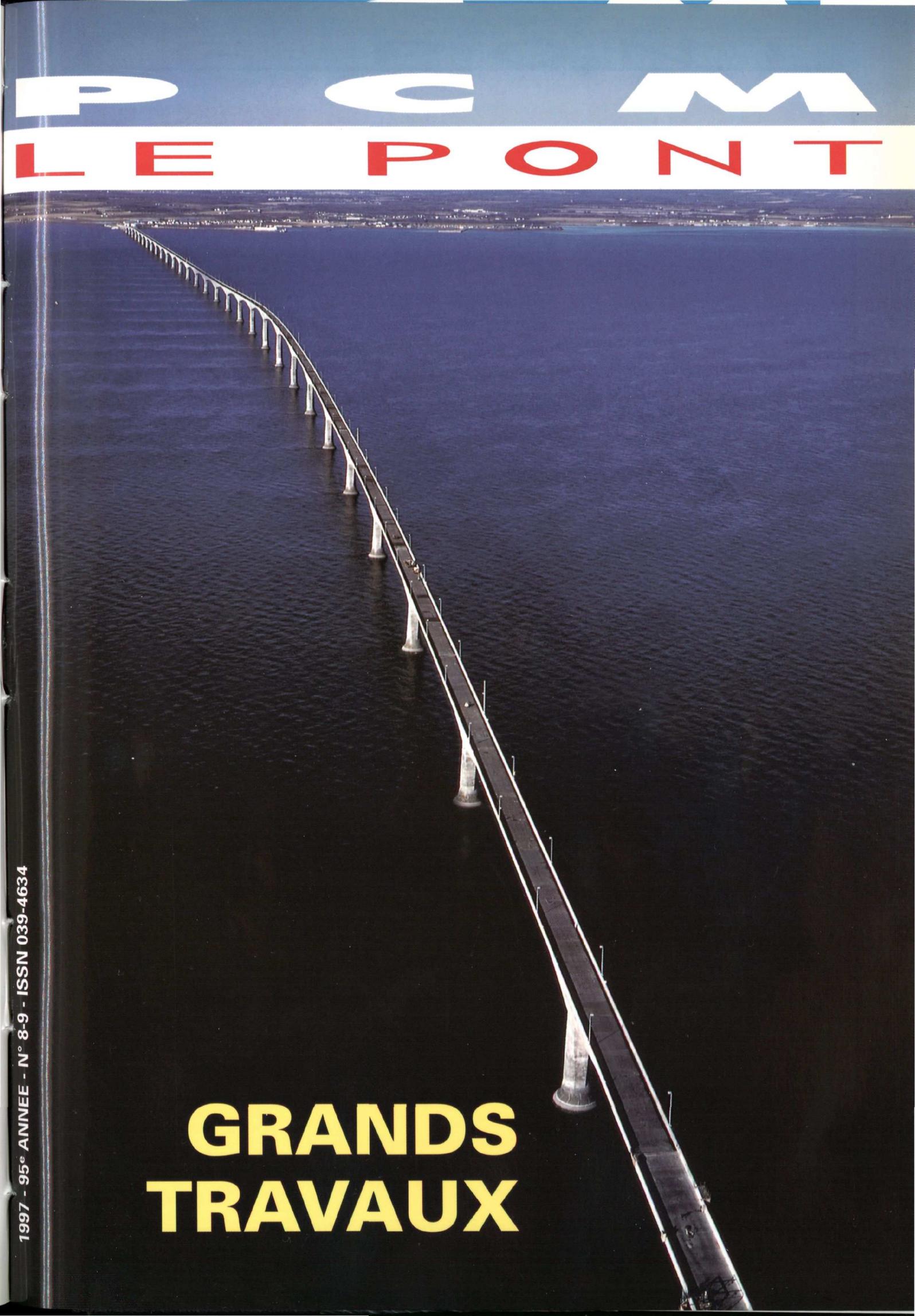


**P C M**  
**LE PONT**

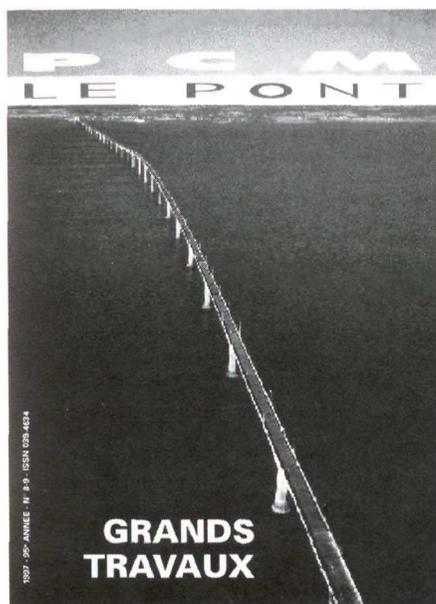
An aerial photograph of a long, multi-span bridge stretching across a large body of water. The bridge is supported by numerous concrete piers. The water is a deep blue, and the sky is clear. In the distance, a coastline with some buildings and infrastructure is visible.

**GRANDS  
TRAVAUX**

1997 - 95<sup>e</sup> ANNEE - N° 8-9 - ISSN 039-4634

# *mars & co*

- *nous sommes une entreprise de conseil spécialisée en réflexion stratégique ;*
- *nos clients sont un nombre très limité de très grandes entreprises internationales (toutes parmi les plus importantes capitalisations boursières mondiales) ;*
- *nous donnons à nos clients l'exclusivité de nos services et développons avec eux des relations de partenariat à long terme ;*
- *bien que nous soyons d'origine française, la moitié de nos activités et de nos consultants sont aux États-Unis ;*
- *ni à Paris, ni à New York, ni à Londres, ni à San Francisco, nous ne sommes suffisamment nombreux pour assurer notre développement ;*
- *si vous désirez rejoindre notre équipe, contactez notre Direction des Ressources Humaines au 100, av. Raymond Poincaré, 75116 Paris.*



**Août-Septembre 1997**

Mensuel, 28, rue des Saints-Pères  
75007 PARIS  
Tél. 01 44 58 34 85  
Fax 01 40 20 01 71  
Prix du numéro : 55 F  
Abonnement annuel :  
France : 550 F  
Etranger : 580 F  
Ancien : 250 F

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

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

Commission paritaire n° 55.306  
Dépôt légal 3<sup>e</sup> trimestre 1997  
n° 970747

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**

Jean POULIT

**DIRECTEUR ADJOINT**

Jean-Pierre PRONOST

**COMITE DE REDACTION**

Jacques BONNERIC

Robert BRANCHE

Christophe de CHARENTENAY

Marie-Antoinette DEKKERS

Vincent DEVAUCHELLE

**Secrétaire général de rédaction**

Brigitte LEFEBVRE du PREY

**Assistante de rédaction**

Adeline PREVOST

**MAQUETTE** : B. PERY

**PUBLICITE** : OFERSOP,

Hervé BRAMI

55, boulevard de Strasbourg

75010 Paris

Tél. 01 48 24 93 39

**COMPOSITION ET IMPRESSION**

IMPRIMERIE MODERNE U.S.H.A.

Aurillac

Couverture : Vue aérienne du pont de la Confédération (Canada) - 13 km.

Photo GTM.

PIX - BENELUX PRESS

## DOSSIER : GRANDS TRAVAUX

- Le pont de la confédération  
Jean-Louis Brault et Jacques Combeau ..... p. 5
- Hong Kong : juin 97, un chantier, une page d'histoire  
Henri Paoli..... p. 10
- Un totem au pays du matin calme  
Jean-Louis Deligny ..... p. 15
- Le pont sur le Tage  
Partager pour mieux réussir  
Anne Fabra-Rovira..... p. 17
- Le lac de Tunis entre l'utopie et la réalité urbanistique  
S. Belaid et H. Kennou ..... p. 22
- Le tunnel immergé du franchissement de l'Øresund  
Eric Paillas ..... p. 26
- Danemark : des ponts d'envergure mondiale  
Michel Poirel ..... p. 34

## RUBRIQUES

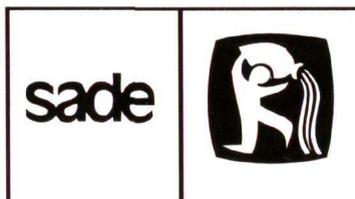
- Les ponts en marche ..... p. 36
- 250<sup>e</sup> colloque ..... p. 40
- 250<sup>e</sup> voyage au Maroc ..... p. 41
- Lu pour vous ..... p. 44
- Ponts emploi ..... p. 47

## LES RESEAUX DU GENIE URBAIN

La SADE, première entreprise en France dans sa spécialité,  
met au service des collectivités et des entreprises  
son savoir-faire dans les domaines suivants du génie urbain :

- eau potable et irrigation
- assainissement
- tuyauteries industrielles
- stations de pompage et d'épuration
- forages et captages
- travaux souterrains et fondations spéciales
- réseaux câblés
- gestion et exploitation de services publics

La SADE, 25 directions régionales et filiales à l'étranger  
"Les atouts conjugués d'une grande entreprise  
et d'établissements régionaux permanents".



Sade, 28, rue de La Baume - 75008 PARIS  
Tél. 01 40 75 99 11 - Télécopie : 01 40 75 07 10

## L'ANNUAIRE OFFICIEL

DES

## CHAMBRES DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE

EDITE PAR

L'ASSEMBLEE DES CHAMBRES FRANÇAISES DE COMMERCE

EST DISPONIBLE

A LA SOCIETE : OFERSOP Editions

55 BOULEVARD DE STRASBOURG - 75010 PARIS

TEL : 01.48.24.93.39 - FAX : 01.45.23.33.58

PRIX : 950 Francs TTC FRANCO

# En combinant nos talents, nous pouvons en faire un prince.



TB NEWTON 21

Tout ce qui rend possible l'impossible tient un peu de la magie. Vous en avez peut-être déjà fait l'expérience. Lorsque la créativité et les idées d'une équipe viennent à la rencontre des compétences techniques et du savoir-faire d'une autre équipe, le rêve prend forme et devient innovation.

La magie de tous les jours: deux talents se combinent et une transformation s'opère. C'est la vie quotidienne de l'industrie: la transformation, magique ou autre, et l'association des talents conduisent au succès.

Collaborer avec les clients fait partie de notre façon de travailler chez Exxon Chemical. Nous fournissons les produits chimiques de base, les matières plastiques, le caoutchouc,

les résines pour produits adhésifs et les produits chimiques intermédiaires dont l'industrie a besoin.

Nous offrons également l'appui d'un fournisseur de matières premières d'envergure internationale disposant des ressources humaines, financières et techniques nécessaires qui contribueront à vos succès.

Ensemble nous pouvons faire des miracles. Tous les jours. Repousser les limites. Exploiter un potentiel insoupçonné, magique.

**Ensemble nous pouvons faire  
tant de choses.**

**EXXON CHEMICAL FRANCE**

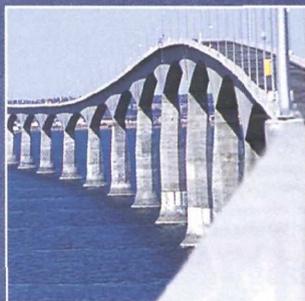
**EXXON**  
**CHEMICAL**

Pour toute information, contactez M. Didier Carré,  
au (01) 47 10 50 50, Email: didier.carre@exxon.sprint.com

2, rue des Martinets - BP 270  
92505 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. (01) 47 10 60 00 - Fax (01) 47 10 55 11

# Le Groupe GTM

imagine le monde qui change



- CONCESSIONS
- BÂTIMENT ET TRAVAUX PUBLICS
- ROUTES
- INDUSTRIEL



# LE PONT DE LA CONFEDERATION (ILE DU PRINCE-EDOUARD - CANADA) LA DEMESURE MAITRISEE

**E**n 1993, le PWC (Public Works Canada) confiait à un groupement constitué des sociétés GTM-Entrepose, aujourd'hui Groupe GTM, Ballast Nedam et SCI, un contrat relatif à la conception, la construction et l'exploitation d'un lien fixe de près de 13 km franchissant le détroit de Northumberland entre l'île du Prince-Edouard et le Nouveau Brunswick au Canada. Ce pont en béton précontraint gigantesque, (43 travées de 250 m de portée), construit en moins de quatre ans pour une durée de vie de plus de cent ans est aujourd'hui en service. L'ouvrage est implanté dans un site maritime où l'enchaînement des tâches a été rendu difficile par des conditions climatiques capricieuses et par un hiver exceptionnellement long durant lequel le détroit, recouvert par les glaces, interdisait pratiquement toute activité. Il a fait l'objet d'un chantier spectaculaire et remarquable par ses installations inhabituelles, par la taille des éléments à préfabriquer et à transporter à terre et en mer et par les moyens démesurés qu'il a fallu imaginer et développer pour les mettre en place par tous les temps.



**Jacques COMBAULT**  
Directeur Scientifique  
DUMEZ-GTM

*Diplômé de l'Ecole Centrale de Lyon, il débute sa carrière chez Campenon Bernard où il est responsable du Département Etudes et Ouvrages d'Art puis Directeur du Bureau d'Etudes. Il rejoint le Groupe GTM en 1993 en qualité de Directeur Scientifique de GTM International, puis de DUMEZ-GTM.*

Construire un pont exceptionnel, c'est dépasser les contraintes géographiques pour établir un lien entre les hommes, c'est favoriser les échanges et créer de la richesse en améliorant le cadre de vie. L'édifier sur une distance de franchissement considérable, dans un site aux conditions climatiques extrêmes, c'est le défi qu'ont su relever les équipes de construction pour la réalisation du Pont de la Confédération. Techniques et Méthodes maîtrisées, alliées à une imagination audacieuse ont fait naître en un temps record cet ouvrage hors du commun.



**Jean-Louis BRAULT**  
Président  
Directeur Général  
de Groupe GTM



Vue aérienne du pont de 13 km : 43 travées de 250 m et jusqu'à 60 m de hauteur au-dessus du niveau du détroit.

L'île du Prince-Edouard est située à l'Est du Canada, au sud du golfe du Saint-Laurent. Elle est séparée des provinces du Nouveau Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse par le détroit de Northumberland entièrement recouvert par les glaces 4 à 6 mois par an.

Rattachée à la Confédération Canadienne en 1873, cette province paisible, confrontée à de rudes hivers mais très prisée des touristes en été, est désormais reliée au continent Nord-Américain par un pont de

13 km de longueur mis en service le 1<sup>er</sup> juin 1997.

Cet ouvrage exceptionnel, construit par un Groupement d'Entreprises constitué de DUMEZ-GTM (France), Ballast Nedam (Hollande) et SCI (Canada) dans le cadre d'une opération en concession pour une durée de 35 ans, se distingue par ses caractéristiques techniques et la rapidité avec laquelle il a pu être réalisé, les études d'exécution de l'ensemble des ouvrages ayant été confiées au groupement de bureaux

d'études Jean Muller International - Stanley.

Le pont se compose essentiellement d'un ouvrage principal de 11 080 m de longueur, comportant 45 travées reposant sur 44 piles en eau profonde, raccordé à l'île par un viaduc d'accès à 7 travées de 555 m de longueur et à la Côte Canadienne du Nouveau Brunswick par un viaduc d'accès à 14 travées de 1 275 m de longueur.



Les viaducs d'accès représentent une longueur de 1 830 m.

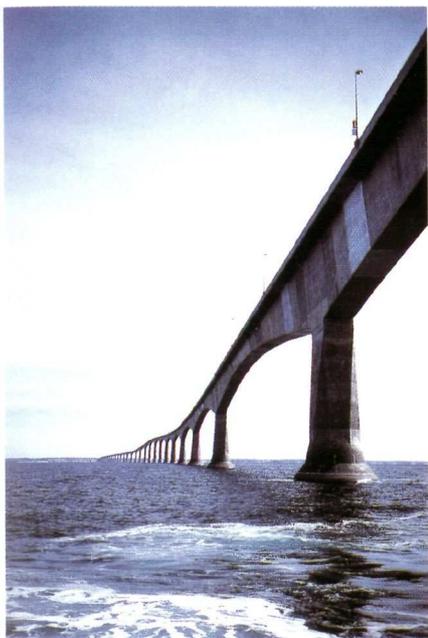
## Les viaducs d'accès

A proximité des côtes et par conséquent dans les eaux peu profondes, les travées courantes des viaducs d'accès ont une portée de 93 m.

Les piles de ces viaducs sont composées d'un fût rectangulaire encasté dans une volumineuse semelle tronconique reposant sur 6 pieux inclinés de 2 m de diamètre.

Le tablier, constitué d'une poutre caisson en béton précontraint à âmes inclinées dont la hauteur varie de 3 m à 5 m, repose sur les piles par l'intermédiaire d'appuis dédoublés.

Les fondations et les semelles massives ont été, pour la plupart, construites à partir de digues en terre et en enrochements en utilisant la peau métallique de protection des semel-



Les appuis de l'ouvrage principal comportent, au niveau de la mer, un bouclier antiglace de 20 m de diamètre et de 8 m de hauteur.

les contre les glaces comme batardeau et comme coffrage. Les fûts de pile ont été préfabriqués en éléments de 4 m de hauteur mis en place à la grue.

Les tabliers, ont été construits par encorbellements successifs à l'aide de voussoirs préfabriqués posés à l'aide d'une poutre de lancement auto-déplaçable.

## La conception de l'ouvrage principal

La conception des ouvrages a été fortement influencée par les délais de réalisation et l'épaisse couche de glace perpétuellement en mouvement qui recouvre le détroit.

Afin de limiter le nombre de piles en eau profonde (qui sont évidemment les plus coûteuses) et de ne pas entraver la débâcle des glaces, les travées courantes de l'ouvrage principal ont une portée de 250 m. Les 2 travées permettant de raccorder l'ouvrage principal aux viaducs d'accès ont une portée de 165 m.

Au niveau moyen de la surface de la mer les piles sont protégées par un bouclier massif en béton dont la

forme tronconique a été spécialement étudiée pour soulever les plaques de glace et les briser par flexion en limitant ainsi les efforts horizontaux qui sollicitent les appuis. Le tablier en béton armé et précontraint est constitué d'une poutre caisson de hauteur variable de 4,50 m à mi-travée à 14 m sur appui, dont le hourdis inférieur est de largeur constante et égale à 5 m, les âmes ayant une inclinaison variable. Il est encasté dans les piles.

Les appuis, lourdement chargés et par conséquent bien stabilisés par le poids propre de l'ouvrage et de ses grandes travées, sont directement fondés sur les couches de grès pratiquement affleurantes au fond de la mer.

Les fondations sont donc constituées d'une semelle annulaire précontrainte de 22 m de diamètre surmontée par une coque tronconique en béton armé, prolongée par une colonne cylindrique de hauteur variable et adaptée à la hauteur d'eau. Elles reposent dans une saignée circulaire, réalisée à l'avance dans le substratum résistant, par l'intermédiaire d'un béton non armé coulé sous l'eau. Elles sont coiffées par la masse de béton tronconique constituant le bouclier antiglace.

Les fûts de pile sont creux et encastés dans les boucliers tronconiques. De section octogonale à la base, ils ont une section rectangulaire en par-

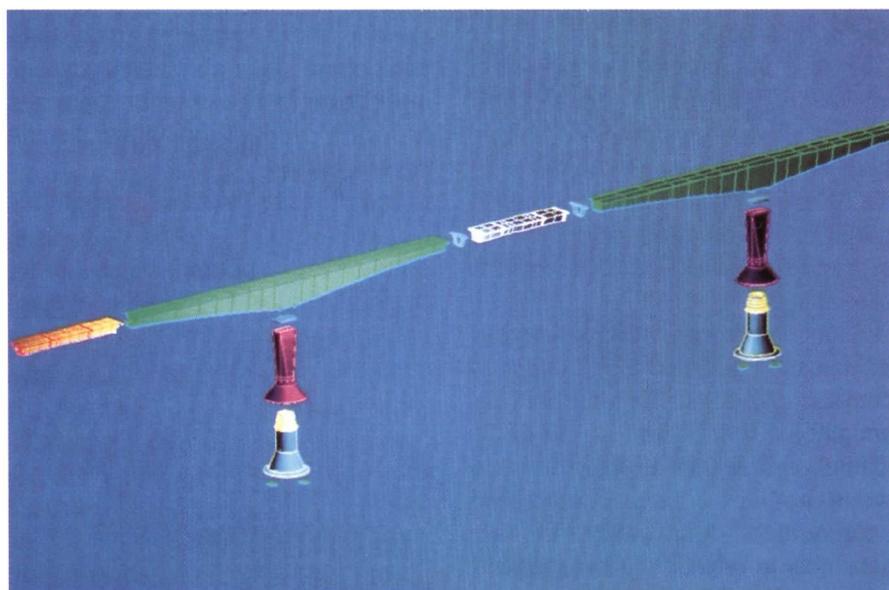
tie haute au niveau de la section d'encastrement du tablier.

Afin d'éliminer tout risque de rupture en chaîne, au cas où un événement imprévu conduirait à la destruction d'une composante de l'ouvrage, l'ouvrage principal est constitué de 22 portiques comportant 2 piles, une travée de 250 m et deux consoles de 95 m, reliés les uns aux autres par des tronçons de tablier isostatiques de 60 m de longueur reposant sur les extrémités des consoles et jouant le rôle de fusible.

## L'ouvrage principal Réalisation Principes fondamentaux

Seule une préfabrication intensive étendue à toutes les composantes de l'ouvrage et une limitation du nombre d'éléments à mettre en place, quelle que soit la taille des pièces à préfabriquer en conséquence, pouvaient permettre de réaliser le pont dans les délais requis.

Cette donnée finalement fondamentale a conduit à une interaction exceptionnelle entre la conception de la structure et les techniques de



L'ouvrage principal est constitué de 22 portiques construits avec 4 types d'éléments préfabriqués à terre : la fondation, le fût de pile, le fléau et la clé de la travée.



Vue d'ensemble du chantier avec, au premier plan, l'aire de préfabrication et ses 4 lignes de production.

construction qui allaient être imaginées pour la réaliser. L'ouvrage principal a pu être entièrement construit avec 175 éléments préfabriqués en béton armé et précontraint, répartis en 4 catégories standardisées correspondant aux fondations, aux fûts de piles, aux fléaux coiffant chaque pile et aux tronçons de tablier fusibles permettant de raccorder les fléaux entre eux.

La pièce préfabriquée constituant la fondation pesait de 3 700 à 5 100 tonnes suivant sa hauteur. Conçue pour permettre la pose ultérieure du fût de pile, elle était surmontée en partie haute, d'une tête tronconique sur laquelle devait s'emboîter le bouclier antiglaces.

Les fûts de piles préfabriqués dont le poids variait de 3 000 à 5 000 tonnes comportaient à leur base le bouclier antiglaces tronconique de 20 m de diamètre et de 8 m de hauteur évidé intérieurement pour permettre leur emboîtement, leur calage et leur assemblage définitif par précontrainte au sommet des fondations.

Les 2 pièces permettant de réaliser les travées de 250 m étaient de dimensions très inégales :

- Les fléaux préfabriqués qui venaient coiffer les piles avaient une longueur de 192,50 m et pesaient pratiquement 8 000 tonnes. Légèrement dissymétriques, ils étaient découpés en 18 voussoirs, le voussoir sur pile de 17 m de longueur, 8 voussoirs courants de longueur variable (de 7,50 m à 14,50 m) de part et d'autre du voussoir sur pile, l'ensemble étant prolongé, d'un côté seulement, par un voussoir spécial muni des corbeaux sur lesquels repose le tronçon de tablier fusible correspondant.

- Les tronçons de tablier permettant de solidariser les fléaux entre eux, pour former un portique ou raccorder deux portiques successifs, avaient une longueur de 52 m ou de 60 m et pesaient 1 200 tonnes.

## La préfabrication des composantes de l'ouvrage principal

Les 4 composantes fondamentales de l'ouvrage principal ont été préfa-

briquées à terre, dans un ensemble de lignes de production spécialisées dans la fabrication de chaque pièce. Les pièces étaient produites à la chaîne et déplacées à chaque étape de leur élaboration.

Les bases de piles (fondations) étaient préfabriquées sur 3 lignes de production permettant de travailler simultanément sur 6 d'entre elles. Une zone "tampon" permettait de stocker 16 pièces.

Les fûts de piles étaient réalisés sur une seule ligne de fabrication – 4 fûts de pile étaient simultanément en cours et 8 pouvaient être stockés en bout de chaîne.

Les fléaux étaient progressivement construits sur une chaîne de fabrication unique. Le voussoir sur pile était réalisé à l'origine de la chaîne. Chaque station de la chaîne correspondait ensuite à la réalisation de 2 voussoirs symétriques dans un schéma statique correspondant au schéma statique final – 13 fléaux complètement terminés pouvaient être stockés en bout de chaîne.

Les tronçons de tablier assurant le clavage des travées étaient fabriqués en une seule fois sur une ligne



Pose d'un fléau de 8 000 tonnes par la barge Svanen relevée de 26 m et équipée d'un système de préhension baptisé "la pince à sucre".

de production qui permettait de stocker 12 pièces.

Toutes les pièces étaient transportées de poste en poste par deux traîneaux de transport prenant les pièces par dessous et se déplaçant sur un réseau de longrines en béton desservant l'ensemble de l'aire de fabrication.

## Les opérations maritimes

Les éléments ainsi préfabriqués étaient livrés au fur et à mesure des besoins à l'extrémité d'un quai prolongeant l'aire de préfabrication. Ils étaient alors transportés et mis en place par Svanen, un catamaran aux dimensions impressionnantes déjà utilisé pour la mise en place des tabliers du pont ouest du franchissement du Storebaelt mais profondément modifié par Montalev pour permettre la manutention en pleine mer d'éléments beaucoup plus lourds et la pose des éléments de tabliers à une hauteur nettement plus grande. La préparation de l'assise de chaque fondation a été exécutée à l'aide d'une barge équipée d'une grue de 500 t et d'une benne preneuse de 35 t capable d'excaver en terrain dur. 3 appuis provisoires étaient alors installés, suivant une technique

mise au point par DUMEZ-GTM, dans les saignées ainsi préparées dans le sol sain.

Ces saignées étaient remplies de béton à l'issue de la pose des fondations qui étaient mises en place par Svanen avec tout l'équipement nécessaire à la réalisation du béton sous l'eau dans d'excellentes conditions.

La mise en place du fût de pile se faisait évidemment lorsque le béton sous l'eau avait atteint une résistance suffisante pour que la pose puisse se poursuivre. Un jeu suffisant entre le bouclier antiglace et la partie émergente de la fondation permettait de procéder aux légères corrections qui s'imposaient pour que l'axe des appuis soit exactement à l'emplacement prévu. Ce jeu était ensuite injecté à l'aide d'un coulis aux caractéristiques de résistance élevées.

Le fût de pile était livré avec un chevêtre préfabriqué réglable et conjugué au fléau correspondant. Cette pièce de 100 t permettait de régler, à l'avance et compte tenu de son profil exact, le fléau à poser par la suite.

La pose des fléaux, qui était de loin la plus spectaculaire, s'effectuait sans difficulté grâce à un système d'accostage en douceur mis au point par ETPM et DUMEZ-GTM après encollage de la sous-face de la section d'encastrement sur la pile qui venait s'emboîter dans un système de clés intégré dans le chevêtre.

A l'issue de la mise en place de

2 fléaux successifs, le tronçon de clivage du tablier d'un portique muni de consoles d'appui métalliques et d'un système de vérins permettant de compenser par une poussée horizontale le déséquilibre engendré dans les fléaux était à son tour mis en place et l'on procédait au bétonnage des joints de continuité. Les portiques successifs étaient raccordés de la même manière par la mise en place du tronçon de tablier fusible à l'aide de Svanen.

## Le pont des records

Le pont de la Confédération peut s'enorgueillir aujourd'hui des records qui ont été battus tout au long de sa réalisation.

Jamais un pont de cette importance n'avait été construit aussi rapidement. Durant le seul mois d'août 1996, profitant il est vrai de conditions météorologiques pour une fois un peu clémentes, le chantier a produit et mis en place 2 000 m de pont dans le détroit (dont 1 750 m pour l'ouvrage principal – fondations et piles comprises).

En 1997, 140 000 m<sup>2</sup> d'étanchéité ont été réalisés sur l'ouvrage en 40 jours par l'Entreprise Jean Lefebvre. Jamais un pont en béton précontraint n'avait été réalisé avec autant d'audace, en manipulant, emboîtant, assemblant des éléments aussi lourds avec un engin de manutention aussi puissant.

Le pont de la Confédération ajoute à lui seul, ses 43 travées de 250 m en Béton Armé et Précontraint aux quelques travées de portée comparable, isolées et disséminées sur divers ouvrages à travers le monde. C'est probablement enfin, le plus grand pont jamais construit dans un environnement aussi hostile.

# "HONG KONG, JUIN 1997 : UN CHANTIER, UNE PAGE D'HISTOIRE"

**C**inq fois le Palais des Congrès de Paris par la superficie, situé sur l'une des baies les plus spectaculaires du monde et réalisé dans des délais exceptionnels, le Convention and Exhibition Centre Extension de Hong Kong n'est pas seulement à tous ces titres un chantier historique : il a également été le théâtre de la cérémonie de rétrocession de Hong Kong à la Chine. Un baptême de prestige pour un bâtiment exceptionnel.



## Henri PAOLI

**Depuis 1995** : Directeur du projet Hong Kong Convention & Exhibition Centre Extension

**1992 - 1995** : Directeur du chantier du Stade de Hong Kong

**1990 - 1992** : Directeur du chantier City Plaza 3 & 4 à Hong Kong

**1982 - 1990** : Directeur de chantier sur plusieurs projets au Nigeria

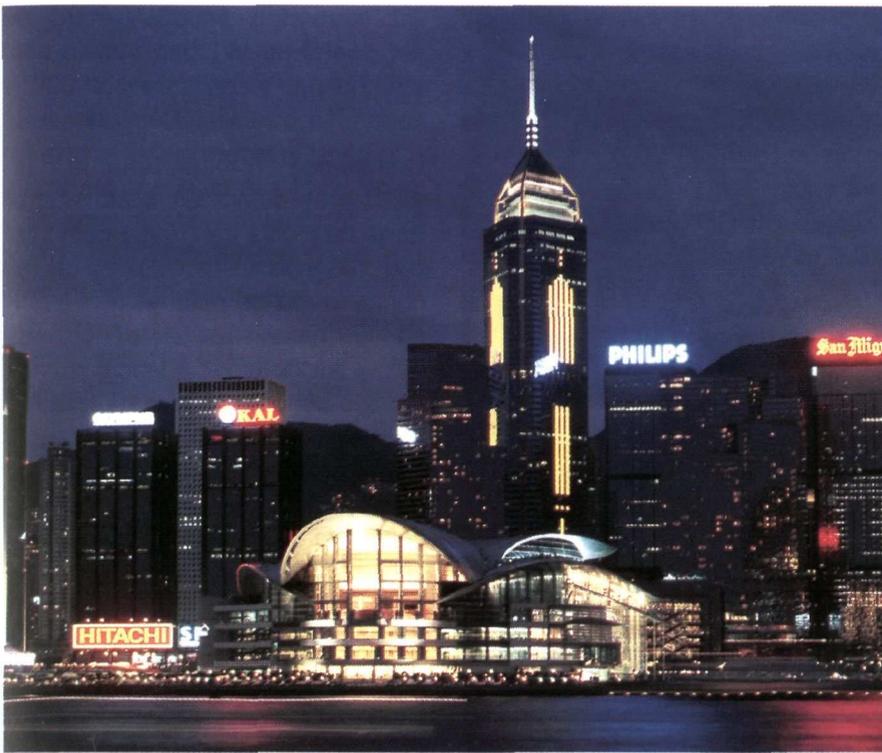


*Un bâtiment réalisé dans le délai record de 26 mois.*

Ville née du commerce, Hong Kong a pourtant attendu 1988 pour se doter d'un Centre de Conventions qui a immédiatement connu un succès considérable... au point, très rapidement, de ne plus satisfaire à toutes les demandes de salons, expositions et autres foires internationales générées par la situation géographique exceptionnelle de ce point névralgique de l'Asie. Une saturation qui conduit en 1994 le Trade Deve-

lopment Council (TDC), organisme para-gouvernemental responsable du développement des échanges commerciaux du territoire, à décider de la construction d'une extension au Centre de Convention.

Le contrat, d'un montant de 2,2 milliards de FF, est attribué en janvier 1995 à un joint-venture entre Dragages et Travaux Publics, filiale du groupe Bouygues, et Hip Hing Construction, compagnie hong kongaise.



*Une silhouette à fleur d'eau contrastant avec les gratte-ciel élancés de la baie de Hong Kong.*

Dragages et Travaux Publics, implantée depuis 1902 en Asie, a notamment réalisé à Hong Kong la piste de l'aéroport de Kai Tak, 5 des 7 tunnels du territoire, le stade de Hong Kong, et travaille actuellement à plusieurs projets sur le nouvel aéroport de Chek Lap Kok, qui ouvrira ses portes en avril 1998. Le groupe Bouygues emploie 2 500 personnes en Asie, où son chiffre d'affaires s'élève à 4 milliards de FF.

## Une architecture spectaculaire

Les travaux commencent en juillet 1994 par la réalisation dans la baie de Hong Kong, devant le quartier de Wanchai, d'une île artificielle de 6,5 hectares sur laquelle le Convention and Exhibition Centre Extension (CECE) sera ensuite construit.

Le TDC a souhaité pour ce bâtiment une architecture au moins aussi spectaculaire que l'emplacement. Dessinée par les architectes hongkongais Wong & Ouyang Ltd, en collaboration avec Skidmore, Owings & Merrill Inc. de Chicago, la silhouette à fleur d'eau du CECE, qui contraste

avec la toile de fond des gratte-ciel élancés de la baie de Hong Kong, est complétée par un toit incurvé évoquant un oiseau prenant son envol. Recouvert de 37 000 m<sup>2</sup> d'habillage aluminium, soit 9 000 panneaux ajustés sur place, ce toit rappelant celui de l'Opéra de Sydney

est conçu pour résister aux typhons qui régulièrement traversent Hong Kong.

## Un projet d'une envergure exceptionnelle

Le CECE comprend six étages sur une surface totale de 166 000 m<sup>2</sup> et une hauteur de 65 m. Il abrite deux halls d'exposition de 8 000 m<sup>2</sup> – dont un sans poteaux – et un troisième de 12 600 m<sup>2</sup> ; le Convention Hall, salle de conférences d'une hauteur sous plafond de 28 m, est prolongé par le Grand Foyer, un espace de 2 100 m<sup>2</sup> offrant, à travers une verrière haute de 30 m suspendue au toit, une vue panoramique à 180° sur l'autre rive de la baie. L'ensemble du bâtiment est décoré de 31 000 m<sup>2</sup> de marbre et de granit. Deux ponts offrent un accès routier au CECE, et une rampe intérieure permet aux camions d'accéder directement aux stands des exposants, à tous les étages. 49 escaliers roulants, d'une capacité de 9 000 personnes par heure, desservent les étages. Un atrium de verre sur cinq niveaux traverse le bras de mer de 75 m de long, reliant l'actuel



*40 000 m<sup>2</sup> de façades où alternent le verre, l'aluminium et le granit. Crédit Dragages Photo*



## Course contre la montre

Commencé en mars 1995, le bâtiment proprement dit a été réalisé dans des délais extrêmement tendus : 26 mois ! Une véritable course contre la montre pour les 3 200 personnes mobilisées en période de pointe sur ce projet à la fois énorme par ses dimensions et complexe par sa structure, sa conception et la diversité de ses composantes : ainsi les 40 000 m<sup>2</sup> de façades, où alternent le verre, l'aluminium et le granit, sont de 17 types différents !

## Un phasage contraignant

Les délais serrés impartis à la construction sont de surcroît compliqués d'une organisation très contraignante des travaux, la structure particulière du toit déterminant le phasage du gros œuvre, et par conséquent des autres corps d'état : il a en effet fallu laisser ouvert l'un des murs principaux pour permettre la réalisation de la charpente métallique du toit.

*L'une des fermes métalliques de la structure du toit. Crédit Dragages Photo*

Convention Centre au CECE. Ainsi réunis, les deux bâtiments offrent une capacité d'accueil journalière de 140 000 visiteurs. 26 salles de

réunions, 7 restaurants, un centre d'affaires international et un parking d'une capacité de 1 300 voitures complètent ce projet exceptionnel.



*Préparatifs pour la cérémonie de rétrocession dans le hall.*

En outre, aucune entreprise locale n'étant capable de fournir les 8 000 tonnes d'acier du toit, les 12 fermes métalliques de 81 mètres de long qui en composent la structure ont été réalisées aux Philippines, puis envoyées par bateau à Hong Kong, au rythme d'une paire par voyage. Chaque paire, une fois sur le chantier, était amenée sur un engin spécial jusqu'au centre du bâtiment, d'où elle était élevée jusqu'au toit et mise en place par ripage. Le gros œuvre n'a donc pu être achevé qu'une fois la structure métallique du toit mise en place... soit 17 mois après le début des travaux !

## Pression médiatique

Ces contraintes d'organisation étaient d'autant plus lourdes qu'elles ne de-

vaient avoir aucune conséquence sur les délais de réalisation. En effet, au mois d'octobre 1996, le gouvernement de Hong Kong décidait d'organiser au CECE la cérémonie de rétrocession de la colonie britannique à la Chine, le 30 juin 1997, avançant de 3 mois la date de livraison du bâtiment, prévue pour la réunion du FMI en septembre 1997. Dès cette annonce, les visiteurs de prestige se succèdent : Chris Patten, gouverneur de Hong Kong, Tung Chee-hwa, son remplaçant désigné par les autorités de Pékin, le Prince Charles ou John Major. Cette médiatisation de l'ouvrage, dès lors identifié à l'événement, crée une pression supplémentaire pour l'équipe du chantier. Le CECE devient l'objet des paris de toute la ville : sera ou ne sera pas fini à temps pour le 30 juin 1997 ?

Jusqu'au dernier jour les rumeurs de retard auront couru Hong Kong, et jusqu'au dernier jour les équipes de du joint-venture Dragages-Hip Hing auront travaillé d'arrache-pied, décrochant de surcroît en dernière minute le contrat pour la réalisation des travaux d'aménagement du Convention Hall, où se tient la cérémonie de rétrocession. Le soir du 30 juin, c'est dans un bâtiment fini que les 4 000 invités officiels assistent à la passation de pouvoir entre le Prince Charles et Jiang Zemin, Président de la République Populaire de Chine. Avec la réalisation du CECE, le groupe Bouygues fait une fois de plus la preuve de sa capacité à mener des projets techniques dans des délais tendus, et laisse sa marque sur le territoire comme sur l'Histoire de Hong Kong. ■

## Natexis Banque : plus d'expertise pour l'entreprise

*Natexis Banque intervient dans l'étude, le montage et la syndication de grands projets d'infrastructures et d'équipements collectifs. Il accompagne notamment les partenaires industriels dans les réponses aux appels d'offres en concession ou apporte aux grandes collectivités publiques des conseils juridiques et financiers.*

### INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES

Ouvrages d'art à péage à Lyon, Amsterdam, Lisbonne ■ Autoroutes à péage fictif en Angleterre ■ Parkings

### TRANSPORTS COLLECTIFS

Métros de Rouen et de Rennes ■ Tramways de Nantes, Grenoble et Strasbourg

### ENVIRONNEMENT

Traitement des eaux à Troyes, Barcelone et Buenos Aires ■ Tri, recyclage et incinération des déchets au Creusot-Montceau, à Annemasse, à Argenteuil, dans le département de l'Essonne et à Birmingham

### GRANDES COLLECTIVITÉS PUBLIQUES

Etat (TGV Est) ■ Région Ile-de-France ■ Région Basse-Normandie ■ Ville de Lyon



DIRECTION DES FINANCEMENTS SPÉCIALISÉS - FINANCEMENTS DE PROJETS - 45, rue Saint-Dominique 75700 Paris 07 SP - Tél : 01 45 50 94 35 - 01 45 50 92 39

## Voir *l'énergie* autrement



**E**xploiter l'eau géo-thermale, gérer le réseau de chaleur d'une ZUP, optimiser la consommation d'une industrie, garantir la température idéale dans une crèche, dans une école, un hôpital : chaque jour. Esys-Montenay libère la collectivité publique, l'entreprise et l'industrie de tout souci de maintenance, de gestion et d'exploitation.

Fédérer les hommes, associer leurs énergies pour mieux servir les clients, garantir les résultats sur les 20.000 mégawatts gérés, réussir la démarche "Qualité"... enfin, mettre tout en œuvre pour être et rester "Entreprise de Référence", tel est le travail quotidien des 3400 personnes qui font la force d'Esys-Montenay en France.

# UN TOTEM AU PAYS DU MATIN CALME



**Jean-Louis DELIGNY**  
ICPC 64  
Vice-président  
du groupe Esys-Montenay

En 1989, Montenay (devenu en 1992 **Esys-Montenay**) décidait d'intensifier son développement international. Il s'agissait notamment de l'Asie où s'ouvraient de nouveaux marchés dans les métiers de l'énergie et de l'environnement. La **Corée du Sud** figurait au premier rang des pays ciblés, en raison de son fort taux de croissance et de son niveau de vie. La compétence d'Esys-Montenay, accumulée depuis un demi-siècle, était un atout majeur, grâce à ses nombreuses et importantes références en Europe et aux Etats-Unis.

Après une longue et difficile gestation, notre groupe prenait, à parité avec un partenaire coréen, une participation de 40 % dans **Kukdong-City-Gas**, une importante compagnie de distribution de gaz dans Séoul. Les dirigeants de cette entreprise avaient compris l'intérêt de notre savoir-faire dans le service aux collectivités et aux industriels, dans une Corée du Sud tout entière dédiée au culte de la haute technologie à travers ses grands "chaebols" (Daewoo, Hyundai...).

En 1995, les deux partenaires créaient à 50/50 **Hanbul Energy Manage-**



*L'usine est située en plein cœur d'un ensemble résidentiel dense, ce qui explique la hauteur exceptionnelle de la cheminée et la rigueur des normes antipollution imposée à son gestionnaire.*

**ment**, une société destinée à développer les métiers de base d'Esys-Montenay. Un échange croisé de deux ingénieurs coréens et de deux techniciens français pendant un an

permettait à la nouvelle société d'acquiescer la compétence nécessaire et d'obtenir ses premiers marchés de gestion de chauffage et de climatisation. Et au début de 1996, elle signait le

contrat d'exploitation de l'**usine d'incinération** du district de **Sangkye à Séoul**. Ce contrat, limité dans un premier temps à trois ans, est une grande première au "pays du matin calme" : pour la première fois, la ville de Séoul et le gouvernement coréen confiaient la gestion d'une usine d'incinération à une entreprise privée détenue à 50 % par un opérateur étranger. Hanbul est en effet la seule entreprise de ce type à avoir été agréée par le ministère de l'Environnement coréen.

Pour la ville de Séoul, l'enjeu est de taille, car il s'agit, à travers Esys-Montenay et sa filiale Hanbul :

- de démontrer l'efficacité des méthodes d'exploitation développées en Europe et en Amérique du Nord,
- de garantir les performances techniques d'exploitation,
- de satisfaire aux exigences de lutte contre la pollution face à une opinion publique très sensible à ces sujets et hostile, en règle générale, aux projets d'incinération,
- de faire valoir son expérience pour la formation des personnels et l'information des personnels et des riverains,
- d'apporter, enfin, son expertise d'exploitant de plus de soixante sites afin de vérifier la qualité des ouvrages réalisés par les constructeurs et d'optimiser les performances d'exploitation.

L'usine de Sangkye est une des plus importantes et plus modernes usines réalisées en Corée. Elle est équipée d'un **système de dépollution** qui permet de respecter les normes de rejet dans l'atmosphère plus sévères que celles en vigueur à ce jour en France (taux limites des dioxines et des oxydes d'azote par exemple).

L'usine, d'une capacité de traitement de **250 000 tonnes/an**, est calquée sur des modèles japonais. Elle se compose des ouvrages de génie civil importants qui lui donnent une apparence très imposante. L'aspect architectural s'est inspiré des réalisations que la ville de Séoul avait visitées en Europe et notamment en France (Nantes, Orléans...).

L'installation comprend deux lignes identiques de traitement de déchets d'une capacité unitaire de **17 tonnes par heure**. Elle est couplée à une



*L'équipe d'encadrement de l'usine, dirigée par Duane C. Wills.*

importante unité de **cogénération gaz** qui l'alimente en énergie et en condensats.

L'incinération est effectuée à l'aide de deux **fours à rouleaux** type VKW tels qu'utilisés par le groupe dans ses usines de Toulouse ou de Grenoble. Les fours d'incinération sont surmontés de chaudières qui produisent à capacité nominale 55 tonnes de vapeur par heure à 40 bars et 400° C.

L'usine dispose d'un **traitement des fumées par voie humide** comportant :

- un système de dépoussiérage électrostatique,
- deux étages de lavage des gaz (étages phases acide et basique),
- un système de réduction des émissions d'azote par voie catalytique,
- un système de réchauffage des gaz avant éjection à l'atmosphère,
- une station de traitement d'eau traitant l'ensemble des effluents de l'installation.

Cette installation devra respecter les **limites à l'émission** suivantes :

– Poussières	20 mg/Nm <sup>3</sup>
– Hcl	25 ppm
– Sox	20 ppm
– Nox	70 ppm
– Dioxines et furannes	0,5 ng/Nm <sup>3</sup>
– CO	80 ppm
– Métaux lourds	5 mg/Nm <sup>3</sup>

L'usine est exploitée par du personnel coréen recruté et formé par Esys-Montenay et sa filiale américaine Montenay International Corporation dont est issu le directeur d'usine qui avait précédemment en charge l'énorme usine de **Dade County** près de Miami (900 000 t/an). La formation s'est déroulée sur le site mais également dans nos usines de **Montgomery County** (près de Philadelphie USA - 350 000 t/an) et de **Toulouse** (250 000 t/an). L'encadrement est composé par deux responsables d'usine du Groupe aux compétences reconnues et qui ont assuré avec succès le démarrage de l'usine dans des conditions satisfaisantes, malgré le handicap des usages locaux et des barrières culturelles et linguistiques.

Le Groupe s'efforce de donner entière satisfaction au client afin de pouvoir renouveler ce contrat et mettre en place des méthodes plus avancées de gestion dans le cadre d'un contrat de longue durée. Après ce premier succès, se profile un important programme d'installation et d'exploitation dont Esys-Montenay et sa filiale Hanbul comptent bien devenir des acteurs de premier rang.

# LE PONT SUR LE TAGE : PARTAGER POUR MIEUX REUSSIR



**Anne FABRA**  
PC 93 L

*Embauchée chez Campenon Bernard SGE en août 93 au sein de la cellule Concessions.*

*Participation aux études préliminaires du projet MUSE, et aux réponses aux appels d'offres du contournement Ouest de Lyon et du Grand Stade.*

*Expatriée à Lisbonne pour le chantier du Pont sur le Tage depuis août 94 : chargée de la planification de l'ensemble du projet (mise au point et suivi, avec les responsables travaux des programmes d'étude, d'ordonnancement et de travaux) ; puis chargée de la coordination des travaux sur l'échangeur de Sacavém dont l'exécution a été sous-traitée à deux des cinq entreprises portugaises du groupement.*



*L'enfilade du pont depuis le Viaduc Nord.*

## Le projet et ses contraintes

Le second franchissement du Tage à Lisbonne vise à doubler le "Pont du 25 Avril", ex-"Pont Salezar", pont suspendu de 2 km de long.

Au milieu des années 70, après la "Révolution des Œillets", les cinq voies de ce "petit Golden Gate" ne suffisaient déjà pas aux nombreux lisboètes de la rive sud pour rejoindre le centre historique et des affaires de la ville, situé sur la rive nord du fleuve.

Cependant, même si la croissance de l'urbanisation justifiait de plus en plus l'idée d'un nouveau pont, la genèse d'un tel projet est toujours très lente surtout quand les fonds manquent. Ainsi, pendant une quin-

zaine d'années, les idées et les tracés se sont succédé au gré des gouvernements et des événements pour aboutir, en 1992, à la définition du tracé tel qu'il est aujourd'hui ; la décision prise a été accompagnée et justifiée par l'organisation d'une Exposition mondiale dans la capitale portugaise, le projet adopté mesure 17 km de long, et relie la "segunda circular" – périphérique de Lisbonne vers lequel convergent les autoroutes du Nord et de l'Ouest –, ainsi que le site de l'Exposition, à la future autoroute A12, en direction du Sud, vers l'Espagne et les plages ensoleillées de l'Algarve. La nouvelle liaison doit impérativement être mise en service avant l'ouverture de l'Exposition en mai 98.

Aboutissant au site de l'Exposition, le nouveau pont est situé à 15 km en

## Le parti pris de la partition



Les viaducs de l'échangeur de Sacavém au-dessus de l'autoroute.

amont du pont existant, là où le Tage a été surnommé la "mer de paille", du fait de sa largeur (12 km au droit du tracé), et des reflets jaunes qu'il prend certains matins.

Pour réaliser cet ouvrage dont le coût est estimé à 6,2 milliards de francs dont 4,3 milliards de francs pour la construction, le gouvernement portugais a choisi de lancer un appel d'offres en Concession-Construction au niveau européen. Les groupements ont été sélectionnés en juin 92, et l'appel d'offres a été lancé en avril 93, les offres devant être remises en octobre de la même année.

En avril 94, le groupement "Lusoponte" est sélectionné pour être concessionnaire de l'ouvrage. Il est constitué de la SGE, de Trafalgar House, entreprise à l'origine anglaise, et de cinq entreprises portugaises. Le pilotage est confié à Trafalgar House, qui partage avec la SGE 49 % des parts, les entreprises portugaises se partageant le reste des parts.

Lusoponte sous-traite la conception et la construction de l'ouvrage au groupement "Novaponte" constitué des mêmes entreprises (ou de leurs filiales directes) dans sensiblement les mêmes proportions, mais piloté par Campenon Bernard SGE.

Le financement du projet combine les revenus du pont actuel et les recettes attendues du nouveau pont, avec une subvention de 2 milliards de francs de l'union européenne (fonds de cohésion).

La durée de la concession dépendra

du nombre de passages enregistrés sur les deux ouvrages, et des recettes effectuées, mais est toutefois limitée à 33 ans après la signature du contrat. A la fin de la concession, l'ouvrage sera rétrocédé au gouvernement portugais.

Pendant que le concessionnaire peaufine ce montage financier, et travaille à la préparation du contrat qui sera signé en avril 95, "Novaponte" entame sa grande aventure qui consiste à concevoir et construire le plus long pont d'Europe du Sud en 45 mois. La date de livraison du pont de Novaponte à Lusoponte est fixée à fin janvier 98, Lusoponte disposant alors encore de 2 mois avant l'ouverture au trafic prévue fin mars 98 pour mettre au point ses équipements.

L'ampleur de l'ouvrage et les délais imposés ont conduit "Novaponte" à opter pour la partition de l'ouvrage en sections indépendantes, aussi bien en conception qu'en construction, qui ont été confiées aux différentes entreprises du groupement.

Ce choix devait permettre d'une part d'utiliser au maximum les compétences particulières de chacune des entreprises, et d'autre part, d'éviter les pertes de rendement inhérentes à la confrontation de différentes nationalités, et donc de différentes philosophies et méthodes de travail.

Les 17 km du projet ont donc été découpés en 8 sections majeures, chapeautées par une unité de commandement et de logistique.

Les 8 sections peuvent être réparties en deux groupes.

Les extrémités du projet ont été confiées aux entreprises portugaises. Au nord de l'ouvrage, le projet comporte deux échangeurs, l'un entre l'accès au pont et l'autoroute du Nord (échangeur de Sacavém), et l'autre avec le site de l'Exposition (échangeur de Portela et Viaduc nord). Dans ce domaine, les entreprises et les bureaux d'études portugais sont rodés. Les ouvrages (65 000 m<sup>3</sup> de béton pour 12 passages inférieurs et supérieurs et le viaduc nord) sont de conception classique : fondations directes ou sur



L'un des quatre lanceurs du Viaduc Sud.



Les piles et le pylône sud du pont à haubans.

pieux de 700 mm à 1 m de diamètre, piles pleines, et dalles nervurées précontraintes ou non suivant les franchissements. Ils sont exécutés avec des méthodes traditionnelles (coffrage monté sur étaie, ferrailage, bétonnage et précontrainte d'une travée complète en une fois). Pour le béton, comme pour les terrassements (1 million de m<sup>3</sup> sur les deux échangeurs), les entrepreneurs portugais connaissent déjà leurs fournisseurs et leurs sous-traitants, et savent organiser les travaux en fonction des contraintes locales qui sont les vraies difficultés de ces chantiers en site urbain : déviation de réseaux et de trafic, problèmes d'expropriation et de voisinage. Au Sud, le viaduc d'accès de 4 km traverse d'anciennes salines en cours de réhabilitation écologique et s'étend au-dessus du fleuve sur 2 km. La construction d'un remblai hydraulique a permis de limiter la partie "off shore" de cet ouvrage à 800 m. Pour répondre aux exigences de délais (85 travées doubles de 45 m à exécuter en 20 mois), les entreprises portugaises ont choisi la méthode des cintres autolanceurs, déjà utilisée pour la réalisation d'ouvrages dans le nord du pays. Cette solution a de plus l'avantage de limiter l'intervention au sol, et est donc appréciée des protecteurs de l'environnement, très actifs dans cette zone encore vierge d'urbanisation.

Après la culée sud du pont, l'accès sud, l'aire de péage et l'échangeur sud traversent une zone agricole. La

réalisation des 1 100 000 m<sup>3</sup> de terrassement généraux (principalement du remblai d'apport), des passages inférieurs et supérieurs (9 000 m<sup>3</sup> de béton) et des divers bâtiments a été sous-traitée aux entreprises portugaises du groupement.

La partie centrale de l'ouvrage, confiée à Campenon Bernard SGE et Trafalgar House, est constituée du nord au sud, du Viaduc Expo mesurant 672 m et surplombant le site de l'Exposition à 40 m de hauteur, du Pont Principal à haubans dont la travée centrale de 420 m dégage la plus grande passe navigable de l'ouvrage (45 m de tirant d'air), et enfin du Viaduc Central mesurant 6,5 km de long, et rejoignant le Viaduc Sud. L'exécution des fondations (304 pieux forés de 1,7 ou 2,2 m de diamètre, et 584 pieux de 1,7 m de diamètre battus jusqu'à 80 m de profondeur) a été sous-traitée à des entreprises spécialisées. Les 285 600 m<sup>3</sup> de béton des piles et des tabliers ont été coulés par les entreprises du groupement qui ont, là encore, dû choisir des méthodes répondant aux exigences de délais.

Pour le pont à haubans, Campenon Bernard SGE a exécuté les pylônes en "H" de 147 m de haut avec quatre jeux de coffrages auto-grimpants. Le tablier (structure mixte constituée de deux poutres longitudinales en béton, de poutres transversales en acier, et d'une dalle béton, le tout supporté par 4 x 48 haubans) est réalisé au moyen de quatre équipes mobiles. Ces techniques

avaient déjà fait leurs preuves sur le chantier du Pont de Normandie.

Pour le Viaduc Expo et le Viaduc Central, le mot d'ordre a été : "préfabrication". Ici aussi, les méthodes sont connues et rodées, et elles ont été appliquées aux quantités impressionnantes de ces ouvrages.

Les 12 travées de 46 à 61 m du Viaduc Expo ont été réalisées avec 462 voussoirs préfabriqués conjugués, et posés à la grue par encochements successifs.

La même technique a été adoptée pour l'exécution des deux passes navigables du Viaduc Central, Barcas et Samora, (travées principales de 135 m, 376 voussoirs de hauteur variable entre 7 et 4 m).

Les 75 doubles travées courantes du Viaduc Central ont été franchies avec par 150 poutres de 78 m de long pesant 1 800 t, préfabriquées sur la rive sud du Tage. Le transport et la pose en ont été confiés à un groupement de marins belges et de levagistes néerlandais qui a spécialement conçu une grue sur catamaran s'inscrivant dans une cuve de 80 m d'arête.

Le chantier de préfabrication des poutres s'étendait sur 35 ha et produisait une poutre tous les 2 jours, soit 400 m<sup>3</sup> de béton par jour.

## La cohérence de l'organisation

Ainsi, le chantier du Pont Vasco de Gama apparaît comme la réunion de plusieurs chantiers gérés par des hommes au caractère et à la culture très différents. Ces équipes mettent en œuvre des techniques variées, pour construire dans des délais records des ouvrages dont le seul point commun est leur ampleur.

Tout ceci s'est organisé sous la houlette d'une équipe de management qui, outre sa fonction de coordination entre les sections, et de prise de décision pour les grandes options d'installation et de construction, assurait également des services techniques et commerciaux, permettant d'affranchir les sections des tâches les plus ingrates.

Cette équipe assurait la cohérence



La pose d'une des poutres du Viaduc Central.

indispensable pour toutes les relations avec le concessionnaire et le représentant du gouvernement portugais chargé de vérifier la conformité de l'ouvrage au cahier des charges. Pour une première expérience de chantier, cette palette d'ouvrages et de personnalités est une source d'enrichissement technique et humain. C'est aussi une jungle où il faut trouver sa place ; celle depuis laquelle on peut participer à l'élan de la grosse machine qui s'apprête, dans les quelques mois qui restent avant janvier 98, à achever cette traversée, au-dessus des champs, du Tage et de la ville. ■



FONDATION NATIONALE  
ENTREPRISE ET PERFORMANCE

MISSION D'ETUDE  
ANNUELLE 1998

## “Le travail : mode d'emploi”

Pour la mission d'étude annuelle 1998, la FNEP propose à une douzaine de jeunes fonctionnaires et cadres des entreprises membres de la Fondation (Air France, Groupe Caisse des Dépôts, EDF, France Telecom, GDF, La Poste, SNCF, TDF), âgés de 24 à 35 ans, issus des Grandes Ecoles et de l'Université, un cycle de réflexion et une mission d'étude à l'étranger.

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

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

De septembre à novembre :

- séjour à l'étranger, d'une durée de 6 semaines cumulées, dans 6 pays, en Europe et hors d'Europe, où des rencontres sont organisées à haut niveau avec l'assistance des Ambassades.

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

### Vous souhaitez

- travailler au sein d'une équipe pluridisciplinaire,
- mieux connaître et comprendre les pays étrangers, leurs institutions et leur culture,
- mener une réflexion approfondie sur un thème d'intérêt général qui constitue une contribution originale à l'ouverture de la société française,
- vous retrouver ensuite dans un club avec ceux qui ont participé aux missions antérieures et profiter des prestations offertes (dîners-débats, mini-missions...).

### Demandez un dossier de candidature à

fnep

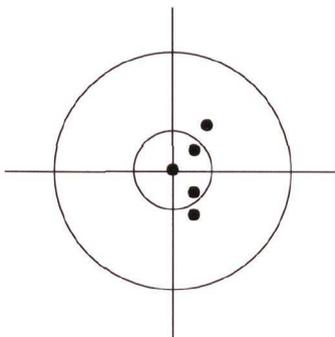
Tour Elf - Bureau 03E67

92078 PARIS La Défense Cedex

Tél. : 01 47 44 54 36 - Fax : 01 47 44 53 91

Date limite des candidatures : **1<sup>er</sup> décembre 1997**

# DIRECTEURS D'ENTREPRISES DIRECTEURS DE LA COMMUNICATION



## VOTRE CIBLE LES DECIDEURS ISSUS DES GRANDES ECOLES

POLYTECHNICIENS - CENTRALIENS  
INGÉNIEURS DES PONTS-ET-CHAUSSÉES  
INGÉNIEURS DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
INGÉNIEURS SUP-AÉRO - SAINT-CYRIENS  
INGÉNIEURS DE L'ÉQUIPEMENT

# **Ofersop**

É D I T E U R

Régisseur exclusif de Publicité  
Annuaire et Revues  
des Grandes Ecoles

# LE LAC DE TUNIS ENTRE L'UTOPIE ET LA REALITE URBANISTIQUE

**L**a ville de Tunis est séparée de la mer par un lac de faible profondeur couvrant une superficie de 50 km<sup>2</sup> environ. Le plan d'eau constituait, à l'origine, une des baies du golfe de Tunis dont il a été progressivement isolé par un cordon littoral de formation récente. Lors de la construction du port de Tunis, en 1885, le lac a été scindé en deux bassins indépendants par le chenal de navigation donnant accès au nouveau port : le lac nord d'une superficie de 32 km<sup>2</sup> environ et le lac sud d'une superficie de 18 km<sup>2</sup>.



**S. BELAID**  
PC 62

Directeur Général de la Société de Promotion du Lac de Tunis

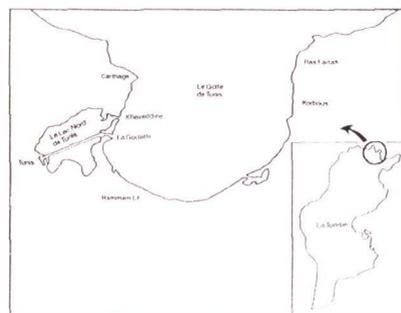
**H. KENNOU**

ENSHEEI - Toulouse

Des siècles durant, la partie ouest du lac de Tunis a servi de réceptacle aux déchets solides et hydriques de la ville sans qu'il en découle, a priori, d'autres nuisances que le dégagement, en période estivale, d'une odeur fétide rendue célèbre par les récits de voyages d'écrivains tels que Alexandre Dumas ou Gustave Flaubert. Mais, avec l'accroissement très rapide de la population urbaine au cours des dernières décennies, la pollution du plan d'eau a atteint un niveau tel que la mise au point d'un programme cohérent et global de protection et d'assainissement du lac est devenue impérative.

La restructuration, à la fin des années 70, du réseau d'assainissement des quartiers bas de la ville de Tunis et la création d'un canal de ceinture

destiné à intercepter les déversements résiduels allait permettre de lever le premier préalable à la réhabilitation du lac nord ; restait à trouver les fonds nécessaires pour mener à bien l'opération d'assainissement proprement dite, qui s'annonçait fort coûteuse. C'est là qu'intervient le deuxième élément clé du programme, à savoir : la décision de faire supporter le coût de l'assainissement du lac par l'urbanisation de ses berges. A cet effet, une société d'économie mixte, la Société de Promotion du Lac de Tunis (SPLT), a été créée, en 1984, en partenariat avec un groupe privé séoudien, avec pour mission la restauration du lac nord de Tunis et l'aménagement de ses berges.



La Tunisie & le lac nord de Tunis.

## La modélisation au service de l'ingénierie de l'environnement

Le lac nord de Tunis est peu profond (0,5 à 1 m) et a une superficie de 3 200 hectares. Il communique très difficilement avec le milieu marin environnant, ce qui ne permet qu'un faible taux de renouvellement de ses eaux.



*Etat du lac nord de Tunis avant assainissement.*

De plus, le contour dentelé de ses berges laisse subsister de grandes aires d'eaux stagnantes. L'apport de pollution hydrique organique et de substances nutritives a tapissé le fond du lac de strates de boue et de vase, contribuant au déséquilibre de l'écosystème.

L'élaboration d'un modèle général biogéochimique est conditionné par un modèle de fonctionnement hydrodynamique.

Intégrant les deux facteurs essentiels de l'hydrodynamique des lagunes méditerranéennes, à savoir : la marée et les vents, des modèles de simulation hydraulique et écologique ont permis de définir les objectifs à atteindre pour la restauration du lac nord.

**Les premières études élaborées pour la restauration du Lac nord de Tunis se sont orientées vers la nécessité de disposer d'outils de prédétermination et de simulation du fonctionnement écologique.**

**Le recours à la modélisation a pu développer une thématique audacieuse pour les sciences de l'ingénieur, confrontée à des problèmes causés par une évolution spatio-temporelle de longue date**, d'autant plus que les objectifs appréhendés doivent donner des résultats immédiats ou dans des délais très courts. Les objectifs à atteindre pour la restauration du lac nord sont :

- la mise en place d'un système naturel de renouvellement des eaux,
- la création de nouvelles berges,

- l'approfondissement d'une grande partie du lac.

## Le génie de l'environnement : une nouvelle approche

Alliant hydrodynamique et écologie, les travaux de restauration du lac nord de Tunis ont mobilisé d'énormes moyens humains et matériels. Durant 36 mois, trois dragues suceuses ont déplacé un volume de matériau de près de 22 millions de m<sup>3</sup> dont 10 millions de m<sup>3</sup> de vase qui ont été ensouillés dans des fosses créées à l'intérieur du lac et remplacées par du sable de bonne qualité extrait de ces mêmes fosses.

**Ces travaux, basés sur les génies maritime et civil et intégrant des composantes écologiques, ont généré une nouvelle approche tech-**

**nologique, à savoir : "le Génie de l'Environnement".**

D'un montant de près de 60 millions de dinars tunisiens (DT = 1 \$), ces travaux ont permis, aujourd'hui, de redonner au lac nord ses qualités d'antan. Le système de renouvellement des eaux est basé sur :

- des écluses à marée, permettant un cycle de régénération de l'ordre de 28 jours,
- une circulation levogyre des eaux autour d'une digue séparant le plan d'eau.

Une fois les travaux réalisés, une méthodologie de suivi des principales caractéristiques du biotope et des biocénoses a été mise en œuvre et a permis de vérifier les prévisions des modèles élaborés sur cet écosystème lacustre.

L'amélioration de la qualité des eaux et des conditions hydrodynamiques du milieu sont parfaitement traduites par l'évolution des peuplements végétaux. La biomasse totale des algues nuisibles est en nette régression (45 000 T de poids humide en 1984, 2 7000 T en 1987, 12 000 T en 1992).

On note également l'amélioration de la qualité bactériologique des eaux du lac devenues propres à la baignade et la réapparition de variétés de poissons (loup, daurade, etc...) qui avaient disparu du lac durant la période d'eutrophisation.

## Une ville moderne autour d'un lac propre

Les travaux d'assainissement du lac ont permis de gagner 500 hectares



*Etat du lac nord après assainissement.*

sur le plan d'eau portant ainsi la superficie aménageable à 1 300 hectares soit un peu moins que 7 % de l'ensemble des surfaces urbanisées du grand Tunis.

Réparti tout autour du lac, sur un linéaire de plus de 20 kilomètres, le domaine ainsi obtenu autorise l'implantation d'activités très diversifiées permettant de compléter harmonieusement les secteurs urbains limitrophes. Les centres-villes de Tunis et de La Goulette, notamment, trouvent leur extension naturelle sur les berges du lac nord à concurrence de 300 ha et 85 ha respectivement. De même, il est prévu, en appui aux activités du port de La Goulette et de l'aéroport international de Tunis-Carthage, l'aménagement de deux zones à vocation industrielle et de stockage (industries légères et non polluantes).

L'encadré ci-après donne un aperçu des principales composantes du projet ; on en retiendra deux chiffres : **6,8 millions de mètres carrés de plancher hors œuvre permettant de loger une population de 130 000 habitants** et de créer des emplois pour plusieurs milliers de non-résidents. Un programme aussi ambitieux nécessite un délai de réalisation relativement long ; l'objectif que s'est fixé la SPLT est de le mener à son terme en un quart de siècle environ (1984-2010).

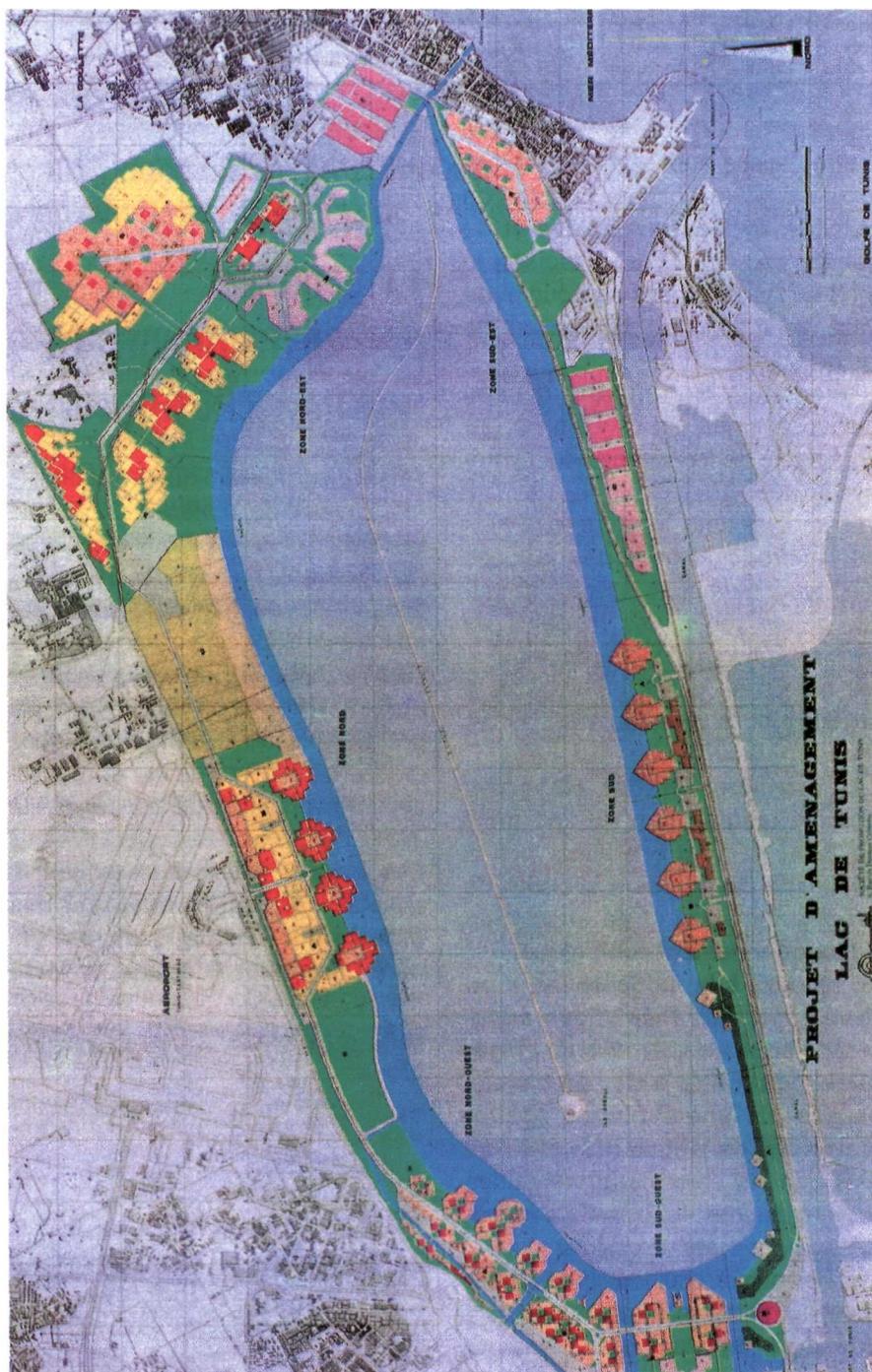
### L'aménagement des berges du lac de Tunis en chiffres

• Assiette du projet	1 300 ha
• Façade sur le lac	20,0 km
• Surfaces constructibles	6 800 000 m <sup>2</sup>
dont :	
– logements	4 500 000 m <sup>2</sup>
– bureaux, commerces...	1 200 000 m <sup>2</sup>
– industrie & artisanat	650 000 m <sup>2</sup>
– équipements publics	450 000 m <sup>2</sup>
• Espaces verts	400 ha
• Population résidente	130 000 hab.
• Population non-résidente	80 000 hab.
• Période de réalisation	1990-2010

## Un premier aménagement réussi

La première phase d'aménagement, achevée en 1993, a comporté la viabilisation et le lotissement de 200 ha environ, dont 50 ha sous forme de zone d'animation et de loisir. Située à 5 km environ du centre-ville et à proximité immédiate de l'aéroport de Tunis-Carthage, cette zone constitue un quartier urbain polyfonctionnel, comportant à la fois des services

(bureaux, commerces, polycliniques, etc...) et des logements de différents standings : villas individuelles, villas jumelées et immeubles d'appartements. L'affectation du sol et la composition volumétrique ont été conçues de manière à aboutir à une texture urbaine très aérée permettant à la plupart des bâtiments d'avoir une percée sur le plan d'eau. Ce résultat a été obtenu grâce notamment à la réalisation d'artères très larges, à l'interposition d'espaces verts et à la création de nombreuses placettes et voies piétonnières souvent bordées de galeries en arcades.



Plan d'aménagement du lac nord de Tunis.

Après un démarrage timide, la commercialisation du lotissement et son urbanisation ont connu un rythme très soutenu, confirmant la pertinence du pari qui a été fait sur l'avenir de tout le site des berges du lac nord.

### Le lotissement de la zone nord en quelques chiffres

– Superficie de la zone :	
• brute	150,0 ha
• commercialisable	89,0 ha
– Secteur villas	34,5 ha
– Secteur de densité moyenne à faible	27,0 ha
– Secteur de densité moyenne	18,5 ha
– Espaces verts	19,0 ha
– Places de parking	15 000 u.

## Le projet du Lac nord de Tunis, un modèle à suivre

Le succès rencontré par la première opération d'aménagement du lac



*Vue de la zone nord après viabilisation.*

nord, a contribué à accélérer la prise de décision concernant la réhabilitation d'autres sites aquatiques ayant subi, par le passé, une dégradation poussée de leurs conditions écologiques. C'est le cas, en premier lieu, du lac sud de Tunis dont le projet de restauration, largement inspiré de celui du lac nord, va démarrer incessamment avec, à la clef, la création d'une réserve foncière de 900 ha dans le secteur sud du grand Tunis. Le projet TAPARURA, à Sfax, bien que portant sur une superficie plus

réduite et, par conséquent, d'une rentabilité moins certaine devrait également voir le jour, à moyen terme.

Au plan international, le modèle de fonctionnement hydrodynamique et de restauration écologique développé dans le cadre du projet du lac nord, a fait l'objet de nombreuses évaluations de la part d'instituts spécialisés en vue de son adaptation à la réhabilitation de sites lagunaires ou deltaïques de caractéristiques similaires. ■

# LE TUNNEL IMMERGE DU FRANCHISSEMENT DE L'ØRESUND ENTRE LA SUEDE ET LE DANEMARK



**Eric PAILLAS**  
Engineering Manager (site)  
PC 83

## 1 - Introduction

Parmi les grandes liaisons autoroutières et ferroviaires construites en cette fin du XX<sup>e</sup> siècle, la plus complexe et la plus spectaculaire est sans aucun doute celle qui dessert Copenhague en franchissant le Grand Belt à l'ouest et le détroit de l'Øresund à l'est.

Nous ne parlerons pas ici des ouvrages du Grand Belt qui s'achèvent avec la construction d'un pont sus-

pendu autoroutier de 1 624 mètres de portée, le présent article étant consacré à la traversée de l'Øresund et plus particulièrement au tunnel immergé qui en constitue la partie occidentale.

Le franchissement du détroit de l'Øresund commence à proximité de l'aéroport de Copenhague, contourne l'île de Saltholm qui est une réserve naturelle et s'achève à Lernaken, petite ville au sud de Malmö. Il se compose d'une suite d'ouvrages comprenant d'ouest en est un tunnel

### Auteurs

**Laurent BAVIERE**  
Ingénieur

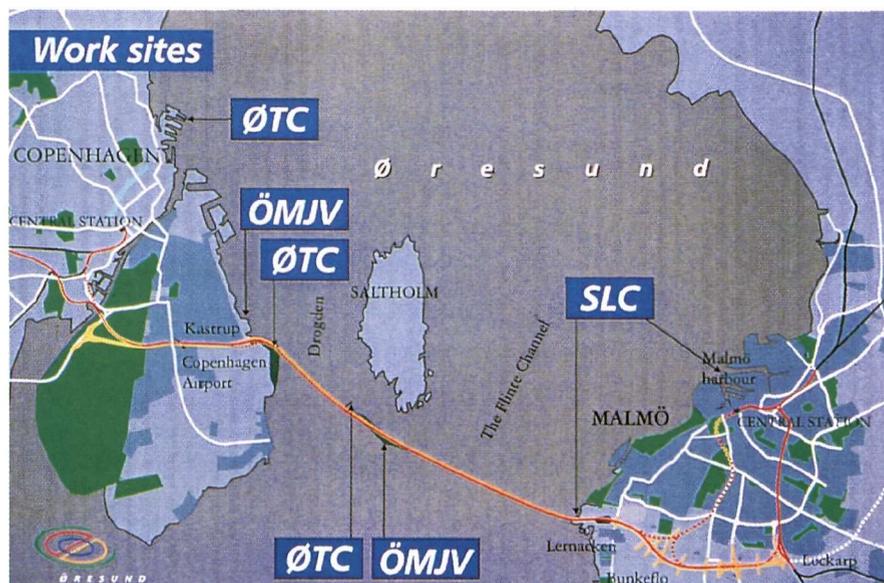
**Jacques COMBAULT**  
Directeur scientifique DUMEZ-GTM (siège)

**Bruno FRANCOU**  
Ingénieur Travaux Maritimes (site)

**Michel LEFEBVRE**  
Directeur DUMEZ-GTM (siège)

**Hakim NACEUR**  
Ingénieur préfabrication (site)

**Hugues PIALOUX**  
Project Manager (site)



Plan de situation de l'ensemble du lien fixe.

immergé, une île artificielle et un grand pont à haubans flanqué de deux viaducs d'accès. L'ensemble s'étend sur 16 kilomètres et franchit un domaine maritime parcouru par des navires de toutes sortes en transit entre la mer Baltique et la mer du Nord et par des ferries qui relient le Danemark et la Suède.

Tous les ouvrages sont conçus pour acheminer le trafic routier et ferroviaire dans une même structure, sur un seul niveau dans le tunnel, sur deux niveaux pour ce qui est des ponts. Cette particularité confère aux ouvrages des caractéristiques exceptionnelles et grandioses.

Trois contrats principaux ont été attribués en 1995, les dragages, le tunnel et les ponts.

Le projet du tunnel se compose de plusieurs structures. Outre le tunnel immergé proprement dit, dont la longueur de 3 510 mètres constitue un record du monde dans sa catégorie, il comporte à chaque extrémité une rampe d'accès et un portail qui intègre des locaux techniques. L'ensemble rampes d'accès, portails, tube immergé et aménagements de surface à chaque extrémité s'étend sur 5 800 mètres et constitue le contrat du tunnel.

Ce contrat porte sur la construction de l'ouvrage clés en main. Seuls quelques lots dits "Coast to Coast" tels que les caténaires ou certains lots de courants faibles sont exclus et feront l'objet de contrats séparés portant sur l'ensemble du franchissement.

## 2 - Appel d'offres

L'appel d'offres lancé en octobre 1994 portait sur un tunnel immergé dont l'alignement était défini ainsi que les gabarits routiers et ferroviaires. Toutes les caractéristiques de fonctionnement, les critères de qualité des matériaux à mettre en œuvre et les paramètres nécessitant une cohérence au niveau de l'ensemble du franchissement étaient spécifiés dans le cahier des charges. Les dimensionnements extérieurs du tube, la nature et le calcul de la structure, le système de ventilation, la nature et la provenance des matériaux étaient laissés à l'appré-

ciation du soumissionnaire dans le cadre d'un contrat de "design and build" que nous pouvons traduire par "Conception-Construction".

C'était là que pouvaient s'exercer les capacités d'innovation et d'imagination des entreprises.

Un caisson immergé devant être fondamentalement conçu pour rester au fond du plan d'eau qu'il permet de franchir, le volume du vide qu'il convient de respecter et qui est réservé aux usagers impose en contrepartie un volume de béton minimal. Il s'ensuit que plus le tunnel est compact, moins il coûte en matériaux. Il convenait donc de faire la chasse aux espaces perdus en suivant au plus près les contours des gabarits de circulation, en disposant par exemple les ventilateurs dans des niches et en s'attachant, par des élargissements de la dalle inférieure, à mobiliser le poids des remblais de la tranchée.

Un tunnel immergé se doit également d'être étanche. On peut, pour cela, avoir recours à une enceinte métallique extérieure. On peut aussi en faire l'économie à condition de s'assurer que le béton de structure est lui-même étanche. L'école Hollandaise a depuis longtemps démontré que c'était possible à condition de limiter les gradients thermiques dans le béton, en particulier entre bétons d'âges différents. Un des moyens d'y parvenir consiste à refroidir le béton jeune par un système de circulation d'eau particulièrement dense au voisinage du béton plus ancien.

Dans le cas présent, les spécifications relatives à la fissuration du béton au jeune âge étaient si contraignantes que le coût du refroidissement par circulation d'eau aurait été prohibitif. Pire, le recours à une membrane extérieure ne relaxait pas les spécifications en matière de fissuration.

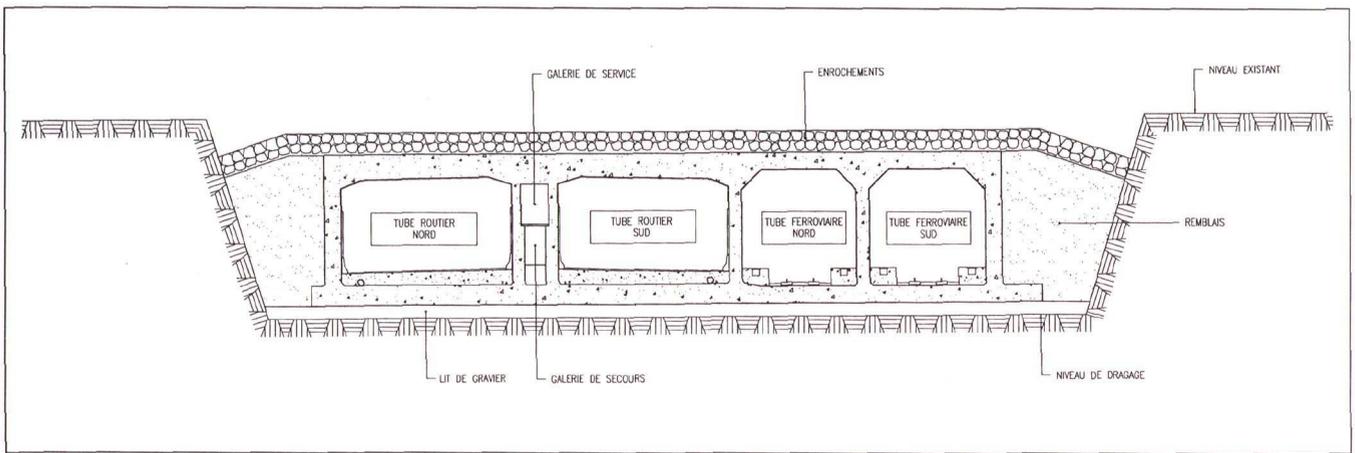
Les groupements d'entreprises en concurrence se trouvaient ainsi confrontés à un certain nombre de spécifications très strictes, pour ne pas dire coercitives, concernant la qualité et la mise en œuvre des matériaux, en particulier du béton. La description du système d'Assurance Qualité et de ses procédures d'appli-

- **Maître d'ouvrage :**  
ØSK (Øresund Konsortiet)
- **Maître d'œuvre :**  
ØLC (Øresund Link Consultant)
- **Groupe d'entreprises :**
  - NCC (S), pilote,
  - DUMEZ-GTM (F),
  - LAING (GB),
  - Boskalis (NL),
  - Pihl & Son (DK).
- **Bureau d'études ouvrages permanents :**  
Symonds Travers Morgan (GB)
- **Bureau d'études ouvrages provisoires :**  
DUMEZ-GTM (F)
- **Consultants géotechniques :**
  - Danish Geotechnical Institute (DK),
  - Mecasol (F) Kampsax (DK)
- **Architecte naval :**  
D2M (F)
- **Essais en bassin :**  
Danish Hydraulic Institute (DK)
- **Sous-traitant électromécanique :**
  - Groupe Spie-Enertrans (F),
  - SEMCO (DK).
- **Consultant béton (analyse thermique) :**  
INTRON (NL)

cations ne laissent guère de place à l'improvisation. Par contre le principe de la conception-construction permettait de choisir les méthodes d'exécution les plus appropriées.

Le projet proposé par le groupe d'entreprises DUMEZ-GTM - LAING - NCC - PHIL & SON - BOSKALIS et finalement retenu repose donc sur un procédé de construction original, élaboré dans le but d'éviter tout système de refroidissement artificiel du béton, tout en profitant des avantages de répétitivité que pouvait procurer la construction d'un ouvrage de 3 500 mètres de longueur.

De là est né le concept de construire les caissons par éléments de 22 mètres coulés en une seule opération continue en atmosphère contrôlée, c'est-à-dire à l'intérieur d'un bâtiment. Le système de poussage et les dispositions de l'enceinte de mise à flot qui ont été imaginés par la suite constituent des développements logiques du procédé de fabrication.



Le tunnel immergé - Coupe transversale.

## 3 - Conception et méthodes de réalisation

### 3-1 La coupe transversale

Particulièrement sensible pour le coût de l'ouvrage, la coupe transversale est déterminée en tenant compte :

- des gabarits et ligne de référence contractuels,
- du réseau de drainage des voies ferrées,
- des finitions (bardage, protection antifeu, barrières New Jersey...),
- du béton de ballast pour lestage (coefficient de sécurité au soulèvement de 1,06),
- des tolérances de construction (préfabrication, pose).

Pour une largeur hors-tout de 41,70 m et une hauteur de 8,545 m, l'aire de

la section transversale du caisson multicellulaire (4 tubes) en béton représente 124 m<sup>2</sup>.

Longitudinalement, le tunnel est conçu comme une chaîne d'osselets articulés, en béton armé.

Une solution sans membrane d'étanchéité extérieure ayant été retenue, les contraintes dans le béton au jeune âge sont limitées à 70 % de sa capacité en traction.

### 3-2 Les installations électromécaniques

Les études s'étendent aussi aux divers équipements de l'ouvrage :

- réseaux HT/BT,
- éclairage,
- ventilation,
- HVAC,
- systèmes anti-incendie,
- systèmes de contrôle et de régulation.

Bien entendu, les équipements du tunnel sont étudiés en étroite colla-

boration avec le client afin qu'ils soient ultérieurement cohérents sur toute la longueur du lien fixe.

### 3-3 La préfabrication

L'ensemble du tunnel immergé est divisé en 20 éléments de 175,40 m de longueur, eux-mêmes composés de 8 voussoirs de 21,90 m de longueur, et d'un joint de clavage de 2 m coulé en place. Les 8 voussoirs sont coulés à joints conjugués. Les joints sont secs et munis de clefs de cisaillement permettant de faibles mouvements de rotation des voussoirs les uns par rapport aux autres. Tous les voussoirs constituant un élément sont solidarisés entre eux par une précontrainte provisoire avant la mise en flottaison.

### 3-4 Méthode monolithique

Les voussoirs sont coulés en une seule phase, en commençant par le radier, en poursuivant par les voiles et en terminant par la dalle supérieure. Grâce à cette méthode, le refroidissement traditionnel du béton n'est pas requis comme ont pu le confirmer les analyses très complètes des contraintes thermiques engendrées dans le béton en tenant compte des phases de construction. Les 160 voussoirs nécessaires seront ainsi réalisés selon un cycle hebdomadaire, les cages d'armature étant entièrement préfabriquées avant d'être introduites dans les cellules de coffrage.

### 3-5 Supportage et poussage des éléments

A l'issue de leur construction, les éléments de tunnel reposent sur 6 lon-



Vue générale des installations de chantier et de préfabrication.

grines fondées sur pieux par l'intermédiaire de 288 vérins hydrauliques. Des patins "téflon" sont intercalés entre ces vérins et les tôles inox qui recouvrent les longrines. Six pousseurs, comparables à ceux que l'on utilise pour la construction de certains ponts poussés et développant 3 000 t au total, permettent de translater les éléments, en s'arc-boutant sur les longrines. Les vérins, chargés de compenser les tolérances de construction des longrines ainsi que leurs déformations élastiques, assurent un supportage plan lors du poussage.

## 4 - Installations de chantier

### 4-1 Usine de préfabrication

**4-1-1** L'usine, installée dans le port de Copenhague, regroupe les installations couvertes, pour la production des cages d'armatures et des voussoirs, ainsi que le bassin de mise à flot. Elle est organisée en 2 lignes de production qui permettent chacune de réaliser un voussoir par semaine en période de pointe.

#### 4-1-2 Préfabrication des cages d'armatures

Les opérations de ferrailage s'effectuent dans un hangar (260 m x 35 m), équipé de trois ponts roulants de 2 x 10 t.

Les cages sont assemblées à partir de panneaux élémentaires (voiles et



*L'aire de préfabrication des armatures.*

dalle supérieure) puis translattées dans une zone tampon, et finalement dans le coffrage.

Lors de la translation, les cages (250 t) sont légèrement soulevées par un système de gaines gonflées à l'air, puis treuillées sur des roulements à aiguilles.

#### 4-1-3 Cellules de coffrage

Les opérations de bétonnage et de début de cure s'effectuent dans un deuxième hangar (85 m x 100 m), adjacent au premier. Il est équipé de deux ponts roulants de 25 t. La température y est contrôlée (+ 10 à + 30° C).

Les cellules de coffrage métalliques, actionnées hydrauliquement, permettent de coffrer intégralement un

voussoir. Les masques d'about sont aussi en métal, pour assurer une bonne évacuation de la chaleur d'hydratation du béton.

Chaque cellule comporte :

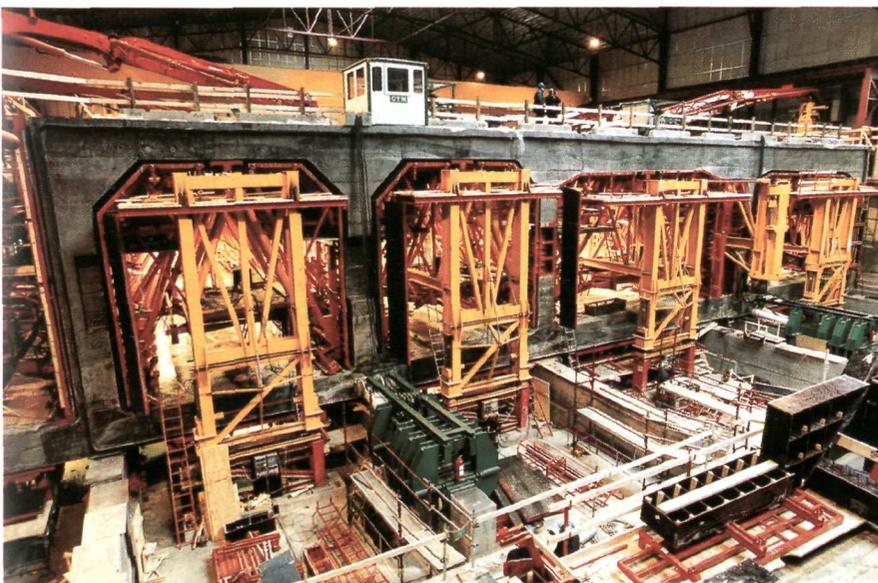
- un coffrage de sous-face, effondrable (15 mm) lors du lancement des éléments de tunnel,
- deux panneaux verticaux rétractables, correspondant aux voiles extérieurs,
- cinq coffrages tunnels (2 tubes routiers, 2 tubes ferroviaires et une galerie de service) supportés par des poutres de lancement (45 m),
- les masques d'about pour les joints de dilatation et d'immersion, soit un total de 1 000 t par cellule.

#### 4-1-4 Production des bétons

Le béton est produit à l'aide de 2 centrales dotées chacune de 2 malaxeurs de 3 m<sup>3</sup>.

Les centrales sont approvisionnées en agrégats par route, ou par mer (bande transporteuse à partir d'un quai provisoire). Les agrégats peuvent être chauffés.

En sortie de centrale, le béton est d'abord déversé dans des trémies d'attente ou alternativement dans des camions-toupies, pour être testé. Il alimente ensuite les pompes à béton installées à poste fixe entre les 2 lignes de fabrication des voussoirs. Lors du bétonnage d'un voussoir de tunnel (2 700 m<sup>3</sup> en 24 h), seul 2 malaxeurs sont utilisés, ainsi que 2 trémies d'attente, ce qui corres-



*Les cellules de préfabrication des voussoirs de 6 000 t.*

pond à une capacité de production maximale de 130 m<sup>3</sup>/h.

#### 4-2 Travaux relatifs aux ouvrages d'accès

Les ouvrages d'entrée-sortie du tunnel immergé comportent :

- une partie en tranchée couverte incluant les locaux techniques et les structures des portails,
- une trémie en béton (U-box),
- une rampe en béton avec tirants actifs verticaux,
- une rampe en déblais et remblais sur géomembrane.

Ils sont construits en utilisant des techniques classiques et en ayant recours à un système de refroidissement du béton sur l'enceinte extérieure.

Les travaux correspondants sont répartis sur deux sites implantés à chaque extrémité du tunnel, l'un étant situé sur une île artificielle déjà réalisée au milieu de l'Øresund, l'autre étant situé à l'extrémité de l'aéroport de Copenhague.

Chaque site produit ses bétons. Le site de l'aéroport comprend de plus les installations nécessaires à l'embarquement des hommes, des matériaux et des matériels afin de desservir l'île artificielle.

#### 4-3 Travaux maritimes

##### 4-3-1 Transport des éléments de tunnel

Lorsque les conditions météorologiques seront suffisamment bonnes pour que l'on puisse lancer les opérations de pose d'un élément de tunnel, celui-ci sera halé pour être amarré à l'extérieur du bassin de mise à flot.

Il sera alors équipé des tours et des catamarans d'immersion. Ces derniers seront positionnés par flottaison au-dessus de l'élément, puis bridés sur celui-ci à l'aide des moufles d'échouage.

Les coques des catamarans ont une surface de flottaison de 250 m<sup>2</sup> chacune et un creux maximum de 6,50 m. Les trois tours, équipées de récepteur DGPS (Differential Global Positioning System), donneront toutes les coordonnées de l'élément en temps réel.

Deux remorqueurs de 60 t et deux remorqueurs de 40 t seront utilisés



Vue générale du chantier des ouvrages d'accès situés à l'extrémité de l'aéroport.



Vue générale du chantier des ouvrages d'accès réalisés sur l'île artificielle.

pour le remorquage sur une distance de 7 miles. La vitesse maximale relative durant le transport sera de 3 nœuds pour éviter les phénomènes de "squat" (phénomènes de succion engendrés par l'accélération de l'eau sous l'élément) constatés lors des essais en bassin. La profondeur minimum garantie du chenal emprunté pendant le transport est de 10 m pour un tirant d'eau de 8,20 m. Du fait des faibles profondeurs, la tranchée d'immersion n'est accessible qu'en deux points depuis lesquels l'élément est halé dans l'axe de la tranchée par 8 treuils de transfert de 60 t montés sur les pontons d'immersion, les lignes de halage étant mouillées sur des pieux immergés.

##### 4-3-2 Immersion des éléments

L'immersion sera réalisée dans une tranchée, dont la profondeur varie de 13 à 23 m, mise à disposition par le client. Avant l'immersion, l'élément sera précisément positionné à l'aide d'une partie des treuils de transfert (4 seulement), frappés sur des renvois fixés sur le toit de l'élément et de 2 treuils auxiliaires longitudinaux. Puis l'élément sera ballasté afin d'obtenir une charge totale de 700 t sur les pontons.

Compte tenu des variations de salinité (0,025 kg/dm<sup>3</sup>), des effets du courant (> 1 m/s) et des vagues ( $H_s = 0,75 \text{ t} = 4 \text{ s}$ ), les coques des catamarans ont été conçues pour pouvoir supporter une charge maximale de 450 t chacune.

L'élément de tunnel ainsi approvisionné sera immergé à proximité de l'élément précédemment mis en place à l'aide des 4 mouffles de 450 t. L'approche finale sera guidée par un dispositif monté sur le toit. L'étanchéité de la chambre créée par l'assemblage de deux éléments consécutifs sera assurée par l'écrasement de la partie souple d'un joint "Gina" à l'aide des treuils auxiliaires longitudinaux.

Après vidange de la chambre et écrasement complet du joint, l'alignement pourra être corrigé à l'aide de 3 vérins de 500 t situés dans les voiles extérieures à proximité du joint. Ce système innovant d'alignement actif a d'ailleurs permis la simplification des détails du joint d'immersion dans la mesure où contrairement au système traditionnel, il permet de contrôler la position finale de l'élément de tunnel.

A l'issue de ces opérations, on procédera au remplissage des ballasts et les pontons seront libérés.

#### 4-3-3 Le lit de gravier

L'ensemble du tunnel reposera sur un lit de gravier préparé à l'avance. Ce lit de gravier est constitué de concassé 30-60 mm sur une épais-



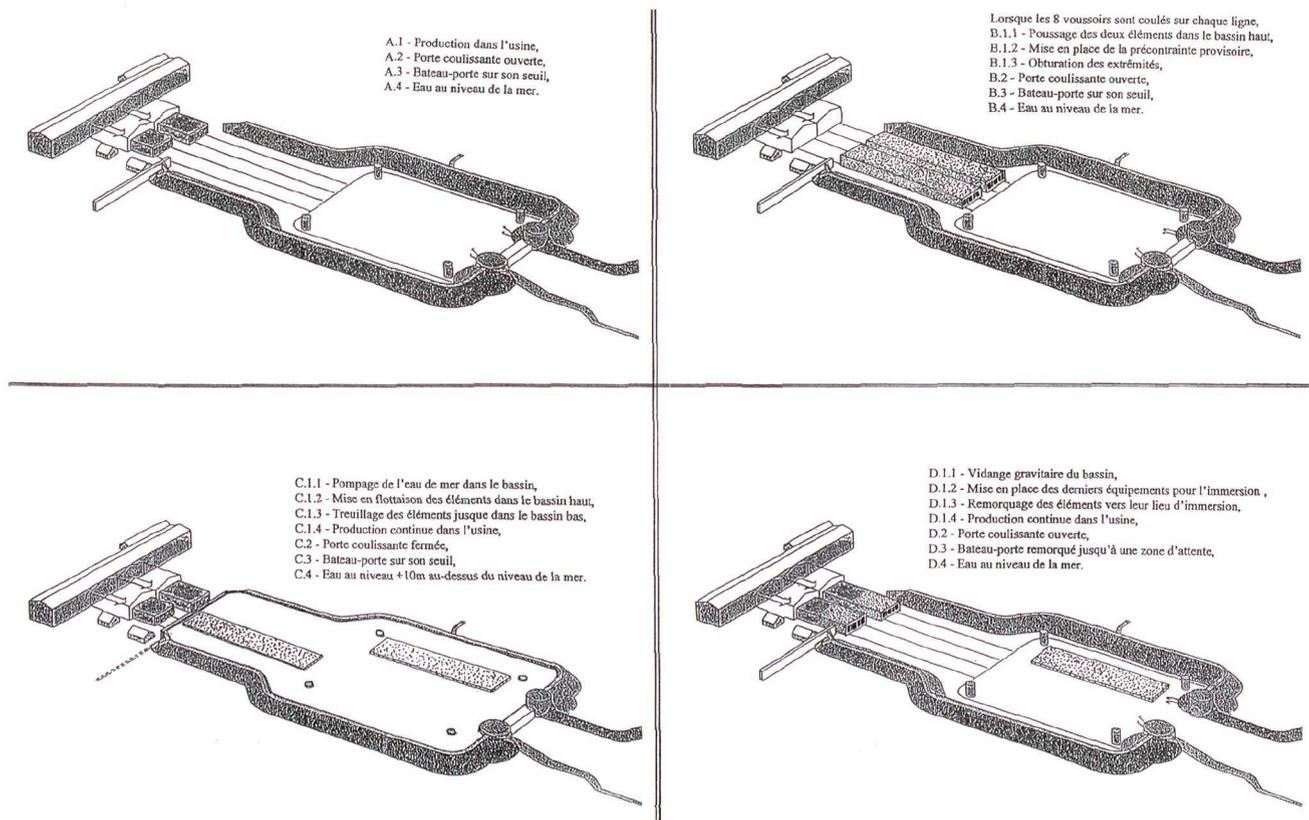
Les bassins de mise à flot des éléments de tunnel - Vue d'ensemble.

seur nominale de 75 cm. Il est mis en place par bandes de 1,65 m en tête, perpendiculaires à l'axe du tunnel et espacées de 2,65 m. La mise en place du gravier est réalisée à l'aide d'un tube plongeur de 1,450 mm de diamètre, dont la base est asservie à un rayon laser provenant d'une tour implantée sur l'élément précédent. Le tube est monté sur un chariot circulant sur le long bord d'une barge et la barge est équipée sur chaque petit côté d'un pieu monté sur un chariot permettant de la translater

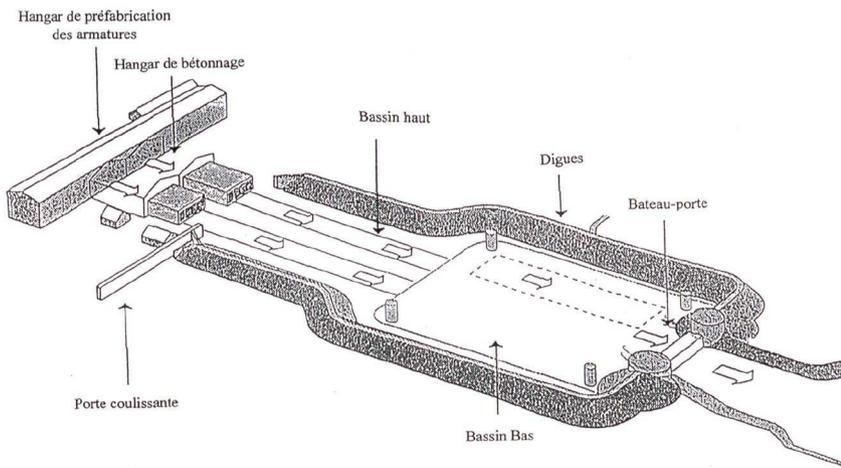
méthodiquement. L'autre long bord est équipé pour recevoir les chargements de gravier. La cadence de pose est de 250 m<sup>3</sup>/h pour une tolérance de ± 25 mm.

#### 4-3-4 Remblais

Après immersion de l'élément, la barge sera utilisée pour les remblais latéraux et la pose des enrochements dont les dimensions sont caractérisées par un  $d_{50} = 300$  mm. Une grue à godets posera les enrochements dont le  $d_{50} = 500$  mm.



Principe de fonctionnement de l'ensemble des installations de production des éléments de tunnel.



Chantier de préfabrication.

## 5 - Le Bassin de mise à flot

### 5-1 Principe de fonctionnement

Le bassin de mise à flot est constitué d'un bassin haut et d'un bassin bas. Le premier s'étend sur 180 m au-delà d'une porte coulissante, soit la longueur d'un élément de tunnel. Il est au même niveau que les installations de préfabrication. L'élément de tunnel y reçoit l'équipement nécessaire à sa mise en flottaison. Ce bassin n'est inondé que lors des mises à flot alors que le bassin bas, qui s'étend sur 260 m au-delà du bassin haut, reste toujours en eau.

La porte coulissante permettra d'isoler, à l'Ouest, le bassin haut de l'usine de préfabrication. A l'est, un bateau-porte permettra d'isoler la mer et les différents bassins.

L'ensemble, clos par les digues et les portes avant chaque mise en eau, représente une enceinte inondable de 500 m par 300 m.

A chaque opération de mise à flot, 1 000 000 m<sup>3</sup> d'eau seront ainsi pompés dans le bassin (2 jours). Le niveau de l'eau, en s'élevant de 10 m permettra de mettre les deux éléments stockés dans le bassin haut en flottaison et de les transférer vers le bassin bas. Le niveau de l'eau dans les bassins, et par conséquent les éléments de tunnel, seront ensuite ramenés au niveau de la mer (2 jours) par simple vidange gravitaire.

### 5-2 Les digues

Les digues s'élèvent de la cote + 1,00 m à la cote + 10,20 m, avec

une pente de 2 pour 1 du côté inondable et de 2,5 pour 1 côté extérieur. Il s'agit d'un remblai en till argileux (côté inondable) et sablo-argileux (côté extérieur). Les matériaux pro-



Vue de l'arrière du bassin et de la porte coulissante en cours de construction.



Vue de l'entrée du bassin et du bateau-porte en cours de construction.

viennent de l'excavation du bassin bas (300 000 m<sup>3</sup>).

### 5-3 L'excavation du bassin bas

Le bassin bas a été terrassé à sec, à l'abri d'une digue provisoire, jusqu'à la cote - 10 m, ce qui correspond à un pied de pilote de 1,60 m pour l'élément de tunnel à l'issue de la phase de transfert.

### 5-4 La porte coulissante

La porte coulissante est un ouvrage provisoire impressionnant. De 100 m de long par 10 m de large et de haut, elle repose sur une dalle fondée sur des pieux métalliques inclinés. La superstructure est constituée d'une peau en acier de 12 à 25 mm d'épaisseur s'appuyant tous les 5 m sur une structure porteuse en bé-

### Quantités pour travaux permanents

**Béton** : 600 000 m<sup>3</sup>

**Aciers d'armature** : 60 000 t

**Fondations gravier** : 90 000 m<sup>3</sup>

**Remblais** : 500 000 m<sup>3</sup> (hors  
approches)

**Enrochements** : 500 000 m<sup>3</sup>

**Précontrainte provisoire** : 2 000 t  
(19 t 15)

ton armé (contreforts triangulaires). La liaison avec les batardeaux est assurée par des palplanches plates. Les étanchéités sous la porte, et entre le seuil et la superstructure, sont respectivement assurées par un rideau de palplanches et par des plaques d'acier amovibles avec membrane plastique.

Les 22 butons triangulaires sont préfabriqués (550 m<sup>3</sup>) et placés à la grue. La peau métallique (300 t) est assemblée et soudée en place. Un béton de seconde phase vient assurer la connexion entre le béton et l'acier. La porte (1 700 t) est ouverte ou fermée à l'aide d'un poussoir développant 500 t.

#### 5-5 Le bateau-porte

Le bateau-porte se compose essentiellement d'une structure cellulaire en béton armé, non précontraint, flanquée d'une réhausse métallique destinée à reprendre une pression hydrostatique de 10 m. Le bateau-porte (L = 42 m, l = 16 m, H = 20 m) est autostable et flotte avec un pied de pilote de 1 m. La fondation, en béton roulé compacté, repose sur du calcaire (cote - 12 m). Elle est surmontée d'un seuil en béton armé.

L'étanchéité est assurée :

- dans le calcaire, sous la fondation, par un rideau d'injection jusqu'à la cote - 21 m,
- entre le seuil et le bateau-porte, par un joint trapézoïdal compressible,
- entre le bateau-porte et les batardeaux, par des palplanches plates.

Les batardeaux assurent la continuité avec les digues en formant des murs de soutènement (20 m de haut) ancrés par des dalles de frottement. La partie en béton (1 900 m<sup>3</sup>) du bateau-porte est coulée sur son seuil. La réhausse métallique est préassemblée et montée en place (70 t). Lorsqu'elle sera achevée la porte sera mise en flottaison ou échouée à l'aide de pompes et de vannes et elle sera déplacée par remorqueur. ■

Devant l'importance et l'intérêt de ces travaux, il nous a paru intéressant d'organiser leurs visites lors d'un voyage prévu **du samedi 25 avril au samedi 2 mai 1998**.

S'il y a au moins 25 participants :

Prix indicatif prévu : 7 000 F par personne en chambre double

Supplément : 1 600 F pour une chambre individuelle

Les camarades intéressés voudront bien retourner au secrétariat de l'association - 28, rue des Saints-Pères, 75007 Paris - la fiche ci-dessous avant le 31 décembre 1997 pour pouvoir être recontactés pour l'inscription définitive courant janvier 1998.

#### Voyage AAENPC au Danemark Avril-mai 1998

Nom : .....

Prénom : .....

Promo : .....

est intéressé par le voyage

1 personne

2 personnes

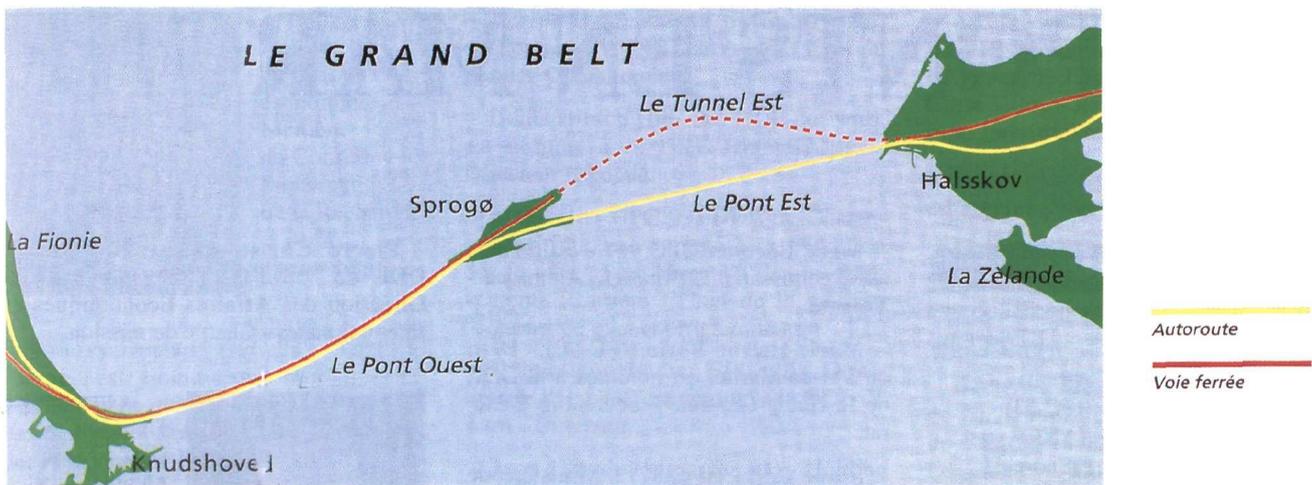
# "DANEMARK : DES PONTS D'ENVERGURE MONDIALE"

**A** ctuellement le Danemark se distingue par la mise en œuvre de deux des plus grands projets de génie civil du monde : le lien fixe sur le Grand-Belt entre la Zélande et la Fionie et celui sur l'Øresund entre la Zélande au Danemark et le Scanie en Suède.

**Michel POIREL**

PC 41





Le projet du Grand-Belt a débuté en 1988 et devrait prendre fin en 1998. Le projet de l'Øresund a commencé en 1993 et son achèvement est prévu pour l'an 2000.

Une brochure danoise sur ces travaux de mars 1996 donne les précisions suivantes.

**Le lien sur le Grand-Belt** s'étendra sur 18 km et sera composé de deux ponts et d'un tunnel foré, une île artificielle reliée à l'île de Sprogø a été réalisée.

Le Pont Ouest de 6,6 km relie Knudshoved en Fionie à Sprogø au milieu du Grand-Belt. En béton ses éléments préfabriqués à terre ont été mis en place par une immense grue flottante baptisée "Svanen" (Le Cygne). Il supporte une autoroute à quatre voies et deux voies de chemin de fer. Le Pont Est de 6,8 km comportera une autoroute à quatre voies, sa

portée libre est de 1 624 m. La superstructure du pont est constituée de câbles et de poutrelles d'acier préfabriquées de 193 m de long ; les câbles porteurs mesurent 3 km de long et ont un diamètre de 85 cm.

Le tunnel qui s'étend sur 8 km est composé de deux conduits parallèles de 7,4 km de long et d'un tunnel de 600 m coulé en place situés respectivement sur l'île de Sprogø et à Halskov. Ils ont été forés par quatre tonneliers de 8,72 m de diamètre, 31 galeries transversales ont été creusées à la main entre les tunnels principaux.

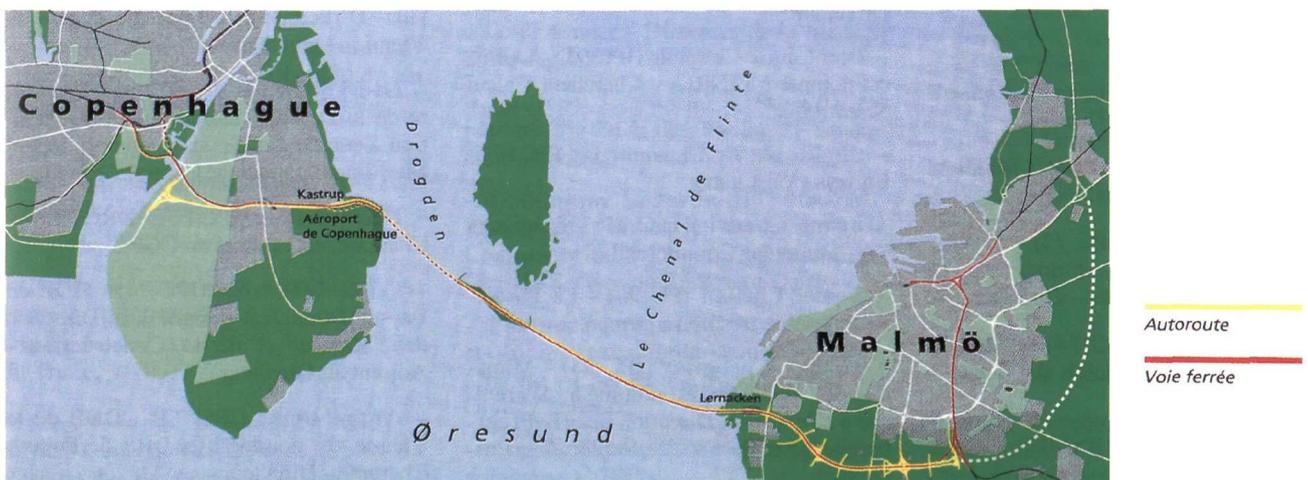
**Le lien fixe sur l'Øresund** s'étire sur 16 km, il comporte depuis la côte danoise un tunnel immergé sous le chenal de Drogden jusqu'à une île artificielle, un pont suspendu sur le chenal de navigation de Flinte et un pont d'accès jusqu'à la côte suédoise.

Le tunnel immergé est préfabriqué à terre – ces travaux font l'objet de l'article qui suit dont un des auteurs est notre camarade Eric Paillas (83), ingénieur sur le site. Il mesurera 3 750 m de long et abritera 4 voies d'autoroute et deux voies de chemin de fer.

L'île artificielle aura une longueur de 3 850 m.

Le pont sur le chenal de Flinte se compose de trois éléments : le pont d'accès ouest, le pont suspendu et le pont d'accès est.

Le pont haubané d'une longueur de 1 092 m comporte une travée principale de 490 m. Il possède deux tabliers, le supérieur pour les voitures, l'inférieur pour les trains. Les pylônes s'élèveront à 203,5 m au-dessus du niveau de la mer et la hauteur navigable du chenal sera de 57 m. ■





# 250<sup>ans</sup>

## ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

### RENCONTRE "FEMMES INGENIEURS DES PONTS"

**L**a rencontre autour du thème "Femmes Ingénieurs des Ponts" aura lieu le vendredi 17 octobre à partir de 14 heures dans les locaux de l'Ecole à Marne.

Cette rencontre est ouverte à tous ! Elle entend aborder en priorité les thèmes soulevés dans l'enquête réalisée auprès de toutes les Anciennes.

Par exemple :

- l'organisation, l'aménagement du temps de travail,
- la gestion commune de carrières, quelles sont les solutions proposées par les entreprises notamment en termes de mobilité géographique,
- y a-t-il des opportunités typiquement féminines ?

Cette rencontre veut aussi donner la parole à des chefs d'entreprise, à des DRH afin qu'ils réagissent et commentent les résultats de l'enquête, qu'ils nous disent quelle est leur conception de l'organisation du travail, qu'ils nous expliquent comment ils perçoivent le rôle de la femme dans le monde du travail et la gestion de sa carrière.

Un programme détaillé vous sera communiqué ultérieurement mais d'ici là n'hésitez pas à nous contacter pour nous faire part de vos remarques et suggestions (tél. : 01 64 15 33 97).

En prélude à cette rencontre, vous trouverez ci-dessous un extrait du *Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment* (avril 1960) relatant les différentes étapes de l'intégration des filles à l'Ecole.

L'équipe organisatrice  
Flore Deruelle, Caroline Dessombz, Valérie Rabault

#### **Extrait du *Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment* (avril 1960)**

*"Le XX<sup>e</sup> siècle aura vu aussi l'entrée de l'élément féminin parmi les élèves-ingénieurs de l'Ecole. Déjà deux auditrices libres, de nationalité russe, avaient suivi certains cours en 1901 et 1902 ;*

*plus tard, en 1951, l'Ecole recevra encore une auditrice sarroise, mais c'est en 1919 que la question d'élèves titulaires femmes fut posée pour la première fois au Conseil par le directeur de l'Ecole. Un professeur déclara que "c'était là une question d'une certaine gravité, qui demandait réflexion". L'on décida de mener une enquête sur la position prise par les autres écoles dans ce domaine : elle révéla qu'une jeune fille avait été admise à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne en 1917, que plusieurs suivaient sans difficulté les cours de l'Ecole centrale.*

*Le Conseil dans une seconde séance, estima que les femmes pouvaient "fort bien remplir les fonctions d'ingénieur en ce qui concerne notamment la confection de projets", et "qu'il conviendrait de ne pas écarter les candidates qui demanderaient à prendre part au concours d'admission". Quelques candidates se présentèrent alors, mais elles n'eurent jamais de notes satisfaisantes.*

*Sur la demande d'une étrangère qui voulait passer le concours des élèves étrangers, la question fut de nouveau débattue en 1933, devant un Conseil beaucoup moins libéral. Le directeur déclara que les femmes ne pourraient diriger des chantiers de construction, qu'on pourrait tout au plus les employer dans des bureaux d'études mais, alors, au détriment des jeunes gens. Toutefois, la décision du Conseil de 1920 était embarrassante : on l'écarta sans remords, pour la raison que seul le grand besoin d'ingénieurs que l'on avait ressenti après la guerre avait pu l'inspirer et que la situation à ce sujet était devenue tout à fait différente. On relut le règlement : il n'envisageait pas la question. Le président, avec une mauvaise fois toute masculine, jugea "que, dans ces conditions, il y avait lieu de répondre que le règlement ne permettait pas l'admission des femmes". Le sous-directeur Pigeaud, plus scrupuleux, déclara "qu'il serait plus exact de dire que le Conseil était d'avis d'interpréter le règlement comme ne permettant pas l'admission des femmes".*

*L'affaire en resta là pendant vingt-cinq ans, et c'est au concours de 1959 que, pour la première fois, une jeune fille fut reçue à l'Ecole".* ■

# Voyage au Maroc

organisé par l'Amicale des Ingénieurs des Ponts marocains

du 24 octobre au 1<sup>er</sup> novembre 1997

avec le concours de l'Association pour la Célébration du 250<sup>e</sup> anniversaire de l'ENPC  
dans le cadre du colloque international qui aura lieu à Rabat les 30 et 31 octobre 1997

“Infrastructures de base :

Moteur de la Compétitivité économique et du Développement régional”

CIRCUIT SUD (9 jours/8 nuits) programme page 42



24 OCTOBRE AU 1<sup>er</sup> NOVEMBRE 1997

## 24 octobre : Marrakech

- Arrivée à l'aéroport de Marrakech.
- Accueil et assistance par le staff Poséidon
- Transfert à l'Hôtel "Atlas"
- Cocktail de bienvenue et déjeuner
- Après-midi libre ou relaxation au bord de la piscine.
- Le soir, dîner Fantasia au restaurant typique et célèbre "Chez Ali". Logement à l'hôtel "Atlas"

## 25 octobre : Marrakech

- Après le petit-déjeuner, toute la journée est consacrée à la visite de Marrakech "Perle du Sud" fondée au 11<sup>e</sup> siècle par les almoravides
- Visite de la Menara, ce pavillon qui fut le rendez-vous galant des sultans. Le palais de Bahia, beau palais né de la main des meilleurs artisans marocains et andalous. Les Tombeaux saadiens, nécropole datant du 14<sup>e</sup> siècle, et visite de la Koutoubia, monument le plus élevé de Marrakech qui a servi de modèle à la Tour Hassan et la Giralda de Séville
- Déjeuner à "La Mamounia" au bord de la piscine
- L'après-midi, visite de la place Djemaa El Fna avec ses souks et ses ruelles aux décors fascinants. Retour en fin de journée à l'Hôtel "Atlas", dîner et logement

## 26 octobre : Marrakech - Ouarzazate

- Petit-déjeuner et départ vers Ouarzazate via Tadder et le col du Tichka (2260 m) dans un site impressionnant au cœur de la chaîne de l'Atlas, particulièrement remarquable par la grandeur, la beauté et la variété de ses passages
- Déjeuner à Ouarzazate à l'Hôtel Belere et continuation vers la Kasbah d'Ali Benhaddou pour visite
- Dîner au complexe de Ouarzazate
- Retour en soirée à l'Hôtel Belere pour logement

## 27 octobre : Ouarzazate - Erfoud

- Après le petit-déjeuner, départ vers Erfoud via la Kelaa des M'Gouna et Tineghir
- Déjeuner à l'Hôtel Kensi Boughafer et visite des fameuses gorges de Todra impressionnants escarpements dénudés chatoyants et changeant de couleur selon l'heure du jour
- Continuation sur Erfoud, arrivée à l'Hôtel Salam, dîner et logement.

## 28 octobre : Erfoud - Fès

- (*En option*) : Réveil très tôt et excursion en land rover

aux dunes de Merzouga pour admirer le lever du soleil. Retour à l'hôtel et petit-déjeuner

- Départ vers Fès via Midelt, arrêt à Midelt pour déjeuner à l'Hôtel Ayachi et continuation vers Fès. Arrivée à l'Hôtel Wassim, installation, dîner et logement

## 29 octobre : Fès

- Petit-déjeuner et toute la journée sera consacrée à la visite de Fès, la plus ancienne des villes impériales, fondée par Moulay Idriss II, elle devient le centre religieux du Maroc
- Visite de monuments : La Medina médiévale, les Medersas (universités religieuses) Bou Anania et Attarine
- Déjeuner dans un restaurant typique "Palais M'Nebid" et continuation de la visite des souks considérés comme les plus beaux du Maroc, regroupants tanneurs, teinturiers, chaudronniers, menuisiers...
- Visite également du Musée Batha
- Retour à l'Hôtel Wassim en fin de journée. Installation, dîner et logement

## 30 octobre : Fès - Rabat

- Petit-déjeuner et départ vers Rabat via Volubilis pour découvrir les ruines de ce site extraordinaire. Volubilis, cette ancienne cité romaine d'une superficie de 40 hectares est riche en vestiges romains : Les Thermes de Galien, La Basilique, L'Arc de Triomphe de Caracalla, Le Forum et la Maison d'Orphée, visite du Musée Dar Bel Ghazi
- Continuation vers Rabat, arrivée à l'Hôtel Safir. Installation dîner et logement

## 31 octobre : Rabat

- Logement à l'Hôtel Safir en demi-pension
- Pour les personnes qui n'assisteraient pas au colloque des visites complémentaires seront organisées

## 1<sup>er</sup> novembre : Rabat - Casablanca

- Petit-déjeuner et départ vers Casablanca, visite de la ville (si le temps le permet). La Medina, La Place Mohammed, La Place des Nations Unies, Le Célèbre Marché Central, Le Quartier des Habous, Le Palais Royal, le quartier résidentiel d'ANFA et la magnifique corniche d'Ain Diab jalonnée de piscines et de restaurants gastronomiques (visite facultative de la mosquée Hassan II : 100 DHS par personne)
- Départ vers l'aéroport Mohamed V. Assistance aux différentes formalités d'embarquement

### LE MAROC PRATIQUE

**Formalités** : carte nationale d'identité ou passeport en cours de validité.

**Vaccinations** : aucune n'est exigée.

**Heure locale** : moins 1 heure en hiver et moins 2 heures en été par rapport à la France.

**Monnaie** : dirham marocain. 10 dirhams = 6,20 FF. L'importation et l'exportation sont interdites, il est conseillé de changer sur place.

**Gastronomie** : couscous, tajines, brochettes, pâtisseries et vins locaux.

**Climat** : méditerranéen. Hiver tempéré. Ecart important à l'intérieur du pays entre les saisons et le jour et la nuit.

**Vêtements** : en hiver, vêtements de demi-saison, et chauds pour le soir.

### INFORMATIONS ET MODALITES D'INSCRIPTION

**Le prix du séjour (voyage Paris-Marrakech-Paris inclus avec Royal Air Maroc, ainsi que les transferts) : 5 100 FF.**

Il comprend : le logement dans des hôtels 4 étoiles en chambre double en pension complète du 24 au 27 octobre et en demi-pension du 28 au 31 octobre. La mise à disposition d'un autocar (48 places) avec air conditionné. Un guide accompagnateur durant tout le circuit. Les visites et les entrées aux monuments, les pourboires et la pleine assistance de l'Agence de Voyages.

**Les informations et les inscriptions sont centralisées par ENPC 250 à Paris. Contacter Benoîte LAQUERBE ou Caroline SAINT-GIRONS au 01 44 58 28 83 ou 01 44 58 28 85. Les informations sur les modalités de règlement et les horaires de départ et d'arrivée seront communiquées aux personnes inscrites. Merci de vous inscrire très rapidement et n'hésitez pas à nous appeler.**

# GROUPE ALSACE

## Soirée "Feux de la Saint-Jean" du 28 juin 1997 à Malmerspach (68)

C'est à notre trio haut-rhinois, Jean Garcia (50'), Fernand Thomas (50') et son épouse Janine, débordant de dynamisme associatif, que nous devons notre dernière réunion.



Alors que Jean préside la table, Janine surveille le service.

Il est vrai que l'occasion était assez originale, puisque les anciens présents ont pu voir se consumer un bûcher de presque 20 m de hauteur à l'occasion des feux de la Saint-Jean.

Cette tradition locale se répète chaque année au mois de juin et est organisée par les conscrits. Plusieurs mois durant, ils consacrent leurs loisirs à ériger un bûcher pyramidal, dont l'embrasement constitue l'apogée de cette fête qui précède leur départ sous les drapeaux.

Mis à feu vers minuit, le "fackel" a illuminé les festivités avec éclat, pour se consumer paisiblement jusque dans la matinée.

Le spectacle était donc bel et bien au rendez-vous, fascinant grands et petits, et après une heure d'un ballet de flammes endiablé, l'étage supérieur s'est désolidarisé pour se laisser choir avec fracas au sol.

Pour pouvoir nous remettre de nos émotions, Janine avait dressé un buffet dont la description mériterait à elle seule un numéro spécial PCM-Le Pont. Pendant ce temps, Jean se souciait du bien-être de ses convives et Fernand nous impressionnait en récitant sans hésitations les bons vieux opérateurs, profondément enfouis dans nos petites mémoires.

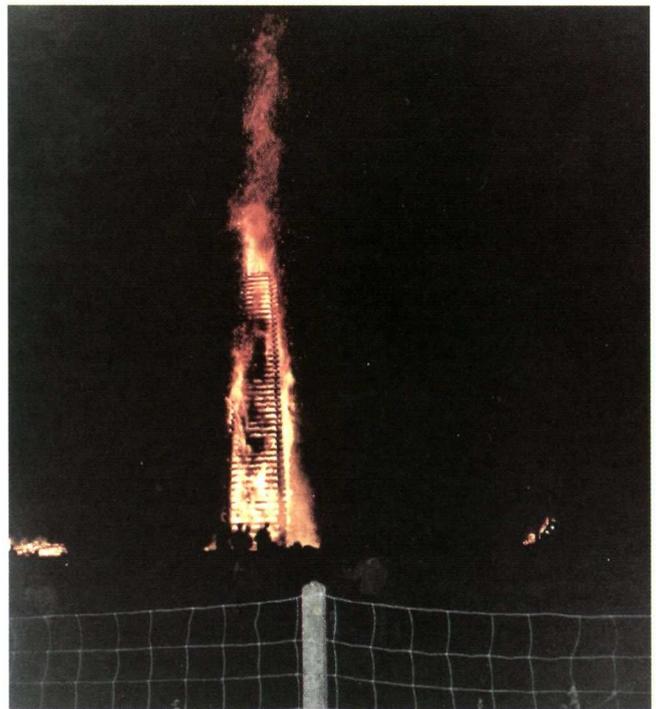
Merci beaucoup à Janine, Fernand et Jean, vous nous avez littéralement gâtés. ■

### *Etaient présents :*

Thierry AVRIL, son épouse et ses deux enfants - Véronique DEBISSCHOP, son compagnon et leurs cinq enfants - Frédéric GAUTHEY, son épouse et leur enfant - Kok Lay HENG - Laurent LEBERT et sa compagne - Yan PETERSCHMITT, son épouse et leurs deux enfants - Patrice RINCK - Fernand et Janine THOMAS - Jean GARCIA.

### *Etaient excusés :*

Pierre-Yves CHANTERET - Serge DOMINICI - Maurice GAUTHIER - Alexandre NARCY - Marc NOYELLE - Stéphane SCHNEIDER - Christian TARPIN.



Le "fackel", peu avant la rupture de la partie supérieure.

Bonjour à tous,

La dernière réunion du groupe lorrain s'est déroulée en comité réduit (quatre anciens élèves présents) mais toujours dans la bonne humeur et la satisfaction de découvrir un lieu nouveau et des produits du terroir !

L'information principale est la création d'un groupe visant à organiser deux manifestations (l'une sur Nancy et l'autre sur Metz) pour la célébration du 250<sup>e</sup> anniversaire de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Celles-ci sont prévues en novembre et un courrier te sera adressé à cette occasion. Nous espérons mobiliser un maximum d'anciens pour cette occasion exceptionnelle et toucher une grande partie du public à travers des expositions, et autres expressions.

Alors, à très bientôt et bonnes vacances en attendant !

Amicalement,

Marlène POINT



# LU POUR VOUS

## MOBILITE DANS UN ENVIRONNEMENT DURABLE

**A**ctes du congrès international francophone, organisé par l'ATEC (Versailles, 28, 29, 30 janvier 1997). Cet ouvrage contient les

textes des 37 communications présentées par 42 auteurs.

Mobilité / Pollution de l'air / Organisation de

l'espace / Etude de cas / Bruit / Instruments économiques et sociaux / Véhicules et carburants / Organisation des déplacements / Exploitation.

Broché 17 x 24 cm, 391 p., 450 F.  
49, rue de l'Université - 75007 Paris.  
Tél. : 01 49 54 72 72  
Fax : 01 49 54 72 53 ■

## LE FINANCEMENT DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT EN EUROPE CENTRALE ET ORIENTALE

par Michel GASPARD

**U**ne croissance économique de plus en plus vive se propage à travers les régions d'Europe centrale, après la stagnation des années 80 et la chute sévère d'activité du début des années 90 qui a suivi la chute des régimes communistes. Et dix pays, déjà associés à la Communauté européenne, entament aujourd'hui un processus qui devrait faire d'eux, les uns après les autres, de nouveaux membres de l'Union européenne à partir de 2001-2002.

Il est à présent reconnu que l'intégration économique et politique des pays d'Europe centrale

exige un développement rapide des infrastructures de transport qui les relie entre eux et aux pays membres de l'Union. Mais l'exercice de planification ne peut éluder les contraintes financières : celles-ci seront serrées, quoi qu'il arrive, et rendront indispensable une conception des programmes et une sélection des priorités fondées sur des évaluations coûts-avantages tenant pleinement compte des ressources financières disponibles. L'étude exposée dans cet ouvrage présente une première évaluation complète des besoins d'investissement et des ressources mobili-

sables, au cours des dix années à venir, pour le développement des réseaux de transport des pays candidats à l'adhésion.

L'Union européenne, en coopération avec les institutions financières internationales, doit soutenir le nouveau développement des infrastructures financières internationales, doit soutenir le nouveau développement des infrastructures de l'Europe de l'Est. C'est à ce prix que les réseaux de transport feront définitivement disparaître l'ancien "rideau de fer", et rendront possible le progrès économique, poli-

tique et culturel d'un bout à l'autre de notre continent.

Les évolutions macroéconomiques et leurs conséquences / Une évaluation indicative des coûts et des besoins de financement pour les infrastructures de transport de dix pays d'Europe centrale et orientale / Sources externes de financement : le rôle clé des institutions financières internationales et de l'Union européenne / Comment répondre aux besoins de financement ?

Broché 17 x 24 cm, 141 p., 200 F. 49, rue de l'Université - 75007 Paris.  
Tél. : 01 49 54 72 72  
Fax : 01 49 54 72 53 ■

## MESURES ET ENVIRONNEMENT

sous la direction de Christian Le COZ, Bruno TASSIN et Daniel THEVENOT

**L**a définition des politiques environnementales nécessite de connaître l'état de milieux. On y accède par la mesure de nombreux paramètres. Mais quels paramètres faut-il mesurer ? Comment doit-on les mesurer et selon quelles méthodes ? Une fois ces données acquises,

quelle représentativité par rapport à l'état caractéristique des milieux concernés peut-on leur accorder ? Peut-on améliorer cette représentativité en améliorant les procédures d'acquisition ? Comment exploiter ces données pour en tirer le maximum d'informations et ce pour tous les utilisateurs :

scientifiques, décideurs, mais aussi grand public ?

Ces trois questions : acquisition, représentativité et exploitation des mesures sont traitées dans cet ouvrage à travers des cas d'application sur l'état de plusieurs milieux : air, eau, forêt. Enfin, est également abor-

dée la question des résultats de ces mesures.

Acquisitions des données / Représentativité des données / Exploitation des données.

Broché 17 x 24 cm, 151 p., 215 F.  
49, rue de l'Université - 75007 Paris.  
Tél. : 01 49 54 72 72  
Fax : 01 49 54 72 53 ■

# LE GUIDE DES CABINETS DE CONSEIL EN MANAGEMENT (3<sup>e</sup> édition)

par Jean-Baptiste HUGOT

**C**ette troisième édition, deux ans et demi après la précédente (qui portait le titre *Le guide des sociétés de conseil*), fait le point sur le marché français du conseil en management.

Un certain nombre de structures ont disparu ou fusionné, d'autres ont émergé. Les métiers ont évolué (importance croissante de la conduite du changement, fort développement de la mise en place de logiciels intégrés de gestion, etc.), les gros cabinets se sont renforcés tandis que les petits généralistes ont beaucoup souffert...

**Seul ouvrage exhaustif sur le conseil** (car non

payant pour les sociétés qui figurent), ce guide présente tous les cabinets de plus de vingt consultants (soit 91 structures), plus 67 régionaux de taille inférieure. Ils représentent ensemble **85 % du marché** (7,6 milliards F de CA pour 7 200 consultants).

**Seul livre d'auteur sur ce secteur**, que la presse a surnommé lors de sa sortie en 1993 le "Gault et Millau du Conseil", il fournit une analyse détaillée de chaque structure, avec des renseignements précis (prestations, moyens, tarifs...) et une **opinion indépendante**.

A côté de ces présentations individuelles pren-

nent place une typologie inédite du secteur du conseil et deux chapitres de conseils pratiques pour choisir un consultant et travailler avec lui.

Ce guide s'adresse à trois publics :

1 - les clients actuels ou futurs du conseil en management

2 - les consultants cherchant à mieux connaître leur environnement concurrentiel

3 - les étudiants ou cadres souhaitant embrasser la profession (une rubrique indiquant le volume de recrutement annuel et le profil demandé leur est tout spécialement destinée).

NOTE :

Les Editions du Management est un éditeur indépendant, spécialisé dans les guides professionnels. Sont déjà parus : le Guide des organismes de formation continue, de Pascal Junghans, le Guide des sociétés de capital-investissement, de Jean-Baptiste Hugot, le Guide des cabinets d'avocats d'affaires, de Caura Barszcz.

*Les Editions du Management - juin 1997, 440 F TTC, 528 p. - 39, rue de l'Arbalète 75005 Paris. Tél. : 01 43 36 25 19 Fax : 01 43 36 60 19 Disponible en librairie ou directement auprès du diffuseur. Tél. : 01 53 24 42 38* ■

---

## MECANIQUE DES FLUIDES A MASSE VOLUMIQUE VARIABLE Aérodynamique, thermohydraulique, écoulements stratifiés, transferts de masse et de chaleur

par Pierre-Louis VIOLLET

**A** la croisée d'une expérience d'ingénieur et d'une expérience d'enseignant, cet ouvrage est issu d'un cours dispensé par l'auteur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Il constitue, en même temps, un outil d'initiation et un outil d'analyse pour les écoulements à masse volumique variable rencontrés dans l'industrie, l'habitat et l'environnement.

Les phénomènes physiques importants comme les écoulements compressibles, les transferts de chaleur, les écoulements stratifiés, la convection naturelle sont illustrés par des exemples concrets et analysés en justifiant les différentes hypothèses simplificatrices qui permettent de modaliser ces situations. Les écoulements rencontrés en pratique sont majoritairement tur-

bulents : ce livre se situe donc d'emblée dans ce cadre.

L'exposé des phénomènes et des équations qui les décrivent est complété par la présentation de résultats et d'outils simples qui permettent de dégager rapidement les ordres de grandeur d'un problème.

Accessible à un large public, cet ouvrage peut être utilisé tant par les étudiants que par les in-

génieurs et les chercheurs. Il est une clé utile pour la compréhension des écoulements à masse volumique variable et des principaux ordres de grandeur en cause ainsi que pour le développement ou la bonne utilisation des méthodes et outils de modélisation.

*Broché 17 x 24 cm, 256 p. 300 F ; ISBN 2-85978-277-X. Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.* ■

# Transmettre pour pérenniser l'entreprise

*L'ensemble de la classe politique française reconnaît le rôle essentiel que joue la PME dans le développement du pays.*

*La création et la reprise d'entreprise font partie des solutions à la crise de l'emploi. Mais les repreneurs sont plus nombreux que les créateurs car ils savent que reprendre est plus rapide et moins risqué que créer une entreprise de toutes pièces.*

**S**elon les chiffres donnés par le journal "L'Entreprise" en avril dernier, chaque année, 50 000 déclarations de reprise d'entreprise sont enregistrées, dont seulement 2 000 concernent des structures comportant plus de dix salariés. De plus en plus, les repreneurs ne sont plus les héritiers naturels mais des cadres supérieurs de 35 à 45 ans, obligés de quitter le confort de leur "groupe", et/ou désirant trouver leur propre affaire pour ne plus dépendre d'un patron.

La recherche d'une entreprise à reprendre est un travail à plein temps qui demande le plus souvent près de 18 mois.

Mais d'abord, il s'agit de définir la part du patrimoine personnel ou familial à mettre en jeu et de s'entourer des meilleurs conseils. Il faut s'assurer d'avoir les compétences nécessaires, se reconnaître une capacité à encaisser et rebondir, avant de s'engager dans cette voie. Le repreneur peut alors se mettre en quête et voir beaucoup d'entreprises pour se faire une idée et être ensuite capable de repérer la bonne, celle qui lui convient le mieux. Il existe de bonnes affaires dans tous les secteurs mais les Français, contrairement à leurs partenaires anglosaxons, ont malheureusement trop souvent un a priori négatif vis-à-vis des entreprises en vente, du genre : si elle est à vendre, elle est forcément mauvaise.

## **Acte de gestion indispensable**

La cession est en effet inéluctable et elle permet d'assurer le développement ou la pérennité de l'entreprise, donc le maintien du personnel et la sauvegarde du patrimoine du chef d'entreprise. Ce dernier doit donc s'y préparer à l'avance en abordant les questions relatives à cette décision : quand, comment, à qui, conséquences fiscales, sur le patrimoine, sur le personnel, situations juridiques... Puis, lorsque la décision est prise, vient la confrontation avec le marché. L'aide de spécialistes

est alors nécessaire pour faire une évaluation de l'entreprise et constituer un argumentaire précis, complet, abordant tous les aspects, y compris l'emploi, la position sur le marché, la structure, les contrats, les formes juridiques... Vient alors le moment de faire passer l'information par les canaux susceptibles de faciliter les contacts avec les repreneurs. Tout en souhaitant rester discret pour ne pas alerter la concurrence, le cédant en parle à son banquier, à son expert-comptable, voire à un cabinet de rapprochement ou encore dans un club de repreneurs qui saura respecter son désir de confidentialité.

## **Lieu d'information privilégié**

Faire partie d'un club présente de nombreux avantages, comme celui de rompre l'isolement de la recherche et de créer une émulation entre les repreneurs, d'aider à la recherche de financement. Les anciens de grandes écoles, ayant une expérience de cadre supérieur en entreprise et un certain capital de départ, ont tout intérêt à entrer en contact avec un club de repreneurs qui est en liaison directe avec les services emplois des associations d'anciens élèves des Grandes Ecoles, ce qui ne peut qu'optimiser leur réseau relationnel professionnel. Le club est aussi un lieu de formation où les repreneurs peuvent s'entraider et participer à des sessions par petits groupes avec des experts.

Ni conseil, ni intermédiaire, il donne accès à une information personnalisée et à une banque de données sur des affaires que l'on ne trouverait pas sur la place publique. Le C.R.A., Cédants et Repreneurs d'Affaires (cf. encadré), qui est en contact avec 18 associations d'anciens élèves dont l'A.A.E.N.P.C., met en plus à la disposition de ses adhérents la compétence de plus de 50 anciens dirigeants d'entreprise bénévoles et retraités, ainsi qu'un réseau régional d'une vingtaine de délégations.

## **C.R.A.**

### ***Cédants et Repreneurs d'Affaires***

*Association Nationale pour la Transmission d'Entreprises*

18, rue de Turbigo - 75002 PARIS - Tél. : 01 40 26 74 16 - Fax : 01 40 26 74 17

*Association Loi 1901 ; siège social : 34, rue de Liège - 75008 PARIS*

- 1 400 adhérents en 1996, dont : 70 % de repreneurs - 25 % de cédants - 5 % de conseils ou experts.
- 22 délégations régionales en France
- 500 affaires PME/PMI en portefeuille
- Groupes de repreneurs

Un rendez-vous préalable d'information réciproque est nécessaire avant adhésion.

Les cotisations d'adhésion constituent la seule rémunération du C.R.A.

Votre association d'anciens élèves ayant une convention avec le C.R.A., nous vous consentons un tarif d'adhésion préférentiel, soit à ce jour pour 12 mois :

- Repreneur personne physique : 1 000 F
- Repreneur personne morale : 3 000 F
- Cédant d'une affaire : 3 000 F

# INVITATION

## Le groupe X ACTION vous invite à l'Ecole Polytechnique pour une conférence-débat qui aura lieu le 26 novembre 1997 sur le thème de

### La lutte contre l'exclusion dans les quartiers d'habitat social

Lors de la rentrée 1996, l'Ecole a ouvert aux élèves de la promo 96, qui venaient d'être admis, la possibilité de faire, à la place du service militaire habituel, un service civil axé sur la rencontre avec les jeunes des quartiers sensibles et sur la connaissance des difficultés de leur insertion sociale. Sur un effectif de 400 élèves, il a été offert 53 places qui ont été réparties de la façon suivante :

- 10 dans deux entreprises d'insertion,
- 20 à la Délégation à l'insertion des jeunes, une majorité d'entre eux répartis dans des missions locales,
- 10 dans des services de police travaillant sur des quartiers sensibles,
- 13 à l'Education Nationale, dans des établissements de ZEP (collèges et lycées) pour assurer un soutien scolaire ou comme conseillers d'éducation.

A la fin d'une première année d'expérience, qui a permis à des élèves de se confronter à l'un des problèmes majeurs de notre pays, une conférence-débat est organisée, sous le haut patronage du Général Commandant l'Ecole. Elle aura pour buts :

- de connaître ce que ces élèves ont vécu durant cette année de découverte et ce qu'ils en ont retiré,
- de susciter, à l'intérieur de la communauté polytechnicienne, un débat sur la gravité des enjeux liés aux problèmes d'exclusion et sur les conditions de leur prise en compte.

### L'organisation de la conférence-débat

**La conférence-débat aura lieu dans les locaux de l'Ecole le 26 novembre 1997, de 19 h à 22 h 30.**

Elle comportera deux tables rondes de 90 minutes, séparées par une collation prise sur place. Chaque table ronde sera composée d'élèves ayant fait leur service civil dans les entreprises d'insertion, à la DIJ, dans la police et à l'Education Nationale. La première sera consacrée au récit de ce qu'ils ont vécu pendant 9 mois, la seconde aux enseignements et aux interrogations qu'ils en retirent, chacune comportant un temps pour les exposés et un temps pour le débat avec la salle. La conférence sera introduite par le Général Commandant l'Ecole, et animée par Xavier Verzat (X77), volontaire permanent à ATD Quart Monde.

### Les participants au colloque

Sont conviés les élèves des deux promotions présentes à l'Ecole, les professeurs, l'encadrement et l'administration de l'Ecole, et tous les anciens X avec leurs invités.

### Dispositions pratiques

La conférence-débat aura lieu dans les locaux de l'Ecole qui se charge de son organisation matérielle. Pour la collation prise sur place, il sera demandé aux personnes présentes extérieures à l'Ecole de participer aux frais. **Cette invitation servira de laissez-passer pour entrer sur le campus de Palaiseau.** Ceux qui voudraient plus de renseignements peuvent s'adresser à J. Gallois (B. : 01 42 46 81 95 - D. : 01 69 29 00 54) ou J. Denantes (D. : 01 43 80 80 76).

**Dexia,  
le groupe bancaire européen  
leader du financement  
des équipements collectifs.**

Dexia est né de l'alliance européenne de deux établissements de crédit : le Crédit local de France et le Crédit communal de Belgique, tous deux leaders du financement des équipements collectifs de leur pays, avec respectivement 42 % et 90 % de part de marché. Dexia conjugue les talents particuliers et les ressources financières des deux partenaires : le Crédit communal de Belgique est la première banque de dépôts belge ; le Crédit local de France est l'un des plus importants émetteurs sur les marchés de capitaux domestique et internationaux. Leur savoir-faire spécifique se retrouve dans la qualité et l'étendue de la gamme de services et de produits bancaires mise à la disposition de chaque client.



A travers ses filiales spécialisées, Dexia, présent dans la quasi-totalité des pays de l'Union européenne, est le groupe européen leader du financement des équipements collectifs. Par l'intermédiaire de la Banque Internationale à Luxembourg et de son réseau d'implantations en Amérique et en Asie, Dexia développe aussi une activité de gestion d'actifs. Dexia anticipe l'entrée en vigueur de l'Union monétaire européenne. Avec plus de 1 000 milliards de FF de total de bilan et 40 milliards de FF de fonds propres, Dexia a la taille nécessaire pour faire face à l'avènement de l'euro et se hisse parmi les vingt premières banques européennes.

**DEXIA**