

prochain rendez-vous

21 - 22 septembre 2002

Journées du patrimoine

AM Pantin 2 fi 301

## Parcours d'architecture

Rémi Rouyer

*Architecte et enseignant  
à l'Ecole d'architecture de Versailles*

samedi 25 mai 2002



Conception graphique : Gérard & Pascale

**archives patrimoine**

84-88 avenue du Général-Leclerc

ouvert du lundi au vendredi

de 9 h à 12 h 30

et de 13 h 30 à 17 h 30

sauf le vendredi matin

tél 01 49 15 39 99

2 euros

## Eole

Des réseaux de chemins de fer de l'Est  
au réseau express régional sous-terrain

Avec le soutien de la direction régionale des affaires culturelles d'Ile-de-France  
Ministère de la culture et de la communication



## Parcours d'architecture

### Des réseaux de chemins de fer de l'Est au réseau express régional sous-terrain

#### L'arrivée du train à Pantin

Le 10 juillet 1849, la Compagnie des chemins de fer de l'Est ouvre la ligne Paris-Strasbourg ; la première station après Paris est située à Noisy-le-Sec. Au moment de la conception du projet, le conseil municipal de Pantin, qui avait été invité à se prononcer sur l'implantation de la ligne de chemin de fer le 10 novembre 1846, n'avait pas dans un premier temps soulevé la moindre objection à cette décision. Toutefois quelques jours plus tard, le 15 novembre, les élus pantinois suggéraient de rapprocher cette première station de leur ville en la situant au lieu-dit la Folie, et donc à proximité immédiate de quatre communes : Pantin, Romainville, Bobigny et Noisy-le-Sec. Mais cette proposition n'est pas retenue par la compagnie des chemins de fer de l'Est.

Quelques années après, en 1857, la Compagnie des chemins de fer de l'Est propose au maire de Pantin l'ouverture d'une gare sur sa commune, **« L'an mil huit cent cinquante sept, le dimanche quinze mars à deux heures, le conseil municipal de Pantin [...] réuni extraordinairement à la mairie, [...] est invité à donner son avis sur la proposition faite par la compagnie du chemin de fer**

**de l'Est d'établir, à titre d'essai, une station sur le territoire de Pantin, [...]. Considérant que cette station qui a déjà été réclamée par la commune lors de la création du chemin de fer de l'Est ne peut qu'être avantageuse ; que depuis cette époque l'augmentation rapide de la population, la création de nombreux établissements industriels et les besoins plus fréquents de communication avec la capitale de la part des ouvriers que leurs travaux y appellent journellement l'ont rendue de plus en plus indispensable. Considérant que jusqu'à ce jour l'existence du chemin de fer de l'Est n'a été pour la commune qu'une cause de servitude et de gêne, sans compensation, qu'ainsi l'établissement d'une station à Pantin, tout en étant une chose essentiellement utile, sera encore une sorte de réparation du préjudice éprouvé.**

**Est d'avis qu'il y a lieu d'autoriser la compagnie du chemin de fer de l'Est à établir à titre d'essai, et ce qui serait préférable, à titre définitif, une station sur le territoire de Pantin, comme aussi à pourvoir cette station des services accessoires destinés à faciliter aux voyageurs son libre et prompt accès.<sup>1</sup>»**  
La gare n'ouvrira finalement ses portes aux voyageurs qu'en 1864.

<sup>1</sup> Extrait d'une délibération du conseil municipal de Pantin du 15 mars 1857.

Dans un contexte de développement industriel et d'accroissement démographique particulièrement intense à Pantin, le succès de cette nouvelle station proche du quartier des Quatre-Chemins en plein essor est immédiat.

En 1898, la durée du trajet entre Paris et Pantin est de 10 minutes et le prix du billet aller et retour de 35 centimes.

Il existe déjà un système d'abonnement au mois ou à l'année, dont l'un spécifique pour les ouvriers payable à la semaine à raison d'un franc, qui réduit considérablement le coût d'un déplacement quotidien vers la capitale. Pas moins de 120 trains par jour s'arrêtent alors à Pantin.



AM Pantin 2f1298

## EOLE, du génie civil à l'architecture des gares souterraines

La construction et la mise en service de Eole - Est-Ouest Liaison Express désignant la ligne E du RER - constitue un des projets majeurs, tant dans le budget qui lui est dévolu que dans la conception et la mise en œuvre d'une architecture de gares souterraines.

### Le choix du tracé dans la politique des transports publics

En 1989, une décision gouvernementale entérine les propositions de la SNCF et de la RATP de créer deux nouvelles lignes de transports publics, complémentaires et concurrentes, afin notamment, de soulager le trafic de la ligne A du RER entre les stations Auber, Châtelet et Gare de Lyon<sup>2</sup>.

Le principal objectif d'Eole est de renforcer la desserte de la banlieue Est, jusqu'alors déséquilibrée sur le réseau du RER. Il s'agit également de mettre en œuvre un projet très ancien - puisque remontant à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle<sup>3</sup> -, de relier entre elles les gares parisiennes, conçues jusqu'alors comme des terminus. Par la ligne Eole, un voyageur pourra ainsi rejoindre la gare Saint-Lazare à celles du Nord et de l'Est en quelques minutes, évitant plusieurs changements sur le réseau métropolitain actuel. Dans un premier temps, est ouverte la partie comprise entre Saint-Lazare et les terminus Est de Chelles-Gournay, Villiers-sur-Marne et Le Plant-Champigny. Ce tronçon nécessite la construction de deux nouvelles gares souterraines dans Paris intra-muros : Haussmann-Saint-Lazare et Magenta.

Dans un second temps, s'ouvrira la partie Ouest à partir du terminus temporaire de Saint-Lazare, pour atteindre Noisy-le-Roi et Versailles Rive Droite par Pont Cardinet et La Défense.

C'est indubitablement la conception du fragment souterrain qui nous importe le plus ici, dans la mesure où celle-ci a fait appel à la fois à des techniques inhérentes au génie civil souterrain et à des logiques spatiales propres à une architecture « enterrée »<sup>4</sup>. Pour concevoir cet ensemble, et ainsi démontrer son savoir-faire et ses compétences en matière d'infrastructures (le réseau) et d'architectures (les gares) ferroviaires, la SNCF instaure des méthodes de travail où ingénieurs, spécialistes du matériel roulant, architectes, économistes et statisticiens, doivent élaborer, ensemble, un projet cohérent. Conscient du rôle stratégique que les nœuds d'échanges peuvent désormais jouer dans l'aménagement urbain, le transporteur souhaite appuyer une réflexion sur la qualité architecturale du réseau souterrain.

<sup>2</sup> Voir Marc Desportes, « Liaisons, nœuds et déliaisons. La ville modelée par les transports », in *Le Débat*, Paris, Editions Gallimard, n° 80, mai-août 1994, p. 123-139. Le tracé de la ligne Eole est replacé dans une synthèse sur les transports publics en région parisienne.

<sup>3</sup> La concurrence entre les projets du Ministère des Travaux publics, défendant un intérêt national, et ceux de la Ville de Paris, portés par un intérêt local, retardera de vingt ans la construction du métro parisien.

<sup>4</sup> Voir Cyrille Simonnet « Eole : une hypogée urbaine. Le projet d'une nouvelle ligne RER à Paris » in *Faces*, Ecole d'architecture de l'Université de Genève, n° 29, automne 1993, pp. 18-22.

## Des réseaux de chemins de fer de l'Est au réseau express régional sous-terrain

Si la parfaite fluidité de la circulation demeure l'objet essentiel d'un tel projet, il n'en reste pas moins nécessaire d'en dégager des qualités spatiales qui lui sont propres. Pendant plus d'un siècle de développement des réseaux de transport souterrain, et en particulier celui du métro, la conception des projets et leur mise en œuvre ont été confiées aux ingénieurs spécialistes du génie civil souterrain, l'intervention des architectes se réduisant alors à l'habillage de certains ouvrages ou à la conception des accès en surface, ainsi du travail - en grande partie disparu - d'Hector Guimard.

Voûtes des gares, couloirs de circulation, puits d'accès sont conçus tel un gigantesque réseau de plomberie.

Tout est en effet affaire de débit ; avec force abstraction, voyageurs, air, voitures sont réduits à des données quantitatives, des fluides circulant au travers d'un dédale de tuyaux, fabriquant un espace-temps autre qu'en surface.

Si les études préliminaires du projet Eole ont permis, à l'aide d'outils statistiques, de quantifier le nombre de voyageurs et leurs comportements<sup>5</sup> et de formuler le programme, il a semblé essentiel au maître d'ouvrage de mettre en place une équipe de conception pluridisciplinaire, cherchant ainsi à articuler enjeux techniques et urbanistiques, souvent plus contradictoires que complémentaires.

<sup>5</sup>Voir « Les gares Eole, aspects fonctionnels et architecturaux » in *Revue générale des chemins de fer*, août-septembre 1996, pp. 79-88.



photo : Gil Gueu

## Les acteurs du projet, maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre à la SNCF Les compétences de l'Agence des gares

La maîtrise d'ouvrage générale du projet est placée sous la responsabilité de la Direction régionale de la SNCF, la maîtrise d'œuvre des opérations étant assurée par l'Agence Etudes et Travaux Neufs Ile-de-France. Le réseau souterrain d'Eole se décompose en deux grandes parties conçues par des protagonistes différents regroupés au sein de la Direction de l'ingénierie, qui assure les études de génie civil ainsi que la maîtrise d'œuvre de conception.

Il s'agit d'une part, des gares souterraines, articulées à l'espace public en surface et aux infrastructures existantes par leurs galeries d'accès et de liaison. Cet ensemble est confié à la Direction de l'aménagement, dont dépend l'Agence des gares, autrement dit l'atelier d'architecture. Pilotée par Jean-Marie Duthilleul, cette structure est en charge à la SNCF, de l'architecture, du patrimoine et de l'urbanisme. Sa mission, on l'aura compris, est bien de concevoir et d'articuler les édifices liés au transport aux politiques urbaines et aux stratégies économiques afférentes. D'autre part, le percement des tunnels et des entonnements, c'est-à-dire les galeries destinées à la circulation des rames, est élaboré par le Département des ouvrages d'art, constitué d'une équipe de spécialistes des infrastructures. Ce dernier a élaboré le génie civil des gares avec les architectes. Cette conception commune est nouvelle concernant les ouvrages souterrains. La maîtrise d'œuvre d'exécution de l'ensemble est assurée par la Direction des travaux Eole, placée sous l'autorité de l'Agence Ile-de-France.

Cette répartition de la conception entre plusieurs directions joue un rôle essentiel dans les choix concernant la forme des espaces souterrains et leur exécution. Jusqu'alors chargée en majeure partie de la conception des nouvelles gares des lignes TGV, citons à titre d'exemple la gare d'Euralille ou encore la restructuration de celle de Paris-Montparnasse, l'Agence des gares se voit attribuer une place de choix dans la genèse du projet Eole. A l'instar d'Aéroports de Paris et de son principal concepteur d'aérogares, Paul Andreu, la SNCF a souhaité développer une politique architecturale et urbaine forte au travers d'un atelier d'architecture interne et de la personnalité de Jean-Marie Duthilleul. Ce dernier, croisant une double formation d'ingénieur et d'architecte<sup>6</sup>, a su instaurer des méthodes de travail pluridisciplinaires et constituer une maîtrise d'œuvre relativement puissante au sein de l'institution. Cette spécificité s'est accrue depuis la création du bureau d'études Arep<sup>7</sup>, une filiale de la SNCF présidée par le même Jean-Marie Duthilleul, dont l'objet est de concevoir tant en France qu'à l'étranger programmes et projets architecturaux liés au transport ferroviaire. A l'opposé, la RATP, qui avec Météor désirait transformer son image institutionnelle et penser autrement l'espace du métro parisien, a préféré faire intervenir des architectes extérieurs. Malgré des conditions d'exécution différentes d'Eole et de Météor, les choix conceptuels et esthétiques des deux projets illustrent clairement les responsabilités, mais également les pouvoirs que chacun des acteurs a su affirmer.

<sup>6</sup>J.M. Duthilleul est ancien élève de l'Ecole polytechnique, ingénieur des Ponts & Chaussées et architecte DPLG.

<sup>7</sup>Acronyme pour Aménagement Recherche Pôle d'Echanges. L'Arep poursuit notamment des études sur les gares du TGV Méditerranée, celle de Nam Séoul en Corée ou encore celle de Taichung à Taiwan. Voir *Agence des gares/Arep. Parcours 1988-1998*, Paris, Agence des gares-SNCF/Arep, 1998.

La complexité d'organisation interne de la SNCF ne sera pas sans conséquence sur le chantier et la forme du projet. Donner du sens à des projets tel Eole est une des missions qui a été assignée à l'ensemble des protagonistes, les architectes devant alors permettre la transmission et la transcription de données complexes, d'ordre juridique, technique et spatial, ainsi que leur organisation dans un projet cohérent.

### De l'urbanisme au génie civil

#### Le développement d'une infrastructure souterraine et l'impact sur la ville

La densité du réseau souterrain existant, qui comprend métro, égouts et autres canalisations, a conduit la SNCF à opérer dans la grande profondeur. Avec Eole, il s'agit d'emmener les voyageurs à 30 m au-dessous de la ville, sous les vastes voûtes des gares souterraines, et de concevoir un parcours architectural en creux - tel un travail en négatif -, par des galeries, tantôt étroites et basses, tantôt larges et en double hauteur. Ce choix de la profondeur répond à deux objectifs, il cherche d'une part à éviter au mieux l'affaiblissement structurel des constructions à proximité. Nonobstant cette précaution, à l'aplomb de la rue Papillon, un fontis a entraîné l'évacuation de plusieurs immeubles ainsi qu'un retard dans le percement du tunnel<sup>8</sup>. Il s'agit d'autre part, de limiter le plus possible l'emprise des travaux en surface. Cette dernière contrainte, dictée par les services municipaux soucieux de ne pas entraver la circulation et de causer le moins de nuisances sonores possibles, a demandé une organisation du chantier minutieuse, tant dans l'évacuation des

extractions que dans l'acheminement des matériaux de construction, ainsi le béton coulé en place. La SNCF s'est lancée dans une campagne d'acquisitions coûteuses d'immeubles, afin d'accéder en souterrain et d'intégrer l'ensemble des circulations verticales, publiques et techniques, en dehors de la voie publique. Force est de s'interroger sur la tendance actuelle de certains grands projets financés par les pouvoirs publics, d'accepter d'importants surcoûts afin de limiter les situations conflictuelles<sup>9</sup>. Le fonctionnement politique de Paris, où ville et capitale se confrontent régulièrement, a durablement modelé l'organisation urbaine. On peut également y discerner la difficulté avec laquelle l'Etat, au travers de grandes entreprises publiques comme la SNCF, peut assumer son rôle moteur concernant l'aménagement du territoire, face au pouvoir et aux intérêts locaux. De plus, le renforcement des normes face aux nuisances sonores et polluantes a indubitablement accentué ce phénomène.

**A contrario** des grandes gares parisiennes, conçues au XIX<sup>e</sup> siècle suivant l'organisation de l'espace public monumental haussmannien, le dessin d'Eole suit sa propre logique et disparaît dans les tréfonds de la ville. La superposition des deux plans - celui d'Eole sous le parcellaire parisien -, révèle la façon dont le tracé de cette nouvelle ligne de RER s'est, hormis sa construction à proximité des gares de surface, définitivement émancipé de la voirie parisienne.

<sup>8</sup> L'incident a eu lieu en décembre 1995, après lequel ont été engagées force expertises pour définir les responsabilités, et envisager les procédures de dédommagements.

<sup>9</sup> En 1990, le budget initial d'Eole est de 5,7 milliards de francs, soit 6,5 milliards réactualisés. Avec les aléas fonciers, les problèmes d'instabilité rencontrés autour du puits Papillon et l'augmentation du nombre de voies à la gare Magenta, le coût du projet a été porté à 8,2 milliards de francs, hors matériel roulant (sources SNCF).

Alors que le réseau métropolitain, de par ses méthodes d'exécution proches de la surface, suivait au plus près la forme urbaine, Eole offre une problématique nouvelle à ses concepteurs : élaborer un ensemble architectural souterrain sans rapport à la surface, dont la cohésion et l'unité doit provenir d'une hiérarchisation claire entre les espaces sous voûtes, les ouvrages-cadres réalisés à ciel ouvert, et les galeries de circulation. Ce principe s'est accentué par le choix d'intégrer les accès donnant sur l'espace public, au rez-de-chaussée des immeubles. Aux trémies traditionnelles, positionnées sur le trottoir et articulant surface et souterrain, se sont substituées des entrées plus dérobées. Certaines, comme celle de l'immeuble d'angle de la place Georges Berry, parviennent à s'aligner sur les grands halls souterrains, et produisent un vaste continuum spatial depuis la rue. D'autres, ainsi les entrées de la rue Saint-Lazare et de la rue du Havre, conduisent à des galeries de raccordement coudées, débouchant ensuite sur le hall Caumartin pour l'une et le hall Havre pour l'autre. La nécessité de singulariser ces entrées face aux commerces a poussé les concepteurs à intégrer de grandes portes basculantes habituellement utilisées dans l'industrie, qui signalent et protègent les accès, tels des auvents.

#### Des méthodes de chantier à une typologie des espaces souterrains

C'est d'abord sous forme de puits, pour certains temporaires, pour d'autres définitifs, que l'excavation a débuté. Il s'agit d'utiliser le plus possible les galeries déjà réalisées en amont pour évacuer les déblais par bande transporteuse, afin d'éviter le recours au

transport par camions depuis les puits. Une des premières opérations a consisté dans le percement de la trémie du tunnel par laquelle les futures rames se raccorderont au réseau ferré existant en surface. C'est sur ce site qu'a été installée la centrale à béton pour alimenter la construction de la gare Magenta, en empruntant le tunnel de 500 m et l'entonnement Nord déjà réalisés. Pour approvisionner en béton celle d'Hausmann-Saint-Lazare, une centrale s'est montée à Pont-Cardinet. Le tunnel n'existant pas encore sur le côté Ouest, le béton a été acheminé par camion jusqu'au pont de l'Europe, puis descendu en souterrain par canalisations. De plus, certains ouvrages ont été directement exécutés sans l'excavation d'une galerie temporaire depuis un puits d'attaque en surface. Ainsi l'amorce des trois voûtes de la gare Hausmann-Saint-Lazare s'est effectuée depuis l'entonnement ferroviaire Est déjà percé.

L'un après l'autre, les deux tunnels inter-gares, chacun de 1,7 km de longueur et de 6,4 m de diamètre, sont réalisés à partir d'une emprise de chantier unique, au moyen d'un tunnelier fermé, à pression de boue. Il s'agit d'un engin long de 80 m, assurant en tête, le forage au moyen d'un bouclier, et en queue, l'assemblage des voussoirs préfabriqués autobloquants qui forment le tunnel cylindrique. L'acheminement des voussoirs, ainsi que l'évacuation des déblais, sont assurés par le train suiveur. Ce procédé a pour but de réduire les coûts de construction en comparaison d'une méthode traditionnelle semi-mécanisée<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Le coût moyen d'un mètre linéaire de galerie est de 110 000 francs avec une exécution par tunnelier, et de 250 000 francs avec une méthode traditionnelle, pour une longueur d'environ de 2 km (sources RATP).

## Des réseaux de chemins de fer de l'Est au réseau express régional sous-terrain

A l'approche des gares, ont été conçus les entonnements, de 200 à 300 m de longueur, pour abriter notamment les aiguillages, ainsi que des chambres de détente, reliées à la surface par des puits de décompression - des pots d'échappement géants de 25 à 50 m<sup>2</sup> de section - destinés à limiter le flux d'air engendré par le pistonement des rames.

Les principes de ventilation et de désenfumage adoptés sont propres à une gare souterraine comme Eole, dans la mesure où pour répondre à l'apport calorifique engendré par la vitesse des trains, une machinerie plus volumineuse est indispensable. La hauteur des voûtes des deux gares constitue un volume de cantonnement des fumées particulièrement appréciable. Pour éviter la propagation des fumées, une légère surpression est produite dans les culées de circulation, simultanée à une dépression en gare, pour piéger la fumée et l'évacuer vers les conduits d'extraction. Ceux-ci agissent telles des cheminées plongeant à 30 m de profondeur pour remonter à 30 m au-dessus du niveau rue, à hauteur d'héberge.

C'est le parti de la dissimulation qui a été suivi, puisque ces conduits, hauts de 60 m, disparaissent dans la masse des opérations immobilières concomitantes au projet. L'époque de la révélation et de l'exposition délibérée des mécanismes d'un édifice ou d'un ouvrage, semble désormais révolue, la technique se fait ici moins démonstrative.

Hormis les circulations piétonnes, les espaces servants, dans un tel ensemble souterrain, deviennent étrangers aux usagers, et ne rentrent pas dans la genèse de la disposition et de la distribution des espaces dévolus aux voyageurs. Sous terre, le monde des réseaux, qui « alimentent » l'organisme, est scindé de l'univers des voyageurs.

Les logiques de mise en œuvre imposées par les techniques de génie civil ont eu pour conséquence de marquer fortement l'architecture des stations et des espaces de circulation. Au plus profond, les grandes voûtes des gares, dont le dimensionnement dépend de la longueur et de la capacité des rames, produit un effet saisissant : un volume tripartite de 225 m de longueur, composé de trois voûtes juxtaposées. Pour Magenta, la technique proposée par l'entreprise Chantiers Modernes-Dumez est celle de la voûte active, à savoir des anneaux de voussoirs préfabriqués, posés à l'aide d'un cintre métallique.

Ce procédé produit un calepinage prégnant sur l'intrados de l'ouvrage, qui a fait l'objet d'une adaptation particulière - en accroissant notamment la taille des voussoirs -, conforme au souhait des architectes. La voûte centrale de la gare Haussmann-Saint-Lazare, réalisée par le Groupement Sogea, est coulée en place, sa sous-face apparaît au contraire lisse et continue. Tandis que la préfabrication des voussoirs permet de maîtriser l'homogénéité des pièces et d'assurer l'unité de matière de la voûte traditionnelle a provoqué d'importantes divergences de textures, et contraint maîtres d'œuvre et entreprises à appliquer sur l'intrados de l'ouvrage achevé un enduit à base de ciment, poncé après coup.

Afin d'identifier les jeux de circulation, la logique spatiale et distributive adoptée est commune aux deux gares, Haussmann-Saint-Lazare et Magenta. Pour ne pas entraver la fluidité du mouvement des usagers, le sens de circulation est unique, on évite le croisement entre « sortants », « entrants » et « correspondants », source de ralentissements.

La montée ou la descente vers les quais s'effectue au travers des culées de piédroits des voûtes, resserrant ainsi d'un coup le volume de circulation, et conférant au voyageur l'impression de traverser la masse souterraine par les soutènements de l'ouvrage. Initialement, l'équipe de Jean-Marie Duthilleul proposait de traverser les ouvrages par de grandes failles remontant jusqu'à la surface, leur ambition ayant été freinée par les contraintes du génie civil souterrain. Ces galeries étroites, destinées à recevoir les escaliers mécaniques, relient chaque gare à un ensemble situé à un niveau intermédiaire, entre 10 et 15 m de profondeur, au sein duquel deux types d'espaces se distinguent. Les grands halls, comme celui de Caumartin à Haussmann-Saint-Lazare<sup>11</sup>, consistent dans de vastes volumes parallélépipédiques.

Leur taille a considérablement été réduite durant la conception, les architectes souhaitant à l'origine faire jouer à ces lieux un rôle d'espace de perception simultanée du monde urbain et du monde souterrain. Parce que ces halls sont implantés sous des parcelles accueillant de nouvelles opérations immobilières, leur réalisation a pu s'effectuer en ouvrages-cadres, c'est-à-dire à ciel ouvert et à l'abri de parois moulées, et dégager ainsi des hauteurs atteignant par endroit une vingtaine de mètres. Afin de révéler la proximité de la surface et de renforcer l'effet monumental et hiérarchique, ces halls bénéficient d'un éclairage naturel zénithal, et sont traversés par de puissants piliers,

<sup>11</sup> 2 400 m<sup>2</sup> ont pu être dégagés pour libérer l'emprise de chantier de ce hall souterrain située à l'intérieur d'un îlot en cours de transformation.



La voûte de la station Magenta, 1999

photo : Gil Gueu

liaisonnés par un ensemble de butons et de bracons. Ces ossatures, pensées comme des ouvrages en sous-œuvre, sont destinées à soutenir en partie les immeubles en surface.

Le second type d'espace est constitué de galeries à voûtes ogivales de grande hauteur, disposées perpendiculairement à l'axe longitudinal des voûtes des gares. C'est ainsi qu'à la gare Magenta, le hall Demarquay, installé sous la rue homonyme, surmonte l'ensemble des trois voûtes de la gare. Au regard de sa coupe longitudinale, ce volume établit une correspondance immédiate avec la mezzanine RER de la gare du Nord en se glissant sous la rue du Faubourg Saint-Denis. Afin de produire des séquences spatiales distinctes depuis la gare du Nord et de séparer les sens de circulation, ce hall est conçu sur une courte distance, comme un volume parallélépipédique étroit. Ce resserrement débouche ensuite sous une voûte ogivale, traversée par les escaliers mécaniques, sa hauteur est de 13 m à la clé, sa portée de 5 m. Elle est renforcée à mi-hauteur, par des butons horizontaux à section circulaire. A cette voûte, sont accolées deux galeries étroites, accueillant un escalier traditionnel pour l'une et un ascenseur pour l'autre. L'ensemble débouche dans une deuxième galerie voûtée, de portée équivalente et de hauteur moindre, à savoir 10 m, dans laquelle se glisse une passerelle métallique légère, afin que les entrants circulent au-dessus des sortants, et que les uns discernent le mouvement des autres. Rendus ainsi à l'aplomb des voies, les voyageurs empruntent enfin les déambulateurs étroits, positionnés perpendiculairement à cette deuxième galerie, pour se glisser dans les culées au moyen de circulations mécaniques et déboucher sur les quais.

Pour ne pas produire un effet de contraction de l'espace trop fort dans le passage de cette galerie aux déambulateurs, les architectes ont conçu ces derniers à la manière de puits à l'indienne, où le plafond reste horizontal quand le plan incliné du sol s'enfonce dans la terre, pour créer des « chapelles » atteignant 6 m de hauteur. On trouve une disposition spatiale équivalente à Haussmann-Saint-Lazare avec le hall Havre situé à l'extrémité Ouest de la gare souterraine, dans un axe perpendiculaire. C'est à nouveau le parti des passerelles suspendues dans un dispositif ogival qui a été retenu, pour séparer les sens de circulation, et néanmoins produire un effet d'unité spatiale, commun à tous les voyageurs.

La recherche d'une pérennité a guidé le choix d'espaces souterrains monumentaux, où la lisibilité structurelle tente d'exprimer l'idée du sous-sol d'un quartier, dans lequel les immeubles et les infrastructures plongent leurs fondations. Cet ensemble de volumes, réalisés tantôt en voûtes, tantôt en ouvrages-cadres, et pensé dans une logique d'enchaînements séquencés, constitue une typologie spatiale dans laquelle les effets de dilatations et de contractions jouent un rôle essentiel dans la prise de conscience des spécificités architecturales du projet. Ce jeu des volumes trouve sa raison d'être par le truchement des matériaux et des forces, dans tous les sens du terme, qui s'y expriment.

### L'omniprésence du gros œuvre et les matières du béton

Exploiter au maximum la présence du gros œuvre est une idée essentielle du projet. Le parti de laisser l'ensemble des ouvrages brut de décoffrage a pour objet d'exprimer le procès constructif. S'appuyant sur l'idée que le volume des espaces est, non pas pensé dans une

image *a priori*, mais au contraire comme une conséquence de la construction. Les architectes souhaitaient tirer le meilleur parti esthétique des ouvrages souterrains. L'effet spatial le plus intense s'obtient, selon Jean-Marie Duthilleul, en révélant les ossatures afin d'exprimer clairement une « vérité constructive », et donner du sens à l'espace. A l'opposé des voûtes recouvertes de céramiques, il s'agit de travailler le béton comme une matière de surface, et d'accentuer la hiérarchie spatiale, ainsi que les logiques structurelles, par une recherche de textures. Une étude en amont a été menée entre les architectes, les ingénieurs et l'atelier de Jean-Pierre Aury, afin de qualifier la composition des bétons. Ce dernier a auparavant collaboré à plusieurs reprises avec l'Agence des gares, pour la mise au point des bétons laissés apparents, ainsi ceux élaborés à la gare Montparnasse. De ces projets antérieurs, ont pu se dégager des procès de travail que les architectes instrumentalisent sur chaque projet. Interpréter les qualités et les potentialités de chaque matériau employé constitue un pan important de la démarche. L'Agence des gares comprend une « matériau-thèque » qui ne consiste pas à élaborer une bibliothèque de matériaux pour obtenir tel ou tel effet de surface, mais au contraire cherche à étudier les procès de fabrication et d'assemblage de certains matériaux ou produits, afin de les adapter ou de les « détourner », et les intégrer à une démarche conceptuelle globale. A l'issue de séances de discussions, les concepteurs d'Eole ont eu une idée claire des objectifs qu'ils souhaitaient atteindre et de leurs modalités de réalisation. Une campagne d'échantillonnage a été menée avec les entreprises afin de retrouver lors de la mise en œuvre les qualités recherchées en aval. La logique initiale repose sur la

trilogie matériau, couleur et lumière. Tout l'enjeu réside dans la façon dont le matériau, selon sa couleur et sa texture, produit des qualités de lumière différentes. Cette recherche a dégagé pas moins de onze qualités de béton, avec lesquelles, selon la nature des ciments et des granulats, s'est établie une palette de teintes et de textures. Si cette variété a accru la difficulté de la mise en œuvre, tels les raccords de bétonnage entre deux bétons différemment dosés, elle a permis de jouer sur une très forte abstraction, et une quasi-absence de modénature. Ainsi pour maintenir cette image de mise en œuvre maîtrisée, certaines parties, non vues et habituellement réalisées en béton courant, ont néanmoins été exécutées avec un béton de qualité supérieure, destiné à rester apparent, pour ne pas provoquer d'effets de rupture dans l'homogénéité de certaines surfaces. Les architectes ont souvent eu recours à l'analogie à l'architecture romane, et à sa puissance d'abstraction, pour décrire leur projet. C'est en référence aux effets de matière et à une sorte d'alphabet de structures, plus que de modénature, qu'ils ont utilisé ce système référentiel pour la conception du projet. Trois textures principales se dégagent dans l'enchaînement des espaces souterrains, où alternent les parois lisses et rugueuses, par le biais des surfaces glacées, satinées ou bouchardées. Pour exprimer la puissance des forces transmises dans les piedroits depuis les voûtes, les concepteurs ont fait le choix d'un béton bouchardé, obtenu par un procédé mécanisé de striage, laissant apparaître les sables et les granulats blancs de Jouys-le-Châtel<sup>12</sup>, qui permettent d'éclaircir la paroi du béton et « d'accrocher » la lumière.

<sup>12</sup> Avec un dosage (en kg/m<sup>3</sup>) de 400 de sable 0/5, de 350 de granulats 5/12,5, et de 645 de granulats 12,5/25.

Dans les parties les plus resserrées, tels les passages entre quais dénommés « loges » et les culées creuses, où les parois de béton sont au contact des voyageurs, c'est pour son aspect lisse et légèrement brillant que le béton glacé gris clair a été choisi. Sa mise en œuvre consiste à placer un film plastique de polyane, entre le béton et la peau coffrante. Cette opération s'est avérée complexe sur des coffrages souterrains. Les architectes, cherchant à exploiter la logique constructive, ont volontiers accepté les traces, qu'ils ont nommées après coup les « griffes d'ours », laissées par la dilatation du polyane due aux réactions exothermiques du béton au séchage. Soucieux de la qualité des lignes de raccord en « arêtes vives » avec les autres textures de béton, ils ont demandé aux entreprises des mises en œuvre minutieuses, comme le pincement du polyane pour maintenir sa tension sans laisser de traces substantielles. Enfin, sur les grands ouvrages telles les voûtes enjambant les quais, le béton satiné a été retenu pour sa propension à réfléchir l'éclairage indirect. Sa texture s'obtient par une peau de coffrage décalaminée, régulièrement débarrassée de ses impuretés par broissage. Nous l'avons remarqué plus avant, la finition de la voûte centrale n'est pas « brute de décoffrage », étant donnée la technique de bétonnage à l'avancement et ses phases de décoffrage décalées dans le temps. De plus, conformément au désir des architectes de limiter les trappes de bétonnage, qui auraient causé des points disgracieux sur l'intrados de l'ouvrage, les distances de pompage du béton atteignant par endroit plusieurs centaines de mètres pour limiter les points d'approvisionnement, ont causé des effets de marbrure. Dans l'idée d'obtenir néanmoins une homogénéité

sur toute la surface, le béton décoffré est nettoyé, puis enduit d'un mélange à base de ciment. Il est ensuite poncé puis minéralisé. Cette technique de minéralisation a par ailleurs été employée afin de protéger les ouvrages achevés. Il s'agit d'appliquer un réactif chimique sur le béton décoffré, qui permet, sinon de supprimer, de réduire la porosité du matériau et de le rendre **de facto** plus résistant aux agressions extérieures comme les graffitis, sans modifier la teinte, ni les granulats. Par ailleurs, deux années pouvant s'écouler entre l'exécution des premières et des dernières parties d'un ouvrage, ce décalage, malgré des dosages rigoureusement équivalents, peut produire des divergences substantielles d'aspects et de teintes, et exiger un travail de finition.

La démarche développée par l'équipe de l'Agence des gares, dominée par le rationalisme constructif et la genèse de l'espace par la pensée structurelle, a eu une influence profonde sur la construction, et engendré parfois des difficultés de compréhension entre architectes et ingénieurs d'entreprises, nonobstant l'importante collaboration instaurée dès l'origine. La volonté de laisser apparent le gros œuvre, et ainsi d'exprimer une esthétique minimaliste, a nécessité des procédures d'exécution parfois plus complexes que celles habituellement employées dans le génie civil souterrain. L'économie du signe ne correspond pas toujours à l'économie du chantier, l'imaginaire technique de l'architecte se décalant au regard de la réalité constructive. Si ce débat n'est pas nouveau<sup>13</sup>, on peut néanmoins chercher à saisir les transferts et les passages de

<sup>13</sup>Voir en outre, Xavier Malverti (dir.), *L'idée constructive en architecture*, Paris, Picard, 1987, dont l'introduction de Ph. Potié, « Pour une histoire de la Construction... », pp. 7-8.

l'un à l'autre. C'est paradoxalement dans ce décalage que l'innovation peut trouver sa place. Henry Weisgerber reconnaît volontiers la dimension expérimentale de certaines mises en œuvre souhaitées par les architectes. Même si ces derniers ont dû se ranger du côté du savoir-faire des ingénieurs, s'agissant des modes d'excavation - n'oublions pas que le génie civil souterrain procède plus par retrait et étalement de la matière, que par assemblage -, et du phasage des parties de chaque ouvrage imposé par la nature du terrain travaillé, leur vision de l'architecture souterraine a considérablement influencé certaines techniques, comme les arrêts de bétonnage et les raccords entre textures. Ainsi l'emplacement des joints de certains ouvrages, tels ceux du hall Havre, souhaité par les architectes ne correspond pas *ipso facto* à la succession des opérations de la mise en œuvre. Il en est de même sur les joints, pour lesquels les entreprises voyaient une section trapézoïdale plus aisée à exécuter, tandis que les architectes penchaient pour une section rectangulaire, plus conforme à leur esthétique. Au fur et à mesure de l'achèvement des ouvrages, et pour protéger les surfaces décoffrées, force a été de les recouvrir temporairement au moyen de polyanes ou de plaques de contreplaqué. Le phasage du chantier se révèle primordial avec de telles contraintes, dans la mesure où il est réfléchi en regard de l'aspect achevé des structures. C'est un comportement nouveau qui a été demandé à tous les spécialistes du génie civil souterrain, peu habitués à porter attention à la dimension esthétique des ouvrages, habituellement habillés. C'est la matière des ouvrages qui prévaut et conditionne la spatialité des gares et des halls souterrains par son omniprésence.

## La logique d'aménagement, de l'effet de matière à l'effet de lumière

Si la logique des textures et des effets de matière domine la conception du gros œuvre, elle se poursuit au travers des aménagements. La démarche en amont sur les matériaux, jalonnée d'études et d'affinements des procédures d'exécution, décrite plus avant, a largement été suivie pour qualifier le second œuvre et jouer d'une confrontation radicale avec les ouvrages en béton armé. C'est peut-être cette radicalité qui étonne le plus, tant dans le traitement des passerelles de correspondance et des escaliers des grands halls, que dans le dessin des appareils d'éclairage ou des circulations mécaniques.

## Des passerelles aux machines

S'agissant des circulations piétonnes, le choix s'est porté sur des ouvrages légers, complémentaires du gros œuvre. Il s'agit de dissocier la structure primaire des zones de cheminement. C'est ainsi qu'au travers des voûtes ogivales des halls Demarquay et Havre, la structure métallique des passerelles recouverte d'un platelage en bois, donne l'impression de flotter dans l'ouvrage en béton armé. De la même manière, les voyageurs accédant aux quais de la gare Haussmann-Saint-Lazare par le grand hall Caumartin ont la possibilité d'emprunter un escalier balancé qui, par son absence de contremarches, produit également un effet de légèreté. Hormis le bois d'Ipé employé pour recouvrir ces structures légères, l'ensemble des sols est revêtu de marbre de Carrare. Sa teinte claire et sa texture polie joue bien sûr d'un effet de contraste avec le béton des voûtes.



L'impressionnante quantité nécessaire pour revêtir les deux gares a permis de diminuer les coûts d'un tel matériau. Dans l'idée de le détourner de son statut de matériau de placage et retrouver le marbre sous la forme du bloc, les soutènements des banquettes au niveau des quais sont traités comme des fragments de carrière dégrossis remontant le long des piédroits des culées, dans lesquels s'encastre l'assise en bois. Ce principe du matériau donnant l'impression d'être peu manufacturé, s'exprime également dans les sas d'entrée. L'analogie se tourne alors vers la galerie de mine. Conçus tels des espaces fortement contractés, murs et plafonds des accès sont recouverts de bardeaux de bois, traités autoclaves, fixés par un cadre métallique.

Les escaliers mécaniques sont intégrés pour la plupart dans les creux ménagés dans les culées, leurs caractéristiques répondent à des normes de trafic intense. Mais c'est indubitablement l'ascenseur incliné du hall Demarquay qui a fait l'objet d'une recherche spécifique, à l'issue de laquelle a été créée une nouvelle norme.

Après une étude menée par le Pôle technique de l'Agence des gares et le bureau d'études DEP, spécialisé dans l'électromécanique, Thyssen a remporté l'appel d'offres pour la conception et la réalisation de l'ensemble. A l'inverse d'une machinerie d'ascenseur vertical, dotée d'un espace hors-course de sécurité, le plan incliné a demandé la mise au point d'un vérin fuyard, pour permettre à l'appareil d'arrêter sa course bord à bord. En dépit d'un surcoût dû à ces études, ce dispositif a permis une économie importante des travaux de génie civil<sup>14</sup>, sans recourir à un parcours détourné pour les personnes à mobilité réduite, jugé désormais discriminatoire.

### Maîtriser les ambiances lumineuses et sonores

L'intérêt que peut porter l'équipe de Jean-Marie Duthilleul aux procédures de fabrication des produits que les industriels utilisent s'est également concrétisé dans l'élaboration des sources d'éclairage, et plus particulièrement à l'égard des suspensions. C'est l'image du lustre qui a eu la faveur des architectes, décliné dans quatre tailles et cinq teintes de verre, selon l'espace au-dessus duquel il est suspendu. L'importance de la commande a permis de concevoir les luminaires en petites séries, à partir d'une gamme standard. Si en amont du projet, une recherche sur prototypes a conduit à un principe de tubes luminescents regroupés dans une enveloppe, l'ensemble a trouvé sa forme définitive après l'appel d'offres. Trois fabricants se sont associés en groupe d'intérêt d'entreprises (GIE). La production de la structure métallique est assurée par Ourdin. La flasque d'habillage en verre a été conçue par Formaglass. L'idée de moduler la lumière selon la qualité des espaces a conduit les architectes à définir des « températures » de lumières distinctes. A l'opposé d'un éclairage indirect qui diffuse une lumière homogène, et alors que les voûtes se prêtent à un tel dispositif, c'est un principe d'éclairage plus ponctuel et coloré, qui a été travaillé. Les quatre teintes, du verre clair au rouge, en passant par un bleu et deux orangés, sont obtenus par l'insertion d'un film de butyral coloré entre les deux plaques de verre feuilleté ; teinter ce dernier dans la masse s'est avéré une opération trop complexe sur

<sup>14</sup> Selon Matthieu Pihouée, responsable du Pôle technique de l'Agence des gares, les 2 millions de francs consacrés à sa conception et sa réalisation, comparés aux 800 000 francs nécessaires à une machinerie traditionnelle, ont évité un surcoût du génie civil de 3 à 4 millions de francs.

les flasques des grands lustres, qui atteignent 1,80 m de côté. Enfin, c'est à Sammode, spécialiste de l'éclairage tubulaire industriel réputé pour produire un matériel de grande robustesse, doté d'une parfaite étanchéité, qu'est revenu le bloc d'éclairage. L'innovation essentielle apportée par le projet réside d'une part, dans le passage d'un tube simple - 18 000 pièces ont ainsi été fournies pour l'éclairage de la Bibliothèque nationale de France - à un bloc de tubes, regroupant 5 à 17 éléments selon la taille du lustre. D'autre part, un nouveau système d'ouverture a été breveté pour faciliter la maintenance. M. Rousseau, en charge du projet Eole pour Sammode, reconnaît qu'un marché de près de 450 suspensions, totalisant quelques 5 000 tubes, a permis des procédures d'expérimentations et d'adaptations importantes, dont les retombées dépassent les contingences du projet. Si la mission du GIE, qui s'est étendue à la pose, habituellement effectuée par un sous-traitant, a permis

d'affiner encore plus et de modifier les produits, les partenaires reconnaissent la complexité d'un tel projet et la nécessité de fixer les limites de l'adaptabilité d'une petite série. Cette approche qui a pour objet un travail de modulation des ambiances lumineuses - où la qualité de lumière perçue importe plus que la quantité de lumière produite -, a trouvé un écho favorable dans le travail concernant l'acoustique. Pour affirmer la distinction entre gros œuvre et second œuvre, la principale correction s'effectue au moyen de coussins absorbants, conçus avec Disonic, recouverts d'un tissu métallique perméable aux sons. L'ensemble, particulièrement sous les voûtes, apparaît au voyageur comme un intérieur capitonné. Comme l'éclairage, tout est traité de manière à être vu et participer à la qualification des espaces, c'est au travers du jeu de confrontation des matières et de leurs textures que les espaces souterrains frappent le plus, et de l'esthétique minimaliste qui s'en



photo : Gil Gueu

## Des réseaux de chemins de fer de l'Est au réseau express régional sous-terrain

dégage ; comme un ensemble dont la sophistication des procès qui l'ont engendré, disparaît derrière une apparente simplicité de juxtapositions.

A l'instar de Météor conçu par la RATP, Eole constitue pour la SNCF un projet moteur, tant dans les méthodes de conception que dans la volonté de produire des gares souterraines d'un type nouveau. Eu égard à des cultures d'entreprises très différentes, il semble qu'au travers de leurs projets récents, se dessinent des objectifs nouveaux, dans lesquels la recherche de la qualité architecturale et l'articulation aux espaces urbains prend une dimension majeure. A la tête d'un patrimoine immobilier considérable, les principales sociétés de transport du secteur public sont indubitablement des acteurs incontournables des politiques urbaines. Si le cycle de construction des gares TGV a affirmé ce phénomène, les stratégies développées en région parisienne sur les lieux publics liés au transport, révèlent tout l'intérêt et l'enjeu d'une telle démarche. L'approche conceptuelle de ces espaces a longtemps été dominée par une pensée abstraite sur une gestion purement quantitative des flux et du mouvement, les qualités spatiales n'étant qu'une conséquence de cette logique des circulations. Cette dernière a longtemps été le reflet d'une culture technique dominante, portée par les ingénieurs, dont le savoir-faire et les compétences assuraient la pérennité et le pouvoir. Face à la complexité grandissante des projets d'aménagement du territoire, nombre d'institutions publiques comme la SNCF ont compris l'intérêt de substituer à cette démarche, des approches mêlant des disciplines, sinon antagonistes, en tout cas ayant recours à des outils d'analyse et de conception très différents.

Si de nouveaux termes ont fleuri ici et là - qui n'utilise pas aujourd'hui celui d'intermodalité -, pour décrire ces situations urbaines contemporaines où s'entrechoquent la question des flux et celle des espaces, force est de remarquer la pertinence des problématiques échaudées. Consciente de la nécessité de communiquer aux voyageurs, et surtout aux édiles, un sens nouveau aux espaces du transport, la société nationale a su instrumentaliser le discours et la sensibilité d'un Jean-Marie Duthilleul sur l'architecture et l'urbain, ainsi que les procédures instaurées par ce dernier au sein de l'Agence des gares, et à présent à l'Arep, pour transcrire « spatialement » ces analyses. Le projet Eole est en ce sens révélateur de ces méthodes croisées. Si les uns reconnaissent parfois des divergences dans l'approche des autres - nous avons vu les difficultés à rapprocher par moment logiques architecturales et techniques de génie civil souterrain -, tous s'accordent pour voir dans une opération comme Eole l'instauration de méthodes de travail nouvelles, et la capacité de l'entreprise à s'appuyer sur les divers tissus culturels et techniques qui la composent. Le partage des missions dans l'équipe chargée de la maîtrise d'œuvre illustre cette tendance à réévaluer les compétences et les responsabilités de chacun dans une approche qui se veut plus globale. Il n'en demeure pas moins indispensable d'intégrer celle-ci dans un projet à l'échelle de tout le territoire<sup>15</sup>, et de penser enfin l'architecture des lieux de transport dans une politique plus fédératrice concernant l'aménagement de la région Ile-de-France et son dispositif infrastructurel. C'est probablement un des principaux enjeux du XXI<sup>ème</sup> siècle.

<sup>15</sup>Voir Jean-Marc Offner, « Les enjeux parisiens et franciliens » in *Architecture Intérieure-Créé*, Paris, n° 286, mars 1999, pp. 82-84.



GARE DE PANTIN