de type Ecolvia qui a été accompagné depuis 1999 par la réalisation de chantiers.

Ces quelques exemples montrent que les entreprises font suffisamment preuve d'imagination pour trouver alors, des conditions favorables à leur expérimentation et mener à bien leur innovation.

■ RÉFÉRENCES

1] *Travaux* n° 664 - Avril 1991, page 25 - J.-Fr. Pochet, J.-P. Marchand, H. Noret : Une nouvelle machine de préfissuration CRAFT.

2] *Travaux* n° 761 - Février 2000, page 27 - D. Cavalli, D. Martin, P.-M. Spillemaecker, Fr. Verhee, J.-Cl. Madron : Les travaux de chaussées de la déviation de Darnieulles et Uxegney sur la RD166 dans les Vosges.

Les activités de recherche d'Eiffage Construction



Coupe d'une poutrelle en BSI montrant la structure fibrée

Section of a BSI joist showing the fibre structure

L'état des connaissances, dans le BTP, est le fruit de l'accumulation d'expériences d'innombrables générations de constructeurs (au sens le plus large, les acteurs d'aujourd'hui allant du compagnon jusqu'au chercheur universitaire). Aujourd'hui, tout s'accélère, et le technicien est confronté à des challenges de plus en plus difficiles ; même s'il dispose de connaissances de plus en plus développées (nous oublierons ici les difficultés de la mise à la disposition de chacun du maximum d'informations utiles), il est souvent confronté aux limites de ce qu'il maîtrise ; dans le même temps, il est soumis aux pressions du marché concurrentiel, aux exigences de qualité des ouvrages, à des délais toujours plus serrés. Pour une entreprise dont la recherche et développement ne sont pas la raison d'être, les efforts de progrès technique sont néanmoins un facteur clef de son avenir (non seulement pour un major qui veut maintenir son rang, mais aussi pour l'artisan qui pour survivre doit remettre en question ses méthodes de travail).

■ SYNERGIE COMME ÉLÉMENT ESSENTIEL DE PROGRÈS

Une invention "de laboratoire" n'est guère utile si des utilisateurs ne se l'approprient pas. Inversement, des chercheurs sont souvent en mesure de lever des difficultés auxquelles se heurtent des praticiens... s'ils sont sollicités ; de la qualité des échanges dépend donc l'importance des progrès. Le développement d'un Intranet facilite grandement les échanges au sein d'Eiffage Construction qui, issue de la fusion de Fougerville, Quillery et SAE compte plus de 180 implantations dans le seul hexagone et réalise 22,8 milliards de francs de chiffre d'affaires en employant 2 700 cadres. Il est intéressant de remarquer que, même lorsque les activités de recherche et développement sont l'objet de services spécialisés au sein de l'entreprise, les progrès ne sont effectifs que si un grand nombre de collaborateurs s'implique dans la démarche, aussi bien pour l'application de procédés nouveaux que pour leur découverte. D'ailleurs, de nombreux progrès technologiques ont pour auteurs des "manuels" ; on peut l'illustrer par un exemple : dans les domaines du soutènement par clouage et des fondations par micropieux, le scellement gravitaire avec compensation d'essorage a pour père Jacques Freyzenon, chef de chantier à la Forézienne d'Entreprises, et l'explication théorique de son éton-

nante efficacité (le frottement latéral limite est généralement multiplié par 2 à 3) est nettement postérieure à sa mise au point.

Au sein d'Eiffage Construction, les actions de développement sont une préoccupation quotidienne dans chaque implantation, et nous décrivons ci-après les actions que la direction Scientifique accompagne.

■ R & D PRATIQUE ET MULTIFORME

Il convient de distinguer deux familles d'actions de recherche, dans le domaine bien particulier du BTP, où diverses connaissances nouvelles ne peuvent être utilisées que si elles sont partagées par tous (typiquement celles qui se traduisent par des évolutions des règlements, et relèvent soit d'actions communautaires soit d'une "mise au pot commun"), tandis que d'autres conditionnent la concurrence (typiquement celles qui se traduisent par des brevets).

Il est bien évident que dans le cadre du présent article, on ne peut aborder que les actions de R & D concernant la première famille (ou celles de la deuxième qui font déjà l'objet d'une protection). Au sein d'Eiffage Construction, les efforts de R & D portent aussi bien sur le matériau béton que sur le matériel de mise en œuvre, les conditions de sécurité sur les chantiers, la modélisation de problèmes structuraux complexes ou les ouvrages géotechniques... Citons quelques exemples relatifs aux Travaux publics et aux Bâtiments, relevant ou non de partenariats :

◆ **recherches et développements relatifs au matériau béton** : implication forte dans les Projets nationaux BaCaRa et B@P, et mise en application en vraie grandeur sur des ouvrages innovants ; bétons avec additions ; pompage du béton à très grande distance (plus de 3 km sans reprise) ; recherches sur la tenue au gel des bétons durcis ; mise au point du BSI et application à des ouvrages, etc. ;

◆ **recherches et développements relatifs aux matériels** : banches en matériaux composites (recherche en partenariat avec Hussor, porteuse de conséquences en matière d'environnement par suppression des huiles de démoulage) ; grues ; maturimétrie simplifiée en vue d'une banalisation relative ; amélioration du pendule inversé, etc. ;

◆ **structures** : modélisation de cas complexes de stabilité de formes (déversement de poutres, flambement de micropieux, loi force/raccourcissement

et développement au sein

Pierre Vezole

DIRECTEUR
SCIENTIFIQUE
Eiffage Construction



de butons, flambement d'un dallage formant buton entre écrans de soutènement); sollicitations mécaniques subies par des tuyaux enterrés en fonction d'hétérogénéités longitudinales d'appui; comportement sismique de bâtiments à murs porteurs en béton banché (projets Cassba, Camus, Camus 2000), etc.;

◆ **ouvrages géotechniques** : implication dans les Projets nationaux Clouterre, Clouterre 2 (soutènements par clouage), Forever (micropieux); contributions significatives dans les domaines des calculs justificatifs, des dispositions constructives, de l'amélioration des performances des scellements; Pneusol : élaboration d'une modélisation permettant de déterminer le coefficient de Marston (maîtrise des charges verticales subies par les ouvrages sous remblai); Armapneusol : procédé de renforcement de remblai; modélisation du champ de pressions interstitielles conditionnant la stabilité d'un ouvrage de soutènement en fonction des conditions de drainage; longueur nécessaire d'ancrages verticaux scellés dans un sol cohérent dénué de résistance en traction; soutènements en sols renforcés par armatures linéaires : cas des ouvrages courbes convexes; dallages (dallages en béton armé sans joint, mise au point de méthodes justificatives représentatives...); soutènements par clouage : parements en béton renforcé de fibres métalliques, têtes d'ancrage anti-poinçonnement pour écrans très minces, etc.

Certains résultats de recherches conduites individuellement ne peuvent qu'être mis dans le pot commun de la profession : la méthode de détermination du coefficient de Marston en fonction de la géométrie du massif de Pneusol n'est exploitable que si elle est exposée aux partenaires, donc inévitablement diffusée et mise à la disposition de tous les concurrents. En pratique, sa mise au point n'est bénéfique à l'entreprise que parce qu'elle s'inscrit dans une démarche de progrès constant, en gardant une longueur d'avance sur les concurrents qui se l'approprient.

■ TRANSMISSION DES ACQUIS

Dans une profession où le contexte impose de justifier les ouvrages avant de les réaliser, compte tenu de la nécessité de maîtrise des risques, les actions de R & D sont indissociables de l'évolution du contexte réglementaire. Des techniciens d'Eiffage Construction sont présents dans de nombreuses commissions de normalisation, de groupes



Image virtuelle de l'ouvrage innovant de Bourg-lès-Valence en cours de construction et réalisé en BSI

Virtual image of the innovative Bourg-lès-Valence structure under construction and completed with BSI

de rédaction de règles professionnelles, de groupes de révision de fascicules du CCTG, au sein desquels ils représentent les Fédérations par le biais d'EGF-BTP.

La diffusion des connaissances passe par des actions d'enseignement (de nombreux collaborateurs du groupe interviennent dans les écoles de formation au BTP), de formation continue interne, ou de formation continue auprès d'organismes spécialisés tels que Ponts Edition Formation.

Historiquement, les entreprises de BTP jouent, semble-t-il, un rôle technique beaucoup plus approfondi en France que dans tout autre pays. C'est l'un des facteurs qui expliquent la position privilégiée de la technicité française, et la présence d'entreprises françaises sur beaucoup de chantiers exceptionnels dans le monde entier. Il appartient aux entreprises de maintenir leur position de leaders techniques, en "courant devant" avec un souci d'amélioration continue, efforts qui ne concernent pas seulement les services de R & D, mais aussi et surtout l'ensemble des collaborateurs.

LE BSI

Avec plus de 150 MPa de résistance caractéristique à la compression, le BSI surpasse largement les capacités des bétons classiques et hautes performances. Il offre une grande facilité de mise en place dans le coffrage puisqu'il est autonivelant. Le fibrage, qui peut être adapté suivant l'utilisation, permet la suppression totale des armatures passives. Très apprécié pour la qualité de ses parements, il est utilisé en préfabrication mais également sur chantier car il ne requiert aucun traitement thermique en cours de prise.

Freyssinet innove... :

Vue générale
du pont de Ting Kau
à Hong Kong

General view
of Ting Kau Bridge
in Hong Kong



Le groupe Freyssinet occupe une place à part dans l'univers du génie civil spécialisé. Intervenant dans deux grands domaines, les structures et les sols, il fédère un ensemble de savoir-faire sans équivalent dans la profession, aussi bien par sa richesse que par sa diversité. Son positionnement dans les métiers du Bâtiment et des Travaux publics comme entrepreneur général de travaux spécialisés le "condamne" à innover... et il n'était pas question d'attendre l'heure de l'Europe pour relever le défi majeur de l'innovation technologique. Freyssinet "innove"! Ceci peut être conjugué au passé, au présent et au futur.

■ HIER...

Le groupe porte le nom de l'un des grands ingénieurs qui ont marqué l'univers de la construction au siècle dernier : Eugène Freyssinet. Ceci est illustré par deux innovations qui aujourd'hui apparaissent comme des "pas de géants" :

- ◆ 2 octobre 1928 : dépôt de brevet pour un "procédé de fabrication de pièces en béton armé". C'est la naissance du béton précontraint ;
- ◆ 1^{er} août 1938 : dépôt de brevet pour un "dispositif de vérins et ses applications dans les constructions particulièrement en béton armé". C'est le vérin plat.

La croissance externe de ces dernières années montre que le même objectif a été poursuivi. Le

groupe, en effet, intègre aujourd'hui Terre Armée International et Menard Soltraitement, sociétés créées par les inventeurs géniaux que sont :

- ◆ Henri Vidal avec ses brevets pour les murs en sols renforcés ;
- ◆ Louis Menard avec son pressiomètre et le compactage dynamique des sols.

■ AUJOURD'HUI...

Freyssinet gère un portefeuille de 161 brevets et en dépose entre 10 et 15 chaque année. Citons seulement quelques exemples de développements et d'innovations récents :

- ◆ la précontrainte durable :
 - la gamme C : la plus compacte du marché,
 - la gaine plastique Plyduct[®],
 - le système de continuité étanche des gaines (Lia-seal[®]) au travers des joints de voussoirs conjugués,
 - les gaines Endovent[®] pour précontrainte extérieure démontable,
 - le coulis thixotropique Smartgel[®] ;
 - ◆ les câbles de structures : développement des torens individuellement protégés (galvanisés ou galvanisés, cire pétrolière haute pression, polyéthylène haute densité) pour suspentes et haubans mis en œuvre facilement (brevet Isotension) ;
 - ◆ les équipements d'ouvrages : appareils d'appui et joints de chaussées, systèmes parasismiques transmetteurs d'effort et amortisseurs de vibration (Transpec[®]) ;
 - ◆ les arches préfabriquées (Techspan[®]) pour les passages sous remblais, les murs de soutènement et talus raidis végétalisables ;
 - ◆ le compactage atmosphérique Ménard Vacuum, l'amélioration de la portance de sol par Colonnes à Modules Contrôlés[®] ;
 - ◆ la régénération électrochimique du béton (Regebeton[®]) ;
 - ◆ le renforcement des structures par tissu collé de fibres de carbone (TFC[®]),
- autant de solutions qui répondent par leurs performances techniques et leur simplicité de mise en œuvre aux exigences actuelles.

■ DEMAIN EST DÉJÀ LÀ...

C'est pourquoi il convient de préparer les futurs composants de la construction, d'utiliser les nouveaux matériaux pour d'autres applications ou de participer à la diminution des risques en génie ci-

Passé, Présent, Futur

vil en développant produits et systèmes pour la prévention et la protection des structures. Citons encore quelques exemples :

- ◆ le toron cohérent (Cohestrand®) : les performances de son complexe de protection le destinent à une large utilisation : câbles porteurs de ponts suspendus, tirants d'ancrage dans le sol, précontrainte extérieure et intérieure au béton ;
- ◆ les câbles en fibres de carbone – encore chers aujourd'hui – qui trouveront leur place dans des niches spécifiques (construction pétrolière offshore par exemple) ;
- ◆ la protection au feu des structures et des câbles.

Je ne terminerai pas ce tour d'horizon sans mentionner un autre fleuron du groupe VINCI : Advitam. Cette nouvelle société a été lancée au milieu de l'année 2000.

Advitam a pour vocation de développer des solutions pour la maintenance proactive des structures. Il s'agit – aujourd'hui plus que jamais – de bien gérer les ouvrages que nous avons construits, d'assurer la maîtrise du patrimoine et d'optimiser les coûts de maintenance. A cet effet, Advitam a développé des outils permettant de suivre visuellement les structures, de les écouter ou d'en connaître les contraintes internes. Ce sont :

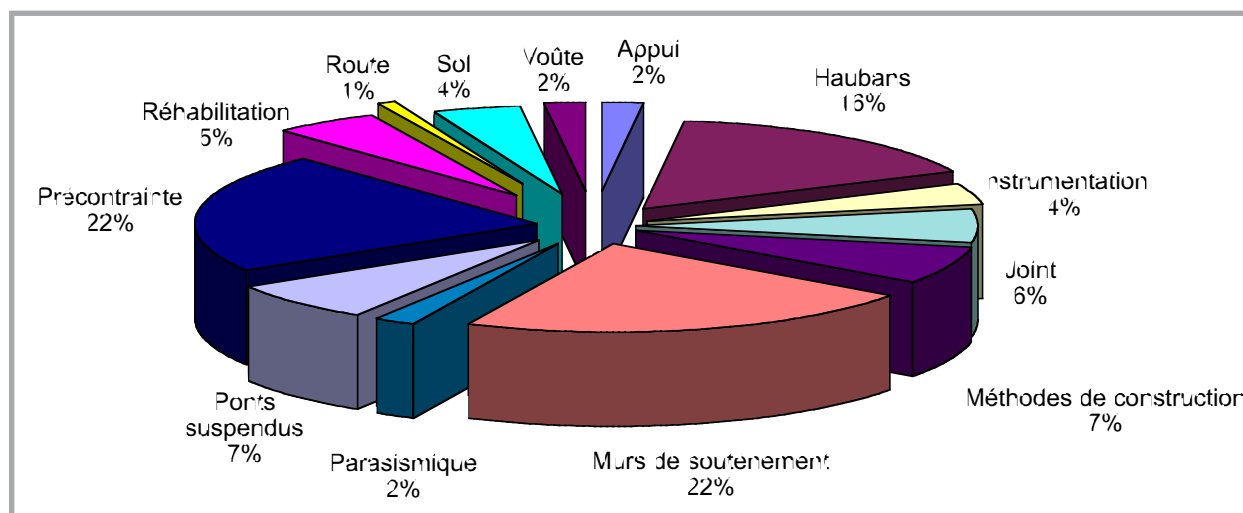
- ◆ Scanprint : outil de gestion d'ouvrages, d'inspection, de maintenance et d'aide au diagnostic ;
- ◆ Soundprint : surveillance acoustique continue ;
- ◆ Upus : pesage des barres de précontrainte par ultrasons ;
- ◆ Slotstress : mesure de contraintes dans le béton ;



**Amortisseur
Damper**

- ◆ Tensiomag : mesure de contrainte dans les fils d'acier.

Il est très clair que la recherche et le développement est une composante essentielle de la réussite de Freyssinet. Pas d'innovation, pas d'avenir : c'est aussi simple !



**Répartition par activité
des dépôts de brevets
de Freyssinet
de 1978 à 2000**

*Breakdown by activity
of Freyssinet patent filings
from 1978 to 2000*

Les innovations du service de ses et privés

L'innovation est un des éléments clé de la stratégie du Groupe EGIS. Un concours Innovation 2000 a primé 17 innovations dont les cinq premiers prix sont des produits leaders mondiaux. Les activités d'ingénierie, de concessions et d'exploitation utilisent ces innovations, au travers de plus de quarante sociétés travaillant dans plus de 100 pays. L'article décrit une dizaine d'innovations à titre d'exemple et renvoie à une publication plus détaillée.

Le Groupe EGIS intervient dans l'ingénierie, le financement de projets et l'exploitation, avec plus de 4000 collaborateurs dans plus de 100 pays. Les principales sociétés françaises du Groupe sont Scetauroute, Semaly, Isis, BCEOM, JMI France. En dehors de France : Dorsch Consult, EGIS Consulting Australia, Jean Muller International US, EGIS Italie.

Le Groupe EGIS est animé par une passion permanente du challenge et de l'innovation, notamment dans toutes les étapes des grands projets.

comme le fait Scetauroute dans les domaines autoroutiers ou TGV, ce qui a retenu toute l'attention de la Banque Mondiale lors d'un séminaire spécial, récemment à Washington.

De grands contrats d'ingénierie, mais aussi des concessions, ont été gagnés ces dernières années, en bonne partie grâce à des innovations, par exemple :

- ◆ le télépéage multivoie du Melbourne City Link, mis en service récemment après une collaboration d'EGIS Projects Asia Pacific et d'Isis (photo 1);
- ◆ l'autoroute M40 en Angleterre, incorporant une vraie optimisation innovante de la réhabilitation des chaussées, avec une collaboration EGIS Projects et Scetauroute.

Photo 1
Le télépéage multivoie du Melbourne City Link
Multi-lane electronic tolling on the Melbourne City Link



© Photothèque Groupe EGIS

LES RÉSULTATS DU CONCOURS INNOVATION EGIS 2000

Pour la première fois, EGIS a organisé un concours Innovation au niveau mondial auprès de ses 4000 collaborateurs. Cinquante innovations, pour la plupart déjà mises en œuvre avec succès, ont été proposées et 17 ont reçu des prix. Plusieurs "Premiers Prix" (un par grand thème) correspondent à des produits leaders mondiaux dans leur catégorie. Les thèmes étaient : conception et projets, contrôle des travaux, gestion de projet, méthodologies transversales.

Une liste de ces innovations peut être communiquée aux maîtres d'ouvrage et aux partenaires. Par la description plus détaillée de ces innovations sur Intranet, tout collaborateur du Groupe peut contribuer à la valorisation des résultats de ces innovations au bénéfice des clients dans une centaine de pays.

Les quelques exemples ci-après illustrent la diversité de ces innovations :

- ◆ les "outils intelligents de gestion du trafic" pour les réseaux routiers permettent à Isis de prévoir les temps de parcours et d'optimiser par système expert les messages des panneaux à messages variables, en cas d'incident de la circulation. L'utilisation de ce dernier outil est par exemple en cours de généralisation en Ecosse et a été reconnu comme un produit leader mondial par des spécialistes du Comité C16 (ITS) de l'AIPCR;
- ◆ un nouveau concept de ventilation incendie pour les tunnels routiers a été proposé pour le deuxième lien transmanche. Il utilise, entre autres, les résultats d'une recherche européenne que Scetauroute-DTTS (Département Tunnels et Travaux

L'INNOVATION A UNE PLACE CLÉ DANS LA STRATÉGIE DU GROUPE EGIS

L'image de qualité et d'expertise technique du Groupe, en France et à l'international, est un facteur important d'attractivité de nos offres. Une récente enquête, et l'analyse des grands marchés récents gagnés en compétition, le confirment avec force. Les innovations technologiques et méthodologiques, capitalisées depuis plus de trente ans, sont proposées au client :

- ◆ soit d'une façon spécifique pour relever un défi clé d'un chantier, comme l'a fait Jean Muller International pour le viaduc urbain de 64 km de long dans Bangkok, avec une technologie réduisant considérablement la gêne au trafic existant, ou comme le font Semaly et EGIS Inc. pour le métro de New York et ses systèmes de sécurité;
- ◆ soit d'une façon "agrégée" permettant d'optimiser de grands projets avec des diminutions de coûts d'investissement, en moyenne de 10 à 20 %,

Groupe EGIS clients publics

Michel Ray



**DIRECTEUR
SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE
Groupe EGIS**

Souterrains) avait animée, et des développements avancés en mécanique des fluides ;

◆ l'innovation méthodologique de la "Carte des coûts" combinant, dans le cadre des études amont d'infrastructures de transport, toutes les contraintes clés et utilisant les macro-prix ayant une influence significative, permet à Scetauroute de comparer les coûts d'investissement de nombreux fuseaux alternatifs de tracés. L'ensemble du processus et la carte synthétique d'aide à la décision ont été très appréciés par Réseau Ferré de France pour l'étude du TGV Rhin-Rhône ;

◆ l'innovation méthodologique "Maîtrise des interfaces" permet à Semaly, à toutes les étapes et pour toutes les disciplines, de définir puis de gérer d'une façon pragmatique et rigoureuse les interfaces entre les multiples acteurs d'un même projet. Les impacts sur la qualité et la productivité intéressent beaucoup la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre ;

◆ un brevet récent de SAMRA permet aux collectivités locales de développer un diagnostic de sécurité des infrastructures routières par la détermination continue et automatique de la distance de visibilité, grâce à la reconstitution en 3D de la route après relevé par un véhicule ;

◆ de nombreuses autres innovations existent aussi dans les autres sociétés du Groupe EGIS. Le département des process industriels de EGIS Consulting Australia a par exemple développé pour les mines de cuivre une application leader améliorant l'extraction par solvant grâce à la séparation par coalescence des réactifs. Dorsch Consult en Allemagne utilise, pour l'aéroport de Munich, une gestion complètement électronique des documents, avec une gestion des mises à disposition et mises à jour automatiques, ce qui est très apprécié par le client.

■ LEÇONS TIRÉES DE L'EXPÉRIENCE SUR L'INNOVATION : QUELQUES CLÉS DE LA RÉUSSITE

Vers le Knowledge Management : gestion renforcée et modernisée des compétences et des savoir-faire

L'analyse attentive du cycle depuis l'innovation initiale jusqu'à la généralisation de sa valorisation, a conduit plusieurs directeurs généraux de sociétés d'EGIS à lancer un processus progressif et prio-



Photo 2
L'innovation dans le Groupe EGIS est le fruit d'une longue tradition

Innovation in the EGIS Group is the fruit of a long tradition

© Eric Bénard

risé mais cohérent et complet de *Knowledge Management*, facilitant par exemple la capitalisation et le retour d'expérience, ainsi que l'accessibilité très réactive par tous les collaborateurs, y compris les "nomades" en mission à l'étranger (photo 2).

Le travail en réseau interne et les actions "experts"

Une des meilleures garanties de la durabilité du processus d'innovation et de sa qualité repose sur l'organisation interne et la motivation des personnes. Quinze réseaux internes au groupe, très ciblés sur des enjeux techniques forts, des outils stratégiques, ou des spécialités innovantes pointues, facilitent l'échange d'expérience, la mise en commun de savoirs, la valorisation accélérée des résultats de la recherche, et contribuent à l'élaboration de la vision prospective. Cet ensemble est supervisé par Technet, le réseau des directeurs techniques des sociétés, en liaison étroite avec le management du Groupe et des sociétés, avec une utilisation régulière de la règle "sélectivité et subsidiarité".

Un programme d'actions spécifiques a été développé avec les grands experts techniques et comprend notamment une formation collégiale de haut

► niveau. La recherche appliquée à nos métiers, les innovations et leur valorisation, la continuité des liens avec les grands organismes de recherche y sont discutés et encouragés.

Le travail en réseau externe et en partenariat international

Les grandes innovations se sont souvent nourries d'un travail intense et continu des experts au sein de réseaux externes français et internationaux, ainsi que dans le cadre de partenariats amont très constructifs avec de grands clients ou leurs organismes de recherche. De grands chantiers expérimentaux, développés en étroite collaboration avec maîtres d'ouvrage et entreprises, sont un des moyens privilégiés de validation opérationnelle à grande échelle des innovations technologiques.

CONCLUSION

La combinaison :

- ◆ d'un large patrimoine d'innovations technologiques et méthodologiques reconnues ;
 - ◆ d'une expérience de maîtrise d'œuvre indépendante de plus de 30 ans, capitalisée notamment par de grands experts techniques et directeurs de projet ;
 - ◆ du travail en réseau de plus de 40 sociétés, présentes au total dans plus de 100 pays dans le monde ;
 - ◆ et de synergies entre les activités d'ingénierie, de montage de projet, de concessions, et d'exploitation,
- nous est souvent citée par des clients ou des partenaires comme un atout assez unique.

Le Groupe EGIS poursuit cet effort qui lui permet de progresser et de continuer à relever les défis que des grands maîtres d'ouvrage lui confient.

→ Contact : m.ray@groupegis.com

ABSTRACT

Innovations of the EGIS Group in the service of its public and private clients

M. Ray

Innovation is one of the key elements of the EGIS Group's strategy. An Innovation 2000 Contest awarded prizes to 17 innovations, with the first five prizes going to products of world leaders. Engineering, concession-operated facilities and operations use these innovations through more than 40 companies working in over 100 countries. The article describes about 10 innovations and refers the reader to a more detailed publication.

RESUMEN ESPAÑOL

Las innovaciones del Grupo EGIS puestas al servicio de sus clientes públicos y privados

M. Ray

La innovación constituye uno de los elementos clave de la estrategia del Grupo EGIS. Un Concurso Innovación 2000 ha recompensado 17 innovaciones, entre las cuales figuran los cinco primeros premios que son otros tantos productos líderes mundiales. Las actividades de ingeniería, de concesiones y de explotación aplican estas innovaciones, por medio de más de cuarenta sociedades que trabajan en más de 100 países. El artículo describe una decena de innovaciones a título de ejemplo e indica la existencia de una publicación más detallada.

Recherche et Innovation de l'Entreprise Jean Lefèbvre

L'année 2000 a incontestablement été celle des nouvelles technologies : la percée d'Internet dans la vie quotidienne, les hausses brutales du NASDAQ, et ses baisses encore plus spectaculaires, le soudain engouement pour les *start up*, la liste pourrait continuer ainsi longuement. Mais la route est toujours un ruban noir, ou parfois blanc, sagement posé sur le sol. Et si les merveilles de l'électronique entrent dans les véhicules, les voitures roulent toujours sur quatre pneus. Alors, innove-t-on toujours dans la route ? Bien sûr ! Les innovations dans l'infrastructure routière font rarement la une des journaux, mais les entreprises routières obéissent aux mêmes lois du marché que les autres entreprises et sont soumises à la même impérieuse obligation d'innover pour accroître leurs marges et conquérir de nouveaux marchés. Les formes de cette innovation sont multiples : elles portent sur la technique, débouché naturel de la recherche, mais également sur les matériels, les contrats, et jusque sur les relations sociales au sein de l'entreprise. Dans tous ces domaines, les défis sont nombreux, et l'imagination souvent récompensée.

■ LES INSTRUMENTS DE L'AIDE À L'INNOVATION ET À LA RECHERCHE

Les innovations techniques, cœur de la culture des entreprises routières françaises, sont encouragées par les autorités publiques. Des programmes gouvernementaux, comme les contrats CIFRE de l'ANRT¹ ou supra gouvernementaux, comme les programmes européens Brite Euram, ont facilité ces dernières années les contacts entre des chercheurs et universitaires et des entreprises. Ces recherches communes, orientées vers des applications pratiques, bénéficient des apports de sciences fondamentales, comme l'illustre l'exemple des émulsions exposé plus loin. L'Entreprise Jean Lefèbvre a participé à de nombreux programmes de recherche en partenariat : contrats CIFRE, programmes de recherche Brite Euram, accueil d'étudiants étrangers dans le

1 - Ce contrat, contrat d'insertion par la Formation à la Recherche, consiste en une convention passée entre une institution de recherche (université, grande école, etc.), une entreprise et un doctorant dont le sujet de thèse intéresse l'entreprise. Les relations entre l'entreprise et le doctorant ont la forme d'un contrat à durée déterminée. L'Agence nationale pour la Recherche et la Technologie rembourse à l'entreprise les charges sociales liées à ce contrat.



EJL, leader dans le domaine de la valorisation des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères possède une capacité de production de plus de 700 000 t/an

EJL, a leader in the recycling of household waste incineration clinker, has a production capacity of over 700,000 t/year

cadre du programme européen Leonardo, accueil de chercheurs étrangers dans le cadre du programme européen Marie Curie.

■ LES THÈMES DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Sur la route, comme ailleurs, les innovations arrivent lorsque des idées nouvelles, souvent originaires de la recherche, correspondent à des besoins du marché ou à des grandes tendances de la société. L'environnement se trouve au premier rang des préoccupations de nos concitoyens pour lesquelles la route joue un rôle, puis vient la sécurité routière. Les maîtres d'ouvrage se soucient de la satisfaction des usagers de leurs routes mais recherchent aussi la longévité des infrastructures qu'ils font construire.

■ L'ENVIRONNEMENT

Recyclage

Le recyclage dans la route va consister d'une part à recycler les déchets produits par les travaux, et d'autre part à aider d'autres industries à recycler leurs sous-produits. Les déchets des travaux routiers sont souvent des déchets inertes, provenant des mouvements de sols, ou de la destruction des routes ou ouvrages existants. Longtemps limité au remblai, le recyclage a pris une nouvelle dimension ces dernières années, avec des efforts de valorisation poussée. Cette valorisation demande un classement des déchets au moment des travaux de destruction. La déconstruction, comme on l'appelle, consiste à trier dès la démolition les dif-

Les qualités d'adhérence de Gripfibre® le destinent naturellement au traitement des zones accidentogènes. Ici application sur la RN 152

The skid-resistance properties of Gripfibre® make it naturally suited to the treatment of accident-prone zones. Here, application on highway RN 152



d'ailleurs d'envisager son utilisation dans les couches de chaussées, après traitement à la mousse de bitume, combinant ainsi une innovation sur les liants (la mousse de bitume) avec des techniques de recyclage.

L'application en 2002 des directives européennes interdisant la mise en décharge des déchets, à l'exception des déchets ultimes, a aiguillonné le désir des industriels de valoriser leurs sous-produits. Les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, produits par les usines d'incinération, se présentent sous la forme d'un granulat contenant des quantités variables d'imbrûlés, et de métaux ferreux et non ferreux. Une circulaire de 1994 régleme leur utilisation en remblai. Des recherches sur la composition des mâchefers, sur les phénomènes de gonfles, sur l'utilisation des mâchefers après traitement au ciment ou à la mousse de bitume, ont permis à l'Entreprise Jean Lefèbre de proposer une gamme complète de matériaux routiers, les Scormat®, à base de mâchefers dans d'excellentes conditions de sécurité pour l'environnement et de qualité pour la route.

D'importants stocks de cendres volantes avaient été accumulés par EDF qui cherchait à les valoriser. Des recherches ont permis de mettre au point, à partir de ces cendres, l'Autocan®, qui combine un matériau de remblaiement de tranchée autocompactant et un procédé utilisant la poussée d'Archimède pour simplifier et accélérer la pose des canalisations. Particulièrement apprécié en milieu urbain, l'Autocan® réduit la durée des chantiers, tout en évitant les vibrations liées au compactage et en améliorant la sécurité des ouvriers.

Les produits à froid

Longtemps dominée par les enrobés à chaud, la route s'intéresse de plus en plus aux produits froids, plus économes en énergie. Les techniques à froid, qu'elles soient à base d'émulsion ou de mousse de bitume, nécessitent de chauffer les liants lors de la fabrication de l'émulsion ou de la mousse, mais permettent d'utiliser des granulats à température ambiante. Les granulats représentant environ 95 % du poids de l'enrobé, le bénéfice énergétique serait évident, si les techniques à froid pouvaient s'accommoder d'autant de types de granulats que les techniques à chaud, ce qui est encore loin d'être le cas : les dépenses de transport de granulats viennent souvent grever lourdement le bilan économique et énergétique des techniques à froid. Les recherches de l'Entreprise Jean Lefèbre se focalisent donc, entre autres, sur l'utilisation de granulats locaux dans les techniques à froid : en 2000, plus de 40 carrières ont été homologuées pour la réalisation d'enrobés coulés à froid.

La formulation des graves émulsion et enrobés denses à froid fonctionne aujourd'hui encore sou-



férents types de matériaux : c'est ainsi que la principale carrière des travaux de construction du tramway de Montpellier a été... les travaux de démolition préalables à la construction du tramway de Montpellier. Les matériaux traités aux liants hydrauliques provenant des zones en démolition ont été envoyés sur une plate-forme où ils ont été concassés, criblés, et réutilisés pour le béton compacté routier, couche de fondation du tramway.

Parmi les déchets de chantiers, l'Entreprise Jean Lefèbre est particulièrement attentive aux fraisats d'enrobés. Utilisables en petites quantités dans des formules d'enrobés à chaud, ces fraisats peuvent également constituer la base de formules entièrement recyclées, comme par exemple dans les fraisats traités à la mousse de bitume, fruit d'une recherche de l'entreprise.

Du traitement de ses déchets, l'industrie routière est vite passée à celui des déchets des autres. En tout premier lieu, viennent les bétons concassés originaires d'ouvrages d'art, ou de bâtiments en démolition. Dans les installations de l'Entreprise Jean Lefèbre, ces déchets sont tout d'abord réceptionnés, et refusés lorsqu'ils sont trop hétérogènes, concassés, déferrailés, débarrassés de leurs impuretés, criblés, et revendus comme granulats. D'un usage marginal il y a 10 ans, cette source de matériaux est aujourd'hui devenue la première carrière de la région Ile-de-France. La mise au point des traitements appropriés, garantissant une bonne qualité de granulats, a demandé de nombreuses innovations notamment dans l'adaptation des matériels de carrière traditionnels à ce type de granulats. La qualité du matériau produit permet



© Photojour

Les bétons de démolition : une source de matériaux valorisables en technique routière, particulièrement appréciée en Ile-de-France

Demolition concrete: a source of re-usable materials for highway construction, particularly appreciated in the Greater Paris area

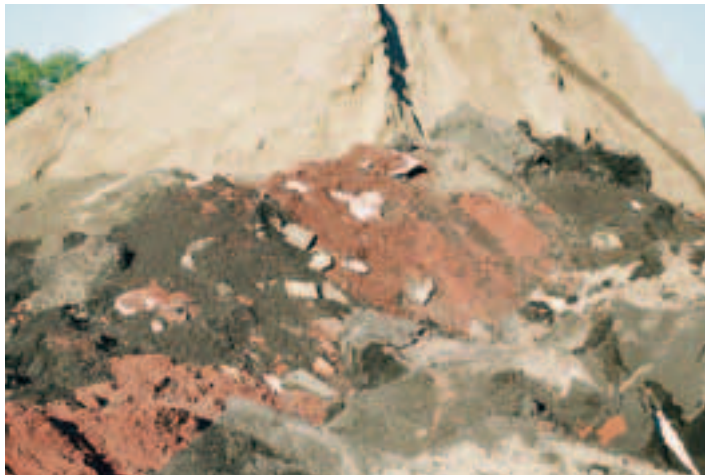
vent sur une base principalement empirique. Le programme de recherche européen OPTTEL, qui a réuni sept partenaires industriels, dont l'Entreprise Jean Lefèbvre et sa filiale espagnole Probisa, et universitaires de trois pays différents, s'était donné pour objectif l'étude des émulsions cationiques lentes pour la construction et la maintenance des chaussées. A l'issue des quatre années de recherche, la compréhension des phénomènes de rupture et de coalescence des émulsions, des réactions entre émulsions de bitume et granulats, et du comportement des mélanges à l'émulsion lors du compactage a suffisamment progressé pour poser les prémisses d'une méthodologie de formulation des enrobés denses à froid, autorisant une palette relativement large de granulats. Cette méthodologie a été testée, y compris avec des granulats subnormaux, au manège de fatigue du LCPC à Nantes.

Les émulsions sont aussi utilisées pour les couches d'accrochage, mais on privilégie là les émulsions à rupture rapide. L'Entreprise Jean Lefèbvre propose à ses clients L'Emulclean®, émulsion dite propre, qui colle à la route et non aux roues des camions, supprimant ainsi les traînées noires souvent associées à cette phase des chantiers routiers.

Autre produit froid, la Grave Mousse® est un matériau d'assise fabriqué en centrale par incorporation de bitume chaud sous forme de mousse dans des granulats non chauffés. L'utilisation du bitume sous cette forme permet un enrobage particulièrement efficace et l'obtention d'un matériau immédiatement stable et ne présentant pas de fissuration à terme. Par ailleurs, ce matériau reste maniable plusieurs semaines après sa fabrication en centrale, tout en offrant de bonnes caractéristiques mécaniques une fois mis en place.

■ LA SÉCURITÉ

Les efforts de prise en compte de la sécurité routière dans la conception des infrastructures se sont tout d'abord focalisés sur le tracé, puis sur les équipements de sécurité. Aujourd'hui, la sécurité s'appréhende d'une manière plus globale, dans laquelle les couches de roulement ont un rôle essentiel. Outre leurs bonnes caractéristiques de surfaces, demandées depuis longtemps par les maîtres d'œuvre, les couches de roulement peuvent aussi servir "d'avertisseur" : ainsi, sur la RN152, l'aménagement d'un itinéraire d'une vingtaine de kilomètres, a fait appel à la technique des enrobés coulés à froid pour différencier les sections dangereuses : un Gripfibre®, formulé de manière à obtenir une forte rugosité, recouvre les zones sinueuses; il améliore ainsi les caractéristiques de surface de ces sections, tandis que le changement de revêtement réveille l'attention du conducteur.



Les produits de déconstruction de chaussées permettent la fabrication d'enrobés intégrant des matériaux recyclés

Pavement demolition products allow the manufacture of asphalt incorporating recycled materials

© E.J.L.

■ LA LONGÉVITÉ DES STRUCTURES

Les maîtres d'ouvrage recherchent des structures à longue durée de vie. Lors du récent congrès Eur-asphalt-Eurobitume, certains ont développé le concept de la route perpétuelle : une assise de chaussée qui ne fatigue pas, surmontée d'une couche de roulement que l'on renouvelle pour maintenir le niveau des caractéristiques de surface. L'Entreprise a développé un nouveau concept dans le dimensionnement des chaussées qui répond à ces spécifications : le Tricouche. Cette structure innovante comporte une couche de matériaux traités à module faible comprise entre deux couches d'enrobés à module élevé. Cette combinaison, qui place les couches les plus résistantes aux points de plus forte contrainte, permet de diminuer l'épaisseur, et le coût, des chaussées tout en résistant à de forts trafics.

■ DE L'INNOVATION AU TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

L'innovation permet une meilleure satisfaction des besoins des clients et donc une meilleure adaptation au marché. Elle sert aussi de ciment à l'entreprise, notamment dans ses relations avec ses filiales étrangères. L'Entreprise Jean Lefèbvre a ainsi transféré avec succès ses procédés spéciaux à ses filiales étrangères : enrobés coulés à froid en Angleterre, étanchéité en République Tchèque et au Canada, bétons bitumineux très minces en Angleterre, traitement des mâchefers en Espagne. Ce bref aperçu de quelques thèmes de recherche et d'innovation montre la vitalité de l'Entreprise Jean Lefèbvre, et l'importance des procédés spéciaux dans le développement international de l'entreprise.

Advitam : l'inspection des ouvrages d'art à

Start-up issue de Freyssinet (VINCI), leader mondial du génie civil spécialisé, Advitam met à la disposition des propriétaires d'ouvrages, des responsables de maintenance et des bureaux d'inspection une palette de procédés permettant d'écouter (Soundprint®) ainsi que d'observer (Scanprint™) les ouvrages, et d'effectuer des mesures ponctuelles dans les matériaux (Slotstress®, Upus®, Tensiomag®). Créée en juin 2000 avec l'aide du fonds d'innovation du groupe VINCI, Advitam représente le type même d'initiative que le numéro un mondial des concessions, de la construction et des services associés entend promouvoir dans une stratégie de différenciation de son offre.

■ GÉNÉALOGIE D'UNE EXPERTISE

"Qu'Advitam trouve son origine dans Freyssinet, c'est on ne peut plus naturel, estime Jean-Pierre Marchand-Arpoumé, le président-directeur général de Freyssinet. *Souvenons-nous, si la précontrainte sous toutes ses formes représente notre métier historique, elle n'a connu la notoriété qu'en permettant, en 1934, le sauvetage de la gare maritime du Havre.*" Depuis lors, la construction d'un grand nombre d'ouvrages haubanés comme le pont de Normandie ou le pont Vasco de Gama, à Lisbonne, a donné au procédé ses lettres de noblesse, mais jusqu'à très récemment les activités de Freyssinet en réparation et modification s'équilibraient avec les travaux neufs.

■ UNE LOGIQUE D'OFFRE

De la réparation à la prévention, il n'y a qu'un pas, que Freyssinet franchit en 1994 en s'intéressant à un procédé conçu par la société canadienne Pure Technologies, spécialiste des systèmes de surveillance : Soundprint®. Celui-ci consiste à écouter en continu les ouvrages d'art afin de détecter précocement les dommages internes subis par leurs structures.

À la mi-1999, un accord très important est signé entre les deux sociétés, donnant à Advitam une licence exclusive de distribution du procédé dans de nombreux pays. Parallèlement, un partenariat formalise la coopération des deux sociétés dans le domaine de la recherche et du développement.

■ UN MARCHÉ PLEIN D'AVENIR

De nouveaux moyens sont ensuite venus enrichir la palette d'instruments de surveillance et de diagnostic tels Scanprint™, Upus®, Slotstress®, Tensiomag®, dessinant petit à petit une offre complète et plaçant Freyssinet dans une position de prescripteur et de fournisseur d'autant plus délicate que les marchés de la réparation sont caractérisés par l'importance de la commande publique. C'est pourquoi ses promoteurs ont envisagé d'externaliser cette offre sous une enseigne indépendante – une initiative d'autant plus opportune que le vieillissement des ouvrages, massivement construits dans les années 1970, ouvre à l'aube des années 2000 un marché aux perspectives intéressantes.

Sous l'égide de VINCI Innovation (cf. encadré "VINCI, des moyens pour innover"), le projet a donc donné naissance à Advitam, une start-up de douze personnes que dirige Jérôme Stubler, forte d'une connaissance approfondie des ouvrages d'art acquise au sein de Freyssinet et dotée d'une offre complète d'outils et de services.

■ UNE STRATÉGIE DE PRÉVENTION

Ponts précontraints ou à haubans, viaducs, canalisations, immeubles de grande hauteur, tours de refroidissement ou enceintes de confinement de centrale nucléaire, etc., chaque ouvrage travaille à sa manière, possède ses zones de fragilité spécifiques et vieillit à un rythme lié la plupart du temps à la façon dont il a été construit.

Faute de savoir ce qui se passe à l'intérieur, le propriétaire d'ouvrage ou le responsable de maintenance n'ont souvent pas d'autre ressource que d'intervenir après coup, lorsque des dommages sont apparus. Mais une conduite qui cède, un hauban qui casse, un voile de béton qui se fissure entraînent des réparations et des interruptions de service coûteuses.

"Précisément, la stratégie proposée par Advitam consiste à ne pas attendre que des travaux importants s'imposent, indique Jérôme Stubler. En détectant les dommages le plus en amont possible, des interventions limitées permettent d'enrayer le développement de pathologies plus graves. En outre, les petites réparations entraînent de petites dépenses : les coûts de maintenance des ouvrages suivis peuvent facilement être réduits d'un facteur dix."

VINCI, DES MOYENS POUR INNOVER

Créé au mois de mai 2000, au moment où la SGE, devenue groupe indépendant, adoptait son nouveau nom, VINCI Innovation est un fonds d'investissement doté d'un budget de 100 millions de francs, destiné à accompagner et à soutenir les initiatives innovantes liées aux quatre métiers du Groupe (concessions, routes, construction, énergies-information), qu'elles concernent l'économie du "clic" ou celle du mortier, qu'elles proviennent de l'extérieur du Groupe ou relèvent d'initiatives internes.

"La création d'Advitam comme le projet de plate-forme *constructeo.com** sont en parfaite cohérence avec les objectifs stratégiques du Groupe, estime Antoine Zacharias, président-directeur général de VINCI. Ils représentent le type même de projets visant une amélioration de notre profitabilité, et qui à terme permettront à VINCI de différencier son offre."

* Ce projet de portail est destiné à l'ensemble des métiers de la construction. Il a été financé au départ par VINCI, Groupe GTM, le cabinet Masai et les fondateurs de la start-up. Son objectif est d'optimiser les processus d'achat et de gestion de projet et d'accélérer la communication entre les différents intervenants de la filière construction.

et la surveillance l'ère du clic

Écouter, observer, mesurer sont les trois axes de cette démarche "qui n'attend pas" et qu'Advitam désigne sous le nom de maintenance proactive. Elle repose sur la mise en œuvre d'outils spécifiques.

■ UNE BOÎTE À OUTILS COMPLÈTE

Soundprint®, le stéthoscope des structures

Placés sous la face inférieure d'un pont par exemple (figure 1), des capteurs sonores permettent de détecter en continu les ondes liées au fonctionnement normal de l'ouvrage et celles provoquées par la rupture d'un fil d'acier (dans un toron de câble par exemple), la fissuration du béton, le battement de joints de voussoirs ou de chaussées, les ruptures de boulons, etc. (photo 1, figure 2). Au total, 22 signatures acoustiques ont été reconnues. Relayées vers une centrale d'acquisition placée à proximité de l'ouvrage, ces informations sont filtrées, et celles qui ne correspondent pas aux normes prédéfinies sont transmises, via Internet, au centre d'analyse d'Advitam, à Vélizy. Là leur traitement informatique permet de localiser avec précision les dommages (figure 3) et d'établir une projection statistique du futur taux de rupture ; autrement dit d'évaluer la durée de vie restante des structures. Moyennant quelques adaptations, le même procé-



Photo 1
Soundprint® filtre les bruits captés et identifie par exemple l'onde correspondant à la rupture d'un fil d'acier dans un toron

Soundprint® filters captured noises and identifies, for example, the wave corresponding to the breaking of a steel wire in a cable strand

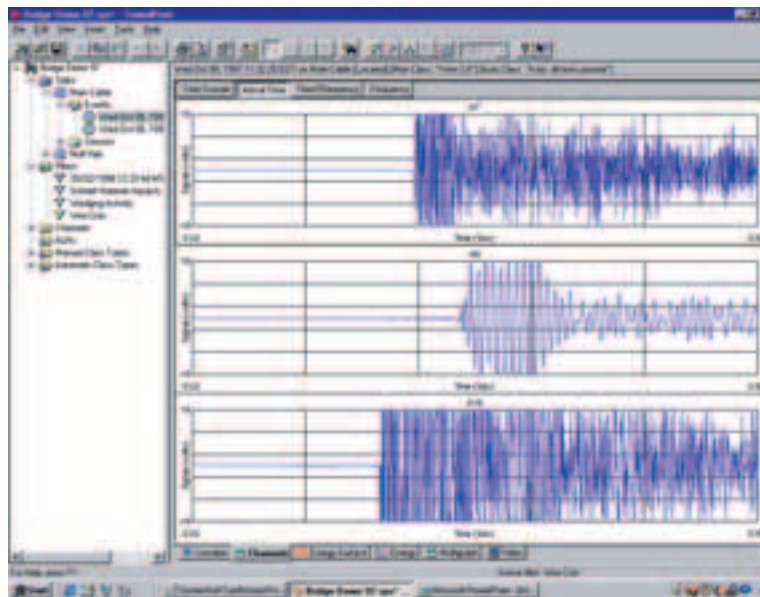


Figure 2
La centrale d'acquisition de Soundprint® reçoit la totalité des signaux provenant des capteurs, les identifie par leur fréquence et les filtre avant de les relayer via Internet, vers le centre d'analyse d'Advitam. Aujourd'hui, 22 événements ont été identifiés par leur signature et référencés par Advitam

The Soundprint® acquisition control point receives all signals coming from the sensors, identifies them by their frequency and filters them before relaying them via the Internet to the Advitam analysis centre. Today, 22 events have been identified by their signature and have been referenced by Advitam

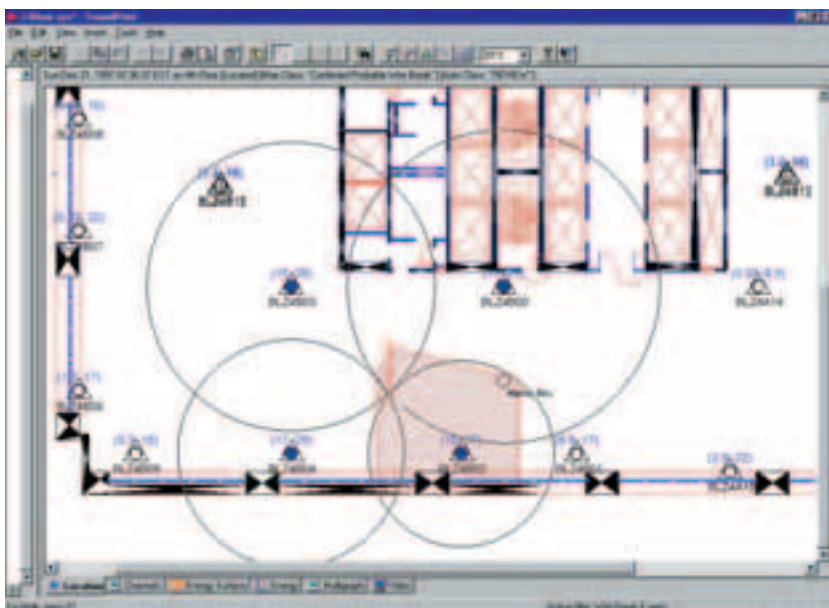


Figure 3
Le traitement des données transmises permet de mesurer et de localiser précisément les dommages survenus

The processing of transmitted data enables precise measurement and location of damage

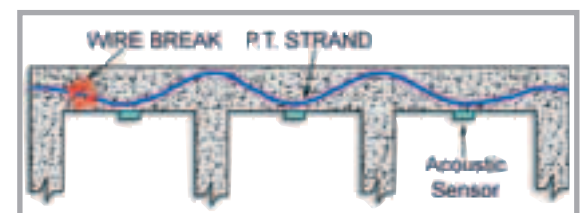


Figure 1
Les capteurs de Soundprint® placés sous le tablier du pont enregistrent l'onde créée par la rupture d'un fil d'acier dans un câble de précontrainte et la relaient vers une centrale d'acquisition
Soundprint® sensors placed under the bridge deck record the wave created by the breaking of a steel wire in a prestressing cable and relay it to an acquisition control point

Photo 2
 Depuis 1998, Scanprint™ est utilisé sur le pont Vasco de Gama, à Lisbonne, pour observer les structures, les équipements et les aménagements liés à la sécurité routière

Since 1998, Scanprint™ has been used on the Vasco de Gama Bridge in Lisbon to observe the structures, equipment and systems related to road safety



Photos 3 et 4
 Avec Scanprint™, la première étape est le relevé des données par les inspecteurs. Les traditionnels moyens "papier" ont fait place à de puissantes tablettes graphiques

With Scanprint™, the first phase is the recording of data by inspectors. Powerful graphic tablets have replaced conventional "paper" methods



Photo 5
 Les relevés photographiques font partie des données traitées par Scanprint™. Lorsque les zones d'inspection ne sont pas accessibles, un drone se substitue à l'opérateur

Photographic surveys form part of the data processed by Scanprint™. When inspection zones are not accessible, a drone replaces the operator

180 KM DE CANALISATIONS ÉCOUTÉES EN AFRIQUE

Des milliers de kilomètres de conduites en béton précontraint de 4 m de diamètre traversent souterrainement le désert pour acheminer l'eau vers les villes (photo 8). Récemment, plusieurs d'entre elles ont été longuement privées d'eau à cause de la rupture d'une de ces canalisations. Après ce premier accident, les autorités locales ont lancé un concours d'idées international afin que soit proposé un système d'alerte capable de détecter les endroits où les conduites sont le plus menacées de corrosion. Le procédé Soundprint® d'Advitam a été retenu pour équiper un tronçon de 180 km. L'adaptation de Soundprint® pour l'écoute des conduites consiste à remplacer les capteurs sonores traditionnels par des hydrophones insérés dans la canalisation. La multiplication des ruptures de fil dans une même zone, annonciatrice d'un prochain accident, permet alors une intervention préventive de réparation.

de s'applique à l'écoute des canalisations (cf. encadré "180 km de canalisations écoutées en Afrique").

Scanprint™, le dermatologue des structures

Le deuxième outil de maintenance proposé par Advitam a été entièrement développé et breveté sous l'égide de Freyssinet-Advitam à partir de 1996 et a été employé pour la première fois en 1998, en réponse à un appel d'offres pour le pont Vasco de Gama (photo 2). Il est fondé sur l'observation des ouvrages, mais adjoint la puissance des ordinateurs aux moyens humains dans le traitement des données. Sur le terrain, des inspecteurs collectent des informations à l'aide d'outils graphiques (photos 3 et 4) et procèdent à des relevés photographiques, recourant au besoin à des drones, petits hélicoptères télécommandés (photo 5), lorsque les zones d'inspection sont difficiles d'accès, telles les tours de refroidissement des centrales nucléaires. C'est la première étape dans la mise en œuvre d'un véritable réseau de moyens, qui comprend un ensemble de logiciels et de bases de données.

Photo 8
 Dans l'adaptation de Soundprint® à l'écoute des canalisations, des hydrophones sont placés à l'intérieur des conduites afin de détecter les progrès de la corrosion et de prévenir la rupture

In the adaptation of Soundprint® to the monitoring of piping, hydrophones are placed inside the pipes to detect corrosion progress and to prevent failure



Une palette de sept outils logiciels (cf. encadré "La palette logicielle de Scanprint™") adaptés aux besoins des utilisateurs – gestionnaires de patrimoine, inspecteurs d'ouvrage ou analystes – permet à ceux-ci de confronter les données numériques des relevés avec la description graphique des structures (les facettes) ou avec un catalogue préenregistré recensant plus de 200 défauts, mais aussi d'établir des comparaisons avec d'autres structures du même type, etc. En phase finale de mise au point, Scanprint™ subit des tests approfondis au laboratoire central des Ponts et Chaussées, aujourd'hui partenaire d'Advitam pour le développement de ce procédé. Ses ressources se révèlent immenses et Advitam travaille d'ores et déjà au développement des nouvelles fonctions qui seront intégrées dans la prochaine version.

Outre les applications mises en œuvre sur le pont Vasco de Gama (structures, équipements, sécurité routière), Scanprint "observe" aujourd'hui les haubans du pont de Normandie (photo 6), deux immeubles de 21 étages à Guatemala City, plusieurs immeubles industriels en France, etc. La souplesse d'utilisation du procédé, son intérêt en terme de sécurité et la possibilité de diminuer les coûts d'entretien en font un outil précieux pour les propriétaires d'ouvrages, et plus particulièrement pour ceux qui possèdent de nombreux ouvrages.

Slotstress®, Tensiomag®, Upus®, des mesures ciblées

Trois autres procédés complètent la gamme d'outils d'Advitam. Slotstress® et Tensiomag® sont des techniques de mesure de contrainte adaptées respectivement au béton et aux fils d'acier; et Upus® mesure par ultrasons la contrainte exercée dans une barre de précontrainte. Ils permettent par exemple d'affiner un diagnostic basé sur les données fournies par Soundprint® ou Scanprint™, en effectuant des mesures dans les matériaux, à des endroits précis.

■ RÉPONDRE À DES QUESTIONS SIMPLES

"Dans la pratique, résume Jérôme Stubler, la mise en œuvre de ces outils très performants a pour but de répondre à des questions simples. Où sont les défauts? Est-ce qu'ils évoluent? Quelle pathologie révèlent-ils?" Ils complètent en cela d'autres outils logiciels, spécialisés dans l'évaluation des coûts d'entretien des ouvrages, les BMS (Bridge Management System). Dans l'avenir, des passerelles entre ces outils, actuellement en cours d'étude, permettront d'associer suivis micro- et macro-économiques.

Pour l'heure, le jeune directeur général d'Advitam comme l'ensemble de son équipe, composée à



Photo 6
Scanprint™ "observe" les haubans du pont de Normandie
Scanprint™ "observes" the stay cables of the Normandy Bridge



Photo 7
Dans le domaine du nucléaire, Soundprint® permet de suivre les phénomènes de fissuration et donc de s'assurer de l'étanchéité des enceintes de confinement

In the nuclear area, Soundprint® allows the monitoring of fissuring phenomena and hence improves the safety of containment structures

LA PALETTE LOGICIELLE DE SCANPRINT™

Gestionnaire de patrimoine

- Scanprint™ Management : logiciel de gestion d'ouvrages et d'organisation d'inspections
- Smart Facet permet d'associer des propriétés et un environnement à chaque partie de l'ouvrage à inspecter

Inspecteur d'ouvrages

- Scribe Management : logiciel de gestion des inspections
- Scribe : outil graphique d'inspection sur le terrain et de maintenance
- Scribe Photoscan : outil d'inspection par relevé graphique
- Champollion Report : logiciel de création de rapports de visites

Analyste

- Champollion Analysis : progiciel d'analyse de structures et d'aide au diagnostic

SOUNDPRINT® : UN LARGE ÉVENTAIL D'APPLICATIONS

- Ponts suspendus, haubanés; ponts précontraints (précontrainte extérieure ou intérieure)
- Enceintes de confinement (photo 7), réservoirs d'eau, silos
- Tirants d'ancrage dans le sol
- Bâtiments, immeubles, parkings
- Canalisations

Au total, Soundprint® écoute 400000 m² de planchers, deux ponts suspendus, 60 installations dans le monde.

► 100 % d'ingénieurs et de techniciens spécialistes du génie civil et des ouvrages d'art, travaille à asséoir l'activité de la jeune entreprise en multipliant les contacts en France et dans le monde, pose les premiers jalons de futures agences au Japon, en Belgique, en Angleterre, aux États-Unis, répond aux questions des sociétés privées d'inspection ou d'analyse et commence à prospecter en France de grands propriétaires d'ouvrages.

Si le premier demi-exercice se solde par une vingtaine d'ouvrages inspectés à l'aide de Scanprint™, Advitam commence l'exercice suivant en confiance en organisant la mise en place du système à grande échelle dans le courant de l'année 2001.

ABSTRACT

Advitam : inspection and supervision of structures in a computer age

J.-M. Brujaille

Start-up originating through Freyssinet (Vinci), the world's specialised civil engineering leader, Advitam makes available to bridge owners, maintenance officials and inspection offices, a range of processes allowing the acoustic monitoring (Soundprint®) and observation (Scanprint™) of structures, as well as specific measurements in materials (Slotstress®, Upus®, Tensiomag®). Created in June 2000 with the aid of the Innovation Fund of the Vinci Group, Advitam represents the typical initiative that the world's leader in concessions, construction and associated services intends to promote within a strategy aimed at differentiating its offerings.

RESUMEN ESPAÑOL

Advitam : inspección y vigilancia de grandes estructuras en la era del "clic"

J.-M. Brujaille

Start-up procedente de Freyssinet (Vinci), líder mundial de la ingeniería civil especializada, Advitam pone a la disposición de los propietarios de estructuras, de los responsables del mantenimiento y de las oficinas de inspección, una gran variedad de procedimientos que permiten escuchar (Soundprint®) y observar (Scanprint™), las estructuras, así como efectuar mediciones puntuales de los materiales (Slotstress® Upus® Tensiomag®). Fundada en junio de 2000, con ayuda del fondo de innovación del grupo Vinci, Advitam representa por sí misma y en cuanto a la iniciativa, el número uno mundial de las concesiones, de la construcción y de los servicios asociados y tiene por propósito su promoción según una estrategia de diferenciación de su oferta.

Les innovations en construction métallique d'aujourd'hui

Les voies nouvelles de demain

Depuis quinze ans, la construction métallique a retrouvé une place significative dans le domaine des travaux publics en France et en Europe. Le marché français, au travers de l'exemple des ouvrages d'art, a d'ailleurs été à la pointe de ce mouvement. Il est aujourd'hui de notoriété que ce renouveau est associé, pour beaucoup, à une technologie spécifique qui continue à faire la preuve de sa compétitivité : le pont à ossature mixte bipoutres (photo 1).

La simplicité de sa conception – c'était là le but recherché vers les années soixante-quinze, lorsqu'il a fallu convaincre d'abandonner le pont métallique à caisson bardé de raidisseurs avec une dalle orthotrope – occulte non seulement toutes les difficultés d'une démarche conceptuelle, mais également les énormes progrès accomplis.

Pourtant, il serait erroné de croire que le succès de la construction métallique tient seulement à cela car, dans le même temps, les concepteurs ont été amenés à redécouvrir les potentialités du matériau acier et de la construction métallique. Au fil des projets de ces dernières années, de nombreux ouvrages de conceptions très diverses ont été réalisés ; citons par exemple :

- ◆ les ponts à poutres treillis ;
- ◆ les ponts en arc, métalliques ou béton et tablier mixte ;
- ◆ les ponts bow-string (photo 2).

Cette dernière technologie fait d'ailleurs l'objet d'un très fort développement, aussi bien pour des ouvrages routiers que ferroviaires (ex. le pont sur le canal de la Marne au Rhin à Strasbourg, le pont du Sartel à Roubaix, le pont de Saint-Gilles sur le Petit Rhône, les ouvrages de l'A 77 à Briare, les viaducs de Bompas, Mornas et Mondragon, celui de la Garde d'Adhémar sur le TGV Méditerranée etc.). Ce succès est dû, pour une grande part, à l'innovation majeure récente qu'est la mise au point d'aciers à hautes limites d'élasticité (HLE) pour la construction métallique.

L'utilisation d'aciers à haute limite d'élasticité dans le domaine du BTP peut sembler ancienne. Les câbles et torons utilisés pour la précontrainte ont des limites d'élasticité très supérieures à 1 000 MPa. Toutefois les nuances d'acier qui les composent sont différentes de celles utilisées dans le domaine de la construction métallique : elles pos-

èdent une faible réserve de ductilité, sont difficilement soudables et leur processus de fabrication est incompatible avec celui des aciers de construction métallique. Dans ce domaine, l'évolution des modes de conception et de mise en œuvre ainsi que les progrès de la métallurgie ont permis la réalisation



Photo 1
Pont d'autoroute sur l'A16
Bridge on the A16 motorway



Photo 2
Pont de Saint-Gilles
Saint-Gilles Bridge

de nuances d'acier à caractéristiques élevées (généralement de l'ordre de 350-460 MPa de limite d'élasticité). Ces catégories d'acier présentent un fort 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.

Il faut bien comprendre que les progrès réalisés par la sidérurgie ont été accomplis en deux étapes : hier et aujourd'hui.

■ 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. Au début des années soixante-dix, la construction des ponts de Conflans-Sainte-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.

Cependant, l'usage des aciers HLE était limité par



les contraintes de fabrication et de mise en œuvre :

- ◆ impossibilité technologique de fabriquer des aciers HLE dans de fortes épaisseurs ;
- ◆ nécessité, pour obtenir des caractéristiques élevées en résistance, de doper l'acier par l'augmentation des teneurs en carbone, 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 plusieurs techniques d'élaboration des aciers modernes parmi lesquelles on trouve les aciers "trempés-revenus" et les aciers HLE à laminage thermomécanique.

■ AUJOURD'HUI

Schématiquement, il y a deux manières d'augmenter la limite d'élasticité d'un acier, soit par l'accroissement des teneurs en carbone (et nous avons vu son corollaire sur la difficulté de mise en œuvre), soit par affinage du grain. Cette dernière voie donne lieu à diverses solutions technologiques dont l'une est le processus dit "thermomécanique".

Pourquoi ce terme, quelque peu rébarbatif, de thermomécanique ?

Parce que la méthode d'élaboration du produit combine l'aspect mécanique du laminage (affinage du grain par écrasement de l'acier entre les cylindres) et le processus métallurgique (affinage du grain par traitement thermique en jouant sur le contrôle du cycle de température au cours de l'opération de laminage).

Il devient ainsi possible de fabriquer des nuances d'acier qui présentent les caractéristiques suivantes :

- ◆ haute limite d'élasticité (jusqu'à 460 MPa) et ceci pour des fortes épaisseurs jusqu'à 80 mm tout récemment ;
- ◆ facilité de mise en œuvre par soudage, car ces nuances sont essentiellement à basse teneur en carbone ;
- ◆ utilisation dans le cas de très basses températures grâce à l'augmentation de l'énergie à rupture ;
- ◆ enfin, prix de vente extrêmement proche des anciennes nuances, pour une même limite d'élasticité.

Depuis 1990, cette nouvelle gamme d'aciers de construction, disponible en tôles, tubes et poutrelles, s'est rapidement développée dans le monde entier, dans les secteurs suivants :

- ◆ plates-formes offshore, 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 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 de fortes capacités portantes ;
- ◆ poteaux et poutres de bâtiment, tels qu'immeubles IGH, parkings aériens ou structure treillis de grande portée.

■ DEMAIN

On pourrait penser que l'intérêt des aciers HLE est lié essentiellement aux grands ouvrages ou aux 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.

C'est pourquoi le développement des aciers HLE, en particulier la génération des aciers dits thermomécaniques, implique des évolutions dans la conception des ouvrages. De tels changements sont aujourd'hui possibles du fait :

- ◆ de la généralisation prochaine de l'utilisation des Eurocodes qui vont comporter des règles spécifiques à l'utilisation des nouvelles nuances d'acier ;
 - ◆ de l'introduction de nouveaux produits sidérurgiques (tôles d'épaisseur variable) ;
 - ◆ de l'amélioration des techniques d'assemblages.
- Dans un futur qui n'est plus très lointain, il est possible d'envisager, pour certaines constructions, l'utilisation d'aciers de limite d'élasticité 700-800 MPa, voire 1000 MPa.

Dans un avenir proche, d'autres progrès sont attendus avec la combinaison de matériaux nouveaux au mieux de leur utilisation et de leurs performances. Entendons par là non seulement les poutres hybrides associant deux aciers de limites d'élasticité différentes, l'une pour les semelles et l'autre pour l'âme des poutres, mais également des poutres mixtes associant les bétons haute performance et les aciers HLE. Dans ce dernier cas – en ayant présent à l'esprit la préfabrication –, des systèmes performants de connexion restent à imaginer. Nous sommes persuadés que beaucoup est à attendre de la confrontation des deux cultures, béton et acier, dans la conception des ouvrages de demain.

Nous achèverons là notre bref tour d'horizon des progrès et innovations. Au-delà des progrès du passé récent et du présent, souhaitons maintenant que le projet national MIKTI permette au plus grand nombre, maîtres d'ouvrage, concepteurs, entreprises de béton et de construction métallique, entreprises générales, d'associer leurs efforts et leur savoir pour mettre au point les techniques du futur.

Recherche et innovation au CEBTP

Dominique Vié
DIRECTEUR
DE LA DIVISION
RECHERCHE
CEBTP



■ LE CEBTP ET L'ACTIVITÉ DE RECHERCHE

Le CEBTP est une entreprise indépendante qui vend des services aux divers acteurs du bâtiment et des travaux publics; elle emploie plus de 500 salariés répartis dans sept centres de tailles variées qui couvrent tout le territoire national. Ses compétences techniques fortes s'appuient simultanément sur sa capacité d'expertise dans le domaine des études courantes et sur l'expérience acquise dans le domaine de la recherche au travers de ses liens privilégiés avec les organismes professionnels.

Le CEBTP associe des compétences qui recouvrent l'ensemble des domaines d'activité du BTP, de la géotechnique au second œuvre en passant par les matériaux et les structures. Les études à caractère de recherche ont pour objectifs de concevoir ou mettre au point et vendre des innovations techniques ou technologiques, d'apporter une contribution continue aux progrès de la construction.

Le CEBTP établit des liens avec des partenaires très variés. Au niveau de la réglementation et de la normalisation, il peut orienter ses recherches sur les enjeux technico-économiques de l'évolution des textes réglementaires. Au niveau de la certification, il conduit des actions de recherche en relation étroite avec des partenaires industriels. Dans les projets nationaux et européens, son action a permis de faire entrer dans la pratique courante des développements issus du milieu universitaire.

■ QUELQUES ACTIONS DE DÉVELOPPEMENT

Depuis de nombreuses années, le CEBTP a développé une forte compétence dans le domaine du contrôle des fondations profondes. Il a été à l'origine du développement de méthodes de contrôle telles que le carottage sonore, la sismique parallèle et la méthode impulsionnelle qui sont aujourd'hui des méthodes normalisées utilisées couramment. Dans le domaine des méthodes et moyens d'essai, le CEBTP poursuit actuellement les actions suivantes.

Réfectométrie électromagnétique

De nombreux ouvrages ont été construits en béton précontraint et l'étude de leur durabilité ou de leur capacité de service nécessite un avis sur l'état des



Méthode
de réfectométrie
électromagnétique :
l'appareil de mesure

*Electromagnetic
reflectometry method :
the measuring
instrument*

câbles de précontrainte. Les méthodes courantes telles que radiographie, radioscopie, radar, endoscopie ne permettent que des investigations ponctuelles ou bien sont très lourdes à mettre en œuvre. La méthode RIMT est utilisée depuis quelques années. Le CEBTP est l'utilisateur exclusif pour la France de ce procédé développé en Suisse et au Canada. Cette méthode dérive de la méthode TDR (Time Domain Reflectometry) utilisée couramment pour détecter les défauts des lignes de transmission électrique (câbles coaxiaux de télécommunication).

Ses principaux atouts sont la rapidité et la simplicité de la mise en œuvre qui permet une reconnaissance non destructive rapide sur des longueurs dépassant plusieurs dizaines de mètres à partir d'un contact électrique sur une extrémité du câble. Il n'y a pas de méthode concurrente connue.

Depuis plus de cinq ans, plusieurs opérations expérimentales ont été menées, en particulier sur des ouvrages autoroutiers, avec une comparaison par rapport à des méthodes classiques (gamma-graphie, sondages destructifs).

Des progrès doivent donc encore être accomplis tant au niveau de la mise en œuvre de l'essai que sur celui de la modélisation des défauts rencontrés et des méthodes de traitement du signal.

► **Capacité portante des fondations et contrôle d'exécution des fondations profondes**

La détermination de la capacité portante d'une fondation par chargement dynamique est particulièrement intéressante : l'essai dynamique est beaucoup moins lourd à mettre en œuvre que l'essai statique. Cette méthode fait aujourd'hui l'objet d'une norme expérimentale mais reste limitée à l'étude de la capacité portante à rupture.

Essai de chargement dynamique d'un micropieu
Micropile dynamic loading test



Le plus souvent, le maître d'ouvrage préfère s'assurer de la capacité de la fondation vis-à-vis d'une charge de service et pouvoir utiliser la fondation après l'essai : une fondation testée jusqu'à rupture est en effet inutilisable et le résultat obtenu pour un pieu n'est pas nécessairement correct pour l'ensemble des pieux d'un chantier.

Il est donc souhaitable de préciser d'une part comment le niveau de charge d'un essai dynamique devrait être choisi en fonction de la charge de service que l'on veut justifier et d'autre part quels seront les critères d'acceptation ou de rejet de la fondation. Une étude expérimentale devra permettre d'étendre la norme à ce type d'étude.

La méthode impulsométrique fait l'objet de deux normes françaises NF P 94 160 2 "Méthode par réflexion" et NF P 94 160 4 "Méthode par impé-

dance". On peut également citer la norme ASTM D 5882 96 dont le contenu est très proche de la méthode par réflexion.

Dans l'état actuel de la pratique, la méthode permet d'évaluer correctement la longueur d'un pieu de section constante dans un sol suffisamment homogène. Par contre en présence de défauts de sections ou de discontinuités du sol, la méthode permet de repérer le défaut mais pas de qualifier son importance. Rien ne permet d'ailleurs de distinguer un défaut d'une discontinuité des caractéristiques du sol.

Le CEBTP a introduit il y a déjà plusieurs années la méthode du profil d'impédance basée sur la prise en compte des caractéristiques du sol.

Cette méthode permet de séparer les échos dus aux discontinuités des caractéristiques du sol et de repérer de manière beaucoup plus correcte la profondeur d'un pieu jusque des valeurs d'élanacement beaucoup plus importantes que celles que permettent d'atteindre les méthodes précédentes.

Comportement des ouvrages en service

L'étude du comportement d'un ouvrage en service comporte généralement plusieurs phases qui s'enchaînent naturellement de manière conditionnelle (on n'entreprendra la phase 2 que dans le cas où les résultats de la phase 1 seront notablement insuffisants) :

- ◆ estimation selon les normes de dimensionnement et des hypothèses a priori concernant les caractéristiques des matériaux ;
- ◆ réévaluation des hypothèses de calcul sur la base d'essais réalisés sur l'ouvrage ;
- ◆ essais de chargement et analyse "inverse" pour recalage du modèle de calcul.

Si le cadre de la méthodologie peut être considéré comme bien défini, il faut souligner qu'un travail important reste à entreprendre :

- ◆ l'évaluation en termes de fiabilité des méthodes d'essai existantes et le développement de nouvelles méthodes ;
- ◆ le développement des méthodes de calcul inverse pour le recalage des modèles par rapport aux résultats expérimentaux ;
- ◆ le développement des outils pour le suivi à long terme (quels types de mesure et dans quel objectif, quels capteurs, etc.) en particulier pour le cas des ouvrages précontraints.

Sur ce thème le CEBTP est partenaire d'un projet concernant l'Evaluation dynamique de ponts. Ce projet, coordonné par le LCPC, a été récemment proposé au RGC&U.

La recherche et l'innovation au LERM

Le LERM participe activement à la recherche dans le domaine de la durabilité des bétons. Il est impliqué dans de nombreux groupes de travail ou de Projet nationaux. Les ingénieurs du LERM ont développé des modèles prédictifs et des techniques expérimentales originaux utilisés maintenant de manière classique dans le laboratoire.

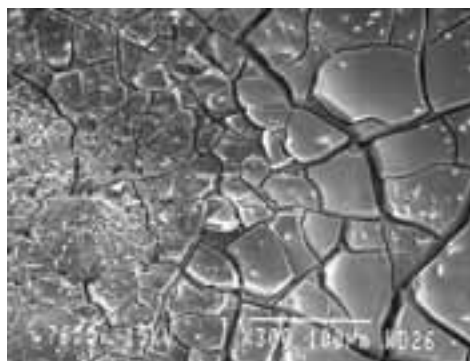
Le Laboratoire d'Études et de Recherches sur les Matériaux (LERM) est un laboratoire privé et indépendant installé en Arles. De la formulation à la caractérisation des bétons à performances adaptées, du suivi à la modélisation de la durabilité des ouvrages d'art, la recherche tient une place importante dans ses activités. Le laboratoire est impliqué dans des groupes de travail (par exemple AFGC, CEFRACOR, COFREND), les Projets nationaux tels que BAP et BHP 2000. De nombreux partenariats ont également été développés avec les universitaires. Ces implications au niveau national permettent aux ingénieurs chercheurs du laboratoire de se maintenir à un bon niveau scientifique.

■ FORMULATION DE BÉTONS ET MORTIERS À PERFORMANCES ADAPTÉES

Pour répondre aux souhaits particuliers de ses clients, le laboratoire a développé une activité de formulation et de caractérisation de bétons et de mortiers à performances adaptées. A partir du cahier des charges fixé par le client (qu'il s'agisse de résistance à la compression, de qualité de parements, de durabilité ou de propriétés rhéologiques spécifiques) et des matériaux de base fournis, la mise au point de la formulation de béton utilise la totalité des compétences du laboratoire (analyses chimiques, caractérisation microstructurale et caractérisation physique des matériaux de base). La formulation de béton est tout d'abord testée et validée en laboratoire : plusieurs gâchées sont alors nécessaires pour valider les propriétés rhéologiques et mécaniques des bétons et pour assurer la robustesse de la formulation proposée. Des essais en vraie grandeur, en présence du LERM, sont ensuite réalisés sur le site de production du béton, afin de valider l'utilisation industrielle de la composition de béton mise au point et proposée par le laboratoire.



**Presse hydraulique
de classe A
de 3000 kN**
*Class A 3000-kN
hydraulic press*



**Gel d'alcaliréaction
dans un béton
(microscope
électronique à balayage)**
*Alkali-reaction gel
in a concrete
(photo with scanning
electron microscope)*

Cette activité ne se limite pas à la formulation de bétons à hautes performances ou de bétons auto-plaçants, mais peut également s'exercer par la formulation de bétons adaptés à la confection de statues dont la composition, la texture et le grains sont étudiés en fonction du matériau substitué, les bétons de remplacement s'intègrent alors parfaitement dans l'ouvrage réhabilité. L'entretien du patrimoine bâti peut également nécessiter la formulation de mortier de réparation des monuments historiques. La technique employée suit alors une méthodologie qui comprend la caractérisation des

► mortiers anciens puis la formulation de mortiers nouveaux se rapprochant au plus près de l'ancien matériau.

Les problèmes d'environnement sont également abordés. La mise au point de formulations de bétons intégrant des résidus industriels est un nouvel axe de développement de la formulation des bétons. Associés aux problèmes classiques de formulation, il s'adjoint un problème avec la présence de produits toxiques dans les déchets tel que le plomb ou le mercure. Des outils d'analyses très fins de la microstructure et de la chimie doivent alors être employés pour répondre au problème posé.

modèles de prédiction actuellement disponibles. Le suivi et la prévision de la durabilité de grands ouvrages comme le pont Vasco de Gama à Lisbonne est un exemple de type d'application. Lors de sa construction, le groupement d'entreprises dont Campenon Bernard était le leader, a confié au LERM une démarche assez exceptionnelle de contrôle et d'essais avant et pendant la construction de l'ouvrage, mission qui se poursuit encore aujourd'hui. A partir du choix de deux indicateurs majeurs de durabilité (perméabilité aux gaz et diffusivité des ions chlore), mesurés en laboratoire sur éprouvettes où des bétons carottés dans l'ouvrage ont été réalisés, il a été possible de caler un modèle numérique développé au laboratoire.

Ce modèle prédictif permet, dans l'état actuel des connaissances, de prévoir une durée de vie (définie comme le temps nécessaire à l'initiation de la corrosion des armatures) supérieure à 120 ans pour cet ouvrage. D'autres modèles sont actuellement mis au point au laboratoire en collaboration avec de grands organismes comme le CEA sur le comportement des bétons soumis aux cycles de gel et de dégel ou à l'attaque par les sulfates externes ou internes.

■ LES TECHNIQUES DE LABORATOIRE

La modélisation des problèmes de durabilité nécessite des moyens expérimentaux importants et sophistiqués. Le LERM s'est attaché depuis de nombreuses années à développer des techniques fines de laboratoire.

L'analyse d'images automatique est un outil qui a été mis au point au laboratoire. Cette chaîne de mesures permet, par exemple, de déterminer les cartographies de fissuration, de caractériser les réseaux de bulles d'air pour les bétons devant résister aux cycles de gel-dégel ou de déterminer le taux d'hydratation des ciments. Cette technique, qui fait maintenant partie des techniques journalièrement utilisées au laboratoire, a fait l'objet d'un travail de doctorat mené par un ingénieur du LERM. Elle a été appliquée à de nombreux cas d'études comme les bétons du pont Vasco de Gama ou les BHP et BTHP retenus dans le cadre de BHP 2000 (étude sur les gels modéré et sévère). Dans le cadre de l'étude des influences de la durée et du mode de cure des bétons autoplaçants, cette technique est également utilisée.

La carbonatation entraîne par chute de pH des risques sérieux de corrosion des armatures. La mise en place de modèles prédictifs nécessite une compréhension expérimentale des phénomènes mis en jeu. Le laboratoire a développé un banc de mesure par dosage isotopique du carbone et de l'oxygène. Cette technique permet de caractériser les carbonates de différentes origines, elle est

Torche à plasma pour la détection de métaux lourds (plomb par exemple) et des éléments majeurs d'un clinker (silice, alumine)

Plasma torch for the detection of heavy metals (lead, for example) and major elements of a clinker (silica, alumina)



L'utilisation des bétons à hautes performances pose le problème de l'évaluation du retrait endogène. Ces bétons présentent un retrait endogène dont l'amplitude peut conduire à la fissuration des éléments en béton. Le LERM a donc mis au point un banc de pesée hydrostatique qui permet de mesurer, dès le début de prise, le retrait endogène des matrices cimentaires à faible rapport eau/ciment. L'ensemble des résultats acquis depuis trois années montrent que le retrait endogène des matrices à très hautes performances peut atteindre 800 µm/m, valeur susceptible d'engendrer des fissurations dans un ouvrage, alors que les essais normalisés actuellement applicables ne permettent pas de détecter de tels niveaux de contraction.

■ LA MODÉLISATION DE LA DURABILITÉ DES BÉTONS

Dans le cas des ouvrages exceptionnels et dans le cas particulier du confinement des déchets radioactifs, des durées de vie allant bien au-delà des cinquante ans pour lesquels les normes ont été établies, sont très souvent requises.

Les maîtres d'œuvre et les entreprises de construction sont alors confrontés au délicat problème d'assurer la pérennité des ouvrages jusqu'à des échéances plus ou moins incompatibles avec les

nécessaire à la compréhension des phénomènes de carbonatation dans les bétons. Cette technique a également fait l'objet d'un travail de doctorat mené par un ingénieur du laboratoire. Elle a été employée dans plusieurs cas concrets d'expertise où elle a permis de déterminer les gradients de carbonatation dans les bétons d'enrobage. Dans le cas de contrôle des BHP, cette technique peut s'avérer être une très bonne alternative à l'utilisation de la phénol phtaléine, qui dans ce cas ne fournit aucune indication.

■ LES TECHNIQUES DE DIAGNOSTICS SUR SITE

En collaboration avec l'université de Bordeaux, la mise au point d'un dispositif de mesures par résistivité électrique de l'endommagement des bétons est en cours de développement. Les premiers résultats obtenus sont très prometteurs et laissent envisager un champ d'application assez large. Cet appareil, lors du contrôle non destructif des ouvrages, viendra compléter la gamme des méthodes disponibles (particulièrement la technique radar) déjà proposées par le laboratoire.



Analyse radar des quais de l'île Saint-Louis
Radar analysis on the banks of Île Saint-Louis

ABSTRACT

Research and innovation at the LERM

J.-P. Bourmazel

The LERM (materials research laboratory) participates actively in research into the durability of concrete. It is involved in many working groups or national projects. LERM engineers have developed predictive models and original experimental techniques currently used as standard procedure in the laboratory.

RESUMEN ESPAÑOL

Investigación e innovación en el LERM

J.-P. Bourmazel

El LERM participa activamente en la investigación relacionada con la durabilidad de los hormigones. También forma parte de numerosos grupos de trabajo o de Proyectos nacionales. Los ingenieros del LERM han desarrollado modelos predictivos y técnicas experimentales originales que actualmente se utilizan de forma convencional en los laboratorios.

TPtech : premier Salon innovantes de Travaux

Un événement incontournable

TPtech est une nouvelle manifestation, comprenant un salon et un congrès, conçue spécialement pour faire connaître les technologies innovantes aux professionnels des travaux publics, en particulier ceux proches des services travaux et des chantiers.

Pourquoi ?

Les enquêtes, effectuées auprès des divers échantillons de professionnels (ingénieurs, techniciens, architectes, urbanistes...) travaillant aussi bien chez des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre ou des entreprises, montrent qu'il existe une forte demande d'informations sur les nouvelles technologies, aujourd'hui non ou mal satisfaite.

A partir de ce constat, il convenait de définir un

"produit d'information" particulièrement adapté, afin de satisfaire la demande de ces professionnels.

C'est pourquoi, les organisateurs de TPtech ont développé des concertations approfondies avec les organisations professionnelles et les Pouvoirs publics. La première retombée de ces concertations a été la création de deux comités directeurs :

- ◆ un comité de pilotage présidé par François Vahl, président de la Commission technique de la FNTP ;
- ◆ un comité scientifique présidé par Jacques Cortade, consultant (ancien directeur scientifique de l'entreprise Borie Sae).

Il semblait en effet indispensable qu'une manifestation destinée à des professionnels soit conçue en parfaite synergie avec des personnalités issues des travaux publics reconnues par leurs compétences et leurs représentativités.

Pour monter ces comités directeurs, les organisateurs ont bénéficié de l'aide précieuse de la FNTP et des directions concernées du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, en particulier la DRAST (Direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques).

■ L'IMPORTANCE STRATÉGIQUE DES NOUVELLES TECHNOLOGIES

Depuis quelques années, les nouvelles technologies sont devenues le facteur n° 1 d'évolution de la plupart des industries.

Les médias nous déversent chaque jour un flot continu de révolutions technologiques qui ont ou qui vont bouleverser les paysages de ces industries (informatique, télécommunications, agriculture, médecine, aéronautique et spatial, etc.).

Pourquoi en serait-il autrement dans le secteur des travaux publics ? En effet :

- ◆ une solution nouvelle peut, à elle seule, contribuer à l'obtention d'un marché ;
- ◆ une solution nouvelle peut résoudre un problème que l'on ne pouvait pas, ou difficilement, résoudre autrement ;
- ◆ l'application, voire la création, de solutions innovantes est un excellent vecteur d'image de modernité, de compétence et de dynamisme pour les clients et partenaires. ;
- ◆ une meilleure connaissance de ce qui se fait ailleurs (dans sa propre industrie mais aussi dans certaines autres) devient incontournable (veille technologique, veille économique, veille stratégique) ;

UNE COUVERTURE TOTALE DE TOUS LES ACTEURS DU SECTEUR TP

Cible exposants

- Aménagement urbain et voirie urbaine
- Informatique
- Etudes, planification, suivi de chantier
- Maîtrise des risques naturels
- Installations de chantier
- Matériaux : béton, acier, bois, composites
- Matériels spécifiques à certaines technologies
- Reconnaissance des sols
- Fondations
- Tranchées, talus, soutènements
- Terrassements
- Réseaux, galeries techniques
- Travaux sans tranchées
- Tunnels
- Ouvrages de génie civil et leurs équipements
- Travaux maritimes et fluviaux
- Travaux d'aéroports
- Travaux de voies ferrées
- Travaux électriques
- Routes
- Travaux on/offshore
- Démolition
- Travaux divers
- Sécurité du travail
- Gestion de la qualité
- Mesure
- Entretien - Maintenance
- Exploitation
- Formation

Cible visiteurs

- Maîtres d'ouvrage :
 - Etat
 - entreprises publiques
 - collectivités locales
 - maîtres d'ouvrage privés
- Entreprises :
 - générales
 - spécialisées
- Fournisseurs de matériaux/produits/procédés/matériels/équipements :
 - études et mesures
 - équipement de chantier
 - matériel de chantier spécifique à certaines technologies
 - matériaux (bétons, bois, acier, matériaux de synthèse...)
 - procédés (armatures, précontrainte, rénovation...)
 - automatismes, contrôle, courants faibles, commande à distance...
 - etc.
- Architectes - Urbanistes
- Ingénierie
- Bureaux de contrôle
- Laboratoires, centres techniques, centres de recherche, grandes écoles et universités
- Organismes et syndicats professionnels
- Presse spécialisée et grands médias

des technologies publics

Pierre Cormon



INGÉNIEUR ESTP
Directeur de TPtech

◆ le suivi de toutes ces évolutions devient, plus que jamais, un impératif pour tous les secteurs des travaux publics pour rester compétitif et pour se valoriser face à un monde en pleine mutation.

Il est donc compréhensible que, face à une information qui est abondante et très diversifiée et qui circule peu en dehors de petits noyaux de responsables de haut niveau ou de spécialistes, de nombreux professionnels (en particulier les ingénieurs et techniciens) s'interrogent sur les moyens sur lesquels ils peuvent s'appuyer pour obtenir ces nouvelles connaissances.

C'est la raison pour laquelle les organisateurs de TPtech se sont orientés vers une formule comprenant à la fois :

- ◆ un salon où ne seront présentés que des nouvelles solutions voire des innovations marquantes;
- ◆ un congrès regroupant 20 colloques thématiques destinés à faire le point synthétique de ce qu'il faut savoir sur un sujet ou un thème donné.

Ces colloques sont destinés aux professionnels généralistes, non spécialistes des domaines traités afin de leur donner en 1h30 l'essentiel de ce qu'il faut savoir.

Les intervenants, français ou étrangers ont été choisis en fonction, certes, de leurs compétences mais aussi de leur aptitude à faire le point synthétique de l'évolution d'une catégorie de technologie;

- ◆ des animations destinées à valoriser les innovations et à faciliter les rencontres entre professionnels; des concours de l'innovation et des stands "pôles de technologies" y contribueront.

En conséquence, tout professionnel pourra venir s'informer et réactualiser ses connaissances dans un temps le plus court possible.

■ LE CONGRÈS DE TPTECH

Il comprend 20 colloques thématiques destinés à informer les professionnels des grandes évolutions technologiques d'actualité.

Les intervenants sont des spécialistes, réputés, qui présenteront de façon synthétique pour des non spécialistes :

- ◆ l'état de l'art, l'état d'avancement des recherches;
- ◆ les nouvelles technologies et leurs conséquences pratiques pour les projets et travaux d'aujourd'hui;
- ◆ les aspects économique, social, environnemental et qualité;
- ◆ les conséquences des nouvelles réglementations;
- ◆ les perspectives d'évolution à court terme.

Chaque colloque dure 1h30. Le congrès est un parfait complément d'une visite du salon en matière d'information et de contacts précieux. Le congrès est bilingue français/anglais.

Il concerne :

- ◆ les ingénieurs et techniciens :
 - de conduite et de réalisation de travaux sur chantiers,
 - des services de conception,
 - des services d'exploitation et d'entretien/maintenance,
 - des directions commerciales,
 - des services travaux,
 - des services méthodes,
 - des directions scientifiques, techniques, R & D, des laboratoires, et des centres de recherche;

LE CONCOURS DE L'INNOVATION TPTECH

Placé sous l'égide du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, le concours de l'Innovation TPtech a pour objectif de mettre en valeur les technologies les plus innovantes du secteur des travaux publics, de récompenser et de promouvoir les innovations dans ce domaine.

Les nouvelles technologies et innovations présentées à ce concours peuvent porter sur :

- ◆ des produits (matériaux, ouvrages et éléments d'ouvrages, matériels spécifiques, équipements);
- ◆ des procédés ou des systèmes;
- ◆ des méthodes de conception et/ou de réalisations de logiciels, systèmes de communication, technologie de mise en œuvre...

Les produits sont sélectionnés par un jury composé de professionnels reconnus pour leurs compétences et représentatifs des différentes professions des travaux publics. Il délibère pour attribuer les trophées : médailles d'Or, d'Argent ou de Bronze. Des mentions spéciales pourront être décernées pour récompenser une action ou une démarche particulière. Pour concourir, les innovations doivent être exposées sur le Salon TPtech et apparues sur le marché français après le 1^{er} janvier 1999.

Les résultats seront proclamés le jour de l'ouverture du salon de façon à permettre à chaque exposant lauréat d'en faire état sur son stand et auprès de la presse spécialisée.

Le prix FNTF des chercheurs

A l'initiative de la FNTF, ce prix a pour objectif de rapprocher le monde universitaire des entreprises de travaux publics.

Doté de 100 000 F, il récompensera un ou plusieurs chercheurs pour les résultats d'une recherche directement applicable aux travaux publics et susceptible de contribuer à l'amélioration des performances et de la productivité.

L'objet de cette recherche pourra être relatif à la conception d'ouvrages ou aux procédés d'exécution.

Le jury, présidé par Yves Malier, aura la faculté de décerner un ou plusieurs prix selon l'intérêt des dossiers retenus.

Le ou les prix seront remis par Daniel Tardy, président de la FNTF, au cours d'une cérémonie le soir de l'ouverture du salon, le 14 mars 2001.



qu'ils soient :

- maîtres d'ouvrage,
- maîtres d'œuvre,
- entreprises,
- industriel fabricant ou fournisseur de produits et procédés,
- organisme technique ou professionnel ;

- ◆ les architectes ;
- ◆ les urbanistes ;
- ◆ les géomètres.

Mais aussi :

- ◆ les écoles d'ingénieurs et de techniciens ;
- ◆ les organismes de formation continue ;
- ◆ les médias.

COMITÉ DE PILOTAGE DU SALON

Prénom	Nom	Sté/Organisme	Fonction	Adresse	Tél.	Fax
Jacques	CORTADE		Ingénieur consultant	7 Chemin des Princes - 78590 NOISY LE ROI	01 30 80 42 23	01 30 80 42 23
Jean-Michel	ETIENNE	METL-DAEI	Sous-Dir. Bâtiment & TP	La Grande Arche - 92055 PARIS LA DEFENSE Cedex	01 40 81 26 45	01 40 81 26 55
Jean-Jacques	FRY	EDF	Ingénieur Direction de l'Equipement - Centre d'Ingénierie Hydraulique	Savoie Technolac - 73373 LE BOURGET DU LAC cedex	04 79 60 61 78	04 79 60 62 98
Philippe	GROSSE	AEROPORTS DE PARIS	Conducteur d'opérations Département Maîtrise d'ouvrage	BP 20102 - 95711 ROISSY CHARLES DE GAULLE Cedex	01 48 62 10 82	01 48 62 14 64
Bernard	HALPHEN	METL-DRAST	Chef mission Rech. et Innov. Génie Civil	Tour Pascal B - 92055 PARIS LA DEFENSE Cedex	01 40 81 26 32	01 40 81 27 31
Jean-Yves	L'HOSTIS	USINOR	Délégué Régional - Ile-de-France Val de Seine	DDC - 173/179 Bld. Félix Faure - 93532 AUBERVILLIERS Cedex	01 41 25 55 29	01 41 25 61 70
Philippe	LACOSTE	PONT A MOUSSON	Dir. de la Communication	91 av. de la Libération - 54000 NANCY	03 83 95 20 00	03 83 95 27 57
Christian	LACROIX	FREYSSINET INTERNATIONAL	Directeur Adjoint	10 rue Paul Dautier - 78140 VELIZY	01 30 13 91 91	01 34 61 65 47
Jean-Pierre	NEGRE	METL - Direction des Routes	Chef mission des Services - Techn. et des Services décentralisés	La Grande Arche - 92055 PARIS LA DEFENSE Cedex	01 40 81 14 91	01 40 81 19 30
Jean-Pierre	PRONOST	RFF/AFTES	D.G. délégué	Tour Pascal A - 6 Place des Degrés - 92045 PARIS LA DEFENSE cedex 7	01 46 96 90 10	01 46 96 90 76
François	REDRON	LAFARGE	Dir. Marketing Branche Béton	61 rue des Belles Feuilles - 75016 PARIS	01 49 11 44 00	01 44 34 12 08
Michael	TEMENIDES	CIMBETON	D.G.	7 Place de la Défense - La Défense 4	01 55 23 01 01	01 55 23 01 10
François	VAHL	FNTF	Président Commission Technique	3 rue de Berri - 75008 PARIS	01 44 13 31 83	01 44 13 32 73
Marc	WASTIAUX	CAMPENON BERNARD SGE	Dir. Scientifique	5 Cours Ferdinand de Lesseps - 92851 RUEIL MALMAISON Cedex	01 47 16 35 64	01 47 16 33 67

COMITÉ SCIENTIFIQUE DU CONGRÈS

Prénom	Nom	Organisme	Fonction	Téléphone	Adresse
Paul	ACKER	LAFARGE Centre Technique			L'Isle d'Abeau – Parc des Chesnes - 95 rue du Montmurier - BP 15 - 38291 St. Quentin Fallavier cedex
Jacques	AUNIS	SAPRR/FABAC	Dir. Technique	03 80 77 69 50	36 rue du Docteur Schmitt - 21850 St. Apollinaire
Jean-Michel	BERGUE	DRAST	Dir. Du Projet National RERAU	01 40 81 15 83	Tour Pascal B - 92055 La Défense Cedex
Jacques	BROZETTI	CTICM	Dir. Technique	01 30 85 25 00	Domaine de St Paul - 78470 St Rémy les Chevreuse
Marcel	CHEYREZY	BOUYGUES CONSTRUCTION	Dir. Scientifique	01 30 60 54 55	Challenger - 1 Av Eugène Freyssinet - 78061 St. Quentin en Yvelines Cedex
J.P.	CHRISTORY	L. R. O. P	Adj. Au Directeur	01 34 82 12 34	12 rue Teisserenc-de-Bord – 78190 Trappes
Jacques	CORTADE		Ingénieur Consultant	01 30 80 42 23	7 Chemin des Princes - 78590 Noisy le Roi
Jean-François	COSTE	CGPC/AIPCR	Secrétaire Général	01 47 96 81 21	Arche de la Défense - 92055 La Défense Cedex
Louis	DEMILECAMPS	DUMEZ GTM	Dir. Technique TP	01 41 91 45 59	61 Av. J. Quentin - BP 326 - 92003 Nanterre Cedex
Bernard	HALPHEN	METL – DRAST	Chef de la Mission Rech. Et Innov. En Génie Civil	01 40 81 29 42	Tour Pascal B - 92055 La Défense Cedex
Pierre	JAUGEY	CALCIA	Dir. Rech. Et Dév.	01 34 77 76 63	Les Technodes - BP 01 - 78931 Guerville Cedex
Yann	LEBLAIS	SIMECSOL	Dir. Général	01 46 23 78 50	18 rue Troyon - 92316 SEVRES cedex
Yves	MALIER	EFB	Président	03 85 53 92 71	c/o CIMBETON, 7 Pl. de la Défense - 92974 La Defense Cedex
Olivier	PIRON	METL – PUCA	Secrétaire Permanent	01 40 81 21 22	Arche de la Défense – Paroi Sud - 92055 La Défense Cedex
Patrick	AYGOBERE	F. F. E. E. .		01 44 05 84 14	5 rue Hamelin – 75116 Paris
Pierre	SCHMELTZ	METL - Direction des Routes	Chargé mission Environnement	01 40 81 13 58	La Grande Arche - 92055 Paris La Defense cedex
Henri	THONIER	FNTP/IREX	Dir. Technique	01 44 13 31 80	3 rue de Berri - 75008 Paris
Marc	WASTIAUX	CAMPENON BERNARD SGE	Dir. Scientifique	01 47 16 35 64	5 Cours Ferdinand de Lesseps - 92851 Rueil Malmaison Cedex

PROGRAMME DU CONGRÈS TPTECH 2001

<p>Module 1 Grands ouvrages : les nouvelles technologies et les ponts Président : Michel Virlogeux Président FIB (Fédération Internationale du Béton)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pont TGV d'Avignon : 1^{er} pont ferroviaire à voussoirs pré-fabriqués • Ames plissées : solution d'avenir des ponts mixtes ? • Viaduc de Chavanon, une nouvelle méthode de lancement de tablier • Ouvrages en bois 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruno Radiguet (Bouygues TP) • Alain Capra (Campenon Bernard) • Bernard Tiran (Dumez GTM) • Patrice Duple (Entreprise Fargeot)
<p>Module 2 Grands ouvrages, nouvelles technologies : aéro-gares, tunnels, ponts métalliques, chaussées Président : Jean-Pierre Pronost Président AFTES (Association Française des Travaux en Souterrain)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Une des plus grandes surface aéroportuaire du monde : le nouvel aéroport du Centre Est de la Tunisie • SOCATOP : un tunnelier avec ses différents modes de confinement • Ponts du TGV Sud-Est : la technique au service de la qualité • Les coques de l'aérogare Roissy 2F. Transfert de charges piloté par ordinateur 	<ul style="list-style-type: none"> • Pierre-Michel Delpeuch (ADP) • Pierre Boutigny (SOCATOP) • Philippe Ramondenc (SNCF) • Laurent Leblond (Spie Batignoles TPCI)
<p>Module 3 Réparation, diagnostic, entretien des structures : les dernières avancées. Président : Philippe de Pins Président STRRES (Syndicat National des Entrepreneurs Spécialistes de Travaux de Réparation et Renforcement de Structures)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mise aux normes parasismiques du central téléphonique de Nice "Berlioz"; bâtiment en service de 4 000 m² • IQOA (Image de la qualité des ouvrages d'art) : une base de données au service du suivi de l'état des ouvrages d'art • Réparation : dernières avancées • Protection des armatures du béton : anode sacrificielle Galvashield 	<ul style="list-style-type: none"> • Antar Hadj Hamou (EEG Simecsol Méditerranée) • Christian Binet (METL) • Christian Tourneur (Freysinet) • Richard Guerin (Fosroc)
<p>Module 4 Evolution des matériaux et de leurs performances : composites, enrobés routiers, BUHP : les nouveautés. Président : Jacques Roudier (directeur général du LCPC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Les applications des matériaux composites à matrice organique en génie civil • Les bétons bitumineux à froid : de nouvelles possibilités pour la route • De nouveaux composites cimentaires : les bétons à ultra haute performance • Application des matériaux composites dans les marchés de l'eau et de l'assainissement 	<ul style="list-style-type: none"> • Patrice Hamelin (L2M Université de Lyon) • Bernard Heritier (Appia) • Paul Acker (Lafarge) • Jean-Marie Joussin (HOBAS France)
<p>Module 5 Evolution des matériaux et de leurs performances : • les aciers et la conception des ouvrages, • des bétons spécifiques pour chaque utilisation. Présidents : Roger Lacroix et Jacques Brozzetti</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evolution du matériau acier : nouveaux matériaux, nouveaux produits • Récents développements dans les ponts métalliques et mixtes • Des bétons pluriels à l'analyse système de la construction • La peau des bétons : maîtriser sa qualité 	<ul style="list-style-type: none"> • Bernard Creton (BNS) • Patrick Le Pense (CTICM) • Yves Malier (Ecole Normale Supérieure de Cachan) • Jean-Marie Geoffroy (PN CALIBE)
<p>Module 6 Route : l'apport des nouvelles technologies en Exploitation, Gestion, Sécurité. Président : Patrick Gandil (METL - Directeur des Routes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SIRIUS : une aide à l'usager pour ses déplacements sur les autoroutes d'IDF • Interaction véhicule-conducteur : conséquences sur la conception de la route de demain • Gestion, sécurité des tunnels de l'A 86 Ouest • Le bois dans les équipements routiers 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérard Sauzet (DREIF : SIER) • Jean-Marc Blosseville (LCPC) • Pierre-Yves Texier (LCPC) • Michel Barfety (Cofiroute) • Dominique Millereux (Féd. de l'Industrie du Bois)
<p>Module 7 Route : nouvelles structures, ressources en matériaux, recyclage Président : Jean-François Corte (Directeur technique Pôle Chaussées LCPC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Chaussées composites et nouvelles applications du ciment dans la route • MASHROAD, programme européen de valorisation des mâchefers d'incinération • Le béton de démolition : des granulats de recyclage pour la route • Recyclage des matériaux routiers et de déconstruction 	<ul style="list-style-type: none"> • De Larrard (LCPC) • Vincent Basuyau (Yprema) (EC-RTD)¹ • Christophe Jozon (EJL) • Jean-Pierre Marchand (Eurovia)
<p>Module 8 Insertion des ouvrages dans leur environnement : un souci constant et de nouvelles possibilités. Président : Pierre Schmeltz METL - Direction des Routes Chargé de mission Environnement</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Etude d'insertion de l'autoroute A43 en Maurienne • Bétons autonettoyants à base de matériau cimentaire à effet photocatalytique • Comment réhabiliter un paysage après l'exploitation d'une carrière • EPSIBEL : un nouveau concept de chaussée silencieuse 	<ul style="list-style-type: none"> • Michel Levy (SETEC-TPI) • Pierre Colombet (CTG - Italcementi Group) • Hervé Thille (ORSA Granulats Service) • Jean Pierre Antoine (Appia)
<p>Module 9 Réduction des nuisances, protection de l'environnement et amélioration de la sécurité de l'acte de construire. Président : Marcel Cheyrey (Bouygues Construction)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bétons autoplaçants : niveau sonore diminué et conditions de travail améliorées • Chaux sans poussière et traitement des sols : une liaison durable et sans nuages. • Réduction des nuisances sonores et des vibrations sur les chantiers de minage urbains • Traitement d'eau des centrales à béton prêt à l'emploi 	<ul style="list-style-type: none"> • Michel Guerin (PN BAP) • Daniel Puiatti (Lhoist France) • Thierry Bernard (Delta CAPS International) • Christian Beranger (RMC - Bétons de France)
<p>Module 10 Cycle de vie des ouvrages, coût global : une prise en compte dès la conception. Président : Bernard Halphen (METL DRAST)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • De l'hydraulique au nucléaire : la maîtrise de la durée de vie des ouvrages nécessite des modélisations numériques avancées • Projet national Chronos : une étude de l'état des ouvrages • Travaux sans tranchée et coût global • Prévion du cycle de vie : l'exemple du pont Vasco de Gama sur le Tage 	<ul style="list-style-type: none"> • Jean-Raymond Levesque (EDF - Divison R & D) • Bernard Fargeot (P.N. Chronos) • Michel Mermet (FSTT) • Marc Wastiaux (Campenon Bernard)

1 - EC RTD : Intervention dans le cadre des programmes de recherche et développement de la Communauté européenne

Module 11 Technologie et Aménagement Urbain Président : Jean-Paul Dumontier (CERTU)	<ul style="list-style-type: none"> • L'espace souterrain au service de la Ville • Chaussées poreuses urbaines : une contribution active pour un meilleur environnement • Télécommunications et développement urbain • La signalisation et sa perception par l'utilisateur 	<ul style="list-style-type: none"> • Pierre Duffaut (Espace Souterrain) • Jean-Pierre Christory (LROP) • Jacques Balme (CERTU) • Eric Forestier (Communauté Urbaine de Lille)
Module 12 Les TP et le e-business Président : François Vahl (FNTP)	<ul style="list-style-type: none"> • E-commerce pour les produits sidérurgiques • Echanges commerciaux pour les TP sur Internet • La liaison entre gestion de projet et e-commerce dans les travaux publics • Un musée virtuel pour les TP 	<ul style="list-style-type: none"> • Bertrand Lemoine (Usinor) • Patrice Colomb (eu.supply.com) • Patrice Morard (constructeo.com) • Jean-Pierre Maillant (Asco TP) • Jean-Armand Calgaro (SETRA, Eurocodes 0 et 1)
Module 13 Enjeux de la Normalisation Européenne. Président : Jean Moreau de Saint Martin (Président de la Commission Française de coordination des Eurocodes)	<ul style="list-style-type: none"> • Eurocodes : leur avenir et leurs conséquences • Information sur les caractéristiques environnementales des produits de construction • Directive produits de construction et marquage CE • Normalisation européenne des matériaux de chaussées 	<ul style="list-style-type: none"> • Jean-Luc Renevier (AFNOR) • Michel Valles (CERIB) • François Verhee (USIRF)
Module 14 Les réseaux neufs en ville : derniers progrès, nouvelles solutions Président : Michel Audoin Délégué général de la FSTT (Fédération des Travaux Sans Tranchées)	<ul style="list-style-type: none"> • Les derniers progrès dans le guidage des forages dirigés • L'ovamètre, nouvel outil pour la réception des canalisations • L'innovation dans le concept des galeries multiréseaux • Eaux usées : pourquoi les transporter sous vide ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Michel Audouin (FSTT) • Dominique Feldmann (Seford) • Olivier Thepot (SAGEP/MAC) • Michel Gerard (P.N. Clé de Sol) • Jean-Pierre Regnier (Barriquand)
Module 15 Gestion et Réhabilitation des réseaux d'eau et d'assainissement. Président : Jean-Michel Bergue (METL – DRAST)	<ul style="list-style-type: none"> • Innovation dans les logiciels d'exploitation pour la gestion en temps réel des données des réseaux d'assainissement • Réhabilitation par voie interne des branchements et raccordements des réseaux d'assainissement • Le remplacement des branchements d'eau en plomb sans tranchée • Le remblayage des tranchées : nouvelles techniques et nouveaux matériaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Olivier Pegon (iMEDIA) • Alain Renaud (TDR) • Guy Lehman (Sade) • Pierre Vuillemin (Orsa Betons)
Module 16 Les sols et leur amélioration. Président : Yann Leblais (Président Commission technique de l'AFTES)	<ul style="list-style-type: none"> • Sols mixés • Renforcement des sols et risque sismique. Vibrocompactage d'un remblai réalisé sous plus de 20 m d'eau • Renforcement des sols en place : Projets nationaux dans les soutènements et les fondations 	<ul style="list-style-type: none"> • Jean-Marie Cognon (Menard Sol Traitement) • André Kretz (Soletanche Bachy) • Jacques Robert (EEG Simecsol) • François Schlosser (Cermes-ENPC)
Module 17 Pollution des sols : Diagnostic, traitement, coût. Président : Henri Molleron P.-D.G. Colas Environnement Recyclage	<ul style="list-style-type: none"> • Dépollution des sols du Stade de France • Diagnostic environnemental et analyse des risques pour un terrain de phosphogypse en zone karstique • Confinement des sols pollués • Méthode de gestion des sols pollués 	<ul style="list-style-type: none"> • Jean-Marie Cognon (Menard Sol Traitement) • Alain Guilloux (Terrasol) • Annette Esnault (Soletanche Bachy) • Dominique Darmendrail (BRGM)
Module 18 TP et Informatique avancée. Président : Louis Demilecamps (GTM Construction)	<ul style="list-style-type: none"> • Simulation numérique d'un aménagement routier • Un code de calcul par éléments finis dédié au génie civil : CESAR-LCPC • Intégration calcul-dessin : un nouveau challenge pour le génie civil • Gestion des données de mesure : l'apport d'Internet 	<ul style="list-style-type: none"> • Michel Ray (Scetauroute) • Patricia Martel (ITECH) • Michel Cazenave (Graitec) • Frédéric Richard (EEG Simecsol)
Module 19 Filière électrique et circulation de l'information : des nouveautés. Président : Gilles Paris (Mercadium France)	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en lumière du patrimoine : nouveautés dans les sources et dans la conception • Circulation de l'information 	<ul style="list-style-type: none"> • Philippe Tetart (Ville de Reims) • Bernard Basile (Advitam)
Module 20 Utilisation des nouvelles technologies de l'information, des mesures et de leur transmission Président : Michel Deguine (Bouygues SA)	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation du GPS en terrassement • Mise en réseau Ingénierie Chantier • <i>Active Control in Civil Engineering</i> : Amortissement des structures par vérins pilotés • Instrumentation en génie civil : aujourd'hui et demain 	<ul style="list-style-type: none"> • Gaëtan Hintzy (Dumez GTM) • Alain Maury (Ingerop) • Claude Dumoulin (Bouygues TP) (EC RTD) • Bernard Pincet (EEG Simecsol)

La recherche européenne

Le 5^e Programme Cadre et Développement (PCRD)

■ PRÉSENTATION GÉNÉRALE

L'Union européenne consacre depuis plus de vingt ans une part du budget communautaire à la mise en œuvre d'une politique commune de recherche, dans le cadre de programmes cadre portant sur des périodes de plusieurs années. Au début de 2001, on est à mi-chemin de l'exécution du 5^e Programme cadre de Recherche et Développement (le 5^e PCRD), commencé en 1998 et qui durera jusqu'en 2002. On est aussi au début de la réflexion pour la préparation des principes d'organisation et des thèmes pour la période suivante.

Le 5^e PCRD comporte quatre activités : la première – la plus lourde sur le plan des crédits engagés (environ 11 milliards d'euros, sur un total de 15 ; les autres concernent l'international, l'aide à l'innovation et aux PME, et le potentiel humain) – consiste à prendre en charge une partie des frais de recherche et/ou d'actions de démonstration correspondant à des propositions reçues puis sélectionnées par la Commission de Bruxelles. Ces propositions doivent répondre aux objectifs définis au préalable (en fait, dans les documents constitutifs du PCRD) dans des programmes thématiques, qui sont au nombre de quatre :

1. **Qualité de la vie et sciences du vivant**
2. **Société de l'information conviviale**
3. **Croissance compétitive et durable**

4. Energie, environnement et développement durable.

Chacun de ces programmes thématiques est lui-même organisé en plusieurs **actions-clé**, qui définissent des thèmes distincts (exemple : l'action clé n°4 du programme "Energie, environnement et développement durable" est consacrée à la ville et au patrimoine culturel), et comprend également une partie relative aux activités de recherche à caractère générique, et une activité de soutien aux infrastructures de recherche.

On trouvera en annexe une définition plus précise de ces diverses notions, sous forme d'extraits d'un glossaire qui figure dans le programme de travail du programme "Croissance compétitive et durable", édition décembre 2000.

Le BTP ne fait l'objet ni d'un programme, ni même d'une action clé spécifique : les recherches qui le concernent sont donc à proposer après étude attentive de l'ensemble des thèmes présentés dans les diverses actions-clé. En pratique, les thèmes concernés sont surtout ceux des programmes spécifiques 3 "Croissance" et 4 "Energie, environnement et développement durable", et on verra plus loin quelles sont les actions-clé – ou parties d'action clé – qui y offrent les plus nettes opportunités. Mais même les deux autres programmes spécifiques peuvent offrir des possibilités, puisque le génie civil et la construction en général peuvent traiter du vivant et que par ailleurs ils utilisent déjà efficacement les nouvelles techniques de communication.

Tableau I
5^e PCRD - Programme thématique "Energie, Environnement et Développement durable"
Partie A : Environnement et développement durable.

Les thèmes de l'action clé n° 4 "Ville de demain et patrimoine culturel" et l'appel à propositions du 15 novembre 2000

5th PCRD – Theme programme on "Energy, Environment and Sustainable Development".
Part A : Environment and sustainable development.

The themes of Key Action No. 4
"Tomorrow's town and cultural heritage"
and call for proposals (15 November 2000)

Date limite pour la remise
des propositions

4.1	Aménagement durable des villes et gestion rationnelle des ressources.		
4.1.1	Amélioration de la gouvernance urbaine et de la prise de décision.	15/02/01	
4.1.2	Amélioration de la qualité de vie urbaine.		15/10/01
4.1.3	Développement économique, compétitivité et création d'emplois dans les centres villes et les quartiers.	15/02/01	15/10/01
4.2	Protection, préservation et mise en valeur du patrimoine culturel européen.		
4.2.1	Une meilleure évaluation des dommages causés au patrimoine culturel.	15/02/01	
4.2.2	Développement de stratégies innovantes de préservation.	15/02/01	15/10/01
4.2.3	Une meilleure intégration du patrimoine culturel dans le contexte urbain.		15/10/01
4.3	Développement et démonstration de technologies pour la préservation, la réhabilitation, la rénovation, la construction, le démantèlement et la démolition sûrs, économiques, propres, efficaces et durables du milieu bâti, en particulier pour les grands complexes immobiliers.		
4.3.1	Construction et reconstruction durables des grands ensembles immobiliers et des infrastructures urbaines.		15/10/01
4.3.2	Un usage optimal du sol urbain et la réhabilitation des friches.	15/02/01	
4.4	Evaluation comparative et mise en œuvre rentable de stratégies pour des systèmes de transport durables en environnement urbain.		
4.4.1	Approches stratégiques et méthodologies pour un aménagement urbain favorable au transport urbain durable.	15/02/01	
4.4.2	Evaluation et démonstration comparatives de nouvelles formes de transport et des infrastructures correspondantes.	15/02/01	

■ L'ORGANISATION À BRUXELLES

C'est la direction générale "Recherche" de la Commission qui met en œuvre les décisions prises par la Communauté européenne en matière de recherche. Cette direction générale est organisée en plusieurs directions : on a en particulier une direction compétente pour le programme "Croissance" (Croissance compétitive et durable), et une autre pour "Energie, environnement et développement durable" (EESD). A son tour, chacune de ces directions est composée d'unités qui gèrent chacune tout ce qui se rapporte à une action clé.

Par exemple l'unité D1-4¹ s'occupe de l'action clé n° 4 "Ville de demain et patrimoine culturel"; diri-

1 - L'organigramme de la direction générale Recherche a récemment changé. C'est maintenant la Direction I "Préservation de l'écosystème : actions de recherche pour l'environnement", et l'unité dirigée par David Miles a maintenant le numéro 5.



de Recherche

gée par un anglais, David Miles, elle comprend cinq collaborateurs, dont un expert français détaché (Thierry Prost, auparavant en poste à l'Institut du génie urbain de Lyon - Tél. : + 322 295 07 90 - thierry.prost@cec.eu.int). L'unité prépare la mise en œuvre de l'action clé, c'est-à-dire rédige les documents décrivant les appels à propositions correspondants, elle organise ensuite le processus d'évaluation des propositions reçues, puis la publication des résultats, enfin assure le suivi du déroulement des travaux de recherche sélectionnés. Tout ceci représente une activité importante, mais n'empêche pas D. Miles et ses collaborateurs d'être relativement disponibles pour répondre à des questions, d'organiser des séances d'information sur les résultats des appels à propositions, au cours desquelles ils donnent des conseils pour permettre d'améliorer les résultats lors d'appels ultérieurs.

Le site Web "Cordis" (<http://www.cordis.lu/fp5/>) créé par la Commission est un outil puissant d'information pour ceux qui veulent s'informer au jour le jour : par exemple, dès le 15 novembre dernier, on y trouvait le texte de l'appel à propositions lancé ce jour-là pour l'ensemble de la partie "A" (Environnement et développement durable) du programme EESD : les dates limites pour la remise des propositions, les thèmes sur lesquels les propositions étaient attendues; la description du contenu de ces thèmes pour chaque action clé (cette description en détail ayant été légèrement modifiée par rapport au texte qui avait cours pour les deux premiers appels à propositions, lancés respectivement en mars et en novembre 1999).

Le tableau I donne par exemple les dates relatives aux divers thèmes de l'action clé "Ville de demain et patrimoine culturel".

On trouve également sur Cordis, dans toutes les langues officielles de la Communauté, le texte du "Guide des proposant", et celui du manuel décrivant le processus d'évaluation des propositions (à comprendre ici au sens de la sélection, basée bien entendu sur la valeur de chacune, appréciée selon des critères précis, publics, et dont les candidats ont tout intérêt à connaître le détail pour montrer ensuite, par la clarté et la précision du texte, la qualité de leur proposition).

Le tableau II donne par exemple le sommaire du manuel sur l'évaluation.

A Bruxelles toujours, on trouve le CLORA (Club des organismes de recherche associés, 47 rue Montoyer B - 1000 Bruxelles. Tél. : + 32 2 506 88 64), bureau créé par le groupement des organismes

français de recherche publique pour faciliter les contacts avec la Commission sur tous les sujets liés à la recherche.

Au sein de ce bureau, Michel Billotte représente le réseau scientifique et technique du ministère de l'Équipement (Tél. : + 322 506 88 74 - billotte@clora.net).

■ L'ORGANISATION EN FRANCE

Le ministère de la Recherche prépare les positions françaises sur le fonctionnement de l'ensemble du système, et naturellement aussi sur son évolution; il le fait en consultant les ministères techniques, les organismes publics de recherche, et les milieux professionnels concernés.

Pour chaque programme thématique, il a mis sur pied un Groupe technique national (GTN) formé de représentants de ces diverses parties prenantes : pour la partie "A" d'EESD par exemple, Bertrand Soyez (de la mission Génie civil de la DRAST) représente le ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (B. Soyez fait également partie – il y a succédé fin 2000 à H. Abel-Michel – de la délégation française au sein du Comité de gestion du programme); y participent aussi notamment le

Tableau II
Table des matières du Manuel
de procédures
pour l'évaluation des propositions
Contents of Manual of Proposal
Evaluation Procedures

• Résumé des étapes intervenant dans le processus d'évaluation des propositions et de sélection des projets

- Examen des pré-propositions
- Pré-inscription
- Réception des propositions
- Contrôle administratif de l'éligibilité
- Experts chargés de l'évaluation
- Critères d'évaluation
- Notation des propositions
- Observateurs indépendants
- Examen final, classement des propositions et décision de rejet
- Préparation et finalisation du contrat
- Rédaction des rapports

Annexes :

- A - Examen des pré-propositions – Communication des résultats
- B - Mesures spécifiques aux PME
- C - Cadre de mission et code de bonne conduite pour les experts évaluateurs
- D - Déclaration relative aux conflits d'intérêt
- E - Rôle des services de la Commission dans les évaluations
- F - Cadre de mission des observateurs indépendants de l'évaluation
- G - Modèle de rapport de synthèse d'évaluation
- H - "Qualité de la vie et gestion des ressources du vivant"
- I - "Société de l'information conviviale"
- J - "Croissance compétitive et durable"
- K - "Énergie, environnement et développement durable"

► CSTB (Luc Bourdeau), le ministère chargé de l'environnement (Odile Hanappe), Météo-France (Gilles Sommeria), le Cemagref, l'Ifremer, l'Ademe.

En qualité de "point de contact" pour la composante urbaine de l'action clé "Ville de demain et patrimoine culturel", l'une des quatre actions-clé de la partie "Environnement et développement durable" du programme EESD, je participe également aux réunions de ce "GTN environnement et développement durable". La Commission de Bruxelles a en effet souhaité, au moment du lancement du 5^e PCRD, que dans chaque pays un organisme soit désigné pour jouer le rôle de "Point de contact national", chargé de diffuser l'information et de promouvoir des actions émergeant au PCRD : pour EESD, c'est l'Ademe qui a été choisie (contact : François Gréaume et Céline Phillips), et qui s'est adjointe des points de contact "secondaires" pour chacune des quatre actions-clé qui composent le sous-programme.

Pour l'action clé "Ville de demain et patrimoine culturel", Astrid Brandt-Grau, du ministère de la Culture et de la Communication, et moi-même (pour le compte de la DRAST du METL) sommes ainsi chargés – chacun pour ce qui nous concerne : le patrimoine culturel d'un côté, la ville de demain de l'autre – de fournir de l'information et des conseils sur tout ce qui touche l'action clé : le contenu des appels à propositions, les délais à respecter, l'analyse des résultats, etc. Nous avons créé récemment un site Internet dans ce but, dont l'adresse (provisoire) est :

<http://3ct.com/ville-de-demain-et-patrimoine-culturel>

Comme indiqué plus haut, les personnes ou organismes intéressés peuvent aussi rechercher des renseignements directement à la source, c'est-à-dire sur le site Internet spécialisé ("c'est sur Cordis") créé par Bruxelles. On trouvera ci-dessous quelques adresses plus précises à l'intérieur du site Cordis, pour aller sur tel ou tel programme spécifique, s'informer sur les modalités de l'évaluation, sur la recherche de partenaires pour consulter (ou "charger" sur son ordinateur) le "Guide du proposant" ou le contenu thématique – le *work program* – d'un programme ou d'une action clé particulière à l'intérieur d'un programme :

- ◆ pour le programme EESD en général :
<http://www.cordis.lu/eesd>
- ◆ pour le récent appel à propositions sur la partie "A" d'EESD :
http://www.cordis.lu/eesd/calls/a_200001.htm
- ◆ pour le programme Growth :
<http://www.cordis.lu/growth/src/overview.htm>
- ◆ pour rechercher des partenaires :
<http://www.cordis.lu/fp5/src/eoi.htm>
- ◆ pour une information française sur EESD :
<http://www.ademe.fr/5pcrd>

Pour le programme thématique "Croissance compétitive et emploi", qui avec EESD est celui qui intéresse le plus le secteur du BTP, le rôle de point de contact national est joué par l'ANRT (Agence nationale pour la recherche technologique - Service Europe : 01 55 35 25 70 - Fax : 01 5535 2555 europe@anrt.asso.fr). L'ANRT publie un bulletin d'informations sur le programme et plus généralement sur le PCRD.

A signaler aussi :

- ◆ la revue hebdomadaire (gratuite celle-là) éditée par la Commission, *Cordis-focus*, que l'on peut se procurer (en français, anglais, italien, espagnol ou allemand), en s'adressant à la DG Entreprises (Fax : + 352 4301 32084 / innovation@cec.eu.int);
- ◆ le numéro spécial sur la recherche technique et l'innovation *Technique 5* (16 octobre 2000) établi par la direction des affaires techniques de la FNTP à l'attention de ses adhérents : il contient notamment des informations condensées sur la recherche européenne.

■ LES THÈMES QUI INTÉRESSENT LE BTP

Dans l'action clé "Ville de demain et patrimoine culturel"

Si l'on examine à nouveau le tableau I, qui donne les titres des différents thèmes de l'action clé (en même temps que les dates limites pour la remise des propositions de recherche appelées par le plus récent appel à propositions, lancé le 15 novembre dernier par Bruxelles), on constatera que c'est le thème 4.3 "Construction et reconstruction en zone urbaine" qui est le plus susceptible d'offrir des possibilités de recherche aux acteurs – entreprises, bureaux d'études ou maîtres d'ouvrage – du BTP; mais les autres thèmes peuvent aussi fournir matière à des propositions de recherche du BTP : le thème 4.1.2 sur l'amélioration de la qualité de la vie urbaine, le thème 4.2.2 sur des stratégies innovantes de préservation de patrimoine, le thème 4.4.2 qui traite de nouvelles formes de transport urbain et des infrastructures correspondantes.

Bien entendu, la lecture de ces titres n'est pas suffisante : il faut aussi lire attentivement le descriptif de ces thèmes pour bien comprendre le champ des recherches possibles, et dans quel esprit la Commission de Bruxelles souhaite que les propositions soient montées. Pour le 5^e PCRD, l'approche générale imposée est clairement :

- ◆ la recherche doit viser à résoudre des problèmes qui se posent effectivement (*problem solving approach*);
- ◆ elle doit faire participer les intéressés et autres parties prenantes (*stakeholders*).

Dans "Croissance compétitive et durable"...

... ou, en plus court, "Croissance", (en anglais *Growth*), c'est certainement l'action clé n° 1 "Produits, processus et organisation innovants" qui intéresse le plus le BTP. Une particularité de cette action clé est que les propositions doivent s'inscrire obligatoirement dans au moins une des cinq actions de recherche ciblées (ARC), qui "définissent les priorités de RDT sur lesquelles il importe d'orienter et d'intégrer la RDT à l'intérieur des domaines de recherche, et pour lesquelles il faut une approche intégrée axée sur la résolution des problèmes". Le tableau III donne les intitulés de ces cinq actions de recherche ciblées.

L'ARC Infrastructures est particulièrement intéressante pour le BTP. Voici comment la décrit le programme de travail de *Growth* :

Les bâtiments et les infrastructures jouent un rôle essentiel dans une croissance économique durable. Ils ont un effet très direct sur la production de richesses et la qualité de la vie dans l'UE. L'ARC vise à encourager l'innovation à long terme en ce qui concerne la conception, la construction, l'entretien, l'exploitation, la réhabilitation et la modernisation de ces produits industriels. Le but est de traiter, si possible d'une manière intégrée, les aspects relatifs à la qualité, à l'efficacité, à la sécurité, à la durabilité et à la fiabilité (...) Une attention particulière sera accordée à la mise en réseau des activités dans des domaines de haute valeur sociétale, tels que l'ingénierie antisismique, la lutte contre les incendies, l'ingénierie relative à la sécurité au travail, la rénovation, etc.

Cette ARC se concentre sur les activités de recherche à moyen/long terme, avec l'élaboration ou la démonstration de technologies concernant :

- ◆ les outils de conception, de modélisation et de simulation en vue d'assurer l'efficacité opérationnelle, la santé, la sécurité et la fiabilité de l'environnement construit, eu égard à une évaluation des dangers et des risques (identification, réduction, prévention, gestion), ainsi que l'incorporation de l'analyse du cycle de vie ;

- ◆ les processus de construction et de réhabilitation en vue d'une meilleure qualité sous l'angle de l'efficacité sur le plan des coûts et de la réduction des délais de livraison, des coûts d'entretien, de la consommation énergétique, de la pollution (notamment le bruit, les risques sanitaires et les accidents) ;

- ◆ le contrôle et l'entretien, pour assurer la sécurité et l'efficacité par des systèmes de gestion des installations et des systèmes automatisés en ligne, et par des inspections de la sécurité et de l'intégrité des installations, des mesures de performance ou de qualité.

Cette ARC couvre toutes les phases de la vie des constructions. Elle devra examiner les effets sur

ARC	Produits - services : produits-services, notamment systèmes miniaturisés, évolutifs, à valeur ajoutée et permettant d'économiser les ressources
ARC	Machines : nouvelle génération de machines, d'équipements de production et de systèmes de fabrication
ARC	Entreprise étendue : l'entreprise de fabrication étendue, fondée sur les connaissances
ARC	Usine moderne : priorité au consommateur, haute technologie, souplesse et vers une production sans déchets
ARC	Infrastructures : construction sûre, durable et efficace sur le plan des coûts

Tableau III
5^e PCR. Programme thématique "Croissance compétitive et durable".
Les cinq actions de recherche ciblées de l'action clé n° 1 "Produits, processus et organisations innovants"

5th PCR. Theme programme on "Competitive and sustainable growth".
The five research areas targeted by Key Action No. 1 "Innovative products, processes and organisations"

Thèmes de l'action-clé	Nombre de propositions reçues par la Commission (405 millions d'Euros)			Nombre de propositions retenues pour un financement (37 millions d'Euros)		
	Total	Nombre de propositions à participation française	%	Total	Nombre de propositions à participation française	%
4.1 Gestion durable des villes	130	40		15	5	
4.2 Patrimoine culturel	107	36		10	5	
4.3 Construction durable	31	13		4	2	
4.4 Transport durable	13	5		3	2	
Total	281	94		32	14	

les ressources, l'environnement et la société d'une façon générale. Il faudra prendre en considération la participation large des utilisateurs finals (sic) et des propriétaires aux activités de recherche.

■ QUELQUES DONNÉES STATISTIQUES

Pour se faire une idée de la réponse globale à un appel à propositions de Bruxelles, on trouvera dans le tableau IV des résultats quantitatifs globaux de l'appel à propositions n° 2 lancé en novembre 1999, dans le domaine de l'action clé "Ville de demain et patrimoine culturel" du programme thématique "Energie, environnement et développement durable".

■ VERS LE 6^e PCRD, ET L'ESPACE EUROPÉEN DE LA RECHERCHE

L'année 2000 a vu éclore, sous l'impulsion du nouveau Commissaire européen chargé du secteur de la recherche (M. Busquin), la notion d'espace eu-

Tableau IV
Programme EESD action clé "Ville de demain et patrimoine culturel".
Résultats du deuxième appel à propositions de recherche (novembre 1999 - mars 2000)
EESD programme - Key Action "Tomorrow's town and cultural heritage". Results of second call for research proposals (November 1999 - March 2000)

GLOSSAIRE

Action clé (AC)	Le cinquième Programme-cadre comprend des programmes spécifiques divisés en 19 actions clés (plus les activités de RTD des technologies génériques et le soutien aux infrastructures de recherche). Chaque action clé a ses propres objectifs, couvre les problèmes cruciaux et assure une approche intégrée axée sur la solution des problèmes. L'action clé cible des aspects économiques et sociaux variés et englobe normalement l'ensemble des disciplines et des activités (recherche fondamentale, recherche appliquée et générique, développement et démonstration).
Actions concertées	Actions visant à coordonner des projets de RDT déjà financés par les Etats membres.
Actions de recherche ciblée (ARC)	Concept de mise en œuvre du programme, qui vise à concentrer les activités de recherche autour de domaines stratégiques prioritaires d'une action clé.
Actions de RDT directes	Actions de recherche réalisées pour la Commission par le CCR.
Actions de RDT indirectes	Actions réalisées par des contractants extérieurs (toutes les actions du PC, sauf les actions directes du CCR).
Activités du Programme-cadre	Le Programme-cadre comporte quatre activités : (1) mise en œuvre de programmes de RDT, (2) promotion de la coopération en matière de RDT communautaire avec les pays tiers et les organisations internationales, (3) diffusion et optimisation des résultats des activités de RDT communautaires, (4) stimulation de la formation et de la mobilité des chercheurs dans la Communauté.
CCR	Centre commun de recherche de la Commission européenne (adresse Internet : http://www.jrc.org).
Groupes (clusters)	La formation de groupes est une approche de la mise en œuvre des programmes qui vise à réaliser et à maximiser une valeur ajoutée européenne dans un domaine donné. Un "cluster" est défini comme étant un groupe de projets de recherche complémentaires et ayant une synergie commune.
CORDIS	Community Research and Development Information Service : ce service d'information sur les activités de RDT communautaires comprend un site internet (http://www.cordis.lu/) qui informe sur la RDT communautaire, et des services d'information sur papier ou sur support électronique.
COST	Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique, instituée en 1971. Son champ d'action comporte actuellement deux types de projets : a) les projets d'actions concertées faisant partie intégrante d'un programme de R & D communautaire, ouverts, sur une base multilatérale, à la participation de pays tiers participant à la coopération COST, et b) les projets d'actions concertées qui ne font pas partie d'un programme communautaire, et qui sont proposés soit par les Etats qui sont membres de COST, soit par la Commission.
EEE : Espace économique européen	Traité signé le 2 mai 1992, réunissant les Etats membres de l'UE et les pays membres de l'AELE (sauf la Suisse) dans un seul espace économique en vue d'y assurer la libre circulation des marchandises et des services, ainsi que la coopération, notamment dans le domaine de la recherche. Les membres participent au Programme-cadre en qualité d'Etats associés.
EESD	Programme Energie, environnement et développement durable (adresse internet : http://www.cordis.lu/eesd/home.html)
IST	Programme sur les technologies pour la société de l'information (adresse internet : http://www.cordis.lu/ist/)
Plate-forme technologique (TP)	Concept de mise en œuvre des programmes, défini dans le programme de travail, qui vise à intégrer les technologies pour atteindre les objectifs stratégiques des actions clés. La plate-forme doit regrouper fabricants, fournisseurs, et autres parties intéressées en vue de développer et comparer des concepts industriels pour les véhicules, les systèmes ou les composants futurs, dont les fonctionnalités doivent être validées.
PME	Petites et moyennes entreprises. Définition commune pour la Commission : une PME compte au maximum 250 employés, réalise un chiffre d'affaires inférieur à 40 millions d'euros ou un résultat après bilan de moins de 27 millions d'euros, et est contrôlée à raison de moins de 25 % par une ou plusieurs entreprises non-PME – sauf pour les sociétés d'investissement et de capital-risque. Ni les organismes de recherche, ni les entreprises de conseil ne peuvent bénéficier des mesures spécifiques pour les PME.
Primes exploratoires pour PME	Soutien financier pour une durée maximale de 12 mois pour la phase exploratoire d'un projet de RDT éventuel.
Programme-cadre (PC)	Programme pluriannuel (généralement quinquennal) arrêté dans le cadre de la politique de RTD de l'UE et déterminant les priorités et les montants globaux à attribuer. Il est mis en œuvre à travers des programmes spécifiques correspondant aux quatre activités fixées par le traité.
Programme horizontal	Programme spécifique d'un Programme-cadre traitant un aspect de la recherche qui s'applique à tous les domaines de recherche, tel que la coopération internationale, l'innovation et la formation.
Programmes spécifiques	Programmes de RDT détaillés pour la mise en place du Programme-cadre. Ils fixent les domaines de RDT qui peuvent bénéficier d'un soutien et les budgets disponibles dans chaque cas. Voir aussi programmes thématiques et horizontaux.
Programme thématique	Programme spécifique du 5e PC couvrant un domaine de recherche particulier, mais large, tel que les sciences du vivant ou la société de l'information. La première activité du PC comprend quatre programmes thématiques, eux-mêmes divisés en un certain nombre d'actions clés, d'activités de RDT génériques sur les technologies et un soutien aux infrastructures de recherche.
Programme de travail	Description des objectifs et priorités de recherche nécessaires pour atteindre les objectifs stratégiques d'un programme spécifique.

ropéen de la recherche. Cette initiative, d'apparence anodine, se révèle en réalité féconde en changements, dont on verra les effets concrets dès le début de 2001. En effet, les Etats membres se sont en même temps rapidement mis d'accord sur un ensemble de mesures destinées à créer les conditions nécessaires à l'établissement de cet ERA (*European Research Area*) :

◆ **la mise en réseaux des programmes nationaux**
- soit par l'ouverture mutuelle des programmes par les Etats membres, avec le soutien de la Commission; c'est la "Méthode de coordination ouverte", promue par le Conseil de Lisbonne en mars 2000,

- soit par l'exécution coordonnée de programmes nationaux, avec participation de l'Union à des programmes de recherche entrepris par plusieurs Etats membres, prévue par l'article 169 du Traité;

◆ **la mise en réseaux de "capacités d'excellence"** par l'intermédiaire de "programmes communs d'activités", d'un ordre de grandeur de plusieurs dizaines de millions d'euros;

◆ **des grands projets de recherche orientée**

- menés sur certains aspects des thèmes prioritaires retenus, et d'un ordre de grandeur de plusieurs dizaines ou centaines de millions d'euros,
- exécutés par des consortiums d'entreprises, d'universités et de centres de recherche,
- avec engagement de résultats.

◆ **un appui accru aux efforts régionaux et nationaux de soutien à l'innovation technologique**, à la diffusion et l'exploitation des connaissances et des résultats, à la recherche pour et dans les PME, et à la création d'entreprises technologiques

- par des actions de "recherche collective" et de "recherche coopérative",

- par des actions en matière d'intelligence économique et technologique,

- par des appuis aux initiatives de mise en réseaux (de chercheurs, d'entrepreneurs, de financiers), à la création de *spin-off* dans les universités, au développement d'incubateurs d'entreprises technologiques;

◆ **un soutien accru et diversifié aux infrastructures de recherche d'intérêt européen**

◆ **un accroissement substantiel**

- du volume des bourses de mobilité pour les chercheurs,
- des soutiens à des équipes performantes,

- des soutiens à des projets de recherche "spéculative".

Les mesures ainsi décidées vont sans nul doute – surtout les trois premières – avoir une influence majeure sur la physionomie du 6^e PCRD, dont la préparation a déjà commencé activement depuis quelques mois, à la fois à la Commission et dans les Etats membres.

Les politiques publiques et l'innovation dans l'industrie de la construction

■ L'INNOVATION : UN DÉFI MAJEUR POUR L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION

Le rôle des gouvernements pour soutenir l'innovation et la compétitivité de l'industrie de la construction a fait récemment l'objet de grands débats et de consultations nationales dans plusieurs pays. Les approches et les programmes utilisés jusqu'à maintenant par les Etats pour promouvoir l'innovation dans la construction sont profondément remis en question. Ce secteur d'activité économique occupe une place très significative dans chaque pays (jusqu'à 12 à 15 % du PNB), mais plusieurs indicateurs économiques montrent qu'il est en péril, ou à tout le moins qu'il affiche de piètres résultats en comparaison aux autres secteurs économiques, que ce soit en terme de croissance, de productivité ou de profitabilité.

Toutes les enquêtes européennes ou de l'OCDE montrent que le secteur de la construction est loin derrière les autres industries en termes d'activités d'innovation ou de recherche et développement (R & D). Les dépenses en R & D se situent entre 0,01 % et 0,4 % de la valeur ajoutée en construction dans les pays de l'OCDE, en comparaison avec 2 à 3 % pour la moyenne de toutes les industries¹. Même si la R & D ne représente qu'une source possible d'innovation, plusieurs études ont démontré que les capacités d'une entreprise à innover ou à adopter de nouvelles innovations sont associés à sa capacité réceptrice définie par ses activités de R & D.

Une étude internationale récente auprès de 15 pays différents, d'Europe, d'Amérique du Nord et du Sud, du Japon, de l'Afrique du Sud et de l'Australie montre que les politiques publiques pour stimuler l'innovation dans la construction ont été, jusqu'à maintenant, d'une efficacité plutôt mitigée. Cette étude, qui s'est échelonnée sur près de trois ans, a été réalisée par un groupe de travail spécial du CIB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction. La publication des ré-

sultats sera rendue publique dans un livre dont la parution est attendue au printemps 2001.

Ce groupe de travail a tenté de comprendre comment l'innovation prend place dans l'industrie de la construction, quels en sont les facteurs moteurs et quelles sont les interventions publiques qui réussissent à stimuler l'innovation et la performance de l'industrie.

■ LE RÔLE DES GOUVERNEMENTS EN QUESTIONNEMENT

Contrairement aux hypothèses initiales, les approches et les tendances en matière de politiques publiques pour stimuler l'industrie de la construction ont plusieurs points en commun à travers le monde. En effet, malgré que le marché de cette industrie soit encore principalement domestique et que la culture et la tradition occupent une place importante dans la réalisation des travaux ainsi que dans la demande, le rôle des gouvernements évolue vers des approches communes. Les principales tendances sont les suivantes :

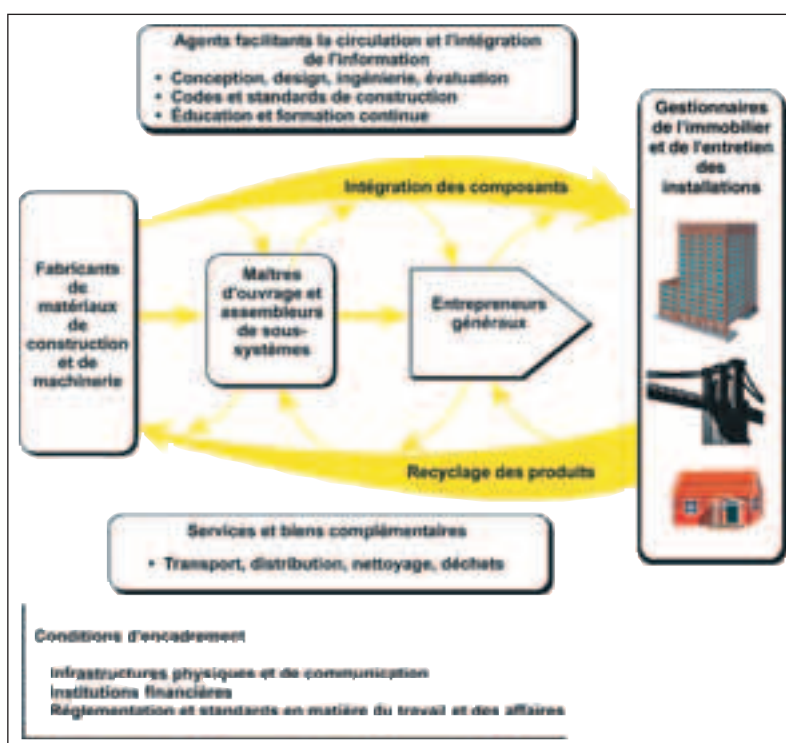
- ◆ le soutien d'initiatives pilotées par l'industrie et qui favorise l'identification d'objectifs à long terme et la coopération entre les entreprises. Parmi les exemples les plus connus, on trouve les objectifs nationaux de la construction aux États-Unis, les grandes études de veille technologique et d'identification de priorités en construction en Angleterre, la création de grandes alliances industrielles ou de programmes dirigés par l'industrie au Chili, en Australie et au Japon. Les pays scandinaves ont depuis déjà plusieurs années des mécanismes formels de consultation et de participation de l'industrie à l'élaboration et à la mise en œuvre des instruments publics ;

- ◆ le principal mécanisme pour soutenir la création d'innovations est toujours le financement de la R & D dans les universités et les institutions publiques. L'efficacité de cette approche sur le plan du transfert à l'industrie est fortement questionnée et plusieurs mécanismes sont mis en place ou expérimentés pour favoriser ce transfert. Une approche généralement utilisée est de diminuer les fonds à la recherche qui n'est pas entreprise avec une collaboration de l'industrie. Toutefois, cette collaboration de l'industrie demeure marginale et

1 - Source : OCDE 2000 "Statistiques de base en science et technologie" et OCDE 1999 "Base de données internationales sectorielles".

Figure 1
Principaux acteurs, interactions et conditions d'encadrement de l'industrie de la construction

Main players, interactions and supervision conditions in the construction industry



- ▶ difficile à obtenir, ou limitée à des projets à très court terme ;
- ◆ plusieurs pays ont tenté et tentent toujours de stimuler la R & D dans l'industrie de la construction avec des programmes d'encouragement généraux, utilisés pour toutes les industries (soutien à l'investissement en R & D, incitatifs fiscaux à la R & D, etc.). Cependant, la réponse de l'industrie de la construction à ces programmes n'est pas encourageante, très peu d'entreprises en prennent avantage ;
- ◆ une emphase de plus en plus grande est accordée aux travaux de recherche sur les processus en matière de construction, comme la gestion de la chaîne de valeur et les méthodes de mise en œuvre des ouvrages sur les sites de construction ;
- ◆ les technologies de l'information et des communications connaissent une forte pénétration dans l'industrie de la construction et elles ont un impact considérable sur les pratiques ;
- ◆ les questions environnementales et les intérêts des communautés ont de plus en plus d'influence dans toutes les phases de construction, de l'approbation initiale du site, aux caractéristiques architecturales, à l'exploitation des ouvrages et jusque, éventuellement, à l'approbation de la déconstruction ou de la rénovation.

■ FACTEURS DE SUCCÈS À L'INTERVENTION PUBLIQUE

Au-delà de ces grandes tendances, l'analyse des caractéristiques spécifiques et de l'efficacité relative des politiques utilisées dans ces 15 pays

ont permis au groupe de travail d'identifier un certain nombre de conditions ou de facteurs qui favorisent le succès des instruments publics visant à stimuler l'innovation et la performance de l'industrie de la construction. Ces conditions sont les suivantes :

- ◆ une analyse et une consultation de l'ensemble des acteurs clés de l'industrie, incluant les manufacturiers, les services professionnelles, les constructeurs et jusqu'aux opérateurs et utilisateurs d'ouvrages. La présence d'une organisation qui représente les intérêts d'innovation de l'ensemble des acteurs de la construction favorise la création et la diffusion des innovations ;
 - ◆ des programmes qui mettent l'emphase sur la présence et participation locale, avec un accès facile aux technologies ainsi qu'à l'évaluation des nouveaux produits et procédés avant leur mise sur le marché. Les centres techniques locaux dirigés par l'industrie, avec un soutien et une expertise nationale ont connu de bon succès dans les pays nordiques ;
 - ◆ les politiques doivent savoir tenir compte des considérations publiques et à long terme, comme la sécurité, la qualité de l'environnement et le développement durable, tout comme des considérations privées (profitabilité et développement des marchés). Les discussions limitées strictement au niveau technologique ne semblent pas donner de résultats satisfaisants et la meilleure motivation à toute innovation est le bénéfice qu'elle peut engendrer ;
 - ◆ les gouvernements sont toujours des clients importants de services en construction et les politiques qui encouragent la valeur à long terme et la performance des installations, plutôt que leurs coûts d'acquisition initiaux, stimulent l'innovation.
- En conclusion, la performance et la croissance de l'industrie de la construction exigent la prise en compte d'une approche beaucoup plus large que les constructeurs eux-mêmes. La construction d'un ouvrage constitue l'intégration de plusieurs produits et d'expertises qui sont offerts par de nombreux acteurs variés des secteurs manufacturiers et des services. En outre, les ouvrages doivent satisfaire les besoins et les attentes, non seulement, des clients directs, mais de toute une communauté vivant dans l'environnement immédiat de l'ouvrage.

La figure 1 illustre l'ensemble de ces principaux acteurs et les conditions d'encadrement du grand secteur de la construction.

La concertation de tous ces acteurs est un facteur déterminant du succès de tout changement et d'innovation. Les intérêts publics et privés doivent mutuellement être pris en compte et cela constitue un rôle et un défi crucial pour les gouvernements, tout en exigeant l'utilisation d'approches et d'instruments qui soient bien adaptés à cette industrie et à sa dynamique.

Remise des prix du Syndicat professionnel des Entrepreneurs de Travaux publics de France et d'Outre-Mer

■ DISCOURS DU PRÉSIDENT DANIEL TARDY

(Paris le 25 janvier 2001)

« Notre Syndicat qui, comme son nom l'indique, rassemble des entrepreneurs de Travaux Publics de France et d'Outre-Mer, a voulu montrer, à l'intérieur comme à l'extérieur de la profession, que les Travaux Publics sont un secteur particulièrement innovant et en perpétuelle évolution. Cette image, encore trop méconnue, devait être soulignée par l'attribution d'un prix qui fut créé à l'occasion du Centenaire du Syndicat en 1982.

C'est la treizième édition de ce prix qui doit "récompenser et faire connaître des innovations susceptibles de contribuer à l'amélioration des performances et de la productivité dans le domaine des Travaux Publics".

Les lauréats de ce prix sont désignés par un jury dont le président est une haute personnalité connaissant notre activité et notre métier, actuellement, monsieur Marcel Boiteux, Président d'honneur d'Électricité de France. Je profite d'ailleurs de cette circonstance pour vous adresser publiquement mes félicitations, Cher Président, pour votre nomination à la vice-présidence de l'Académie des Sciences Morales et Politiques.

Après dix-neuf années d'existence de ce prix, il est intéressant de faire un bilan des innovations récompensées.

Treize remises de prix, nous l'avons dit qui ont suivi la réception de 223 dossiers de candidats, ce qui montre l'intérêt de la profession pour ce prix.

Quarante-quatre dossiers ont été primés représentant 131 lauréats, ce qui montre l'importance du travail en équipe où la pluridisciplinarité n'est pas un vain mot. La répartition des prix s'est partagée entre les différents secteurs d'activité.

- ◆ La route : 15 dossiers primés
- ◆ Les ouvrages d'art : 9
- ◆ Travaux dans le sol : 7
- ◆ Terrassements : 4
- ◆ Canalisations : 2
- ◆ Travaux maritimes : 2
- ◆ Électricité : 1
- ◆ Travaux souterrains : 1
- ◆ Divers : 3

Cette diversité marque bien le caractère général de l'innovation quel que soit le domaine des travaux. La profession n'est pas figée, elle innove et offre à ses clients des ouvrages bénéficiant des dernières avancées en matière de sécurité, fiabilité, durabilité et aussi réduction de la durée des travaux et de la gêne qui en découle pour les riverains, intégration dans les sites et enfin abaissement des coûts. Ces caractéristiques ne sont pas étrangères au fait que la France soit le premier exportateur mondial de travaux publics devant l'Allemagne, le Royaume-Uni et les États-Unis.

Les innovations sont un moyen intéressant de lutte en milieu fortement concurrentiel des entreprises. En effet, faire mieux ET moins cher, par d'autres moyens que ceux habituels, ne sous-entend pas faire des rabais stupides sur des coûts incompressibles comme ceux de l'heure d'ouvrier ou de la tonne de ciment... ou encore "oublier" d'amortir son matériel sous prétexte que l'on n'a plus de traites à payer. Le moyen d'être le moins cher en conservant une marge raisonnable est souvent de présenter une vraie variante. C'est la force des entreprises françaises de pouvoir proposer des solutions plus intéressantes techniquement et économiquement que celles proposées par le maître d'ouvrage. C'est aussi la sagesse de nos clients d'accepter

ces variantes. Nous souhaitons que cette possibilité ne soit pas réduite avec les usages européens qui se mettront en place et l'obligation d'étudier les variantes (non spécifiquement interdites par le cahier des charges) devrait figurer dans le prochain texte soumis au Parlement

En effet, l'innovation vient surtout des hommes qui confrontés à un problème précis, par exemple celui de l'ouvrage étudié lors d'un appel d'offres, cherchent activement à faire une variante, sachant qu'il est difficile de creuser l'écart sur la solution de base.

Je voudrais remercier tous ceux qui ont déposé des dossiers ; grâce à eux, notre profession est fière de son haut niveau technologique et de son rayonnement mondial : pensons - au pont sur le Tage (innovation concernant les amortisseurs sismiques), - au pont Rion-Antirion en Grèce (comment relever le défi de construire un pont sur une faille sismique aussi forte), - au pont de l'Île du prince Edouard au Canada (innovation dans la mise en œuvre de travées de pont entières en site maritime). Il nous faut maintenir l'effort et pour ce qui concerne le Prix du Syndicat, nous attendons des dossiers pour les Prix 2003, dossiers qui seront à remettre dans quinze mois.

Enfin, pour compléter cet effort professionnel, je vous rappelle le lancement des Prix FNTP des Chercheurs qui viennent d'être lancés cette année. La remise de ces prix aura lieu lors du Salon TPtech, le 14 mars.

Je crois savoir que cette année, les dossiers ont été particulièrement remarquables. Mais, je laisse la parole à Monsieur Marcel Boiteux qui a présidé le Jury de main de maître et qui va vous annoncer les résultats. »

Prévention des inondations & sécurité et construction rapide des ponts au palmarès des Prix de l'Innovation

Le jeudi 25 janvier 2001, Daniel Tardy, président de la Fédération Nationale des Travaux Publics et Marcel Boiteux, président du jury, ont remis leurs prix aux lauréats de la 13^e édition du Prix de l'Innovation du Syndicat professionnel des Entrepreneurs de Travaux publics de France et d'Outre-Mer.

Le jury a récompensé par le 1^{er} Prix :

◆ le puits intégré pour bassin d'orage profond, "PIBOP", procédé permettant de lutter contre les inondations, présenté par MM. Frédéric Badet, Richard Billant et Thierry Raymont.

Ont reçu le 2^e Prix ex aequo :

◆ un "système de suspension de ponts autoprotégé étanche" conçu pour une plus grande sécurité des ouvrages, donc des utilisateurs, présenté par M^{me} Evelyne Bonnet, MM. André Demonté, Pierre Jartoux, Mike Mc Clenahan et Ivica Zivanovic ;

◆ un procédé de construction préfabriquée de pont "RAPIDO-PONT," abrégant considérablement le temps d'intervention sur le site et réduisant ainsi les gênes sur les voies de circulation, présenté par MM. François Chevallier, Louis Demilecamps, Thierry Le Blond et André Piquet.

Le Prix de l'Innovation du Syndicat professionnel des Entrepreneurs de Travaux publics de France et d'Outre-Mer témoigne du soutien que l'organisation professionnelle apporte à la recherche, élément fondamental de la performance des entreprises de travaux publics.

Tous les procédés récompensés depuis la création du prix de l'Innovation, ont en commun d'aboutir à un mode de construire où la prééminence technologique place les entreprises françaises de travaux publics dans les premiers rangs des grands compétiteurs mondiaux dans la conception et la construction d'infrastructures d'équipements et au premier rang en 1999 des entreprises exportatrices mondiales de construction avec un chiffre d'affaires de 14,8 milliards d'euros, devant les entreprises allemandes, britanniques et américaines.

Le Prix de l'Innovation décerné par le Syndicat Professionnel des Entrepreneurs de Travaux Publics de France et d'Outre-Mer a été créé en 1982 à l'occasion du centenaire du Syndicat.

Ce Prix récompense les auteurs d'innovations susceptibles de contribuer :

- ◆ à l'amélioration de la performance des ouvrages ;
- ◆ à la productivité des travaux ;
- ◆ la réduction de leurs coûts ;
- ◆ à la compétitivité des entreprises sur les marchés internationaux.

Cet effort s'est intensifié grâce à la collaboration de la DRAST (Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques) du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement et de l'IREX (Institut pour la Recherche Appliquée et l'Expérimentation en Génie Civil) fondé il y a 12 ans.



© Frédéric Miette/Tandem

Puits PIBOP. Vue de l'intérieur du puits

PREMIER PRIX : LE PUITS PIBOP (PUITS INTÉGRÉ POUR BASSIN D'ORAGE PROFOND)

Présenté par MM. Frédéric Badet,
Richard Billant, Thierry Raymont

Les effets des fortes pluies ne cessent de provoquer des dégâts qui vont en s'amplifiant avec la croissance de l'urbanisation ; on constate de plus en plus fréquemment des crues qui entraînent des inondations dans les zones bâties, mais aussi, des pollutions dans les rivières qui résultent du ruissellement des eaux sur les chaussées, elles-mêmes contaminées par les rejets de la circulation automobile.

Les pluies d'orages, de même que les pluies hivernales persistantes ne peuvent pas être absorbées par les réseaux d'égouts des villes.

Il faut donc prévoir des bassins de retenue qui vont servir de stockage d'eau dans un double but :

- ◆ éviter les inondations ;
- ◆ empêcher le rejet d'eau polluée dans les rivières.

De nombreuses villes ont entrepris la construction de tels bassins.

Le concept de puits profond PIBOP permet de s'adapter aux exigences de tels ouvrages et sur-

COMPOSITION DU JURY

PRÉSIDENT :	Marcel Boiteux	Président d'Honneur d'Électricité de France
MEMBRES :	Hélène Abel-Michel	Chef du Centre Technique des Ouvrages d'Art (CTOA) au SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes) du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement
	Christian Bernardini	Délégué Général de l'IREX (Institut pour la Recherche Appliquée et l'Expérimentation en Génie Civil)
	Yves Delmas	Directeur du département Génie Civil de l'IUT de Reims
	François Gagneraud	Vice-Président du Syndicat Professionnel des Entrepreneurs de Travaux Publics de France et d'Outre-Mer
	Bernard Halphen	Chef de la Mission de Recherche Génie Civil - DRAST (Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques du ministère de l'Équipement)
	Jacques Roudier	Directeur Général du LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)
	Bernard Schaer	Directeur de l'Infrastructure à la SNCF

tout, il permet de les rendre plus fiables, plus économiques, plus respectueux des sites urbains. Destinés à la protection de l'environnement, ces ouvrages construits en ville ou près des villes ne doivent pas eux-mêmes enlaidir le paysage. La réalisation d'ouvrages enterrés profonds de type PIBOP, permet d'enfouir totalement le bassin avec une emprise au sol minimale : non seulement l'ouvrage est invisible, mais de plus, il encombre très peu le sous-sol. La construction de tels bassins implique la maîtrise de technologies d'exécution très spécifiques et particulièrement innovantes :



Puits PIBOP. Vue d'avion

- ◆ il faut pouvoir réaliser des murs enterrés à grande profondeur (jusqu'à 100 m) parfaitement verticaux. Des capteurs électroniques, suivis par des systèmes informatiques embarqués, permettent aux engins d'excavation d'obtenir une précision encore jamais atteinte dans ce type de travaux ;
- ◆ la seconde innovation réside dans la conception et le calcul des structures enterrées qui interagissent fortement avec le sol. Les puits enterrés sont soumis à des efforts de poussée très importants dus au sol. Les puits PIBOP bénéficient d'une conception originale qui leur permet d'être auto-stables : leur forme géométrique leur permet de résister parfaitement aux poussées du sol sans appuis intermédiaires encombrants et coûteux : il en résulte des gains sur les coûts de construction qui atteignent couramment 20 % ;
- ◆ enfin, ces puits sont très originaux par leur fonctionnement hydraulique qui repose sur une distribution des eaux pluviales par le simple jeu des pertes de charge. Pendant la période cru-

ciale (orages, pluies diluviennes) le puits PIBOP n'est pas à la merci d'une défaillance électrique ou thermique : ainsi la fiabilité est totale et les eaux polluées ne risquent pas de déborder dans les rivières.

PIBOP représente donc un concept évolué de bassin d'orage tant dans le domaine du projet que de celui de l'exécution. Occupant moins de surface au sol, complètement enterré, il fonctionne sans pompage pendant la période critique des pluies, contrairement aux bassins classiques de surface ou semi-enterrés. Il permet de réaliser des économies substantielles non seulement au niveau des investissements mais aussi du fonctionnement.

Solution PIBOP par rapport à une solution classique

- Surface occupée par le bassin : - 90 %
- Investissement : - 20 %
- Coût de fonctionnement : - 40 %
- Emprise chantier : - 60 %
- Durée du chantier : - 40 %

Des puits de type PIBOP ont déjà été réalisés sur plusieurs sites très importants :

- ◆ bassin de stockage de Méricourt/Billy Montigny, près de Lens - Liévin ;
- ◆ bassin de stockage de Saint-Laurent Blangy près de Arras ;
- ◆ bassin de dépollution-régulation de Aix - Lens, à Liévin ;
- ◆ bassin d'eau potable de Nanterre - Mont Valérien ;
- ◆ centre de valorisation énergétique de Halluin, près de Lille ;
- ◆ bassin de stockage du site des quatre écluses, à Dunkerque ;
- ◆ bassins de stockage de Blackpool (Angleterre).

→ Contact : Jean-Pierre Hamelin
Solétanche Bachy
6 rue de Watford
92000 NANTERRE
Tél. : 01 47 76 42 62
Fax : 01 49 06 97 34



Deuxième Prix ex aequo "Système de suspension autoprotégé étanche". Le pont de la Chartrouse

DEUXIÈME PRIX EX AEQUO : SYSTÈME DE SUSPENSION DE PONTS AUTOPROTÉGÉ ÉTANCHE

Présenté par M^{me} Evelynne Bonnet
et MM. André Demonté, Pierre Jartoux,
Mike Mc Clenahan, Ivica Zivanovic

Ces dernières années il y a eu un intérêt considérable en terme de durabilité et de maintenance d'ouvrages. Les opérations de maintenance, comme les inspections réalisées sur l'état des câbles de structures ont démontré un état de corrosion important et la nécessité de leur remplacement, d'autant plus que de nombreuses ruptures ont été recensées sur plusieurs ponts dans le monde. La technologie des câbles de ponts suspendus, technique vieille de plus d'un siècle, doit être totalement revue avec une protection efficace contre la corrosion afin d'améliorer ainsi la maintenance, la surveillance et l'inspection des ouvrages.

Le développement a été basé sur la technologie actuelle des câbles de ponts haubanés dont la renommée n'est plus à démontrer. Ces quinze dernières années, le rapide développement des



Deuxième Prix ex aequo "Système de suspension autoprotégé étanche". Collier de suspente, pont de la Chartrouse

structures haubanées a conduit à des progrès remarquables des câbles employés grâce notamment au concept de "toron individuellement protégé".

Cependant, il y a des exigences spécifiques lorsque cette technique est transposée au câble parabolique de suspension imposant un saut technologique important : une force tangentielle doit être transmise au câble au droit de chaque collier de suspente, il est ainsi nécessaire de créer une liaison d'adhérence entre la gaine extérieure et l'acier du toron. Contrairement au toron utilisé pour composer un hauban, la protection contre la corrosion doit assurer des propriétés mécaniques.

Le COHESTRAND™ est un "Toron cohérent" né de la transposition du "Toron Individuellement Protégé" pour la constitution du câble porteur. C'est un toron sept fils en acier galvanisé (alliage de 95 % de zinc et 5 % d'aluminium), recouverts d'un complexe de protection capable d'accepter des compressions (effort de serrage), des cisaillements (effort tangentiel du collier de suspente) et de résister aux sollicitations dynamiques provoquées par le trafic.

Le système de suspension de ponts à base de

COHESTRAND™ repose sur les points suivants :

- ◆ torons protégés sur toute la longueur sans interruption y compris en selles d'appui sur pylône et dans les colliers ;
- ◆ collier étanche auto-serreur ;
- ◆ le faisceau de torons composant le câble est contenu dans une gaine PEHD (en option) circulaire et continue entre deux colliers, raccordée mécaniquement à chaque collier.

Outre les avantages liés aux câbles constitués de torons individuellement protégés, la conséquence essentielle résultant des spécificités de cette suspension, idéalement protégée contre la corrosion, est que le traitement de déshumidification de l'air autour du câble porteur devient inutile.

La protection multibarrière de l'acier (galvan, produit de remplissage hydrophobe, gaine en polyéthylène haute densité) est réalisée directement à l'usine de fabrication du toron, avec une garantie de qualité, d'homogénéité, de fiabilité que seules permettent les méthodes industrielles. Le produit au contact de l'acier est un des seuls polymères étanche à l'eau, la vapeur d'eau et l'oxygène.

La conception du toron et des colliers de suspentes confère au câble porteur une exceptionnelle résistance aux sollicitations de fatigue.

La protection individuelle des torons et les dispositions technologiques adoptées sur les colliers telles que la suppression totale de tous les contacts acier/acier évitent tous les phénomènes connus d'usure et de fatigue induites par petits débattements, comme l'a démontré l'essai de fatigue réalisé dans des conditions très sévères.

Cette solution a été testée selon une série d'expériences jamais réalisées sur les câbles traditionnels et mise en œuvre sur le pont de Chartrouse.

Son surcoût, lié à la technologie de pointe qu'elle nécessite, est largement compensé voire nul dès lors que les coûts globaux des travaux et de maintenance sont intégrés.

Par ailleurs, hors du domaine des ponts suspendus pour lequel il a été créé, les performances du complexe de protection du COHESTRAND™ en font sûrement le matériau de demain pour les tirants d'ancrage dans le sol, pour la précontrainte extérieure et peut-être même pour la précontrainte intérieure au béton.

→ Contact : M. Ivica Zivanovic
 Freyssinet
 1bis rue du Petit-Clamart
 78140 VELIZY-VILLACOUBLAY
 Tél. : 01 46 01 85 27
 Fax : 01 46 01 86 52



Deuxième Prix ex aequo Rapido-pont : le PS 13 de Vierzon

DEUXIÈME PRIX EX AEQUO RAPIDO-PONT : PONT MIXTE À HAUTES PERFORMANCES

**Présenté par MM. François Chevallier,
 Louis Demilecamps, Thierry Le Blond,
 André Piquet**

Souvent masquée par les prestigieux ouvrages des grands franchissements, la multitude des ponts de dimensions modestes qui jalonnent nos voies ferrées et nos autoroutes constitue en fait l'essentiel du quotidien des maîtres d'ouvrages et des entreprises.

Chaque année, ce sont des centaines d'ouvrages courants, marqués par la standardisation du dimensionnement et une certaine facilité d'exécution qui sont ainsi construits ; solides et économiques, ils ne semblent plus guère devoir évoluer dans leur conception.

C'est néanmoins pour répondre à de nouvelles exigences qu'a été développé le procédé Rapido-Pont, une gamme de tabliers de 20 à 80 m de longueur, deux, trois ou quatre voies de circulation. Au départ, il faut répondre à une attente forte à la fois des maîtres d'ouvrages, des maîtres d'œuvre et des entreprises : réduire au maximum, dans l'espace et dans le temps, l'occupation des emprises au sol nécessaire à la construction des tabliers. Et au passage, il est souhaitable d'améliorer encore la durabilité de la construction, d'en faciliter la maintenance, de renforcer la sécurité... sans augmenter le coût. Maintenant depuis de longues années, une politique soutenue de recherche-développement, présente et active dans la plupart des programmes collectifs de R & D que sont les Projets Nationaux, GTM Construction a relevé ce défi en ayant

largement recours aux matériaux à hautes performances, et aux dernières connaissances acquises sur eux dans les laboratoires. C'est ainsi qu'ont été conçus des tabliers mixtes entièrement préfabriqués, associant une charpente en poutres laminées à chaud en acier à haute limite d'élasticité à des éléments de dalle préfabriqués en béton à hautes performances B80 aux fumées de silice, assemblés entre eux par conjugaison et précontrainte longitudinale; la liaison entre la dalle et la charpente étant quant à elle réalisée grâce à un procédé breveté de "connexion différée".

La charpente métallique est constituée de deux poutres obtenues chacune par jumelage par soudure de deux poutres à forte inertie, de 700 à 1100 millimètres de hauteur, formant ainsi deux petits caissons. L'acier est de qualité Histar®, un acier de 460 MPa de limite élastique. Qualité et robustesse des profilés laminés à chaud, stabilité de la forme en caisson, conjuguées avec une justification poussée par le calcul, ont permis la suppression des traditionnelles entretoises de liaison entre poutres, simplifiant la fabrication puis l'entretien.

Pour la dalle, compte tenu des impératifs de rapidité de construction, le recours à la préfabrication s'imposait. Des éléments de 2,40 mètres de long, transportables par route et faisant toute la largeur du tablier, sont réalisés en béton B80 FS, en adoptant le principe de l'assemblage par conjugaison des joints qui permet de reconstituer le monolithisme de la dalle par un "simple" serrage par des câbles de précontrainte; le béton à hautes performances apporte ici de nombreux avantages décisifs : gain de poids (l'épaisseur moyenne de la dalle n'est que de 23 centimètres), durabilité exceptionnelle, et aussi une sensibilité bien moindre au fluage (phénomène de raccourcissement du béton sous l'effet de la précontrainte). Avec la préfabrication qui supprime presque complètement le retrait en place du béton, on résout de façon définitive le problème de la fissuration des dalles de ponts mixtes inhérente aux ouvrages coulés en place. Les éléments sont coulés à joints conjugués, c'est-à-dire que la face de l'un sert de moule à l'autre, procurant un assemblage sans jeu des éléments entre eux lors du montage. Les joints sont garnis de résine époxydique et les éléments solidarisés par une précontrainte assez importante fournie par une série de câbles de 4 et 7T15.

Charpente métallique et dalle sont finalement solidarisées grâce au procédé de "connexion différée" breveté par GTM Construction, un procédé qui consiste à perforer la dalle au droit des poutres

par un grand nombre de trous cylindriques de faible diamètre, puis à venir souder avec un outillage spécial des goujons en acier dans chacun de ces trous. L'assemblage est alors achevé par l'injection d'un coulis de ciment ou d'un mortier à faible retrait.

L'essentiel étant préparé en usine, l'intervention sur site peut être considérablement réduite. Une fois les appuis réalisés (leur nombre peut être réduit par rapport aux solutions tout béton), la pose de la charpente et des éléments de dalle peut être réalisée en à peine plus d'une semaine, et ne nécessite pas la coupure complète d'une autoroute le cas échéant. Les opérations de finition (connexion, clavage, étanchéité) prennent ensuite deux à trois semaines, sans aucune occupation de la voie franchie.

A l'occasion de la réalisation de l'ouvrage expérimental du PS13, une importante instrumentation a permis de suivre son comportement et de valider toutes les hypothèses qui avaient concouru à sa mise au point.



Deuxième Prix ex aequo Rapido-pont : le PS 13 de Vierzon

Le PS13 a été réalisé pour le compte des sociétés Cofiroute et SCAO, et avec la participation active du SETRA et des LRPC de Blois et de Bordeaux. Qu'ils soient ici remerciés de leur contribution à la réussite de l'opération.

→ **Contact** : Louis Demilecamps
GTM Construction
61 avenue Jules Quentin
92000 Nanterre
Tél. : 01 46 95 70 00
Fax : 01 41 91 45 30

formation

La formation continue dans les Travaux Publics

Le 29 septembre 1999, les partenaires sociaux des travaux publics ont adopté un rapport sur la politique de formation professionnelle des travaux publics. Ce rapport soulignait la nécessité d'insérer un plus grand nombre de jeunes dans le secteur, d'accroître la compétence des salariés et de mobiliser à cette fin l'ensemble des fonds dont disposent la profession.

Plusieurs actions ont été entreprises depuis lors afin d'augmenter le niveau de qualification des salariés et d'assouplir le dispositif de financement de la formation dans les travaux publics.

■ L'EFFORT DE FORMATION CONTINUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS : QUELQUES CHIFFRES (EXERCICE 1999)

Sur les 2274 entreprises adhérentes à l'OPCA TP en option A*, 1.500 ont réalisé des actions de formation, soit 66 %. Près de 37 000 salariés ont bénéficié d'une action de formation pour un montant de dépenses de plus de 232 millions de francs. Les entreprises ayant fait le plus de formations relèvent des activités suivantes : terrassement, route, électricité, canalisation.

Ces formations concernent principalement les ouvriers (49 %), puis les ETAM (37 %) et les cadres (14 %).

■ UNE PRIORITÉ : AUGMENTER LE NIVEAU DE QUALIFICATION DES SALARIÉS

Le niveau de qualification des salariés s'est amélioré : en 15 ans, le taux de salariés non diplômés est passé de 69 % à 54 % tandis que celui des salariés titulaires d'un CAP/BEP est passé de 20 % à 32 %.

Néanmoins, ce niveau de qualification reste in-

suffisant en raison de la spécialisation et de la professionnalisation croissantes des métiers des Travaux Publics, dues aux progrès techniques et au développement des technologies.

Ce déficit de qualification, préjudiciable aux salariés comme aux entreprises, implique qu'un effort soit entrepris pour qu'un plus grand nombre de salariés bénéficient des formations qui leur sont nécessaires pour s'adapter à l'évolution des besoins et augmenter leur niveau de compétence.

Dans cette optique, les partenaires sociaux des travaux publics ont signé en 1999 puis en 2000, un accord relatif à une opération de qualification des salariés de moins de 26 ans. L'objectif de cet accord est de permettre à ces jeunes salariés de suivre une formation qui s'inscrit dans un parcours qualifiant ou qui débouchera sur un titre, un diplôme ou une qualification reconnue par les conventions collectives des Travaux Publics.

Un tel accord favorise non seulement la professionnalisation des jeunes qui ont fait le choix de s'insérer dans le secteur mais également une fidélisation accrue de leur part. Ce deuxième point constitue une autre priorité de la politique de formation des travaux publics. La profession s'est donc lancée dans la création de certificats de qualification professionnelle (CQP).

Le CQP est un certificat qui atteste de la qualification d'une personne à tenir un emploi donné. Il suppose la définition précise d'un emploi et des compétences qui s'y rattachent et un système d'épreuves permettant de vérifier que les capacités ont été bien acquises par le candidat. Les demandes de création de CQP sont présentées par les organisations professionnelles membres des CPNE conjointes du Bâtiment et des Travaux Publics. Les CQP sont délivrés par les CPNE conjointes du BTP. Chaque CQP est rattaché à un niveau minimal d'accueil prenant en compte les critères classant de la classification des conventions collectives.

Ainsi, les CQP offre une garantie de reconnaissance nationale de la compétence professionnelle, à la fois :

◆ pour l'employeur qui connaît le type et le niveau de qualification d'un futur embauché ou le type et le niveau de qualification auxquels

conduit une formation sanctionnée par un CQP ;
◆ pour le salarié qui peut mieux attester de ses capacités.

Actuellement, trois CQP ont été créés :

- ◆ le CQP de cordiste ;
- ◆ le CQP de monteur de voies pour roulement pneus ;
- ◆ le CQP d'opérateur de maintenance des équipements et des installations électriques.

D'autres projets de CQP sont actuellement en préparation. Ces projets concernent les foreurs, les travaux immergés et la route.

Enfin, les partenaires sociaux du BTP ont créé, par un accord en date du 21 mars 2000, un dispositif expérimental de certificat de qualification professionnelle destiné à fidéliser les jeunes en reconnaissant l'excellence des meilleurs ouvriers : il s'agit du certificat de maîtrise professionnelle. Pour obtenir ce certificat, les candidats doivent justifier d'une qualification d'ouvrier professionnel depuis 5 ans dans la profession dont trois dans la dernière entreprise. Les titulaires du certificat sont classés au niveau IV de la convention collective des ouvriers des travaux publics.

Un projet de création de "Certificat de maîtrise professionnelle" est actuellement étudié par Entreprises Générales de France - BTP.

■ ASSOUPLIR LE DISPOSITIF DE FINANCEMENT DE LA FORMATION

Pour augmenter le niveau de qualification des salariés, les entreprises doivent disposer des fonds nécessaires. Or, les budgets de formation des entreprises sont de plus en plus amputés d'une partie de leur montant au profit des formations obligatoires dans le domaine de la sécurité. De plus, l'existence d'une taxe parafiscale qui s'impute sur le plan de formation des entreprises, prive celles-ci d'une partie des moyens qui leur sont nécessaires pour former leurs salariés. Pour remédier à cette situation, la profession s'efforce d'assouplir le dispositif de financement de la formation professionnelle de façon à permettre une modulation des fonds en fonction des besoins des entreprises.

C'est la raison pour laquelle un avenant à l'ac-

* Les entreprises en option A versent à l'OPCA TP le montant intégral de leur participation légale à la formation continue, déduction faite des versements libératoires prévus par les textes. Les entreprises en option A représentent 80 % des entreprises adhérentes à l'OPCA TP.

cord du 6 novembre 1997 relatif au financement de la formation dans le Bâtiment et les Travaux Publics, a été signé en ce sens le 17 avril 2000 par les partenaires sociaux du BTP.

Cet avenant prévoit une démarche auprès des pouvoirs publics en vue d'obtenir la modification du décret relatif à la taxe parafiscale afin qu'une fraction soit affectée à la formation continue des salariés des entreprises de travaux publics.

Le montant de cette fraction et les modalités d'affectation de celle-ci seront fixés, chaque année, par accord de branche en fonction de deux critères : d'une part, l'évolution des besoins de financement de la formation initiale des jeunes et de la formation continue de salariés des entreprises de travaux publics et, d'autre part, le montant de la taxe d'apprentissage collectée au niveau national par l'ADEFI-TP qui sera affecté à l'apprentissage.

Cette modification de la réglementation devrait apporter au dispositif de financement de la formation professionnelle dans les travaux publics une plus grande souplesse.