

technologies

Bétons et architecture souterraine

●●● PARLER DE RENOUVEAU DE L'ARCHITECTURE SOUTERRAINE

N'A RIEN D'EXAGÉRÉ. LES NOUVEAUX PARKINGS ENTERRÉS, ET À PLUS

FORTE RAISON LES NOUVEAUX PÔLES D'ÉCHANGES FERROVIAIRES,

EN SONT UNE PREUVE ÉCLATANTE. L'HEURE N'EST PLUS AUX SOUS-SOLS

OBSCURS ET AUX COULOIRS LABYRINTHIQUES, MAIS PLUTÔT

À DES VOLUMES LARGEMENT OUVERTS, À DES PERSPECTIVES SANS MYSTÈRE

QUI RASSURENT ET FACILITENT L'ORIENTATION. LE BÉTON, POUR SA PART,

APPORTE TOUT ENSEMBLE SES QUALITÉS STRUCTURELLES, SA FACILITÉ

DE MISE EN ŒUVRE ET L'ÉTONNANTE DIVERSITÉ DE SES TEXTURES.



→ Métros de Lyon et de Toulouse

Le béton pour toutes ses qualités

p. 16



→ Chai à Villecroze

Une réalisation prestigieuse
en terre viticole

p. 18



→ Gare à Paris

La gare Bibliothèque-François-
Mitterrand, pôle d'échange "modèle"

p. 19



→ Gare de Monaco

Démonstration de raffinement
dans le sous-sol du Rocher

p. 20

→ Architecture souterraine : actualité en sous-sol

LES GARES SOUTERRAINES DU RÉSEAU EOLE OU DE LA LIGNE I4, À PARIS, SUFFIRAIENT À DÉMONTRER LA RICHESSE DU BÉTON EN MATIÈRE D'AMÉNAGEMENTS SOUTERRAINS. MAIS L'ÉVENTAIL EST LARGE, ET IL N'EST PAS DE CONSTRUCTION ENTERRÉE QUI NE TIRE PROFIT DES QUALITÉS DE CE MATÉRIAU "UNIVERSEL".

Les espaces souterrains sont communément considérés comme moins attractifs que les constructions à l'air libre. Ils inspirent même à certains une véritable phobie. Mais souvent nécessité fait loi, et il peut être impossible, pour des raisons locales, de réaliser en superstructure un programme donné. Parfois aussi, la décision d'enterrer un projet procède plutôt d'un parti architectural que d'une obligation. Quoi qu'il en soit, l'architecture souterraine connaît, depuis une dizaine d'années, un véritable renouveau.

Ce dossier ne prétend évidemment pas à une quelconque exhaustivité, mais les exemples évoqués illustrent quelques grandes tendances. Précisons d'emblée que la notion d'ouvrage d'art a été ici comprise dans un sens large. En effet, il y aurait peu à dire sur l'architecture d'ouvrages aussi importants que les tunnels des TGV. En revanche, on s'intéressera à la nouvelle gare de Monaco et à la gare Bibliothèque-François-Mitterrand à Paris. Un dossier sur les parkings ayant été récemment publié dans la revue, nous présenterons une réalisation atypique : la réhabilitation lourde d'un parking conçu à la fin des années soixante. Plus inattendu, le domaine des chais vinicoles enterrés donne lieu à l'émergence d'une architecture spécifique dans laquelle l'inertie thermique du béton constitue un atout appréciable. Plus traditionnelle, la tranchée couverte de la déviation de la RN 12 à Jouars-Pontchartrain permet de mesurer l'évolution des dispositifs de sécurité et de confort dans ce type d'ouvrage. De nombreux autres projets auraient pu être cités (musées, équipements sportifs, etc.), mais ce tour d'horizon révèle déjà une belle diversité de solutions béton pour l'architecture souterraine.

La première caractéristique d'une architecture souterraine réside dans la prégnance des impératifs structurels dans le parti formel, toujours largement déterminé par la prise en compte des forces en jeu : poussées latérales, charges verticales, poussées de bas en haut, etc. Dans ce contexte, la voûte s'impose comme la réponse la plus emblématique parce que la plus efficace pour soutenir le poids de la terre (ou des éventuels bâtiments). Au demeurant, la voûte n'est pas la solution unique, et l'architecte peut préférer par exemple un système poteaux-poutres ou refends-poutres. Le plus intéressant, de ce point de vue, est la richesse du vocabulaire disponible à l'intérieur même d'une option spécifique comme la voûte. Ainsi, dans les gares et les chais, on découvre des voûtes fort différentes par leurs proportions et leurs formes, selon qu'elles sont croisées ou linéaires, réalisées en plein cintre ou "posées" sur des appuis verticaux. Murs pleins ou percés, poteaux cylindriques, cruciformes ou carrés, avec chapiteau ou sans, la descente des charges verticales peut emprunter des cheminements d'aspect varié, tout en respectant des impératifs structurels rigoureux.



● Le béton à la conquête des chais souterrains du Bordelais

Pionnier de l'architecture des chais souterrains avec Château-Margaux au début des années quatre-vingt, l'Atelier des architectes Mazières, à Bordeaux, illustre depuis cette date la liberté de conception laissée à l'architecte en déclinant, de projet en projet, des variantes bien identifiées. Pour Château-Margaux, de solides piliers de section carrée portent des voûtes surbaissées à travers des chapiteaux à bords biseautés d'une belle simplicité. Peu de temps après, le même principe est repris pour Château-Yquem avec interposition de poutres plates entre les voûtes et les poteaux cruciformes. Plus récemment, au Château-Gruau-Larose, les chapiteaux ont disparu et des membrures émergeant des piles polygonales composent un ensemble d'une

>>> Les chais souterrains de Château-Margaux et leurs solides piliers de section carrée portant des voûtes surbaissées.

TECHNIQUE

Principaux avantages techniques et esthétiques du béton

Le béton s'impose par ses performances structurelles et apporte des avantages techniques et esthétiques incomparables à l'architecte désireux de construire un ouvrage souterrain.

● La plasticité

En souterrain comme à l'air libre, le béton "se moule" selon la volonté de l'architecte.

● La qualité d'aspect

Lisse ou rugueux, blanc ou gris, travaillé dans la masse ou sous forme de composants préfabriqués minces, le béton offre une grande liberté à l'architecte dans la définition des textures et des couleurs.

● La sécurité

Rassurants par leur solidité, les bétons sont également stables et résistants au feu de par leur composition même. Dans de nombreux projets, la réglementation incendie exige une stabilité au feu d'une heure ou plus, facile à atteindre avec une structure (et des parements) en béton.

● L'acoustique

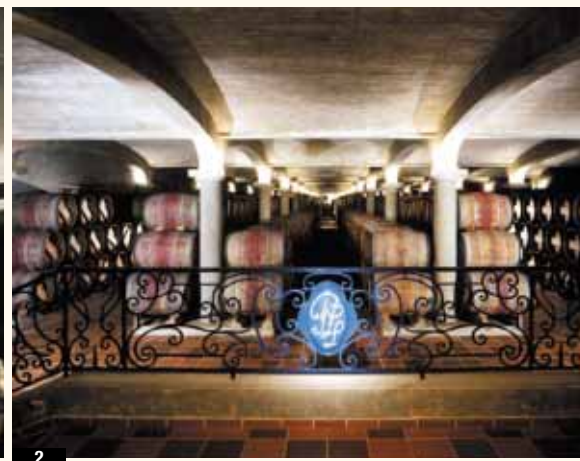
L'inertie du béton limite la transmission des vibrations. Dans le même temps, une conception géométrique appropriée et des traitements de surface spécifiques permettent de "sculpter" l'acoustique particulière d'un espace souterrain.

● L'inertie thermique

Cette qualité est appréciable pour le confort des humains. On découvre dans l'architecture des chais vinicoles souterrains qu'elle est également favorable au vieillissement du vin.

● La performance sur le chantier

Préfabriqué, coulé en place, pompé-projeté : les techniques de mise en œuvre du béton s'adaptent à tous les cas de figure. Dans le domaine des ouvrages souterrains, les procédés de fabrication évoluent constamment, élargissant d'autant le champ des possibles.



élégance remarquable. Dans les chais de Château-Latour, en cours de finition, les voûtes reposent sur d'épaisses murailles dans lesquelles se découpent de vastes arches surbaissées. Ainsi, sur un type de programme unique, le même architecte peut imaginer de subtiles variations sur un thème imposé.

La même inventivité dans la réponse apportée aux projets apparaît dans l'architecture des gares souterraines, confirmant l'irremplaçable plasticité du béton.

● La lumière, un outil privilégié des architectures enterrées

Si la volumétrie est largement conditionnée par les contraintes structurelles, l'architecture souterraine exige en parallèle un travail approfondi quant à la définition des qualités d'aspect du béton. Dans la plupart des cas, en effet, la structure est visible, même si l'on relève, sur les nouvelles lignes de métro de Lyon et de Toulouse par exemple, une certaine tendance à la recouvrir d'un doublage intérieur.

Sachant qu'un espace souterrain est peu, voire pas du tout éclairé naturellement, la perception des surfaces diffère sensiblement de ce qu'elle est à l'extérieur. Alors que le rayonnement solaire dispense une puissance lumineuse pouvant atteindre 10 000 lux, l'éclairage électrique utilisé dans les locaux enterrés ne dépasse pas 500 lux. Paradoxalement, cette situation présente un attrait pour l'architecte. En effet, si la lumière artificielle est moins intense – il s'en faut de beaucoup –, il est cependant possible, dans une large mesure, d'en définir les qualités (température de couleur notamment). Et surtout, l'architecte a le pouvoir de positionner les sources à sa guise. C'est pourquoi les projets présentés dans ce dossier montrent une mise en valeur remarquable, non seulement de la géométrie, mais

>>> **1** À Château-Yquem, des poteaux cruciformes supportent des voûtes surbaissées avec interposition de poutres plates. **2** Chais de Château-Pichon-Longueville, grand cru classé Pauillac.

aussi de la peau des structures en béton. Pour des raisons évidentes, le béton mis en œuvre est le plus souvent de couleur claire (gris ou blanc, parfois plus proche de la pierre, comme celui du musée du Louvre), et les traitements de surface peuvent être différenciés selon les lieux à l'intérieur d'un même projet. Ici, un béton lisse et brillant contribue à la luminosité ambiante et à une acoustique réverbérante ; ailleurs, des panneaux perforés de béton dense concourent à la création d'une atmosphère plus sereine et plus calme.

L'éventail des architectures souterraines est d'autant plus large que le béton peut être mis en œuvre de façon variée et qu'il peut être associé avec d'autres matériaux comme le bois, le métal ou le verre, dans des compositions esthétiques relevant à la fois, dans certains cas, de l'architecture et du design. Au demeurant, l'enjeu dépasse toujours la simple décoration, puisque les parois intérieures peuvent revendiquer la même noblesse qu'une façade extérieure. C'est pourquoi une belle architecture souterraine stimule l'imagination et suscite un dépaysement qui nous fait oublier nos éventuelles appréhensions. Dans l'entretien qu'il a bien voulu nous accorder, Jean-Marie Duthilleul – directeur de l'Agence des gares SNCF – explique les contraintes, mais aussi le caractère gratifiant d'une confrontation avec les mystères du monde de l'en dessous. ■

TEXTE : JEAN-PIERRE MÉNARD

PHOTOS : ATELIER DES ARCHITECTES MAZIÈRES



NOUVELLES LIGNES DE MÉTRO À LYON ET À TOULOUSE

→ Le béton, omniprésent

Les nouvelles lignes de métro de Lyon et de Toulouse sont implantées sous des axes existants – avenues, boulevards ou rues à grand trafic. Second point commun, les stations s'inscrivent dans des tunnels en béton de section rectangulaire. Les caractéristiques de ces enveloppes structurelles étant définies par des bureaux d'études spécialisés, le travail des architectes est centré sur les aménagements intérieurs.

Conséquence de cette démarche, une deuxième peau intérieure est souvent imposée, dissimulant plus ou moins le cadre béton. Ainsi, à Toulouse, dans la station d'interconnexion conçue par l'Atelier 13 (qui a également défini la charte architecturale de l'ensemble de la ligne), qui fait le lien entre la ligne A existante et la future ligne B, le béton struc-

tural ne sera visible que sous la forme d'un plafond caisson et de poteaux cylindriques. Pour la station Debourg, à Lyon, l'architecte Christian Drevet a imaginé une structure exceptionnelle par son expressivité et son ingéniosité technique. Au niveau symbolique, il se réfère à deux archétypes d'univers "souterrains" : la grotte et le sous-bois. La coque béton incarne une grotte dans laquelle aurait poussé une forêt métallique. Structurellement, la solution retenue – une charpente dont les membrures horizontales en acier épousent le tracé du diagramme des moments fléchissants – a permis de gagner de la hauteur en réduisant l'épaisseur du plafond, composé d'une dalle de compression de seulement 20 cm et de prédalles minces disposées en losange.

Cette structure horizontale hyperstatique optimise les performances des matériaux, le béton travaillant en compression et l'acier en traction. Le

croisement des membrures en biais assure un efficace contreventement. Verticalement, les charges sont reprises au centre de la station par une file de poteaux cylindriques en tubes d'acier pleins d'une section minimale de 20 cm.

Matériau de structure indispensable à la stabilité de l'ouvrage, notamment en cas d'incendie, le béton est également présent sous la forme plus architectonique et décorative d'un revêtement uniforme évoquant les alluvions fluviales et glaciales du site. Mat sur les murs, ce revêtement se fait lisse et brillant au sol, comme s'il avait été, de longue date, poli par les pieds des humains.

PHOTOS : © ÉRIC SAILLET

Maitre d'œuvre général de la ligne : *Semaly*

Maitrise d'œuvre : *Christian Drevet Architecture, Lyon*

Maitrise d'ouvrage : *Sytral (Syndicat des transports de l'agglomération lyonnaise)*

Ingénieur structure : *Alain Ranvier*

ENTRETIEN

Jean-Marie Duthilleul,

directeur de l'Agence des gares (service Architecture-Ingénierie de la SNCF)

Construction moderne :
Quelles sont, selon votre point de vue, les principales spécificités de l'architecture souterraine par rapport à une construction en superstructure ?

Jean-Marie Duthilleul :
Il faut bien s'entendre sur ce que l'on appelle "souterrain" ! Le "souterrain", c'est l'espace au plus profond du sol qui ne voit plus le ciel de la ville, où la lumière du jour n'entre plus. Un espace dans le noir 24 heures sur 24. Pendant longtemps, on a logé en sous-sol ce que l'on voulait cacher : les réseaux,

les réserves, etc., de sorte que le monde souterrain était connoté négativement. Notre volonté, avec les projets souterrains récemment réalisés ou encore en chantier, est de considérer le dessous comme aussi noble que le dessus. Lorsqu'on conçoit de tels espaces, on doit composer avec trois caractéristiques essentielles. La lumière, matière première de l'architecture, doit être en ces lieux totalement fabriquée, on joue avec des sources intérieures et non plus avec un astre lointain extérieur.

Ensuite on procède à une sorte de retournement spatial puisqu'il s'agit de créer un vide – l'espace de la gare par exemple – dans le plein du sol, à l'inverse donc de la création d'un plein dans le vide du ciel dans un projet traditionnel. Enfin, l'architecture souterraine induit un vocabulaire structurel spécifique, dont la voûte est la forme privilégiée parce qu'elle est la plus appropriée pour soutenir le poids énorme des terres. Mais ce qui nous guide dans la mise en place des formes des structures de la lumière,

c'est bien la perception de l'espace par les gens, bien différente dans un espace souterrain.

Construction moderne :
Pouvez-vous nous donner davantage de précisions quant à ce travail sur la perception de l'espace souterrain ?

Jean-Marie Duthilleul :
Oui, nous avons identifié quatre problèmes de perception auxquels on se trouve confronté dans un espace souterrain, bien connus des spéléologues d'ailleurs. Le premier problème est la perte de la

notion des distances et de celle de l'horizontale. Si l'on veut y remédier, il faut mettre en place de grands rythmes de structures, de volumes ou de lumière qui, en se conjuguant, créent les repères nécessaires. Citons l'exemple de Montparnasse, avec le rythme des 64 mètres entre les grandes arches supportant le jardin, accordé avec celui des 15 mètres des poutres primaires. Le deuxième point critique est la sensation d'écrasement, que l'on traite par des effets optiques qui par exemple rendent difficile l'appréhension de la



MODERNISATION D'UN PARKING À RUNGIS

→ Sécurité et luminosité

Sombre, gris, mal éclairé... : il y a peu de temps encore, ce parking réunissait tous les défauts de ses homologues construits dans les années soixante-dix. La situation était d'autant plus problématique que cinq parkings communicants constituaient un immense ensemble souterrain labyrinthique et peu rassurant. Chacun a été réorganisé à une échelle plus humaine et pourvu d'un accès et d'une sortie indépendants.

L'intervention la plus notable dans cette réhabilitation lourde concerne les parkings 1 et 2, avec la création de failles au nord et au sud. De la sorte, la lumière naturelle pénètre les trois niveaux autrefois aveugles, et des circulations piétonnes à ciel ouvert ont été aménagées dans un espace végétalisé. La structure béton a été adaptée à l'endroit de la nouvelle "façade" créée sur la faille et par des découpes dans les refends. Des poteaux ont été coulés sur la trame des poutres (7,20 m) avec reprise en sous-œuvre. De plus, pour res-

pecter la réglementation incendie, des allèges ont été créées et prolongées vers le bas pour couvrir les nez de poutre. À l'intérieur, l'ambiance a été totalement transformée par l'application d'une peinture blanche sur les bétons gris d'origine et la création d'un doublage vitré et éclairé contre les voiles béton, qui guide l'usager vers la sortie principale. Par ailleurs, afin d'alléger visuellement l'espace, de larges ouvertures ont été percées à la scie cloche dans les grands refends parallèles de 20 cm d'épaisseur. Autant d'aménagements qui ont contribué à transfigurer ce parking conçu par l'agence Cuno Brullmann, en collaboration avec Jean-Luc Crochon. À l'extérieur, dans la faille, la pente est découpée en gradins au moyen de murs de soutènement en béton blanc préfabriqué selon une technique identique à celle des composants béton de la façade. Détail singulier, les passerelles piétonnes de la faille sont constituées de volées et paliers en béton ultra-minces (14 cm), mis en tension par des tubes en acier inox. Les composants béton et métal préfabriqués sont assemblés par emboîtement, comme les panneaux de soutènement. Cet exemple montre qu'il est possible de réhabiliter un parking souterrain au point de l'aligner sur les meilleurs standards du neuf, pour la sécurité comme pour la luminosité.

PHOTOS : GUILLAUME MAUCUIT-LECOMTE, ©GASTON

Maître d'ouvrage : SILIC

Maître d'œuvre : Cuno Brullmann et associés, Jean-Luc Crochon

Bureau d'études : SITAC, SF 21, Arcora

Entreprise générale : SICRA



hauteur réelle sous plafond. Ainsi, dans la gare Bibliothèque-François-Mitterrand, le dessin des voûtes et leur matière font disparaître la notion de "plafond", alors que la hauteur est de 4,15 mètres à la clé et de 2,7 mètres au sommet des piliers. Troisième écueil, les perspectives fermées entraînent une impression d'emprisonnement, d'où les jeux de "dégramage" qui élargissent l'espace en créant des perspectives ouvertes en diagonale, avec des lignes de fuite lointaines. Enfin, se pose le problème de

l'illisibilité de l'espace, qui se traduit par les difficultés d'orientation que l'on connaît. Ce qui compte, là, c'est de donner aux gens les points de repère lointains qui leur permettront d'appréhender l'espace globalement.

Construction moderne : Comment le béton est-il utilisé dans ces architectures souterraines ?

Jean-Marie Duthilleul : À la base d'une architecture souterraine, on trouve des volumes et de la lumière, avec entre les deux la matière. En l'occurrence, le

béton est le matériau dominant pour des raisons structurelles au départ, mais nous nous intéressons aussi beaucoup à ses qualités d'aspect, et en particulier à la manière dont il réagit à la lumière. De ce point de vue, la qualité de la peau est très importante parce que la lumière est relativement faible, quelques centaines de lux. Pendant longtemps, nous avons utilisé des ciments aux laitiers traditionnels, puis nous avons élargi la palette en utilisant dès que possible les bétons clairs ou blancs, et nous diversifions les effets

de surface. Pour Eole, par exemple, nous avons dans les passages étroits des bétons glacés, alors que sur les quais, à hauteur de l'œil, le béton est bouchardé, comme griffé, avec des reliefs mis en valeur par la lumière ; au-dessus, les voûtes sont satinées. Le principe de base reste de montrer la matière des parois et de rendre "habitable" le béton. À Monaco, dans une ville où le marbre est omniprésent, on peut dans la gare redécouvrir la beauté du béton. En sus de ce travail sur la lumière et la

matière, sur les couleurs et les textures, nous travaillons également beaucoup sur l'acoustique des lieux. Dans un espace souterrain, le son ne peut s'échapper vers l'extérieur et les sons extérieurs, eux, ne pénètrent pas, ou de façon très atténuée. Nous imaginons donc des scénarios acoustiques avec des seuils, des espaces amples, des espaces intimes. Les halls, par exemple, sont souvent assez réverbérants, alors que sur les quais le bruit des trains est absorbé par des panneaux de béton ou de bois.



CHAI VINI-VITICOLE DU DOMAINE DE THUERRY –
VILLECROZE, VAR

→ Harmonie et sérénité

Le nouveau propriétaire de ce domaine a l'ambition de produire des vins "haut de gamme" par vinification traditionnelle (process Delta Cave). Afin de répondre à un cahier des charges draconien, exigeant en particulier une température constante de 14,5 °C dans le chai de vieillissement, sans apport de frigories électriques, les architectes Xavier Leibar et Jean-Marie Seigneurin ont proposé d'enterrer les chais dans la pente vers le sud, entre les vignes et les bâtiments anciens alignés au sommet. L'objectif premier était donc de bénéficier de l'inertie du sol sur trois faces et en couverture, puisque plus de 6 000 tonnes de terre ont été rapportées sur l'infrastructure en béton.

Autre spécificité de ce projet, la hauteur sous plafond atteint 9 mètres dans les chais de vinification et de vieillissement, placés côté nord pour bénéficier d'une protection naturelle maximale. Grande hauteur et ventilation au moyen de portes de 3,5 mètres de hauteur contribuent au maintien d'une température stable. Le volume, très simple, est un parallélépipède de 70 m de longueur et d'environ 20 m de profondeur. Si la terre périphérique assure déjà une cer-

taine fraîcheur, l'inertie des 4 000 m³ de béton des parois joue également un rôle majeur dans le contrôle de la température ambiante. Le béton prescrit est dense, avec au minimum 350 kg de ciment et au maximum 180 litres d'eau par mètre cube. Un fort dosage en adjuvant superplastifiant a permis de préserver le temps d'ouvrabilité et d'améliorer les performances mécaniques du béton.

Les chais étant constitués de volumes clos juxtaposés (à l'exception de la travée centrale du porche et de la salle de dégustation vitrée en mezzanine), un soin particulier a été apporté à la qualité d'aspect des parois. À cet effet, les coffrages métalliques de grande hauteur ont été doublés intérieurement d'une peau en panneaux de contreplaqué bakéliné formant des modules de 1,25 x 2,5 m inscrits dans un calepinage marqué par des joints creux. Ces panneaux ont été utilisés chacun une dizaine de fois au maximum, et une cire végétale a été substituée aux habituelles huiles de décoffrage minérales dans un souci de respect de l'environnement. Dans le même temps, la conception des coffrages a nécessité une étude complémentaire pour intégrer de nombreuses réservations liées à l'encastrement des appareils d'éclairage, des pivots de portes, des scellements de cuves et autres machines participant au process.

Le chai de vinification se distingue par son plafond découpé en caissons par des poutres de 18 m de portée, et percé en son centre par une goulotte tournante d'alimentation en raisin des 14 cuves inox disposées en cercle. La dalle béton de 30 cm est portée par des poutres de 55 cm de large et de 1,30 m de retombée, dessinant neuf carrés de 5,8 m de côté. En fait, seules les deux poutres longitudinales sont pleines, les deux autres incluant une âme en polystyrène. L'unique façade orientée au sud est protégée par un parement de pierre blanche en avant d'un vide d'air et de l'isolant extérieur. Le béton des murs, des sols et des plafonds, le chêne des portes, l'inox et le verre, composent finalement une harmonie sereine qui sied bien à l'épanouissement du vin.

PHOTOS : SERGE DEMAILLY

Maître d'ouvrage : SCEA Château-Thierry

Maître d'œuvre : Xavier Leibar,

Jean-Marie Seigneurin, architectes

Entreprise générale : Spada – Nicoletti

Surface totale : 1 970 m²

Montant des travaux : 30 MF HT compris process



LA GARE BIBLIOTHÈQUE-FRANÇOIS-MITERRAND

→ Un pôle d'échange à taille humaine

La gare Bibliothèque-François-Mitterrand joue un rôle stratégique dans le projet Paris-Seine-Rive-Gauche, au nord du 13^e arrondissement. La composante majeure du programme est une salle d'échange souterraine entre les lignes C du RER et la ligne 14 du métro. Cet espace s'organise sur 4 niveaux principaux, sous le nouveau sol de la ville qui reconstitue l'ancien dénivelé vers la Seine, au-dessus des voies SNCF. Cette situation a pour conséquence singulière de placer la gare en sous-sol de certains des futurs immeubles de l'avenue de France, qui constituera une partie du toit de la gare. La conception du projet est issue d'une collaboration entre l'Agence des gares de la SNCF, dirigée par Jean-Marie Duthilleul, et les architectes Antoine Grumbach et Pierre Schall, chargés de la ligne 14 du métro par la RATP. Une volonté commune de cohérence se traduit par une continuité d'aspect entre la partie SNCF de la salle d'échange et l'amphithéâtre de la RATP. Il en va de même pour la signalétique, avec une continuité de la chaîne d'information par des chartes graphiques différentes, mais bien accordées dans l'esprit.

La salle d'échange se présente comme un vaste volume aux proportions inhabituelles : longueur 90 m, largeur 75 m, et "seulement" 4,5 m de hauteur maximale. L'espace est défini par des voûtes croisées de béton clair, légèrement brillant, qui couvrent un lieu homogène et ouvert, sans couloir ni angle fermé. Cette géométrie offre aux voyageurs une perception globale des cheminements et des vues lointaines, tout en créant des salles voûtées de

16 m de côté, dont l'échelle et les proportions se montrent rassurantes pour tous ceux qui séjournent quelque temps dans la gare.

L'unité géométrique de l'ensemble dissimule la présence de deux structures porteuses dissociées, avec d'une part les poteaux supportant les voûtes du plateau des voies, et d'autre part les poteaux de descente des charges de la dalle de l'avenue de France et de ses futures constructions. Cette séparation des structures verticales évite la transmission des vibrations d'origine ferroviaire vers les immeubles. Identiques dans leur forme, les poteaux diffèrent par leur couleur selon leur fonction : béton gris clair pour les poteaux supportant uniquement une voûte et les voies, et béton blanc pour ceux qui assurent la descente des charges du quartier supérieur. Concrètement, cette distinction est assurée par des coques préfabriquées. Sur le plan acoustique, on note le recours, pour la paroi sud de la salle d'échange, à des panneaux absorbants perforés en CCV (composite ciment-verre).

À terme, la gare Bibliothèque-François-Mitterrand comportera trois sorties intégrées dans le rez-de-chaussée des immeubles à venir, à l'instar de ce que l'on connaît déjà dans les gares Haussmann-Saint-Lazare et Magenta. Cette gare illustre aussi, de façon emblématique, une architecture nouvelle imaginée pour ces lieux d'échange vitaux dans une métropole moderne.

PHOTOS : ©SNCF AP-AREP, DIDIER BOY DE LA TOUR

Maître d'ouvrage : SEMAPA – SNCF – RATP

Architecte : Agence des gares SNCF

Bureau d'études : AREP – direction de l'Ingénierie SNCF

Entreprise : Chantier Moderne



LA GARE DE MONACO

→ Raffinement ferroviaire

Cette gare s'inscrit dans un site mythique, au cœur de la principauté de Monaco. Le défi pour les concepteurs : créer un espace souterrain de 540 m de long qui ne soit pas générateur d'anxiété, mais qui, au contraire, magnifie le lieu et le programme.

La gare se compose de deux espaces principaux bien identifiés : le long tunnel des quais, selon un axe est-ouest, et perpendiculairement le bâtiment d'accueil et de service. Une passerelle relie entre eux ces deux volumes au niveau de l'accueil et permet d'accéder à la gare de plain-pied depuis un parvis. Le bâtiment voyageurs est comme tapi au fond du vallon, sous le

parking. Conçu comme un espace calme, il abrite la billetterie, les salles d'attente, les services et les commerces sous une hauteur de 5 m. Les poteaux de béton blanc composent une structure rassurante, relayée au sol par un tapis de granito clair. Point d'orgue de cette architecture, le tunnel se distingue au premier regard par sa courbe à grand rayon qui enrichit la perception de l'espace.

Les quais s'étirent sur 430 m sous une voûte en béton gris clair de 25 m d'ouverture pour 10 m de hauteur. Quelque 130 000 t de béton et 8 000 t d'acier ont été utilisées pour la réalisation de ce tunnel qui reste pour l'essentiel un espace fermé, malgré les puits de lumière au-dessus des voies et l'éclairage naturel diffusé par la façade vitrée de la

passerelle. La solution imaginée pour l'éclairage a consisté à concevoir la voûte en béton à la manière d'une voûte étoilée : des luminaires (600 lampes à induction choisies pour leur durée de vie) répartis sur sa surface allègent visuellement la voûte et créent une ambiance magique, à l'opposé du tunnel traditionnel.

L'acoustique a également fait l'objet d'une étude approfondie. Des modélisations mathématiques basées sur la volumétrie du projet et les caractéristiques des matériaux ont permis d'optimiser la sonorisation pour une bonne intelligibilité des messages. Dans le tunnel, des panneaux absorbants en bois ont été disposés sur les soubassements en béton de la voûte, au-dessus des parois verticales. Ces dernières, pour leur part, sont recouvertes de panneaux acoustiques en béton de poudres réactives.

Au final, la gare impressionne dans tous les domaines : espace, confort lumineux et acoustique, qualité des finitions, sécurité. Signalons à ce sujet la mise en place de rideaux d'eau aux extrémités du tunnel pour la dissolution des fumées en cas d'incendie. Le budget global de l'opération – gare et génie civil compris – s'élève à 1,63 milliard de francs, dont 140 millions de francs pour le second œuvre du tunnel et du bâtiment voyageurs.

PHOTOS : HENRI MUNSCHE

Maître d'ouvrage : Travaux Publics Monégasques

Architecte : Agence des gares SNCF

Entreprises : gros œuvre, groupement sous la direction de SITREN ; sol béton, Grepv ; Ductal blanc, mise au point J.-F. Picardat – Bouygues ; mise en œuvre, EPI



TRANCHÉE COUVERTE DE LA DÉVIATION DE LA RN 12

→ Tranchée high-tech

Cet ouvrage est le point fort des 10 km de la déviation de la RN 12 à Jouars-Pontchartrain. Longue de 460 m, cette tranchée couverte préserve la tranquillité et l'environnement du quartier de Chennevières. Œuvre d'ingénieur par nature, ce projet a également donné lieu à l'intervention d'un architecte, Philippe Fraleu, qui a participé au dessin des "têtes" du tunnel.

Les techniques de mise en œuvre sont traditionnelles : préterrassement jusqu'à la cote du tablier, réalisation des parois moulées, coffrage et réalisation du tablier, terrassement "en taube", puis mise en œuvre des chaussées et des équipements. La modernité de cette tranchée couverte se manifeste particulièrement dans les dispositions prises en matière de sécurité, avec un niveau d'exigence aligné sur celui des tunnels auto-



routiers. La sécurité et le confort sont également assurés par un système de ventilation à trappes automatiques et un éclairage pondéré à trois niveaux d'intensité. Preuve qu'un ouvrage modeste par la taille peut receler un contenu technologique élevé.

PHOTOS : GUILLAUME MAUCUIT-LECOMTE

Maître d'ouvrage : direction des Routes

Maître d'œuvre : DDE des Yvelines

Entreprises : Groupement Bouygues – DTP