

construction

MODERNE

N° 94 ■ 1^{er} TRIMESTRE 1998



● | Réal i sati ons

Poitiers Bâtiment d'enseignement



ARCHITECTE
J.-P. Lott (Dubus & Lott
architectes)

Page 1

Vélizy Casernement



ARCHITECTES
R. Porro et R. de La Noue

Page 6

► | Bl oc- notes

- Héliport de Paris 12
- École française du béton 13
- Multimédia 13

Pages 12/13

● | Réal i sati ons

Paris Logements



ARCHITECTE
D. Kahane

Page 14

Nancy École d'ingénieurs



ARCHITECTES
L. et E. Beaudouin

Page 19

■ | Sol uti ons béton

Vallée du Rhône TGV Méditerranée



Page 24

● | Réal i sati on

Saint-Selve Chais



ARCHITECTE
S. Dubuisson

Page 32

► | Bl oc- notes

- Livres 36
- Exposition 36

Page 36

ERRATUM – CONSTRUCTION MODERNE N° 93

Place Chalon – Stanislas Fiszer – Maître d'ouvrage : Semaest.
Gros œuvre : Quillery environnement urbain.
Hôtel : architecte d'opération, Jean-Yves Le Mesle.
BET : Beaulieu Ing.
Logements : architecte associé pour la conception et l'exécution, Christian Schwinn.

Pour tous renseignements concernant les articles de la revue, s'adresser à CIBBÉTON ● Directeur de la publication : Michael Temenides ● Directeur de la rédaction : Bernard Darbois ● Conseiller technique : Jean Schumacher ● Rédacteur en chef : Norbert Laurent ● Rédaction et réalisation : ALTEDIA SYNELOG - 49, rue Ganneron - 75018 Paris - Tél. : 01 44 85 67 89 - Fax : 01 42 26 24 89 ● Dépôt légal : 1^{er} trimestre 1998 ISSN 0010-6852 1996 ●

CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS
7, place de la Défense - LA DÉFENSE 4
92974 Paris-la-Défense Cedex

Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10

Poitiers, École supérieure des personnels d'encadrement du ministère de l'Éducation nationale : Hervé Abbadie, Alain Photo ; Vélizy, casernement de CRS : Guillaume Maucuit-Lecomte ; Paris, logements : Alain Goustard ; Nancy, école d'ingénieurs : Jean-Marie Monthiers ; TGV Méditerranée : Philippe Giraud/Terres du Sud, Jean-Jacques d'Angelo/SNCF ; Saint-Selve, chais : Georges Fessy. Schémas : Éric Perrier, Philippe Simon et Xavier Ténou. Multimédia : Yann Kerveno.

Poitiers Bâtiment d'enseignement

Une architecture de volumes

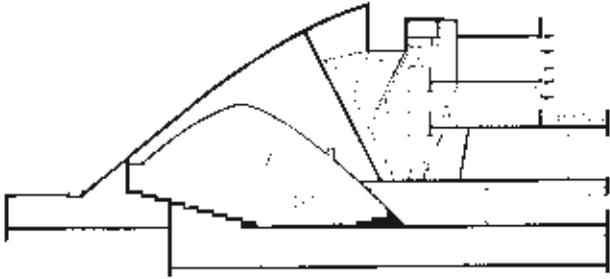
NON LOIN DU FUTUROSCOPE DE POITIERS, LE BÂTIMENT DE L'ÉCOLE DES CADRES DE L'ÉDUCATION NATIONALE JETTE LES BASES D'UN NOUVEAU QUARTIER. SES VOLUMES, SA FAÇON BIEN PARTICULIÈRE D'OCCUPER L'ESPACE, SONT AUTANT DE MOYENS DE S'AFFIRMER ET DE MARQUER L'AMBIANCE DU LIEU.



▲ Sur la façade principale, au sud-est, le bâtiment de l'hébergement : sa façade incurvée, sa forme lenticulaire qui dessine un pignon fuyant comme un empennage, dressent les premiers signes d'un édifice magistral.

À proximité du Futuroscope, le conseil général de la Vienne a promu le développement d'un quartier destiné à accueillir essentiellement des organismes de formation ou des entreprises produisant des technologies innovantes. Délocalisée à Poitiers, l'Espemen (École supérieure des personnels d'encadrement du ministère de l'Éducation nationale) a donc tout naturellement trouvé sa place en ce lieu. L'école assure la formation initiale et

continue de tous les cadres de l'Éducation nationale. Chaque année, 5 000 à 6 000 personnes sont appelées à fréquenter l'établissement. Elles peuvent venir pour des périodes très courtes ou au contraire assez longues, ce qui nécessite dans ce cas d'assurer leur hébergement. En période de forte fréquentation, de 500 à 600 personnes peuvent être présentes le même jour dans le bâtiment. Sur 10 000 m², l'édifice abrite les bureaux



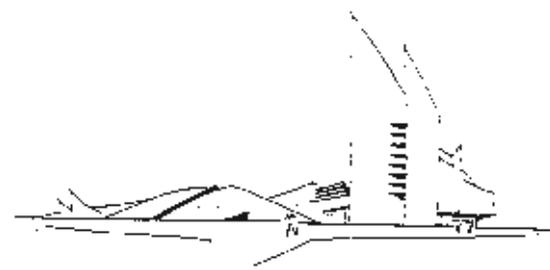
de l'administration, un nombre important de salles de cours, un centre de ressources (1 000 m²), un amphithéâtre, qui répondent aux besoins des personnels permanents ainsi qu'aux besoins de formation ou de documentation. À cela s'ajoutent un restaurant de 1 200 places et un ensemble de 115 chambres qui permettent l'accueil des stagiaires.

Béton et formes plastiques

“Ce bâtiment s'inscrit dans la continuité de nos précédentes réalisations liées à l'enseignement (école d'ingénieurs ESIEE à Amiens, faculté de sciences et de droit d'Évreux...), qui laissent une part importante au béton et aux formes plastiques qu'il permet de développer, précise Jean-Pierre Lott. Dans le futur, le site sera très urbain. Pour exprimer la présence d'un tel édifice public, il ne peut être question d'en placer l'entrée au bord de la rue. Le bâtiment est



donc implanté et dessiné de façon à dégager un espace de recul. Il permet de créer une place sur laquelle sont mises en scène la façade principale et l'entrée. Comme l'autoroute passe à proximité, sont installés sur cette façade le hall, les circulations et l'auditorium – totalement aveugle –, afin de protéger le plus possible salles de cours et bureaux des nuisances issues du trafic. Il existe assez peu d'ouvertures sur la façade



principale, ce qui va dans le sens de sa mise en scène dans une architecture de volumes.”

La composition architecturale met ici en évidence les parties de l'édifice. Chaque forme immédiatement identifiable abrite un élément spécifique du programme. À l'exception de la partie hébergement, l'ensemble de l'édifice est installé dans un décaissé d'un

○ *Au centre, en recul par rapport à la rue, la coque majestueuse du hall d'entrée. Derrière, le bâtiment étire sa longue façade arrondie.*

● Un édifice qui participe de la valeur institutionnelle et de l'image de l'école

niveau par rapport au terrain naturel, ce qui explique l'existence d'un rez-de-chaussée haut et d'un rez-de-chaussée bas. Cette disposition a permis de réduire l'emprise au sol du bâtiment en densifiant la construction, et d'installer le hall d'entrée au milieu du bâtiment. Elle renforce aussi la pureté de l'écriture des volumes sur la façade principale, en estompant la perception de leur ligne de



Sur la façade opposée (nord-ouest), caractérisée par les lignes continues des brise-soleil en béton, le corps de bâtiment abritant bureaux et salles de cours domine la figure. D'un côté, quatre poteaux puissamment posés sur leur pied largement évasé semblent le soulever pour laisser place au volume plus transparent du centre de ressources et à un passage public qui traverse l'édifice. De l'autre côté, à l'articulation avec l'hébergement, une partie de la salle de restaurant surgit au niveau du registre bas.

contact avec le sol naturel. De plus, le visiteur découvre, au rythme de son avancée vers l'entrée, l'émergence des volumes depuis le sol d'assise en contrebas. Précédée par une passerelle qui franchit le vide créé par le décaissé, l'entrée est simplement marquée par une ouverture dans la paroi uniforme de la coque en béton.

Mise en scène de l'espace

Une fois le seuil franchi, le hall révèle le cœur du bâtiment. Arrivant au niveau du rez-de-chaussée haut, le visiteur traverse sous la voûte de la coque le vaste espace de ce hall qui se développe sur 4 niveaux en dessous et au-dessus de lui. Tout au long de la passerelle qui le conduit à l'accueil, il découvre le spectacle des rampes, des esca-

liers, des coursives en balcon sur le vide, et la grande enveloppe courbe de l'amphithéâtre. Le mouvement des formes, des passerelles, des coursives, s'accompagne du jeu des zones d'ombre et de lumière. Toutes les parties communes et les circulations se réfèrent au hall central, véritable foyer spatial et lieu fédérateur du projet. Dans la mise en scène de cet espace, les vues en plongée ou en contre-plongée donnent à voir les multiples aspects de l'architecture de ce bâtiment et de la vie qui s'y déroule.

Un traitement varié des volumes

Dans tout l'édifice, les circulations sont conçues comme de véritables promenades architecturales animées par l'enchaînement des perspectives, des formes et des parois courbes qui accompagnent les parcours. Les contractions et dilatations de l'espace permettent d'aménager des salons d'étage, des points de reprographie, des zones de détente. Si cette architecture est riche en courbes dans ses espaces communs et ses circulations, les bureaux et les salles de formation sont très rationnels et fonctionnels.

Différents lieux atypiques ponctuent l'édifice. Ainsi l'amphithéâtre dresse dans le hall sa coque blanche tout en rondeurs. Le centre de ressources offre des espaces en mezzanine où les zones de lecture s'ouvrent généreusement sur l'extérieur. La salle de restaurant se compose de deux parties décalées



Sur la gauche de la coque, le bâtiment accueille en partie basse le centre de ressources et dans les étages supérieurs des salles de cours protégées par les lignes régulières des brise-soleil.



● *Le hall central, véritable foyer spatial et lieu fédérateur du projet*

d'un demi-niveau. Celle qui longe le boulevard est scandée par les "poteaux tulipes" soutenant les étages de l'hébergement.

Une architecture expressive

Le bâtiment de l'Espemen affirme sa présence par le mouvement de ses volumes blancs. L'enchaînement des formes et des lignes courbes en fait un véritable événement plastique. Il marque de sa présence et de sa personnalité ce quartier en devenir, préfigurant l'espace urbain et l'ambiance du lieu. Son architecture expressive lui donne une identité forte dans son site, mais aussi, de façon plus symbolique, à l'échelle nationale. Car cet édifice participe de la valeur institutionnelle et de l'image de marque de l'école. En effet, au-delà de ce qu'ils auront appris dans ces lieux, les stagiaires garderont le souvenir de cette architecture généreuse qui dépasse sa fonction et offre au regard le spectacle du "jeu savant et magnifique des volumes sous la lumière".

NORBERT LAURENT ■



☉ *La coque est décollée du sol sur la partie du hall en rez-de-chaussée bas. Dans le plan vertical, l'arc de rive en dévers de la coque est séparé du volume des bureaux et des salles de cours par une verrière qui laisse glisser la lumière le long des coursives. Cette arrivée de lumière naturelle est relayée par une autre fente lumineuse qui traverse la coque perpendiculairement à l'arc. L'ensemble de ces transparences renforce la présence plastique de la voûte tout en lui conférant une grande légèreté. Deux poteaux qui participent à la stabilité structurelle dynamisent la lecture de l'espace.*



☉ *Le volume de l'hébergement est sculpté dans la masse blanche du béton. Les fenêtres en longueur des chambres et toutes les autres ouvertures sont ciselées dans la matière, venant ainsi animer les parois et souligner le mouvement. Le rez-de-chaussée très largement vitré laisse deviner la présence de la salle de restauration, à laquelle on accède depuis le boulevard.*



Le béton, structurel et plastique

L'édifice est entièrement réalisé en béton coulé en place ou préfabriqué. La structure générale est de type poteaux-poutres. Les brise-soleil sont préfabriqués en usine et clavetés en façade. Pour le bâtiment de l'hébergement, les "poteaux tulipes" supportent les voiles en console des étages. Les allèges des façades sont elles aussi préfabriquées. Comme pour les brise-soleil, la préfabrication a été retenue pour suivre précisément les courbures des façades. L'ensemble des parois en béton brut reçoit un ragréage pour épouser parfaitement l'épure des formes dessinées par l'architecte. L'application d'une peinture blanche vient donner son aspect définitif à l'ouvrage.

La coque, ossature et peau

La coque du hall d'entrée est entièrement réalisée en béton coulé en place de 40 MPa. Sa structure est constituée par un arc de rive en dévers et un ensemble de nervures. Ce squelette supporte la coque de couverture en béton qui dessine la forme voulue par l'architecte. Dans son principe, la structure fonctionne comme un trépied constitué par l'arc en dévers et une nervure (file 13) qui est encastree dans l'arc. Cette nervure, portée par un poteau en pied et un autre à 3 m de l'arc, fait office de tirant. L'arc et la nervure forment ainsi un élément très

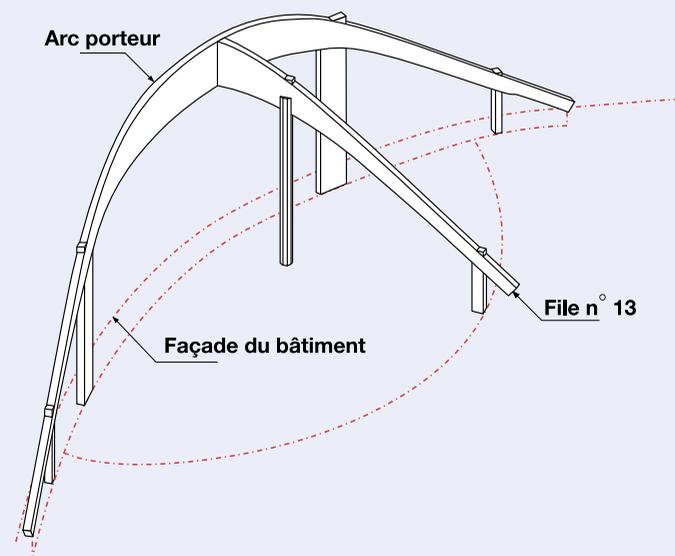


rigide : le maximum de déplacement admis en tête de l'arc est de l'ordre de 3 cm. Un poteau vient soulager une partie des efforts dans l'arc. Dans une moindre mesure, les autres nervures et la coque elle-même participent aussi à la tenue de l'arc.

Un béton fini à la main

Une fois l'arc de rive et les nervures réalisés, la coque de couverture, d'une épaisseur de 15 cm, est coulée. Pour ce faire, un coffrage de sous-face est installé entre les nervures. Une première couche est réalisée sur environ 13 cm de façon à enrober tous les aciers. Compte tenu de la forme générale de l'ouvrage, un béton très compact est mis en œuvre pour éviter tout risque de déversement. Les deux derniers centimètres sont réalisés avec un mortier de ciment à base de résine. Pour obtenir la forme définitive, cette seconde couche est passée à la main. À l'aide d'un laser, un géomètre, présent en permanence sur le chantier, donne aux compagnons les points de surface définitifs. Une résine blanche à base de polyuréthane est projetée sur la coque. D'une épaisseur de 4 mm, elle assure l'étanchéité.

Structure porteuse principale de la coque



MAITRE D'OUVRAGE : MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE
.....
CONDUCTEUR D'OPÉRATION : CONSEIL
GÉNÉRAL DE LA VIENNE
.....
ARCHITECTE : J.-P. LOTT
(DUBUS & LOTT ARCHITECTES)
.....
BET STRUCTURE : ETCO
.....
BUREAU DE CONTRÔLE : APAVE
.....
ENTREPRISE GROS ŒUVRE : SOGEA
ATLANTIQUE



Vélizy Casernement

Un cantonnement Renaissance

LE CANTONNEMENT DE PASSAGE DES CRS À VÉLIZY, DANS LES YVELINES, N'A RIEN D'UN BÂTIMENT COMME LES AUTRES. PAR SA FONCTION, D'ABORD, QUI EST CELLE D'UN BÂTIMENT MILITAIRE. PAR SON ARCHITECTURE, ENSUITE, LARGEMENT INSPIRÉE D'UN TABLEAU DE LA RENAISSANCE.

En pénétrant dans le grand hall du cantonnement de passage des CRS qu'il vient de livrer à Vélizy, l'architecte Ricardo Porro ne peut s'empêcher de s'écrier : "L'imagination au pouvoir !" Il faut dire que le sexagénaire cubain n'a rien perdu de cette verve et de ce brio qui lui ont permis, il y a déjà plus de trente ans, en construisant notamment l'École des beaux-arts de La Havane, d'accéder à la reconnaissance internationale.

Associé depuis dix ans avec Renaud de La Noue, il exerce aujourd'hui son talent en France, sur des programmes socio-éducatifs ou des opérations de logements. La recherche formelle expressionniste qui préoccupe les deux hommes, leur intérêt partagé pour un urbanisme tourné avant tout vers la convivialité, en font des personnages un peu à part dans le paysage de l'architecture d'aujourd'hui. Aussi, c'est presque un paradoxe que de les voir œuvrer sur un programme *a priori* austère comme ce cantonnement pour les Compagnies républicaines de sécurité.

Au final, le résultat est surprenant. Bien loin de toute réponse rationaliste ou techniciste,

◀ **Appuyés sur un socle incliné en béton noir bien ancré dans le sol, les bâtiments s'élancent vers le ciel dans une dynamique exacerbée.**



● Un environnement poétique qui valorise la dignité des hommes

les architectes ont trouvé le ton pour concevoir un bâtiment qui dégage force et puissance et préserve en même temps une certaine intimité, de quoi rester facile à vivre au quotidien. En somme un bâtiment à la mesure des besoins de confort et de repos que peuvent connaître des hommes qui sont appelés à s'illustrer dans des conditions généralement violentes. En multipliant les points d'échange et de rencontre, en proposant des lieux différenciés, à l'éclairage riche et soigné, ils parviennent "à créer, au travers de l'architecture, un environnement poétique qui met en valeur la dignité de ceux qui l'occupent." Alors, dans le cadre de cette



architecture largement empreinte de futurisme, les policiers révèlent leur visage caché, et l'homme apparaît sous l'uniforme.

Fonction, symbolisme et inspiration

Pour réussir dans leur entreprise, Porro et de La Noue ont nourri leur inspiration de symboles et d'images en rapport avec la fonction du bâtiment. "En fait, nous recherchons un dialogue, une relation forte entre la vie interne des espaces que nous produisons et l'atmosphère que nous leur donnons. Évidemment, pour des CRS, il ne s'agissait pas de réaliser un bâtiment mièvre ou fragile. Nous voulions exprimer la vigueur et la puissance que nous avons trouvées dans *La Bataille de San Romano*, de Paulo Uccello, un tableau de la Renaissance italienne qui évoque la force et la violence d'une armée de cavaliers. Nous avons donc dessiné les bâtiments dans l'esprit des forces déchaînées représentées par le peintre." L'œuvre picturale se traduit par une archi-

Source de l'inspiration des architectes, ►
La Bataille de San Romano, de Paulo Uccello
(galerie des Offices, à Florence).

▲ Les pignons explosent en un jeu de décalages et de toitures superposées.

ture "en mouvement" dont les parties semblent se déplacer, à la manière de certains bâtiments futuristes.

Prenant appui sur un socle incliné en béton noir bien ancré dans le sol, les différents édifices qui composent le cantonnement "montent vers le ciel dans une dynamique exacerbée et semblent exploser à chacune de leurs extrémités en un jeu de toitures superposées." Les bâtiments reprennent le jeu des lances des chevaliers représentées dans le tableau à travers un ensemble de débords,





● *Les deux architectes revendiquent le plaisir de la conception et de l'expérimentation en volume*

d'éléments saillants, de poteaux inclinés, qui produisent un désordre apparent.

À cette référence picturale s'ajoute le souci de s'inscrire dans la tradition des constructions militaires. C'est-à-dire de conjuguer une évidente puissance des bâtiments avec une expression symbolique des composants architecturaux. Ainsi, les lucarnes en béton préfabriqué, alignées comme une armée de baïonnettes ou de canons, annoncent sans ambiguïté la destination du casernement. C'est aussi le cas du soubassement en béton noir, qui rappelle les bastions et les forts de défense élaborés par Vauban.

Des modèles en trois dimensions

La mise en forme de cette architecture dans laquelle l'espace est traité dans toutes ses directions, s'établit essentiellement au niveau de la maquette. "Toute une quantité de maquettes extraordinaires qui permettent d'expérimenter, d'évaluer et de concrétiser la dynamique du projet", explique Ricardo Porro. Le travail de conception débute par l'organisation du programme sur le terrain. Toutes les solutions possibles sont envisagées, de façon objective et purement fonctionnelle. Ensuite, les images générées par les formes sont analysées. Puis s'élabore le choix qui définit le parti architectural, dont l'étude se poursuit avec l'aide, là encore, de modèles en trois dimensions. Ce plaisir de la conception, de l'expérimentation en volume est revendiqué totalement par les deux associés, qui affirment "croire plus à l'Homo ludens, l'homme qui joue, qu'à l'Homo sapiens, l'homme qui sait."



▲ Posée sur des poteaux inclinés, une poutre émerge du restaurant comme le mât de beaupré d'un voilier. Le décalage par rapport à l'axe statique amplifie l'effet de déséquilibre et de dynamisme.

Enfin, les plans permettent de communiquer le projet aux entreprises. L'attribution d'une mission M1 et des délais assez larges ont permis aux architectes de travailler le projet dans ses moindres détails, en dessinant les bâtiments sous tous leurs angles. Les documents d'exécution ont été élaborés

d'après la maquette définitive, qui sera d'ailleurs présente sur le chantier pendant toute la durée des travaux.

Lieu de travail et lieu de résidence

Première phase d'un ensemble qui accueillera à terme quelque 600 personnes, le cantonnement de passage s'inscrit dans le plan de masse général qui fut l'objet du concours remporté en 1991 par les deux architectes. Réalisable en quatre phases, le site de Vélizy accueillera au total cinq compagnies de 120 CRS. Pour les uns, la caserne sera un

lieu de travail qu'ils quitteront le soir pour regagner leur domicile ; pour les autres, les compagnies de province en déplacement, le cantonnement constituera un lieu clos dans lequel les hommes auront à vivre pendant les quelques semaines que durera leur intervention.

Une organisation spatiale avec Venise pour modèle

L'ensemble est implanté dans un immense terrain situé au sud-ouest de Paris, occupé par des bâtiments datant des années soixante et destinés à être démolis. Entourée d'un parking, la parcelle est fermée par un grillage. Dans cet environnement difficile, les concepteurs ont proposé une organisation spatiale rythmée par des places, des espaces de liaison, des lieux calmes, d'autres plus vivants, qui donnent au casernement un véritable sens urbain. C'est une notion essentielle dans la pensée de Ricardo Porro, qui voit dans la ville de Venise l'une de ses plus grandes influences : "Ce n'est pas la forme ou la décoration de la cité vénitienne qui nous intéresse dans le cas présent, mais l'enchaînement urbain des bâtiments. Et ici, à Vélizy, nous avons cherché à en retrouver l'esprit pour cette petite ville qu'est le casernement."

Multiplier les accès

Plus qu'un très grand bâtiment dans lequel aurait pris place l'ensemble des fonctions, les architectes projettent alors une succession d'immeubles de faible hauteur, organisés en îlot. Il ne s'agit pas, cependant, d'un cœur d'îlot classique dans lequel seraient clairement différenciées une partie extérieure publique et une partie intérieure privée. Ici, les blocs d'immeubles forment des entités poreuses dans lesquelles les piétons pénètrent de toutes parts, grâce à un système de placettes qui, reliant les édifices les



▲ Les bow-windows préfabriqués en béton gris clair soutiennent un acrotère puissant qui détermine la façade.

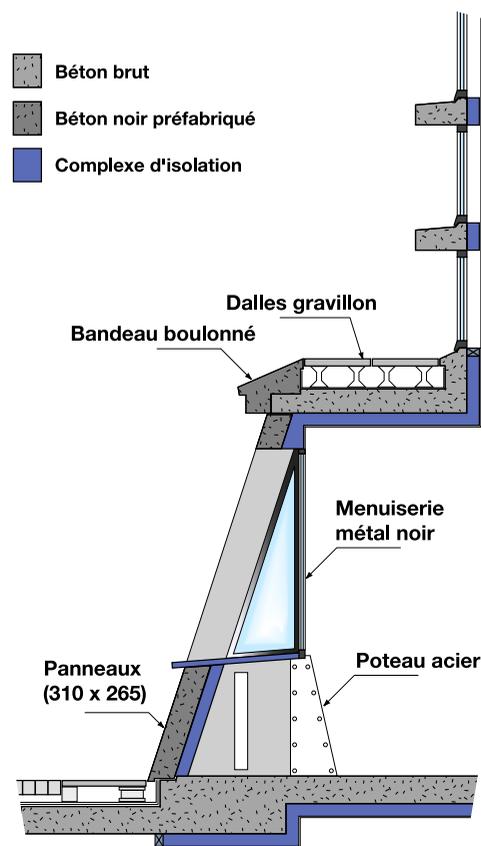
uns aux autres, constituent de véritables lieux de vie et de rencontre. Dès lors, toute l'activité se trouve à l'intérieur de l'îlot. Seules sont maintenues à l'extérieur des immeubles les voies pour les automobiles – voies d'accès et de service.

Conçu pour une compagnie en déplacement, le cantonnement de passage comprend une partie "hébergement" de 120 chambres regroupées dans un premier bâtiment en L de trois niveaux. Cet immeuble s'organise de part et d'autre d'un hall central traversant. La liaison entre les deux parties est assurée par l'escalier principal qui occupe le cœur du hall. De chaque côté, la disposition parfaitement répétitive des chambres est tempérée par le soin apporté aux couloirs, qui dessinent une succession de chicanes et aménagent un seuil d'entrée pour chaque chambre.

Un second édifice abrite des espaces communs de restauration et de détente. Une grande poutre structure le bâtiment en articulant les différentes toitures. Ces dernières

Coupe sur le soubassement – bâtiment restauration

-  Béton brut
-  Béton noir préfabriqué
-  Complexe d'isolation



Dessin Construction Moderne.



● *L'impression de force et de puissance dégagée par le béton a séduit les architectes*

répondent dans leur spatialité à la diversité du programme. Au rez-de-chaussée, le vaste réfectoire pour les gardiens, le restaurant des brigadiers et la salle circulaire – presque confinée – des officiers sont tous en relation directe avec les cuisines. À l'étage, le foyer-bar, organisé en mezzanine, est complété par des locaux de réunion et des salles de jeux. Cet équipement sera partagé avec le casernement, destiné à une compagnie résidant à demeure, qui constituera la deuxième tranche des travaux. Bien que différent du bâtiment d'hébergement, ce lieu de restauration et de détente fait partie intégrante du cantonnement, et l'espace entre les deux bâtiments est traité comme un intérieur, un entre-deux qui contribue réellement au programme.

Le béton, gage de résistance

Le béton armé, matériau dominant, répond en premier lieu à l'un des principaux souhaits exprimés par le maître d'ouvrage : la solidité, la solidité et encore la solidité. En effet, parce qu'ils sont appelés à intervenir dans des situations extrêmes, c'est le plus souvent dans un état de grande tension nerveuse que les hommes rentrent dans leurs cantonnements. Aussi le béton brut a-t-il été retenu pour sa résistance aux dégradations. Les garde-corps, les escaliers, le bar, exploitent la robustesse du matériau au travers de formes simples. C'est aussi le cas des cloisons séparatrices entre les chambres, pour lesquelles le béton, qui allie résistance aux chocs et performances acoustiques, a été

préférée à des systèmes de cloisons sèches. Deuxième raison de ce choix, le respect des délais et la facilité d'exécution du chantier. Ainsi la technique du béton banché, utilisée en structure, a-t-elle été généralisée à l'ensemble de la maçonnerie, et cela bien que le bâtiment d'hébergement, qui est construit par une succession de voiles de refend, ne présente pas de façade porteuse. Enfin,

c'est la capacité plastique du matériau à exprimer la force et la puissance qui a séduit les concepteurs dans leur recherche. Le soulèvement, qui reprend la typologie d'une

▼ Dans un environnement difficile, les bâtiments composent un enchaînement de lieux qui donnent au casernement une véritable dimension urbaine.



forteresse, est formé de modules préfabriqués en béton noir, composé à partir d'agré-gats de basalte. Ces éléments, non porteurs, sont posés en pente et intègrent une fenêtre qui qualifie l'espace intérieur des chambres. En pied de façade, un caniveau couvert de dalles en béton de même nature récupère les eaux et assure la liaison avec un parterre de pavés verts en béton teinté dans la masse.

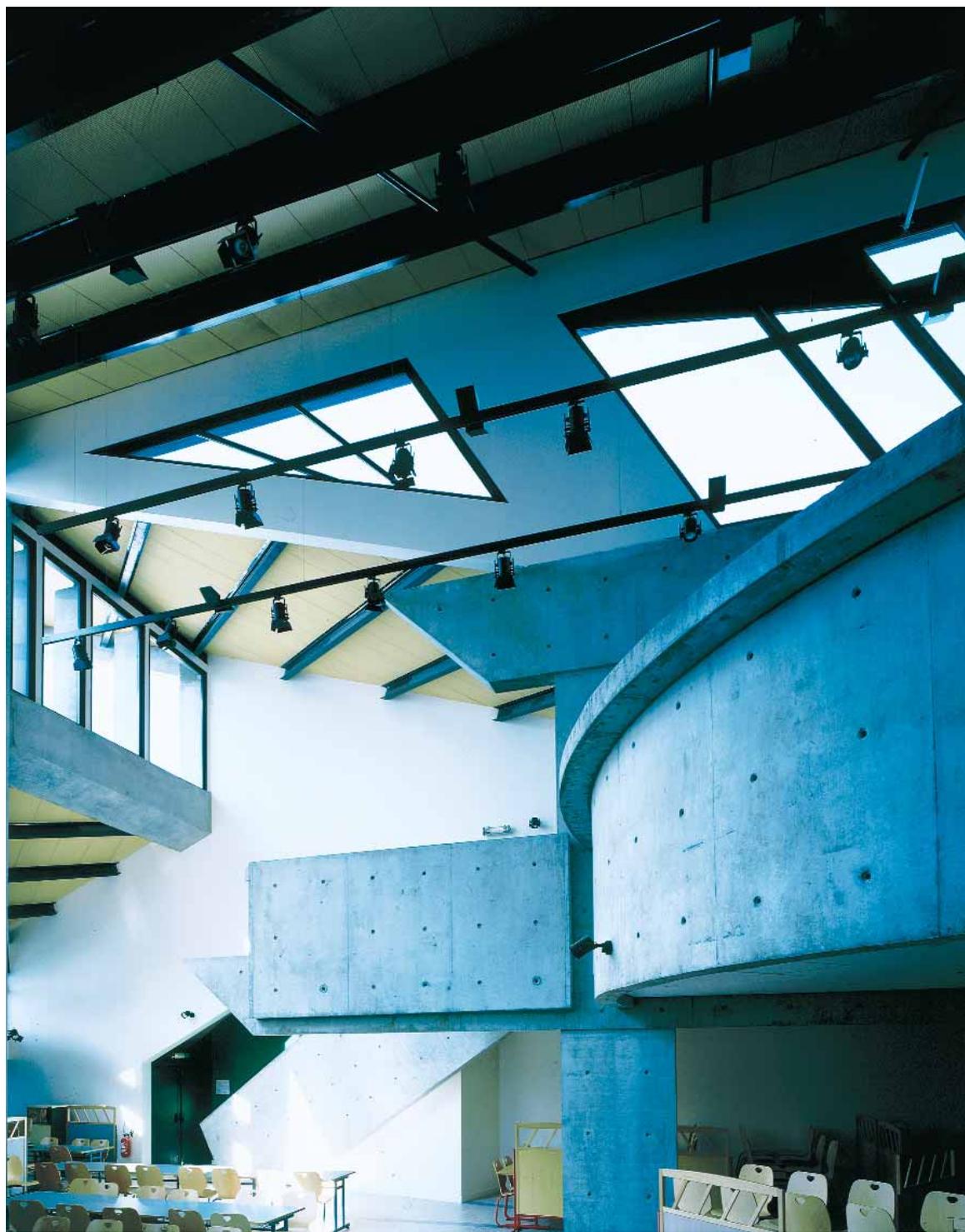
Un matériau qui vieillira lentement

À l'étage, les bow-windows préfabriqués en béton gris clair soutiennent un acrotère puissant, formé dans le même matériau. Les meneaux qui décomposent les vitrages, les poutres saillantes, les poteaux qui débordent du bâtiment, sont aussi réalisés en béton brut à partir d'un matériau gris foncé. Un béton courant, qui puisse "prendre de la patine et vieillir lentement avec l'édifice." De forte section, tous ces éléments qui participent de la qualification des espaces extérieurs sont "globalement un peu surdimensionnés, admet Renaud de La Noue. Leur épaisseur est voulue, pensée pour l'œil plus que pour la recherche de performances."

Dans le même esprit, la poutre qui émerge violemment de la proue du restaurant est posée sur des poteaux inclinés. Des dés de béton, décalés par rapport à l'axe statique, relie les différents éléments, ce qui amplifie l'effet de déséquilibre et de dynamisme.

Des équipements de grande classe

Exubérant, riche, généreux, l'édifice dessiné par Renaud de La Noue et Ricardo Porro répond à un programme nouveau qui tranche avec les lieux de casernement habituels. Au travers d'un travail soigné sur les espaces intérieurs et leurs relations, les deux concepteurs ont mis en place un système d'entre-deux, de lieux, de moments qui apportent un confort physique et psycholo-



▲ En mezzanine sur les espaces de restauration, le foyer-bar.

gique aux CRS. Ils ont ainsi produit un lieu unitaire dans lequel les usagers se disent très à l'aise, et que certains vont même jusqu'à qualifier de "Rolls des cantonnements".

HERVÉ CIVIDINO ■

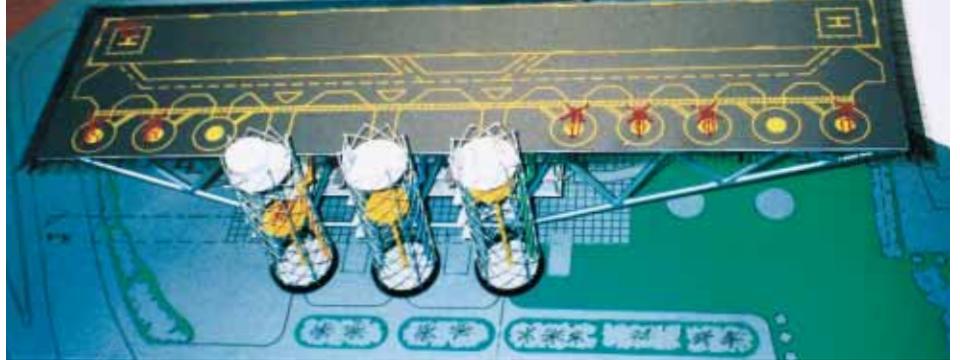
MAÎTRE D'OUVRAGE : MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

MAÎTRE D'OUVRAGE DÉLÉGUÉ : PRÉFECTURE DES YVELINES

ARCHITECTES : RICARDO PORRO ET RENAUD DE LA NOUE

BET : GET INGENIERIE SA

ENTREPRISE GROS ŒUVRE : BATEG



Béton hautes performances

Un héliport futuriste à Paris

À Paris, capitale internationale, il s'avère plus que jamais nécessaire de permettre aux hélicoptères des "hommes pressés" de se poser à proximité du centre-ville ou des quartiers d'affaires comme la Défense. Aujourd'hui encore, l'héliport d'Issy-les-Moulineaux répond à cette nécessité, avec environ 15 000 mouvements par an. Cependant, il est situé dans un milieu urbain dense, et à ce titre il est l'objet des attaques des riverains qui rejettent les nuisances liées à son trafic.

L'architecte Alexandre Lecomte-Souvre a choisi de porter sa réflexion sur l'intégration d'un héliport à proximité de Paris. Il s'est tout naturellement intéressé au site d'Issy-les-Moulineaux. Si le lieu est marqué par l'histoire aéronautique, la présence du boulevard périphérique, le voisinage de Paris-Expo (4^e parc d'exposition en Europe), la proximité des principaux quartiers d'affaires et du palais des Congrès sont autant d'atouts qui plaident en faveur du maintien de l'héliport à Issy-les-Moulineaux. Alexandre Lecomte-Souvre a inventé un ouvrage qui, s'il semble encore utopique aujourd'hui, préfigure peut-être ce que seront les héliports du XXI^e siècle. Il s'agit d'une mégastructure en BHP, flanquée de trois tours-ascenseurs, qui porte à 60 m du

sol naturel la plate-forme d'atterrissage. Celle-ci, longue de 350 m et large de 80 m, peut accueillir 50 appareils. Sous la piste et dans la partie centrale de la mégastructure, sont installés les hangars des hélicoptères et les bureaux des sociétés exploitantes.

Maîtriser les nuisances sonores

Par son aspect futuriste, ce projet peut surprendre les observateurs extérieurs et les conduire à s'interroger sur les raisons qui ont motivé les choix de l'architecte. Il faut garder présent à l'esprit que l'un des obstacles majeurs à l'intégration des héliports en zone urbaine est constitué par les nuisances sonores, écueil d'autant plus sensible que les populations riveraines considèrent souvent ce moyen de transport comme l'apanage de quelques particuliers privilégiés. La prise en compte de ces nuisances a conduit les pouvoirs publics à établir, pour les sites

d'implantation des aérodromes, des plans d'exposition au bruit (PEB) qui permettent une véritable maîtrise de l'urbanisation sur les zones concernées. Ces plans sont établis à partir de courbes de gêne, notion définie par un indice dit psophique (IP), qui intègre le bruit de crête provoqué par le passage d'un avion (ou d'un hélicoptère) et l'addition de ces bruits au fil de la journée. Les zones A et B, dont l'indice supérieur s'élève respectivement à 96 et 89, sont celles où les constructions nouvelles sont interdites. Ces PEB sont établis pour des bruits au sol : si l'on considère que le bruit au sol généré par un hélicoptère est divisé par deux lorsqu'il se trouve à une altitude de 150 m, on voit l'avantage qu'il y a à créer des pistes d'atterrissage surélevées.

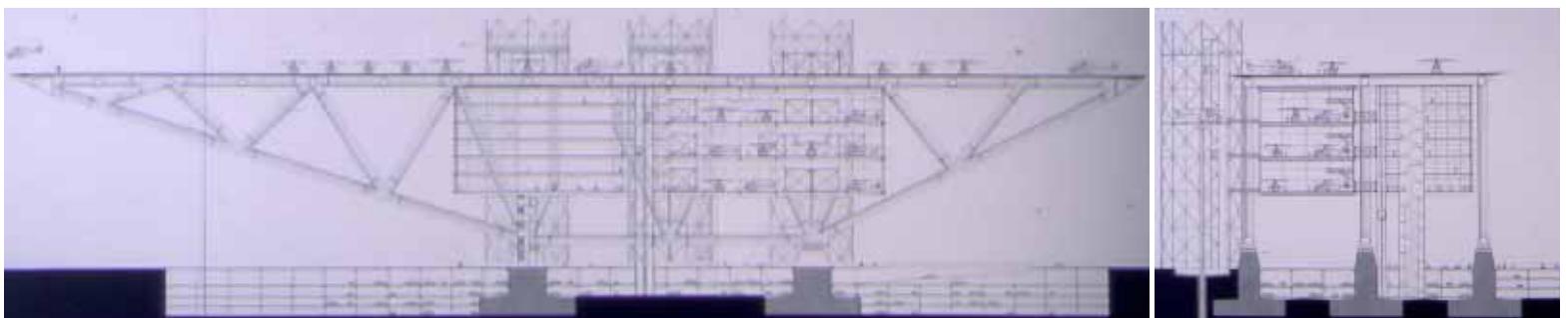
Une technologie d'avant-garde

Sa proposition de réaliser une plate-forme d'environ 1 ha à 60 m de haut induit la prise en compte de contraintes importantes, aussi bien pour la stabilité que pour les risques accidentels tels que l'incendie ou le séisme. L'originalité du projet repose ici sur l'emploi du BHP (béton hautes performances), dont les caractéristiques permettent une réduction sensible du dimensionnement de l'ouvrage et offrent des avantages sur le plan de la mise en œuvre. La pérennité, primordiale pour un ouvrage de cette nature, est également assurée par le BHP.

Cet ouvrage explore donc de nouvelles voies pour permettre de conserver un héliport en milieu urbain dense en réduisant les nuisances, auxquelles les riverains sont particulièrement sensibles.

LES POINTS CLÉS DU BHP

- **Porosité très faible**
(4 à 5 fois moins qu'un béton courant)
- **Résistances élevées :**
 - 60 à 100 MPa à 28 jours
 - 15 à 20 MPa à 12 heures
- **Durabilité exceptionnelle :**
 - résistance aux milieux agressifs, industriels, marins, salins
 - résistance au gel/dégel
 - résistance à la carbonatation
- **Fluidité du béton frais :**
 - affaissement au cône d'Abrams > 20 cm
 - facilité de pompage et de mise en place du béton



FORMATION

ÉCOLE FRANÇAISE DU BÉTON

Depuis plusieurs années, des enseignants, des ingénieurs d'entreprises, de bureaux d'études et d'administrations, des chercheurs appellent de leurs vœux la mise en place, dans les champs de la construction en béton, d'une structure légère dont l'objectif principal serait de fédérer et de promouvoir, au plan national, des actions de transfert des résultats de la recherche et des actions de formation, parfois réalisées de façon excellente localement ou régionalement, mais qui, souvent, n'atteignent qu'une infime partie des publics visés et laissent ainsi un déficit de valorisation, donc d'applications, de bien des résultats de recherche et de beaucoup d'innovations.

Dans le domaine du béton, beaucoup de pays, en parfaite synergie avec leurs associations scientifiques et leurs écoles ou universités, ont développé des structures transversales efficaces dont les retombées sont positives pour tous les acteurs de la construction.

L'École française du béton est donc, avant tout, une structure de réflexion et d'animation, jetant un pont entre les organismes d'enseignement, les laboratoires de recherche, les

entreprises, les bureaux d'études, les agences d'architecture, les administrations... pour la diffusion et la promotion des connaissances dans le domaine de la construction en béton. Elle est une école sans murs, ouverte à tous : architectes, ingénieurs, techniciens, enseignants et chercheurs.

Ses premières actions se matérialisent déjà par l'organisation ou la coorganisation de séminaires de transfert et de diffusion des résultats de projets nationaux ou d'universités d'hiver et d'été, par la rédaction de modules d'appui à l'enseignement du béton, l'élaboration d'outils pédagogiques, la promotion de livres de référence et d'ouvrages pédagogiques.

L'École française du béton est soutenue par le plan Génie civil du ministère de l'Équipement et administrée par un bureau composé comme suit :

- **Président d'honneur** : J.-C. Parriaud (CNISF)
- **Président** : Y. Malier (ENS de Cachan)
- **Directeur** : J.-A. Calgaro (Setra)
- **Directeurs adjoints** : R. Cantarel (IGEN), M. Téménidès (Cimbéton), J.-M. Déchery (CHEC)
- **Chargés de mission** : R.-M. Faure (CETU) – multimédia –, F. Buyle-Bodin (UA) – relations enseignement supérieur

Extraits de l'éditorial du premier numéro des Carnets de l'EFB, signé Yves Malier et Jean-Armand Calgaro.

En bref



NOUVEAUTÉ

Le premier numéro des Carnets de l'École française du béton est paru.

Au sommaire :

- les premières actions de l'EFB ;
- les fiches d'information ;
- les livres récents ;
- la composition du Comité d'orientation.

Disponible sur simple demande à EFB/CIMBETON.

Multimédia



Internet : où aller pour s'informer ?

De plus en plus présents sur le "réseau de réseaux", les architectes disposent maintenant de plusieurs sites pour s'orienter sur le Web. Aleph est un cyberspace européen d'architecture mis en place par le laboratoire d'Exploration des technologies nouvelles en architecture (ETNA) de Bourg-la-Reine. Très sobre, on y trouve par exemple la liste des concours internationaux. On y trouve également un service de recherches différées, des infos d'actualité, les listes de diffusion francophones, etc. Autre serveur ressource, BatOnLine propose lui aussi une foule d'informations aisément accessibles à destination des architectes et des prescripteurs de la construction. Les industriels y présentent leurs dernières nouveautés, on peut y faire figurer son portfolio, consulter quelques-uns des textes officiels, etc.

À voir également, le site espagnol IAZ qui est une mine de renseignements sur l'actualité de l'architecture du monde hispanique. Un mot encore pour le site personnel d'Éric Gagnaire, consacré à la reconstruction en France.

■ **Aleph** : <<http://aleph.afuu.fr>>

BatOnLine : <<http://www.batonline.com>>

IAZ : <<http://www.iaz.com>>

La reconstruction :

<<http://www.users.imaginet.fr/~gagnaire/>>

Paris Logements

Le calme aux portes de Paris

C'EST À LA PORTE D'AUBERVILLIERS, ENTRE LE PÉRIPHÉRIQUE ET LES BOULEVARDS EXTÉRIEURS, QUE LA SAGI A LANCÉ LA CONSTRUCTION DE 160 NOUVEAUX LOGEMENTS. UNE MISSION DÉLICATE QUE L'ATELIER PARISIEN D'URBANISME, ÉPAULÉ PAR LES QUALITÉS ACOUSTIQUES DU BÉTON, A SU MENER À BIEN.



▲ En cœur d'îlot, balcons et terrasses dominant un jardin dont l'ambiance paisible contraste avec l'environnement immédiat.

Au nord de Paris, le secteur de la porte d'Aubervilliers forme une zone plutôt hostile. Entre le périphérique et les voies de chemin de fer de la gare de l'Est, entre un grand axe de sortie de Paris et le canal Saint-Denis, il y a là un espace totalement enclavé, sectionné par une artère à la circulation

intense. Deux îlots de part et d'autre du boulevard Mac-Donald, pour un terrain au passé industriel : côté capitale, d'immenses entrepôts, côté périphérique, des terrains anciennement occupés par l'hôpital Claude-Bernard et aujourd'hui en friche. Dans ce lieu délaissé, l'Atelier parisien d'urbanisme (Apur) a souhaité transformer le tissu urbain et prolonger la ceinture de logements des habitations à bon marché (HBM). Une attitude caractéristique de ses actions au cours des vingt dernières années : les friches industrielles de Bercy, de la ZAC Citroën, de la Seine-Rive-Gauche, en sont les exemples les plus célèbres. Le tissu industriel est donc réinvesti par de nouveaux morceaux de ville, au profit du logement. Ici, l'Apur a conçu un plan où trois îlots viennent s'aligner le long du boulevard en demeurant le plus loin possible du périphérique. Un mur antibruit a été récemment construit qui protège les étages inférieurs des nuisances sonores de ce dernier et redonne à un mail magnifiquement planté le statut d'espace de promenade.

Des volumes stricts

La composition et la volumétrie des îlots obéissent à des règles strictes : trois îlots de 50 x 80,5 m séparés par des allées de 20 m de large. Les constructions s'alignent au

Panneaux de béton poli et habillage en bois caractérisent les façades des immeubles villas.

pourtour extérieur de chacun des îlots et ferment les quatre côtés. Le gabarit des bâtiments est identique, avec une hauteur de huit étages dont un en retrait, hors la construction sur les allées dont 40 % du volume peut ne pas être construit. La densité est forte, mais il est fait obligation de dégager au centre de chaque îlot un espace vide de 1 000 m² sans construction avec un jardin en pleine terre de 800 m².

Définition d'une coupe commune

Chacun des îlots est attribué par concours à un architecte. Gilles Bouchez, Marie Schweitzer et Daniel Kahane sont ainsi désignés. C'est alors qu'un travail de concertation a lieu qui amène les architectes à définir une coupe commune du boulevard au périphérique. Un dénivelé existe, qui est compensé par un socle horizontal, marqué par une base en granit bleu de Lanhélin sur laquelle reposent les constructions. Côté boulevard, les bâtiments sont au niveau du trottoir, côté mail et périphérique, ils dégagent un socle d'une hauteur moyenne permettant d'introduire avec facilité l'ouverture vers les garages souterrains. Le rez-de-chaussée de chaque bâtiment est transparent dans le sens longitudinal et révèle depuis le

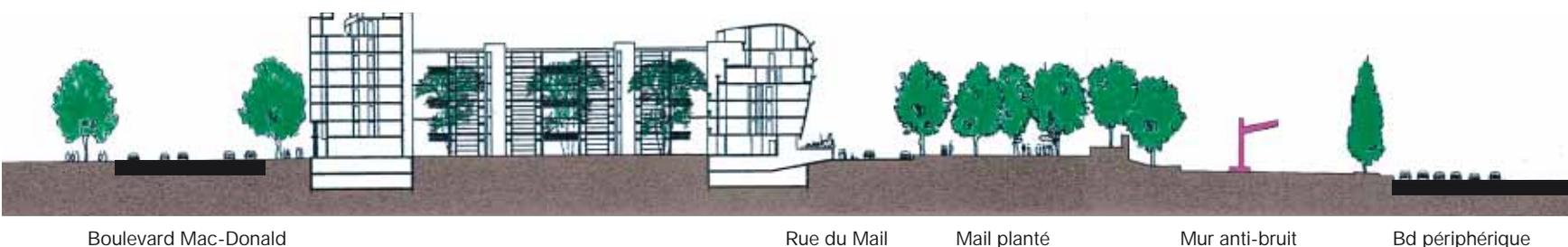


boulevard la vue sur les arbres du mail. Des percées transversales sont réservées d'un îlot à l'autre.

Immeubles écrans

L'îlot rectangulaire réalisé par Daniel Kahane est composé de cinq constructions réparties en trois typologies. Une diversité qui s'explique par le contexte et les nuisances sonores.

◀ Traits d'union entre les plots, les balcons se rejoignent et dessinent des terrasses suspendues ouvertes sur l'allée piétonne et l'intérieur de l'îlot.



Boulevard Mac-Donald

Rue du Mail

Mail planté

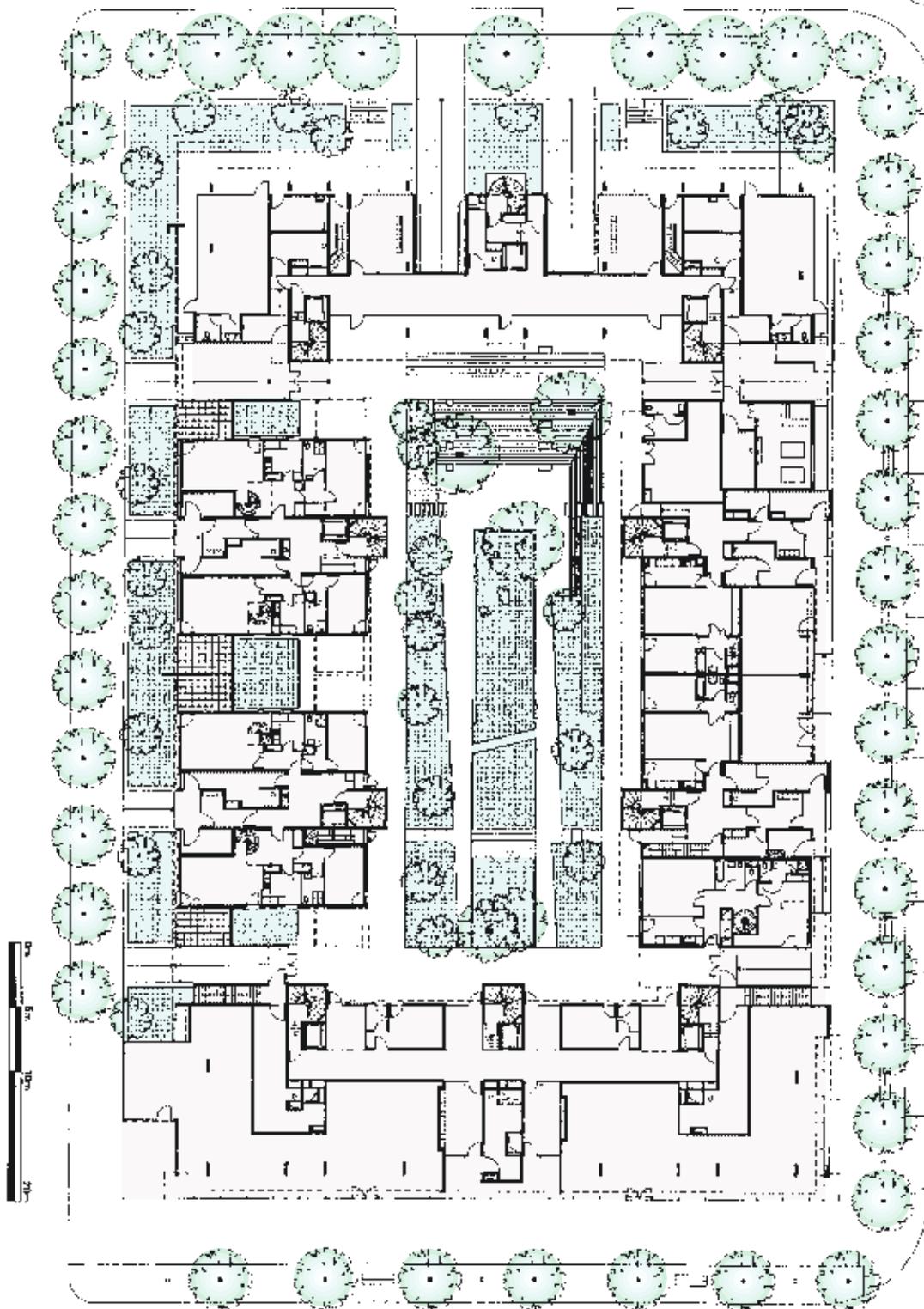
Mur anti-bruit

Bd périphérique

Enclavés entre deux grands axes de circulation, les logements sont soumis à de fortes pressions sonores.



RUE DU MAIL



BOULEVARD MAC DONALD

● *La grille qui fédère les immeubles entre eux se retrouve dans une horizontale de référence*

Sur le boulevard Mac-Donald comme sur le côté est de l'îlot, sont placés deux immeubles écrans. Ils possèdent chacun une double façade en verre et leurs appartements sont traversants. La double façade offre à chaque logement une "pièce" supplémentaire d'au moins 20 m². Cette dernière est traitée de façon intime : sol en plastique bleu, murs et sous-face recouverts de panneaux de bois, fenêtres coulissantes qui ouvrent en totalité. Des boutiques doivent venir s'installer sur le boulevard. Elles préserveront la transparence et laisseront apparaître la structure en béton gris.



▲ Les balcons offrent d'agréables prolongements.

Aux angles, les façades en panneaux préfabriqués de béton poli blanc stabilisent visuellement le bâti. Les modénatures, les nez de plancher en béton ressortis pour les balcons, participent à la grille qui fédère les trois types de bâtiments.

Bâtiment bouclier

Face au périphérique, l'architecte a conçu un bâtiment bouclier dont la façade extérieure arrondie est recouverte de panneaux d'aluminium. Les trois premiers niveaux sont protégés des nuisances dues aux automobiles par le mur antibruit. Pour les étages supérieurs, qui demeurent exposés au bruit, les balcons ont des garde-corps qui jouent le rôle d'abat-son. Il s'agit en fait de résonateurs à fente : formés de caissons creux remplis d'absorbant acoustique, ils présentent une fente par laquelle le son pénètre pour y être capté. En outre, les sous-faces des balcons sont recouvertes de tôle perforée munie d'un absorbant acoustique afin d'empêcher le son de faire écho sur le garde-corps, tandis que des menuiseries équipées de verres acoustiques réduisent de manière remarquable le bruit de fond de la circulation automobile. Les logements sont traversants.

Visible au rez-de-chaussée rendu transparent, la structure entièrement en béton gris ressort dans les balcons. Laissez bruts à l'intérieur, les bétons sont lazurés à l'extérieur. Leur couleur, leur matière, jouent alors avec celles de l'aluminium.

Immeubles villas

À l'ouest, le bâti est moins dense. Deux immeubles villas, qui comportent quatre faces, sont tournés vers les autres îlots et font bloc. Les trois façades visibles de l'extérieur sont constituées d'un jeu de panneaux préfabriqués de béton. Un béton blanc, fabriqué avec des granulats de quartz et de



marbre blanc, puis poli. La hauteur du panneau est celle d'un étage et sa largeur est déterminée par un calepinage savant qui marque une symétrie avec les fenêtres des espaces de service ou des chambres. Sur le chantier, le montage s'est apparenté à un jeu de dominos. Dans les entrées, la façade se retourne, et le béton poli pénètre dans chaque partie commune. La façade intérieure à l'îlot est recouverte de planches de bois (*red cedar*), du réséda brut, traité mais non verni, qui deviendra rapidement gris

▲ Dans les immeubles villas, chaque logement possède un balcon suspendu qui fait office de terrasse.

argenté pour s'harmoniser avec le béton. Les logements, organisés en duplex, ne sont pas traversants, mais ils offrent une double orientation par les angles des bâtiments. Un travail important a été accompli sur l'expression de la structure en béton : chaque logement possède un balcon suspendu de 3 x 3 m qui fait terrasse et est utilisé comme tel.



La grille qui fédère les immeubles entre eux se retrouve ici dans une horizontale de référence qui passe du bâtiment bouclier aux immeubles villas et aux immeubles écrans. Cette horizontale est constituée d'éléments en béton : chaque nez de plancher en béton est ressorti du bâtiment bouclier et est visuellement prolongé par la tablette préfabriquée en béton poli du garde-corps de chaque terrasse des immeubles villas.

Le travail du paysagiste

En cœur d'îlot, alors que le socle des immeubles reste à niveau, que le terrain alentour s'enfoncé légèrement vers le périphérique et que des immeubles hauts cerment la cour, quiconque eût choisi de rehausser le sol naturel. Au contraire, le paysagiste a ici enfoncé le jardin pour retrouver le niveau originel, avec une mise en scène où des gradins et des passerelles en bois viennent souligner encore la déclivité. Destinés à l'origine à l'aménagement du jardin de



▲ Sur le boulevard Mac-Donald et le côté est de l'îlot, les deux immeubles forment écran.

la Bibliothèque de France, de gigantesques cailloux ont été récupérés et posés là, parmi des plantes savamment disposées qui donnent un dessin sophistiqué au jardin et le fleurissent par vagues de couleurs au printemps. Au sud, le paysagiste a aussi planté trois arbres du Japon.

Afin de créer une atmosphère de calme et de plénitude sur le jardin, la majorité des faces construites sont en béton, tramées et de couleur blanche. Pour les immeubles écrans et l'immeuble bouclier, les façades sont en béton enduit blanc, et l'ensemble des allèges, tablettes et mains courantes est en éléments préfabriqués de béton poli qui soulignent la grille de la composition. La trame des bâtiments est répétitive, avec des murs de refend placés selon un rythme régulier (6 m, 6 m, 3 m). Les escaliers placés côté jardin marquent celui-ci de grandes verticales de béton poli. Pour les immeubles villas, les façades en béton sont recouvertes de bois. Enfin, pour le sol qui ceinture le jardin et dessert les immeubles, le matériau choisi est un béton de ciment blanc désactivé avec des agrégats clairs, où vient s'in-

cruster un quadrillage en bois Azobe. Les marches sont en pierre de Trani, une pierre blanche lorsqu'elle est bouchardée. Notons encore le caillebotis qui fait le tour de la cour et suit les façades des constructions : il permet d'éviter les relevés d'étanchéité et offre un détail d'une grande simplicité pour la base des bâtiments.

Le projet est une véritable leçon d'architecture. Le travail accompli est imposant, évident, qui permet de maîtriser un grand nombre de détails. L'îlot est calme, parfaitement équilibré, tant par sa position que par ses masses, ses éléments architectoniques, ses matériaux. Dans l'univers de la porte d'Aubervilliers qui paraissait condamné au chaos, il fera peut-être bon vivre dans ces logements.

SYLVIE CHIRAT ■

MAÎTRE D'OUVRAGE : SAGI

MAÎTRE D'ŒUVRE : DANIEL KAHANE, ARCHITECTE, AVEC JACQUES LEGUY, ACOUSTICIEN, ET JACQUES COULON, PAYSAGISTE

BUREAU D'ÉTUDES : KHEPHREN (BET STRUCTURE) ET ALTO (BET FLUIDES)

ENTREPRISE GÉNÉRALE : BOUYGUES

Nancy École d'ingénieurs

La lumière, matériau d'architecture

LA NOUVELLE ÉCOLE D'INGÉNIEURS DE NANCY VIENT CÔTOYER L'ÉCOLE D'ARCHITECTURE DE LIVIO VACCHINI. OUTRE LA RECHERCHE D'UNE UNITÉ FORMELLE ENTRE LES BÂTIMENTS, LE TRAVAIL SUR LA LUMIÈRE NE LAISSE PAS D'ÉMOUVOIR.



▲ Composé d'un parallélépipède simple, l'édifice crée une unité dans le désordre urbain.

L'école d'ingénieurs réalisée par les architectes Laurent et Emmanuelle Beaudouin, associés à Lucien Colin, Dominique Henriot et Paul Morand, est située à proximité de l'école d'architecture de Livio Vacchini dans le quartier de la ZAC Stanislas-Meurthe à Nancy, bordée par un pont qui franchit le canal de la Marne au Rhin. Composé d'un parallélépipède simple dont le gabarit est donné par le plan d'urbanisme, calé à l'angle de la rue et du pont, l'édifice s'articule avec

le bâtiment voisin et la géométrie de la rue par l'intermédiaire d'un petit pavillon d'entrée indépendant.

Le bâtiment est conçu sur le principe du plan libre, ancré au sol par deux blocs d'escaliers revêtus de pierre, libérant les façades des contraintes structurelles, et permettant de vitrer entièrement l'assise des deux premiers étages et de "faire la transparence" sur les angles. En vue de créer une unité dans le désordre urbain environnant, les architectes se sont proposé d'établir un dialogue avec le projet de Livio Vacchini. L'idée constructive de l'école d'architecture est ainsi reprise pour fonder une cohérence à l'échelle du quartier. Les façades sont faites de grands panneaux de béton blanc préfabriqués qui



◆ A l'origine, il s'agissait pour les architectes de développer le thème lancé par l'école d'architecture de Livio Vacchini, toute proche, cela afin d'asseoir les bases d'un quartier cohérent.



utilisent un béton légèrement rosé de la même composition que celui de l'école d'architecture. Les modules horizontaux sont similaires à ceux de l'école : de même hauteur, 86 cm, mais de longueur différente, 5,92 m, ils correspondent à la trame constructive. Une modénature légèrement différente et un profil en pointe de diamant permettent de moduler la lumière de manière plus spécifique. Concernant la fabrication et la mise en œuvre des panneaux, l'entreprise est la même que pour l'école de Livio Vacchini. Les panneaux sont accrochés aux refends par l'intermédiaire de cornières boulonnées sur des consoles, et clavetés aux



▲ Dans le pavillon de l'entrée, les voiles suspendus et les volumes flottants en porte-à-faux créent un univers plastique où l'espace se dilate.



extrémités : leur étanchéité est assurée au niveau des joints par une goulotte encastrée permettant de rejeter l'eau à l'extérieur. En cohérence également avec le travail de l'architecte tessinois, le projet est fondé sur un système de proportions issu du Modulor de Le Corbusier. Dans un même souci de vérité constructive, la façade est formée d'une double épaisseur de béton qui permet d'obtenir une cohérence intérieure et extérieure, et de rendre la structure aussi lisible que possible.

Un volume insolite pour l'entrée

En opposition avec la rigueur géométrique du projet, le pavillon polychrome de l'entrée apparaît comme un objet insolite, qui développe un langage formel et constructif très différent. Les voiles suspendus et les volumes flottants en porte-à-faux créent un univers plastique plus libre, dans le but de dilater visuellement l'espace interstitiel entre les deux bâtiments, et de réaliser une continuité entre la rue et le canal par un jardin planté. Les parois du bâtiment, construit en béton coulé en place, sont isolées par l'extérieur à l'aide d'un élément en polystyrène recouvert d'une résine de fibre de verre et d'un enduit coloré.

▲ Les panneaux préfabriqués utilisent un béton légèrement rosé qui rappelle celui de l'école d'architecture voisine.

La pureté du volume principal, considérée comme "très difficile" selon les quatre schémas de composition de Le Corbusier, correspond en même temps à une recherche personnelle développée par les architectes et illustrée dans leurs derniers projets : la médiathèque de Poitiers ou bien la bibliothèque universitaire de Belfort, en construction actuellement. Cette rigueur géométrique est naturellement compensée par un travail très riche sur l'espace intérieur, avec



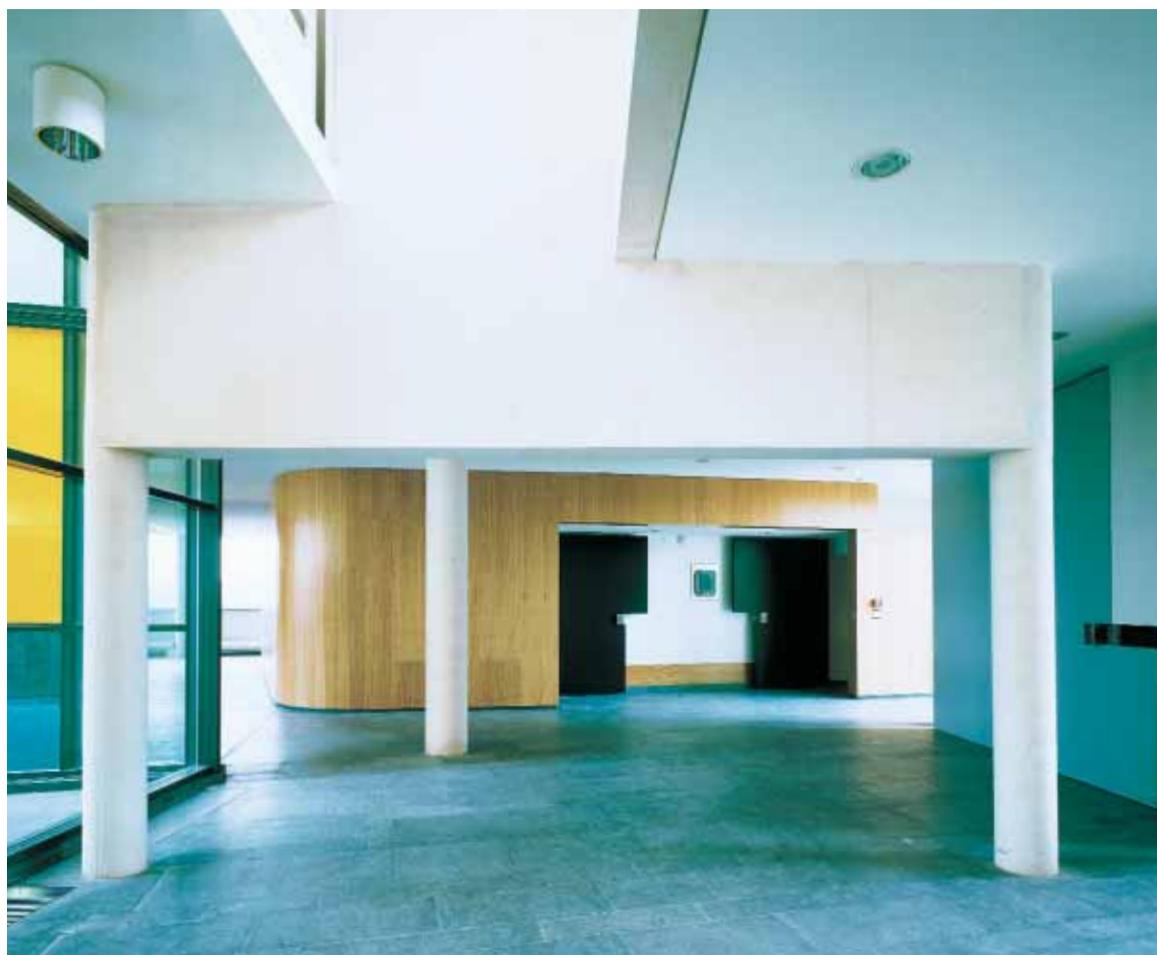
◆ L'école d'ingénieurs de Nancy s'inscrit dans le droit fil des principes esthétiques de la médiathèque de Poitiers : pureté et rigueur géométrique se lisent déjà dans cette création récente des architectes.

● Ici, chaque élément est le reflet d'une grande rigueur de pensée



▲ Le travail en coupe agrandit l'espace des pièces et enrichit le jeu de la lumière naturelle.

des imbrications d'étages permettant de dilater les pièces, malgré un programme très serré dans le gabarit imposé. Le rez-de-chaussée est un espace d'accueil continu autour des deux amphithéâtres, avec une cafétéria donnant sur le jardin côté canal et un espace de rencontre double hauteur côté rue. Les deux amphithéâtres peuvent être réunis en supprimant la cloison centrale ; leur niveau le plus bas vient s'encaster dans la hauteur du parc de stationnement souterrain. Les deux premiers étages contiennent les salles de cours desservies par une circulation centrale. Les deux derniers accueillent les bureaux des chercheurs, de l'administra-



tion, et le centre de documentation. Ils se répartissent autour d'un vide central éclairé zénithalement, occupé par un escalier trapézoïdal monumental à la façon de l'escalier de la villa Malaparte d'Adalberto Libera, qui aboutit sur une terrasse extérieure orientée à l'ouest sur le canal. L'espace de la bibliothèque, également orientée vers le canal, se développe verticalement le long de la façade par un espace en triple hauteur : ses réserves sont glissées sous l'escalier du hall central. Le toit-terrasse, accessible depuis le dernier niveau, poursuit le thème de la promenade architecturale vers le ciel.

La modulation de la lumière est une préoccupation chère aux architectes. Chaque espace intérieur est systématiquement éclairé de manière naturelle, parfois indirectement, comme les espaces de distribution des salles de cours à travers les cloisons de briques de verre, ou bien zénithalement, par des canons à lumière pour les deux derniers niveaux. Orientés à l'est ou à l'ouest, ces puits de jour

▲ Le rez-de-chaussée est un espace d'accueil continu organisé autour des deux amphithéâtres.

suspendus, colorés de rouge et de jaune, renforcent les effets du soleil de Nancy et donnent une dimension abstraite à la lumière intérieure. L'éclairage de la bibliothèque à l'ouest est également modulé par un système de brise-soleil en verre sérigraphié, dont les lames sont orientées différemment sur trois registres, pour alternativement protéger du soleil ou bien faire pénétrer la lumière jusqu'au fond de la salle. Un système légèrement différent sur la façade sud permet de faire pivoter électriquement les lames selon les besoins. Dans cette architecture, chaque élément est empreint d'une rigueur de pensée qui prolonge la clarté des choix constructifs, poursuivant ainsi une expérience qui s'enrichit d'un projet à l'autre.

NATHALIE RÉGNIER ■



Entretien avec Laurent Beaudouin,

architecte de l'école d'ingénieurs de Nancy



Construction Moderne :

À quel moment, et comment le choix d'un matériau de construction intervient-il dans la conception d'un édifice ?

Laurent Beaudouin : Le choix du matériau précède presque le projet. C'est un peu comme, pour un cinéaste, faire un film en ayant en tête l'acteur qui va le jouer. L'aspect du matériau, c'est ce qui va donner au bâtiment son caractère, comme à un être humain. C'est donc un choix fait au départ. Par exemple, pour l'École du génie des systèmes industriels, l'emploi de panneaux de béton préfabriqué était décidé dès l'origine du projet : étant donné la complexité géométrique du plan d'urbanisme, il nous a semblé nécessaire de développer un minimum de cohérence avec les bâtiments

déjà construits. Nous avons choisi de faire du travail de Livio Vacchini pour l'école d'architecture un thème qui serait développé dans d'autres constructions. Malheureusement, tous les édifices de la ZAC n'ont pas respecté cette idée, qui risque finalement de passer inaperçue.

C. M. : *Compose-t-on différemment selon que l'on utilise du béton préfabriqué ou du béton coulé en place ?*

L. B. : L'impact du choix constructif est très visible dans ce projet : le volume prismatique est en béton blanc préfabriqué, le pavillon d'entrée aux volumes plus libres est en béton coulé en place. En réalité, la réponse n'est pas si simple : lorsque l'on construit avec du béton coulé en place, il s'agit très souvent

de solutions mixtes. En effet, pour la médiathèque de Poitiers, comme pour le musée des Beaux-Arts que nous construisons actuellement à Nancy, certaines parties sont coulées en place, et d'autres, comme certaines poutres, pour des raisons de simplification technique, sont préfabriquées sur le site. Une fois mises en place, il est très difficile de faire la différence. De ce point de vue, cela ne change rien à l'architecture. La continuité de la structure et de la matière est préservée. Par contre, l'utilisation de panneaux de béton préfabriqués impose une conception architecturale immédiatement liée à la matière ; le projet se compose mentalement avec une certaine logique structurelle, et une rigueur des trames constructives. L'emploi de panneaux en façade entraîne une organi-

sation des espaces intérieurs et une position des ouvertures liées à la dimension du panneau. En même temps, la proportion horizontale des panneaux permet de troubler la compréhension des niveaux depuis l'extérieur, et de rendre unitaire, par leur échelle, un bâtiment dont la coupe est très complexe.

C. M. : *Ce bâtiment semble être une démonstration technique et plastique de ce que l'on peut faire avec différents matériaux : le béton, le verre, la pierre, etc. Attribuez-vous un rôle spécifique à chaque matériau ?*

L. B. : Je n'aime pas l'idée qu'un édifice fasse étalage de ses matériaux, comme s'il s'agissait d'un salon du bâtiment. Nous essayons toujours d'utiliser les matériaux dans une certaine continuité. Deux matériaux pour une façade, c'est déjà beaucoup. Pour l'École du génie des systèmes industriels, la grande force géométrique du volume prismatique est soulignée par l'utilisation des panneaux de béton blanc. Le verre n'est pas traité comme une matière en soi. Seule alternative au béton, la pierre bleue du Hainault fait socle dans le prolongement du sol, pour ancrer par un matériau plus "rural" le bâtiment à la terre.



À l'intérieur, le bois d'Okoumé apporte une douceur qui compense la sévérité du dehors. Les menuiseries sont en acier, protégées à l'extérieur par des capots en aluminium pour affirmer la finesse des profils.

C. M. : *En quoi ces matériaux contribuent-ils à révéler les lumières architecturales ? La lumière est-elle un matériau d'architecture au même titre que les autres matériaux ?*

L. B. : Nous avons voulu expérimenter, dans cette école, ce que pouvait produire un matériau dont la surface, par des géométries particulières, jouerait avec la lumière, à la manière de l'architecture ancienne, comme cette église à Naples avec ses pierres taillées en pointe de diamant. La lumière de Nancy, brumeuse, plutôt blanche, adoucit le jeu de facettes des panneaux de béton, en atténuant les ombres.

La lumière en tant que matériau d'architecture est un thème que nous développons à travers nos projets, mais ce n'est pas un thème qui se rapporte aux façades ; la lumière est un matériau de l'espace intérieur, auquel nous donnons des rôles différents selon les usages. Les brise-soleil de la façade ouest sont utilisés pour obtenir une lumière diffuse, confortable, dans la bibliothèque. À l'inverse, les puits de jour de l'espace central de distribution transforment la lumière en une géomé-

trie forte et colorée. C'est une manière d'humaniser la nature, par l'abstraction. Paradoxalement, l'abstraction est un phénomène humain : c'est la capacité de l'esprit à organiser les choses, pour rendre la nature compréhensible. Cette transformation de la lumière naturelle en une géométrie abstraite à l'intérieur module la lumière du soleil comme celle d'un projecteur de cinéma. Le jaune du soleil de midi et le rouge du soleil couchant s'affrontent ou se combinent, selon l'endroit où l'on se trouve, pour égaler parfois la lumière extérieure.

C. M. : *Pour quelle raison certains éléments architectoniques sont-ils récurrents dans vos projets ?*

L. B. : Effectivement, certains thèmes de recherche sont développés d'un projet à l'autre, donnant l'impression que nous faisons toujours le même

bâtiment : la modulation de la lumière, l'expression de la structure ou le parcours architectural sont des thèmes permanents dans notre travail. Nous utilisons souvent les brise-soleil, par exemple. C'est une invention architecturale et plastique de Le Corbusier, qui a été reprise et transformée par d'autres architectes. Curieusement, cette invention est tellement marquée par le sceau de Le Corbusier que personne aujourd'hui n'ose l'utiliser. Pourtant, le brise-soleil est un élément très fort d'un point de vue plastique, et en même temps un objet utile pour l'architecture : il permet d'amener la lumière dans un bâtiment sans amener la chaleur. Nous l'avons d'abord utilisé assez "littéralement", en modifiant simplement la matière : à Nancy, le verre sérigraphié filtrant a permis de transformer l'idée du brise-soleil, d'en faire un élément utilisable dans la lumière particulière de nos régions.

En même temps, le brise-soleil a la capacité d'assurer l'unité de la façade en la traitant comme une surface, comme un "nid d'abeilles", et non comme un empilement. L'apport des artistes des années soixante et de l'Op-Art à ce sujet, avec leur travail sur la répétition, sur la géométrie optique, est déterminant. La dimension plastique du brise-soleil permet de s'affranchir des niveaux, de gérer la dimension d'un édifice sans nuire à son échelle. C'est une invention pour laquelle il reste encore à inventer.

Propos recueillis par
Nathalie Régnier

MAITRE D'OUVRAGE : DISTRICT URBAIN DE NANCY

MAITRE D'OUVRAGE DÉLEGUE : SOLOREM

MAITRE D'ŒUVRE : L. ET E. BEAUDOUIN, ARCHITECTES MANDATAIRES, L. COLIN, D. HENRIET, P. MAURAND, ARCHITECTES ASSOCIÉS

ENTREPRISE GROS ŒUVRE : PERTHUY



Vallée du Rhône TGV Méditerranée

Innovations et environnement

DESTINÉ À RELIER PARIS À MARSEILLE EN 3 HEURES DÈS LA FIN DE L'AN 2000, LE TGV MÉDITERRANÉE POSE AUSSI LES PREMIERS JALONS D'UNE LIAISON FERROVIAIRE RAPIDE VERS L'ESPAGNE, VIA NÎMES ET MONTPELLIER, ET VERS L'ITALIE. SES OUVRAGES D'ART, CÉLÈBRES AVANT MÊME LEUR MISE EN SERVICE POUR LEUR INSCRIPTION DANS LES PAYSAGES DE LA VALLÉE DU RHÔNE, DE LA PROVENCE ET DU LANGUEDOC, TOTALISENT PRÈS DU QUART DES 250 KM DE LIGNE. COUP D'ŒIL SUR LES PLUS DIGNES

ET PRESTIGIEUX REPRÉSENTANTS DE CETTE FUSION ENTRE ARCHITECTURE ET GÉNIE CIVIL, OUVRAGES D'EXCEPTION POUR SITES À METTRE EN VALEUR.

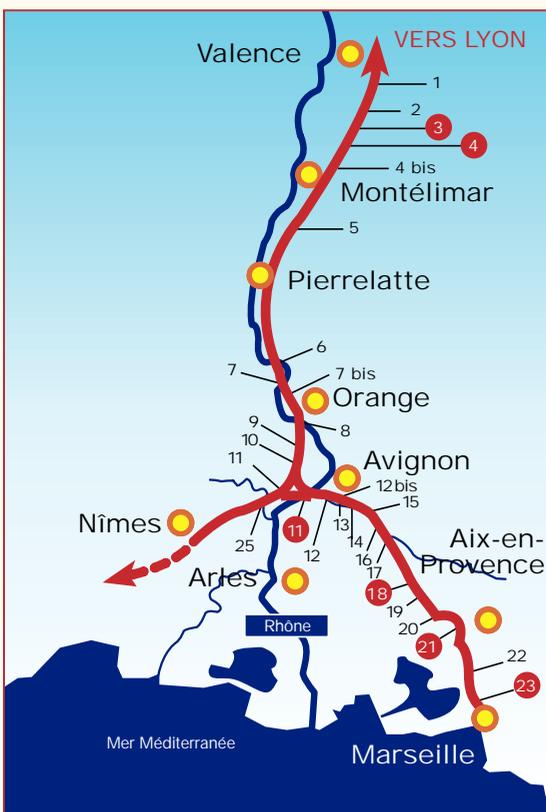
LE TGV MÉDITERRANÉE EN CHIFFRES

- 250 km de ligne.
- 3 000 km de variantes.
- 300 mesures pour la protection de l'environnement.
- 2 millions de plans cotés au millimètre.
- 5 000 procédures de travaux.
- 3 ans et demi de travaux.
- 508 ouvrages courants, dont 13 grands viaducs.
- 7 viaducs exceptionnels.
- 28 et 38 millions de mètres cubes de déblais et remblais.
- 1,5 million de mètres cubes de béton.
- 600 000 tonnes de ciment.
- 24,2 milliards de francs, financés à 90 % par la SNCF et à 10 % par l'État.
- 57 000 emplois sur 5 ans pour 100 millions d'heures de travail.



Il aura fallu une dizaine d'années de gestation pour que le projet du TGV Méditerranée prenne corps. Dix années consacrées à l'étude du tracé et de ses 3 000 km de variantes, à l'examen des contraintes géotechniques et hydrauliques, à l'analyse des enjeux économiques et sociaux.

“Nous avons révolutionné nos processus d'étude en intégrant les contraintes environnementales dès le stade de l'avant-projet sommaire, explique Gilles Cartier, directeur du TGV Méditerranée à la SNCF. Ont été rassemblés autour d'une même table des géologues, des ingénieurs en génie civil, des



- 3 • Viaduc de la Grenette (947 m)
- 4 • Tunnel de Tartaguille (2 430 m)
- 11 • Viaducs sur le Rhône (2 x 1 500 m)
- 18 • Viaduc de Vernègues (1 210 m)
- 21 • Viaduc de Ventabren (1 730 m)
- 23 • Ouvrages souterrains d'arrivée sur Marseille (7 834 m)

paysagistes, des spécialistes de l'écologie... Auparavant, cette composante était rapportée à des études déjà bien avancées. Jamais la SNCF n'était allée aussi loin."

Cette volonté très forte d'insérer la ligne au sein d'une région renommée pour sa beauté n'est sans doute pas étrangère à la forte mobilisation des résidents opposés au projet. "C'est paradoxal, mais nous avons peut-être péché par excès de transparence lors des opérations de consultation publique, explique le responsable de la communication Michel Pronost. En proposant 3 000 km de variantes, nous avons aussi créé 3 000 km d'inquiétude..." L'étude paysagère a d'ailleurs passé au crible toutes les communes, l'une après l'autre, sur une largeur de 150 m de part et d'autre de la ligne !

Un travail considérable sur les paysages

Confié par la SNCF à Didier Courtemanche, paysagiste renommé, le schéma directeur paysager du tracé a été établi en prenant en compte l'histoire des lieux, la population, la composition des sites (présence de garrigues, de coteaux ou de plaines) et les techniques agricoles locales (cultures en terrasses, protection des cultures maraîchères du mistral par des haies...). Cette étude générale a débouché sur la sélection de 10 paysagistes locaux, choisis en particulier pour leur capacité à nouer le dialogue avec les riverains et les élus. L'intervention de Sébastien Giorgis à Tavel, où la ligne sort d'un massif en traversant d'anciennes cultures en terrasses, prévoit par exemple de modeler à l'identique le remblai supportant les voies, mêlant ainsi végétation locale et pierres sèches.

L'implantation et la conception des gares du TGV Méditerranée sont le fruit de réflexions visant à faciliter les interconnexions entre les dessertes routières et les lignes à grande vitesse et les lignes régionales. Elles participent

pleinement à cette réflexion paysagiste... L'architecture, mais aussi l'environnement, intègrent profondément les spécificités climatiques, la protection contre le soleil et le vent étant parachevée par des alignements de platanes et autres espèces tels que le pin ou le cyprès (gares d'Arbois, d'Avignon et de Valence).

La mission de la SNCF comprend une dimension d'aménagement du territoire à part entière, en anticipant par exemple les modifications du réseau routier, ou en organisant la recomposition du tissu parcellaire. Il en est de même en matière d'environnement. Citons l'exemple des nombreuses anciennes carrières situées aux environs de la ligne, qui seront comblées avec les déblais des chantiers, puis revégétalisées. La SNCF finance par ailleurs la plantation d'un million d'arbres sur 3 ans pour les abords du tracé, et a chargé l'Office national des forêts d'une mission globale visant à limiter l'impact du TGV sur la nature, et notamment à minimiser les risques d'incendie.

En matière de préservation de la faune, enfin, la SNCF a prévu de nombreux pas-

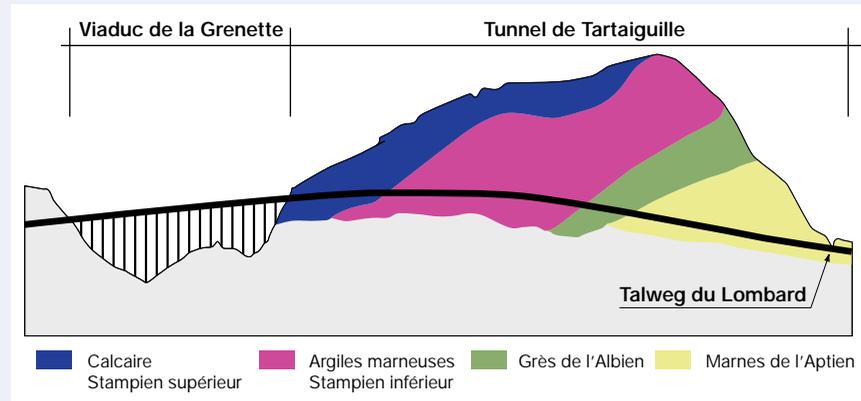


▲ La SNCF a réalisé de nombreuses consultations avec les riverains pour intégrer ce vaste chantier dans l'environnement.

Viaduc de la Grenette : grande hauteur et fondations hors normes



Long de 947 m et constitué de travées de 41 à 53 m, ce premier grand ouvrage du nord de la ligne franchit un profond talweg, qui porte la hauteur maximale des piles à 60 m. Les piles, d'une grande densité de ferrailage pour résister au flambement (135 kg/m^3), sont constituées d'une partie trapézoïdale en béton teinté en ocre dans la masse et sablé, surmontée d'une partie oblongue en béton gris. Le tablier en béton précontraint est poussé au fur et à mesure que sont fabriqués les caissons. "Les conditions géologiques se sont avérées très pénalisantes, entraînant un retard de 4 mois et demi sur le



planning, explique Didier Thierry, chef de district à la SNCF. Failles et zones manquant de portance ont conduit à surdimensionner les appuis." Témoin la pile 16, pour laquelle étaient envisagées des fondations superficielles de 2,50 m de haut et qui a nécessité la réalisation de 12 pieux de 32 m de profondeur et de 2 m de diamètre !

Architecte : **Jean-François Blassel** / Concepteur : **Michel Virlogeux** / Entreprises : **Quillery et Cie - Rozière TP - SERF - Armature SA - Presspali France - Spie Batignolles TP**



sages souterrains pour petits et grands animaux, l'aménagement de talus, de haies et de zones de gagnage (champs de blé, de luzerne) pour entretenir la vie animale. Mais le fait le plus marquant dans ce domaine reste l'interruption des travaux pendant la période de nidification de l'aigle de Bonelli, une espèce menacée et protégée !

Nouvelle donne réglementaire

L'évolution de la réglementation, telle la loi sur le bruit, a rendu la tâche de la SNCF très complexe. "Une étude de la totalité du parcours, menée à l'aide d'un logiciel de simulation acoustique adapté aux applications ferroviaires, nous a amenés à prévoir 80 km de protection phonique supplémentaires pour

abaisser de moitié le niveau acoustique au niveau des zones habitées (réduction de 65 à 62 dB[A])", souligne Michel Roujon, responsable du service Génie civil. D'où ces écrans sur les ouvrages, ces murs et ces merlons paysagers en section courante. Les riverains sont même assurés que les nuisances sonores diminueront, avec la mise en circulation future de trains plus silencieux (60 dB[A] à terme). "La loi sur le bruit, au même titre que la loi sur l'eau, a dû être intégrée au cours du projet, celui-ci ayant débuté avant leur entrée en vigueur", ajoute Michel Roujon. En obligeant à limiter à seulement 5 cm l'élévation des eaux dans le lit des cours d'eau mais aussi toute zone inondable, l'application de la loi sur l'eau a entraîné une forte augmentation du nombre d'ouvrages à

des endroits où un simple remblai aurait suffi, en particulier sur les grands franchissements (vallées du Rhône, de la Durance...). "L'écartement des piles des viaducs a également été augmenté", précise le responsable.

Consultation d'architectes

La conception de 7 viaducs, classés ouvrages exceptionnels – il s'en construit au plus une dizaine chaque année en France –, a étroitement associé architectes, paysagistes et ingénieurs. Suite à un appel à candidature auquel ont répondu 75 cabinets d'architectes, une commission associant la direction de l'Architecture et de l'Urbanisme, les directions régionales de l'Environnement, les architectes des Bâtiments de France et les

maires des communes traversées, a réalisé une sélection des projets. Un atelier d'architecture regroupant les cabinets Amédéo, Duval, Urb'ain (Giger) et Lavigne a permis de définir les principes d'une véritable "image de ligne" depuis Valence jusqu'à Marseille et Montpellier, tout en adaptant chaque ouvrage au site traversé.

En optant pour un système de consultation plutôt que de concours, la SNCF a pu s'associer à un ou plusieurs architectes dès la

phase de l'avant-projet sommaire. "Quand la technique permettait de mettre en compétition ouvrages en béton et ouvrages mixtes, nous l'avons fait, reprend Michel Roujon. En général, le béton s'est révélé techniquement et économiquement plus adapté à la réalisation d'ouvrages de grande taille."

L'articulation des compétences a donné priorité aux architectes. Aux ingénieurs, ensuite, de rendre ces solutions constructibles. Une mission d'autant plus difficile

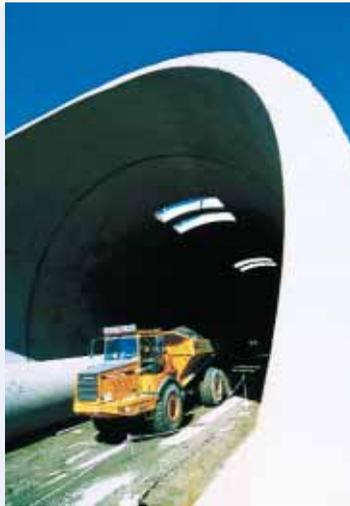
que les données topographiques, en imposant des portées et des hauteurs de piles plus importantes que sur les TGV précédents, ont demandé de recourir à des solutions technologiques très pointues, encore jamais appliquées sur des ponts ferroviaires.

Un cahier des charges très contraignant

Résister aux efforts engendrés par deux TGV qui se croisent, l'un en pleine accélération, l'autre en plein freinage, par un vent de 200 km/h et le tout pendant un tremblement de terre, voilà, brièvement résumées, les contraintes que doivent supporter les viaducs du TGV Méditerranée. Solution : une grande inertie des structures, un ancrage des piles sur des massifs de fondation importants, une solidarisation du tablier aux appuis pour éviter qu'il ne se soulève, la réalisation de butées dans le sens transversal ou encore la pose d'amortisseurs au niveau des culées, disposition qui vise à obtenir une sécurité supplémentaire vis-à-vis de la fissuration des appuis.

Tunnel de Tartaignille : un terrain hétérogène

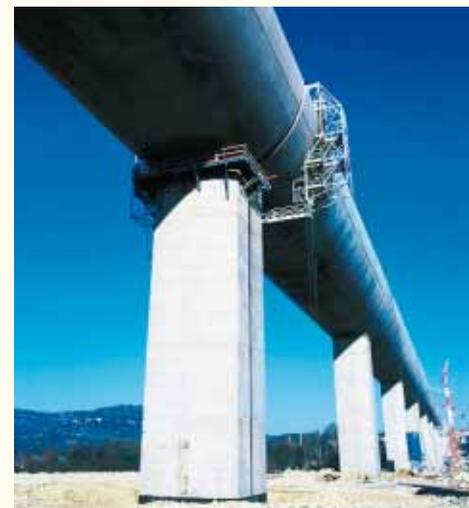
Situé dans le prolongement du viaduc de la Grenette, ce tunnel d'une longueur de 2 430 m passe sous le col de Tartaignille. La pénétration dans une couche d'argile a nécessité de modifier radicalement la méthode d'excavation, après avoir progressé par demi-sections sur 1 500 m. "La forte pression du terrain entraînait des convergences de 40 cm qui n'étaient pas acceptables, explique Jean-Marc Estre, chef de section à la SNCF. Nous excavons dorénavant par sections complètes, selon la méthode de Lunardi. Cette technique nouvelle, donc extrêmement difficile à maîtriser, consiste à consolider le front de taille avant terrassement à la pelle hydraulique par des boulons en fibres de verre de 24 m de long. La pose des cintres de soutènement de la voûte,



l'application du béton projeté armé de fibres métalliques et destiné à stabiliser provisoirement le terrain, sont inchangées. Viennent ensuite la construction du radier et de la voûte en béton armé."

Le tunnel, attaqué par ses deux extrémités, présente une section intérieure de 100 m² (soit 180 m² excavés) pour permettre le croisement sans risque de deux TGV lancés à 300 km/h. La coque en béton de 50 à 80 cm d'épaisseur, protégée par une membrane d'étanchéité, est édifiée à l'aide d'un coffrage glissant et ne doit présenter aucun défaut d'aspect... même si personne ne pourra jamais les remarquer !

Entreprises : **Quillery – Demathieu & Bard**



▲ **Les viaducs du TGV Méditerranée doivent résister à des contraintes mécaniques statiques et dynamiques exceptionnelles.**

Soulignons aussi que la SNCF est le premier maître d'ouvrage à mettre en application les derniers textes réglementaires définissant les accélérations nominales à prendre en compte en cas de séisme, qui interviennent dans le dimensionnement des piles.

Un autre élément dont il faut faire état est la prise en compte des exigences liées à la spécificité ferroviaire. "Nos ponts-rail supportent 3 fois plus de charges et 10 fois plus d'efforts de freinage qu'un ouvrage routier, ainsi qu'une vitesse maximale de 350 km/h dans le cas du TGV, explique Christian Bousquet, chef de la division des grands ouvrages en béton. La maîtrise des problèmes vibratoires et de déformation des tabliers impose des structures porteuses d'une très grande rigidité." Les exigences de sécurité demandent par exemple d'assurer en toutes circonstances le maintien du contact roue-rail et l'absence de déconsolidation du ballast malgré les amplifications dynamiques.

Des solutions constructives exceptionnelles

Pour répondre à ces contraintes nombreuses et exceptionnelles, la SNCF a dû trouver le juste équilibre entre le recours à des solutions expérimentales, limitées pour les ouvrages en béton à un petit nombre de réalisations en béton hautes performances B60 et B80 entre Orange et Montélimar, qui s'inscrivent dans le cadre du projet BHP 2000, et le respect d'impératifs de durabilité et de sécurité très sévères.

Le caractère innovant réside davantage dans l'adaptation à des ouvrages de très grande taille de techniques pointues déjà validées en France ou à l'étranger : précontrainte extérieure, préfabrication, rotation de fléaux, séparation de tabliers par joint *cantilever*, utilisation de béton blanc, excavation de tunnel en pleine section...

Viaduc de Vernègues : le plus complexe



Destiné au franchissement de la vallée de Cazan, dans les Bouches-du-Rhône, ce viaduc de 1 210 m doit son originalité à un tablier de type multicaisson en béton précontraint de section semi-cylindrique, dont la hauteur décroît de 5,25 m à 1,50 m au fur et à mesure que l'on se rapproche des extrémités, la courbure basse étant progressivement tronquée. Construit par encoffrement au centre et par poussage aux extrémités, moyennant des systèmes de retenue par câbles du fait de la déclivité du tracé, ce tablier repose sur des piles simple ou double fût de forme variable, qui s'espacent lorsque la hauteur augmente. Ainsi, la portée va de 80 m au centre à 15 m en rive. L'ensemble de ces dispositions résulte d'un compromis entre la volonté de finesse de l'architecte et les contraintes de résistance et de déformabilité. "Le chantier s'est donc révélé très technique du fait de l'ajustement permanent des coffrages spéciaux, variables en tous

sens, chaque partie d'ouvrage étant unique", assure Hervé Derambure, chef de district à la SNCF. Avec comme autres contraintes l'obtention d'un parement exempt de toute imperfection sur les voussoirs, et la nécessité de décoffrer rapidement pour suivre le rythme du chantier (23 mois de travaux). "La section courbe et la finesse des parois ont

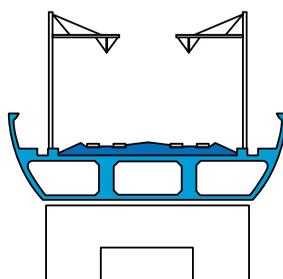


demandé la combinaison d'une vibration externe, appliquée sur les parois des coffrages, et d'une vibration interne à l'aide d'une aiguille, conclut le responsable. La finition sera parachevée par un léger sablage de la totalité de l'édifice."

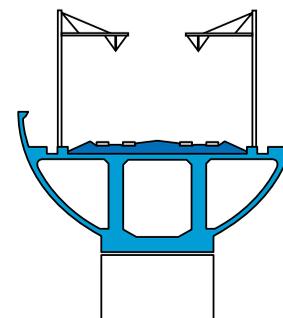
Architecte : **Alain Amédéo** / Entreprises : **Dodin Sud – Sogea SA – Sogea Sud-Est**



Coupe transversale sur tablier poussé



Coupe transversale sur tablier en encoffrement



Viaduc de Ventabren : une spectaculaire rotation de fléaux



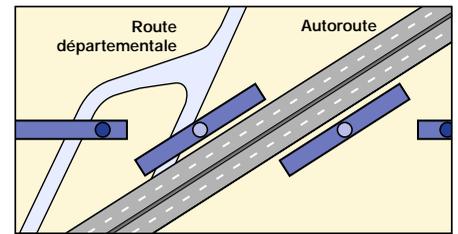
Un béton clair, proche du calcaire des massifs rocheux de la région, a été utilisé pour le plus grand viaduc de la ligne nouvelle (1 730 m). Édifié sur deux culées et 36 piles creuses de section hexagonale s'évasant en partie haute, le tablier se décompose en deux sections poussées nord et sud de 1 172 m et 358 m à base de travées de 30 à 45 m, la portion intermédiaire étant réalisée par encorbellement afin d'obtenir la portée de 100 m nécessaire au franchissement de l'autoroute A8.



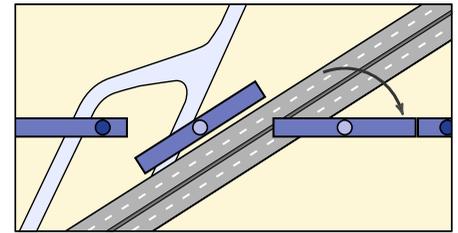
On retiendra le chiffre de 33 000 tonnes, correspondant au poids du tablier nord qui a été poussé, mais surtout la technique de construction des fléaux enjambant l'A8 à 40 m de hauteur : "Pour des raisons de sécurité, il n'était pas possible de travailler au-dessus des voies, explique Adrien Couillet, chef de district à la SNCF. Les deux fléaux ont donc été construits parallèlement à l'autoroute, pour être ensuite pivotés de 28°, puis basculés de 1,7 et 2 % afin de les ramener à leur position définitive." Un souvenir inoubliable pour les intervenants, mais aussi pour la foule de spectateurs venue assister à une première mondiale, ce principe n'ayant encore jamais été appliqué à des fléaux d'un tel poids (3 600 tonnes). Réalisées de nuit pour minimiser la gêne occasionnée par l'interruption du trafic, les rotations ont été menées en quelques heures grâce à l'association d'un axe métallique de 20 cm de diamètre et de 4 appuis Inox-Téflon (faible coefficient de frottement) reprenant les charges, dont l'un était équipé d'un vérin à des fins d'équilibrage. Les



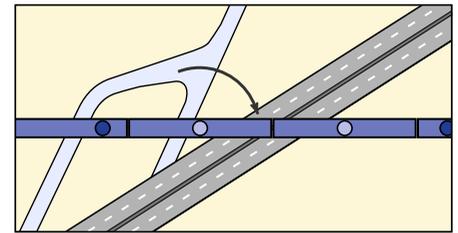
Construction des fléaux parallèlement à l'autoroute



Rotation du premier fléau (circulation aménagée)



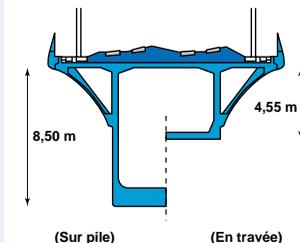
Rotation du second fléau (circulation aménagée)



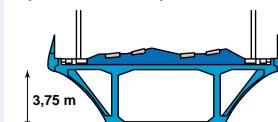
efforts, recueillis par des capteurs de pression, étaient analysés en permanence par un micro-ordinateur. "Le fléau a été mis en mouvement par traction sur un câble fixé à une extrémité, conclut l'ingénieur. L'intelligence des entreprises a été de privilégier une méthode simple dans son principe, et donc plus facile à maîtriser."

Architecte : **Charles Lavigne** / Entreprises : **Campeon Bernard SGE – Campeon Bernard Sud – Spie Batignolles TP – Spie Citra Sud-Est**

Coupe transversale type pont à hauteur variable (travée de 100 m)



Coupe transversale type pont poussé (travée de 67 m)



Utilisée depuis 10 ans sur des ponts-routes, la technique de la précontrainte extérieure, où les câbles restent dissociés de l'âme des caissons afin d'en faciliter la maintenance, a ainsi été employée pour la première fois par la SNCF. "Les voussoirs restent traditionnellement assemblés par précontrainte intérieure lors du poussage du tablier, détaille Christian Bousquet. La précontrainte extérieure de continuité reprend quant à elle les efforts engendrés par les superstructures (ballast, équipements, etc.) et par le passage des trains."

Si cette technique a été généralisée à tous les viaducs, elle n'a en revanche été appliquée à des voussoirs préfabriqués que sur le double viaduc d'Avignon, ouvrage en béton blanc sans précédent, siège de nombreuses innovations. "Ce viaduc cumule les particularités, souligne Marc Jerram, le spécialiste du béton et de l'étanchéité à la SNCF. Certaines piles ont été réalisées avec un béton composé pour tenir compte du risque de corrosion. Elles ont dû être précontraintes pour obtenir la résistance désirée, une disposition très rarement utilisée sur des piles."

Durabilité et qualité

La durée de vie de 100 ans imposée par le cahier des charges s'est traduite – entre autres – par l'emploi de granulats non réactifs pour la composition des bétons, qui appartiennent tous à la classe de prévention C vis-à-vis de l'alcali-réaction. Les exigences de résistance et de qualité d'aspect ont amené les entreprises à utiliser une large palette de bétons (B28, B32, B44, B52), formulés à base de ciment blanc ou gris de type CPA-CEM I, CPJ-CEM II ou CHF-CEM IV

Traversée souterraine entre Cabriès et Marseille : grande longueur et attaque par puits



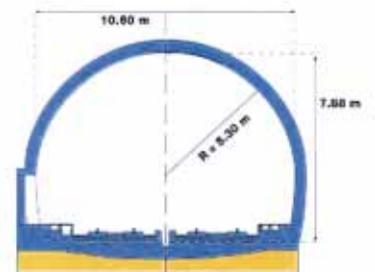
Le plus long tunnel français est en fait une succession de 4 ouvrages, dont 2 tranchées couvertes, qui totalisent 7 834 m. Pour respecter le planning de 33 mois, les entreprises ont mis en place 6 fronts d'attaque simultanés à partir de 3 puits d'accès (pas d'attaque à l'air libre). La méthode d'excavation est classique (progression par demi-sections, soutènement par cintres et béton projeté, renfort du front de taille par boulonnage). "La technique de la voûte parapluie, qui consiste à injecter du béton sur 12 à 15 m

de profondeur au-dessus du noyau à excaver, a permis d'avancer dans les terrains les plus instables, explique Dominique Settini, chef de section à la SNCF. Certaines parties ont été faites en pleine section à l'explosif, avec l'aide d'un robot de forage offrant un rendement de 150 trous à l'heure."

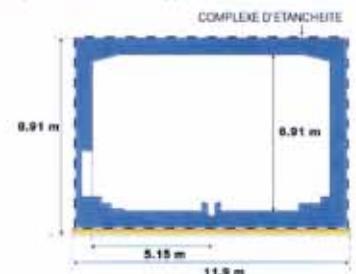
La longueur de l'ouvrage a obligé les entreprises à pomper les bétons depuis la surface jusqu'au front de taille sur des distances considérables (jusqu'à 2 km). La difficulté ? La mise au point de formulations très élaborées devant à la fois garantir une excellente fluidité, nécessaire au pompage, et offrir la rapidité de prise nécessaire au soutènement du terrain et à l'avancement des travaux.

Entreprises : **Spie Batignolles – Borie SAE – Guintoli – Fougerolle – Fougerolle Ballot – Camponon Bernard SGE – Camponon Bernard Sud – Razel – Pico – Bachy**

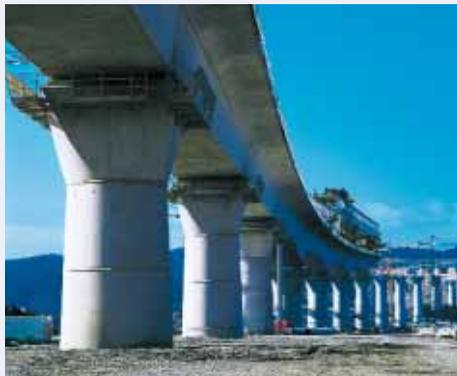
Coupe type de tunnel



Coupe transversale type de tranchée couverte



Double viaduc d'Avignon : béton blanc haut de gamme en grande série



Deux ouvrages parallèles en béton de ciment blanc, distants de 45 m et d'une longueur de 1 500 m, permettront aux lignes Marseille-Paris et Marseille-Nîmes de franchir le Rhône en Avignon. Des délais de réalisation serrés (30 mois au total) ont amené les entreprises à préfabriquer sur place les quelque 838 voussoirs, transformant pour l'occasion l'aire de la Courtine, située sur la rive gauche, en une gigantesque usine à ciel ouvert (15 ha).

Au total, 120 000 m³ de béton seront sortis des 4 centrales à béton mobilisées sur le chantier, dont 38 000 m³ pour la préfabrication. Les piles, constituées de fûts tronconiques creux de 12 à 47 m de hauteur, sont coulées en place. "Elles sont formulées avec un ciment de type CHF-CEM IV pour obtenir la résistance requise aux agressions du terrain, détaille Gilbert Lucotte, chef de section à la SNCF. L'adjonction de granulats calcaires a permis d'obtenir une teinte claire. Le tablier est réalisé en béton blanc (de type CPA-CEM I)."

Il y a de quoi être impressionné par les plus grands voussoirs à inertie variable (hauteur :

de 5 à 8 m) employés sur les travées de 100 m, qui sont destinées à espacer les appuis dans le fleuve. "Ces éléments de 145 t sont positionnés à l'aide d'une poutre treillis de lancement de 233 m, reposant sur la partie du viaduc existante et la pile suivante le temps nécessaire à l'assemblage par précontrainte", ajoute le responsable.

Les deux viaducs sont exceptionnels à plusieurs titres : l'échelle (premiers ouvrages de cette taille en béton blanc préfabriqué avec précontrainte extérieure), la présence d'un joint de tablier à appui glissant situé entre les piles (articulation *cantilever*) et l'utilisation d'un BHP de type B52. Et ce, en maintenant constamment une qualité de réalisation "haut de gamme" qui fait de ces viaducs de prestige de véritables références.



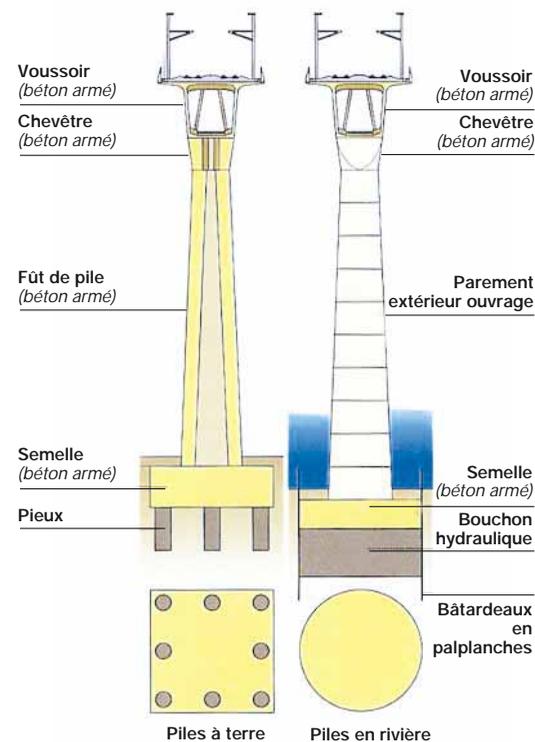
▲ Les tabliers élémentaires sont séparés par un joint *cantilever*. Les appareils de dilatation sont placés sur la partie porteuse (en console) de la travée concernée. Cette partie du tablier est bloquée longitudinalement par encastrement sur la pile la plus proche.

(certains ont été fournis spécialement par les producteurs), ainsi que des colorants. "Globalement, le TGV Méditerranée fait appel à des bétons de plus haute résistance que les B35 ou B40 utilisés sur les lignes précédentes", précise Marc Jerram. La SNCF a mis en place sur ce projet un programme d'assurance qualité novateur et complet, allant des études à la réalisation en passant par l'organisation du chantier, et qui a même incité certaines

entreprises à s'engager sur la voie de la certification. Ce niveau d'exigence explique celui des prestations offertes. Malgré des impératifs de planning (3 ans et demi de travaux au total) et des contraintes méthodologiques et budgétaires hors du commun, aucun dépassement financier n'a été constaté. Consciente de l'importance de la fiabilité du délai de production et de la qualité des études, la SNCF a même choisi pour les terrassements

et les 508 ouvrages courants de fournir très en amont les documents d'exécution aux entreprises, élaborés par des bureaux d'études sous contrat direct avec la SNCF, et d'en assurer elle-même le contrôle technique ! "L'addition des contraintes et du nombre des ouvrages fait du projet du TGV Méditerranée un véritable exploit, conclut Christian Bousquet. La tâche a été difficile, mais ô combien passionnante !" JEAN-PHILIPPE BONDY

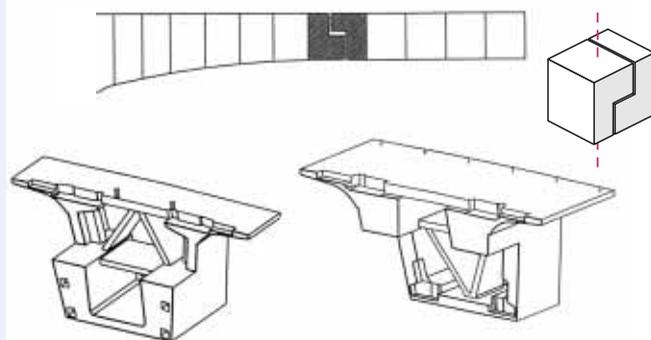
Schéma de principe d'une pile



Nota : suivant la nature du sol en place, la pile s'appuie soit sur une fondation superficielle (semelle), soit sur des fondations profondes ou semi-profondes (semelle et pieux).

Architecte : Jean-François Blassel / Concepteur : Michel Virlogeux / Entreprises : Bouygues – GTM Construction – Bouygues Off Shore – DTP Terrassement Intrafor

Voussoirs d'articulation - Viaduc d'Avignon



Saint-Selve Chais

Du béton sur mesure

POUR SE FONDRE DANS LE PAYSAGE, LES CHAIS DE SAINT-SELVE ONT EU RECOURS À UNE ÉTONNANTE DIVERSITÉ DE PANNEAUX PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON POLI. UN BÉTON AUX GRANULATS BIGARRÉS QUI VIENT ENCHÂSSER L'ÉDIFICE DANS L'ARRIÈRE-PLAN ILLUSTRÉ DU VIGNOBLE BORDELAIS.



▲ Le béton poli coloré exprime ici, dans une construction monolithique, la matière de cette terre des Graves où pousse la vigne. Certaines surfaces biseautées, creuses ou en saillie, ont été polies à la main.

La plantation d'une vigne de 68 ha et le lancement d'un nouveau cru dans la région des Graves ont donné lieu à la première réalisation architecturale de Sylvain Dubuisson, designer, même s'il faut d'abord voir là une nouvelle étape dans sa collaboration avec le propriétaire des lieux, qui possède d'autres domaines viticoles et qui lui avait déjà confié la réalisation de quelques aménagements avant de l'entraîner dans cette aventure. Réinterprétation contemporaine des chais et

hangars agricoles qui façonnent le paysage bordelais, cet édifice, que le designer a choisi de voir d'abord comme un objet, traduit dans sa distribution la technicité des processus de fabrication d'un cépage. Long et sobre, le bâtiment aux murs de béton rosé s'enracine dans le précieux vignoble en jouant avec la lumière, le relief et les ombres.

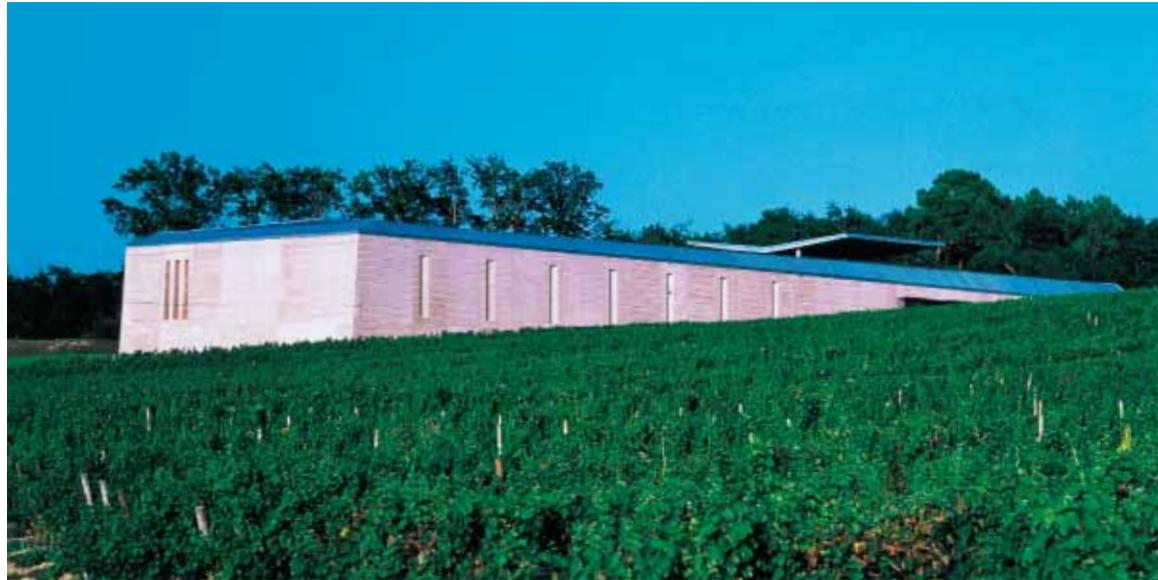
Les couleurs des Graves

Adapté à l'échelle du site, l'édifice se laisse découvrir depuis la route. Latéral à l'axe du domaine, dans la terre caillouteuse des Graves, il frôle les derniers rangs de vigne. Le brisis se révèle en premier, puis les murs colorés qui se fondent dans un paysage souvent embrumé. La terre est brune, les branchages, terre de Sienne. Pour s'adapter à l'environnement, les teintes des panneaux préfabriqués en béton poli, qui servent d'éléments de parement, ont été étudiées soigneusement avec l'entreprise Delta préfabrication. Complété par des adjuvants destinés à augmenter sa compacité et à éliminer les microfissurations, le béton se compose d'une douzaine d'éléments différents : granit, porphyre lie-de-vin, marbre blanc, marbre noir moucheté, oxyde de fer rouge, ciment gris, etc. Sa texture minérale confère une vocation patrimoniale à la propriété, tout en restant dans une fourchette budgétaire raisonnable.

● Le béton rosé s'enracine dans le vignoble

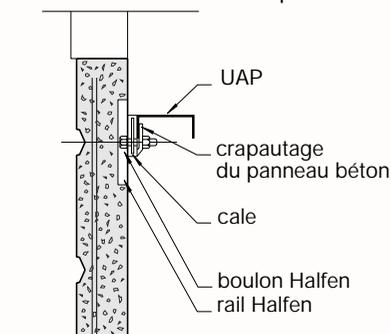
La hauteur de la construction est réglée de telle sorte que, depuis l'entrée de la propriété, le long faitage se confonde avec l'horizon. Respectant la logique du cycle de fabrication du vin, l'ensemble des fonctions du programme est regroupé dans un unique bâtiment de 120 m de long. Au cœur du dispositif, le grand atrium où l'on réceptionne les vendanges est, avec sa toiture auvent, l'unique espace largement ouvert sur l'extérieur. Le "bouteiller" et le logement du maître de chai occupent la partie est.

Plus ramassée, l'aile ouest accueille le cuvier et le chai à barriques, deux volumes parallèles qui s'étirent sur une cinquantaine de mètres. Les fentes des chais à barriques et les

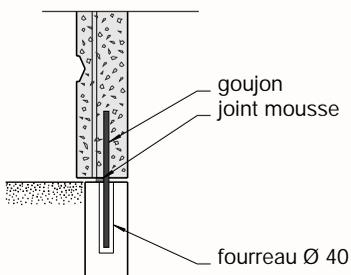


Façades sud et nord

1 - Accrochage des panneaux béton sur la lisse métallique.



2 - Ancrage des panneaux béton dans la fondation.



▲ Le plan du bâtiment est trapézoïdal. Pour se raccorder dans les angles avec les façades sud et nord (verticales), la section des rainures du pignon est, qui est en surplomb, tient compte de l'inclinaison de la façade.

fenêtres chanfreinées de la salle de dégustation rythment cette construction monolithique en cadrant des vues sur l'extérieur. Associé à Sylvain Dubuisson, l'architecte-sculpteur Vincent Barré a prolongé la logique paysagère du projet en dessinant la grille d'entrée du domaine et les portes monumentales des chais.

Dans ce bâtiment, les éléments de modénature dessinés par Dubuisson exigeaient une

mise en œuvre minutieuse à laquelle la souplesse d'utilisation du béton poli répondait bien. Le matériau sert d'écrin au vin, le béton poli cisele une architecture massive dont il souligne la compacité.

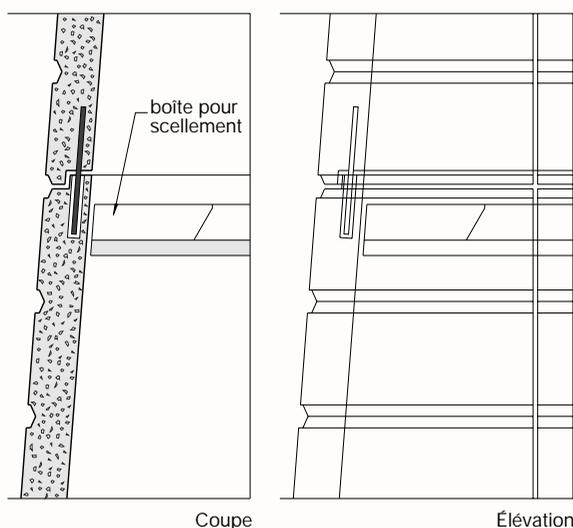
Une multitude de panneaux différents et des ouvertures de toutes tailles

Simple *a priori*, la géométrie du bâtiment est plus complexe qu'il n'y paraît. Pour souligner l'intégration au site, un mur en surplomb compose la façade est. S'y ajoutent quantité d'ouvertures de tailles diverses dotées de tableaux en biais, l'inscription en négatif des incisions horizontales en béton brut qui animent les façades, et des éléments spécifiques comme les linteaux d'entrée,

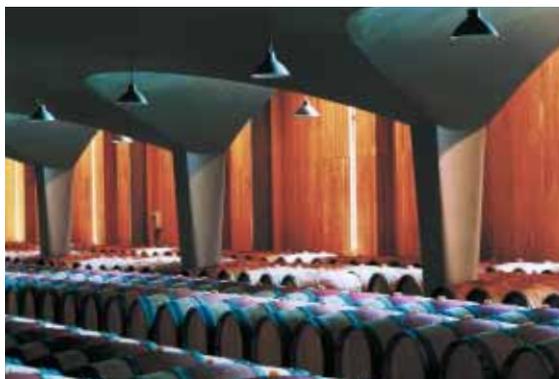


● *La diversité dans le dessin des panneaux a exigé des plans d'exécution sur mesure*

Détail façade ouest



dont la sous-face est à la fois biaisée et plane. Ajoutons encore qu'il a fallu "tricher" avec la géométrie pour garder son aspect parallélépipédique au bâtiment malgré le relief accidenté du terrain. Nous est alors dévoilée la raison de l'étonnante diversité des panneaux



préfabriqués qui tiennent lieu de parement : au total, 121 panneaux de 99 types différents, pour une surface polie d'environ 2 000 m² intégrant 5 % d'ouvertures. L'entreprise a donc tenu compte de nombreux plans de coffrage et d'une multitude de plans de détail et de ferrailage.

Conçus comme une "peau très fine", ces panneaux, tantôt simples, tantôt jumelés, sont scellés à leur base par des goujons et fixés dans leur partie supérieure à la charpente métallique par un système de rails incorporés dans le béton, de boulons et d'équerres. Notons pour ces panneaux leur très faible épaisseur (18 cm et même 16 cm si l'on tient compte du rainurage) en comparaison de leur surface (3,60 m de large sur 7 m de haut en moyenne).

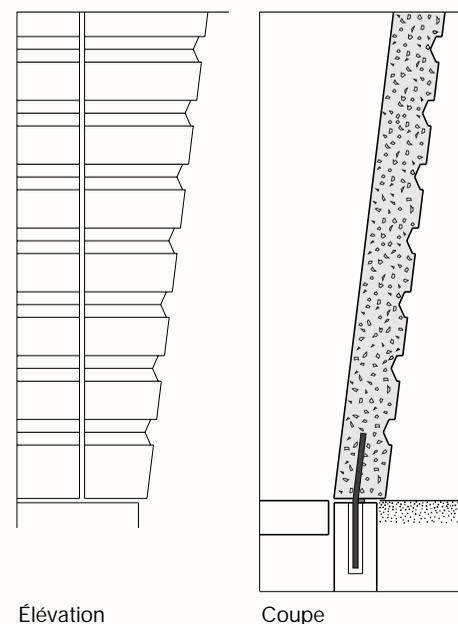
Coulage en deux temps et travail de précision

Les panneaux borgnes, qui intègrent un motif trapézoïdal, ont été réalisés en deux temps : une première "galette" de béton de parement a été coulée à plat, complétée ensuite par un béton destiné à assurer la résistance. Les panneaux avec retour intégrant les meneaux ou les tableaux d'ouverture ont nécessité au coulage des précautions minutieuses quant au remplissage des tableaux. En raison de la variété dans la forme des ouvertures, tous les panneaux qui en comportent sont particuliers. Les pièces planes ont été coulées dans des moules métalliques à hauteur modulable intégrant des motifs en métal pour le rainurage.

Les pièces avec ouverture, angles, linteau ou meneau ont été réalisées dans des moules spécifiques, tantôt tout en bois, tantôt mixtes bois et métal, ou encore en béton. Cette manutention délicate a sollicité en permanence mécaniciens et menuisiers mouléristes pour fabriquer et dimensionner les moules



Détail façade est





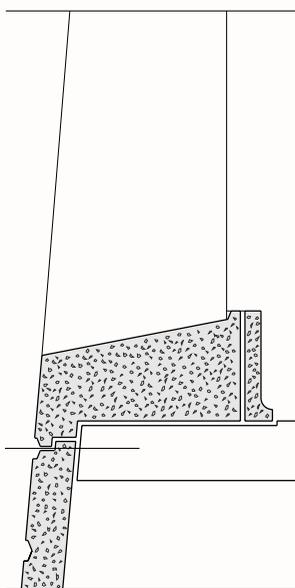
en respectant la taille et les raccords des rainures. Pour réaliser les pièces d'angle, dont la largeur variait de 2,12 à 7 cm sur la hauteur et selon le type d'angle (aigu et obtus en façade est, droit en façade ouest), il a fallu

veiller à ce que la répartition des granulats soit identique à celle des panneaux coulés à plat.

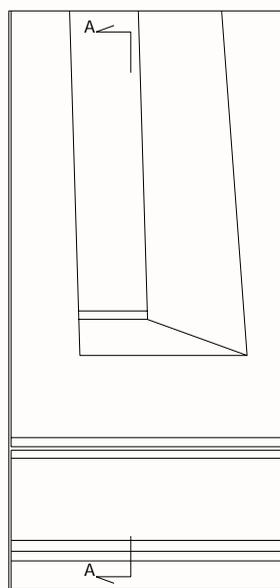
Composé de 33 panneaux de hauteur variable, le soubassement absorbe la pente du terrain. Ces panneaux sont brochés dans leur partie basse sur les fondations et fixés au dallage dans leur partie haute par des liaisons acier-béton.

CHRISTINE DESMOULINS ■

Détail fenêtre sur cuvier



Coupe A - A



Élévation

MAÎTRE D'OUVRAGE : SCA DES CHÂTEAUX DE BRANDA ET DE CADILLAC

ARCHITECTE : SYLVAIN DUBUISSON, ARCHITECTE-CONCEPTEUR, AVEC VINCENT BARRÉ, ARCHITECTE-SCULPTEUR, ASSISTÉ DE FLORENCE CARMINATI

BET STRUCTURE : COBET

SHON : 4 580 M²

ENTREPRISE DE PRÉFABRICATION : DELTA PRÉFABRICATION

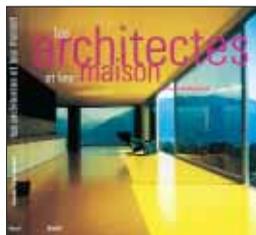
TERRASSEMENT, MAÇONNERIE : SILVA DUMEZ

Livres



"L'aspect le plus exceptionnel du travail de Renzo Piano réside sans doute dans l'envergure de son œuvre. Ses constructions couvrent un large spectre typologique et présentent une grande variété de formes, matériaux et structures", annonce Kenneth Frampton dans la préface de cette monographie des travaux de Renzo Piano. Présentés par l'architecte de façon chronologique, les projets sont décrits pour chacun d'eux par un texte qui explicite le programme, le contexte et le parti architectural. À côté, des documents graphiques, des vues de maquette, des détails, des photos présentent l'édifice. Renzo Piano s'exprime aussi sur son métier et sur son approche humaniste de l'architecture.

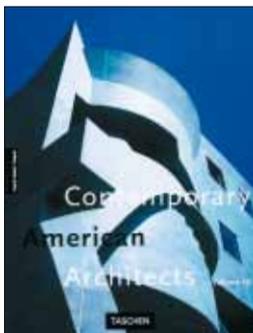
■ **CARNET DE TRAVAIL**
par **Renzo Piano**
(éditions du Seuil)



Ce livre propose de découvrir des maisons que des architectes contemporains renommés ont dessinées pour eux-mêmes. On y propose une analyse de la relation entre l'architecte et sa propre maison, avec différents exemples d'une architecture privée et domestique d'auteur où sont examinés, entre autres, les maisons ou les logements d'architectes comme Frank Lloyd Wright, Alvar Aalto... Parmi les trente architectes

contemporains dont les résidences sont présentées, on peut citer Ricardo Bofill, Aurelio Galfetti, Frank O. Gehry, Arata Isozaki, Ricardo Legoretta, Richard Meier, Richard Rogers, Bernard Tschumi, Livio Vacchini... Chaque projet est présenté par un texte illustré de nombreuses images en couleurs. Le choix effectué ne peut être exhaustif, mais il a le mérite d'une grande diversité et il offre une vision unique des espaces où vivent ces concepteurs contemporains.

■ **LES ARCHITECTES ET LEUR MAISON**
par **Anatxu Zabala**
(éditions du Seuil)



Dans l'architecture américaine, règne aujourd'hui un certain pluralisme, voire un certain éclectisme. Les travaux des dix-huit architectes présentés ici en témoignent. Par exemple, Richard Meier, à travers d'importants projets aux États-Unis ou ailleurs dans le monde, continue à décliner son travail sur l'héritage du Mouvement moderne. Frank O. Gehry développe, quant à lui, des œuvres de plus en plus sculpturales. Inspiré par les théories de la déconstruction de Jacques Derrida, les formes des plaques tectoniques ou les techniques de *morphing* par ordinateur, Peter Eisenman maintient le souhait d'une architecture qui dérange, faisant en cela écho à certaines tendances de l'art contemporain. L'ouvrage présente aussi les travaux

d'architectes plus jeunes comme Eric Owen Moss, Richard Rauh..., démontrant ainsi leur talent.

■ **CONTEMPORARY AMERICAN ARCHITECTS - Volume III**
par **Philip Jodidio**
(Taschen)



Conçu comme un outil, ce guide permet à chaque utilisateur de s'orienter dans la gamme étendue des ciments normalisés disponibles sur le marché français. Il offre un ensemble d'informations qui apportent une aide précieuse dans le choix du ciment le mieux adapté aux besoins. Plusieurs entrées sont prévues, qui partent soit du ciment, soit de l'objectif à atteindre, soit du métier, afin de faciliter la consultation de l'ouvrage. Ce guide propose des fiches propres à chaque ciment qui décrivent sa composition, ses emplois, sa résistance à 2 et à 28 jours, les précautions à prendre pour les emplois spécifiques, les prescriptions particulières, etc. Il se réfère et renvoie aux normes françaises et européennes les plus récentes, ce qui est essentiel dans une période où, sous l'impulsion de l'Europe, les textes normatifs, repris dans les documents contractuels, évoluent rapidement.

■ **GUIDE PRATIQUE POUR L'EMPLOI DES CIMENTS**
par **Association technique de l'industrie des liants hydrauliques (ATILH)**
(éditions Eyrolles)

Exposition

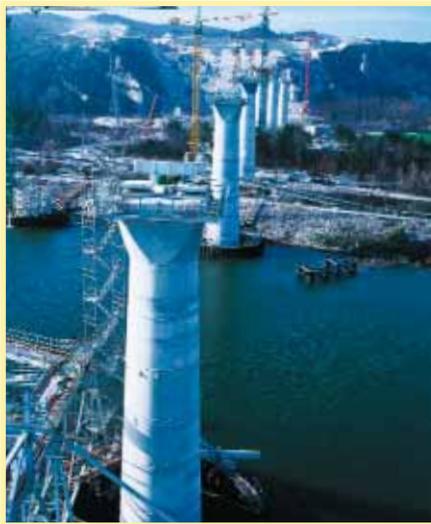


OMA Rem Koolhaas
Living ("vivre")

Cette exposition est consacrée à un des thèmes de la petite dimension – "small" – dans l'œuvre de l'architecte néerlandais Rem Koolhaas. La présentation se déroule selon six séquences successives. La première donne un aperçu de la production de l'OMA de 1972 à 1994, présentée à travers *S, M, L, XL*, le livre écrit par Rem Koolhaas et mis en pages par le graphiste canadien Bruce Mau (édité par The Monacelli Press en 1995). Les quatre séquences suivantes montrent cinq réalisations : la Patiovilla (Rotterdam, 1988), la villa Dall'Ava (Paris, 1991), les 24 appartements à Fukuoka (1991), la Dutch House aux Pays-Bas (1993) et la maison à Bordeaux (1998). Successivement, une salle est consacrée aux maquettes, une aux dessins et plans, une à l'histoire des projets à travers des cahiers d'archives et des films vidéo, enfin une salle est consacrée aux photographies. La dernière séquence présente les projets récents et les études en cours : Educatorium (Utrecht), Universal City (Los Angeles), H-Project (Séoul), Chassé-terrain (Breda), Nations unies (Genève), etc. À noter qu'une exposition consacrée au graphiste Bruce Mau se tient sur le même site.

■ **Du 12 février au 17 mai 1998**
ARC EN RÊVE
CENTRE D'ARCHITECTURE ENTREPÔT
7, rue Ferrère – Bordeaux

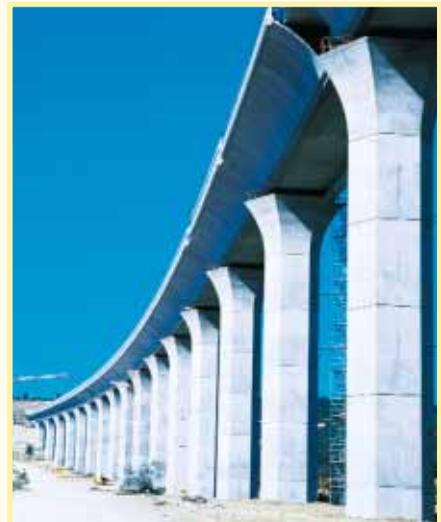
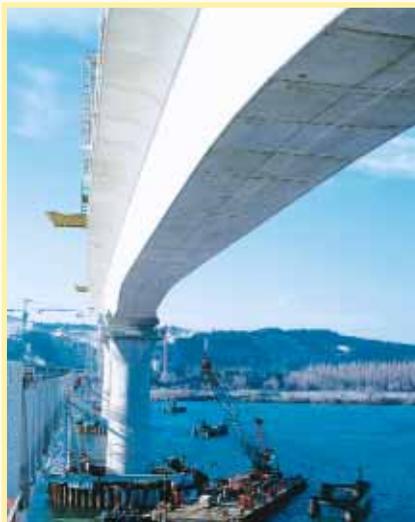
Le TGV Méditerranée en chantier



Les ouvrages d'art du TGV Méditerranée posent les bases d'une nouvelle approche dans l'art de construire, en mettant la technique au service de l'architecture et des paysages.



Sur la totalité du parcours, les rames du TGV Méditerranée circuleront à 300 km/h, qu'elles se trouvent sur un viaduc de grande hauteur ou dans un tunnel. Mais la vitesse maximale admise dans la traversée souterraine entre Cabriès et Marseille est de 250 km/h, car ce tronçon annonce le terminus de la ligne.



La conjonction de multiples contraintes a conduit les entreprises à mettre en œuvre des solutions encore jamais appliquées à des viaducs ferroviaires.

