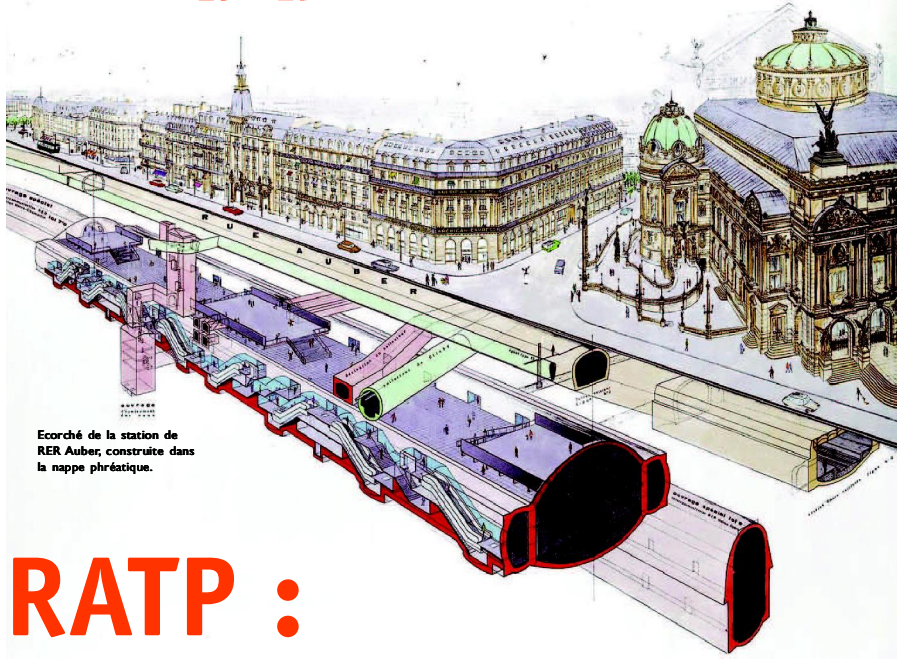
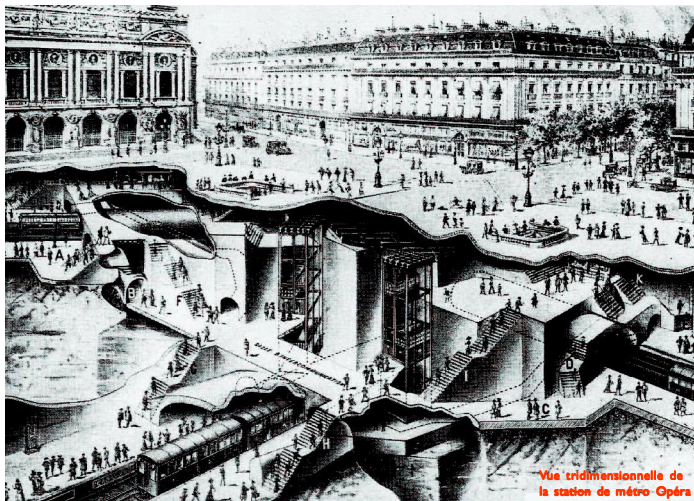


DOSSIER



Ecorché de la station de RER Auber, construite dans la nappe phréatique.

RATP : un réseau et des cartes centenaires



Vue tridimensionnelle de la station de métro Opéra

Troisième grand occupant du sous-sol parisien, la Régie Autonome des Transports Parisiens, propriétaire et exploitant du métropolitain. Si la plupart des lignes de métro ont été creusées avant la moitié du siècle dernier, l'évolution du réseau se poursuit toujours sous la forme de prolongements.



DOSSIER

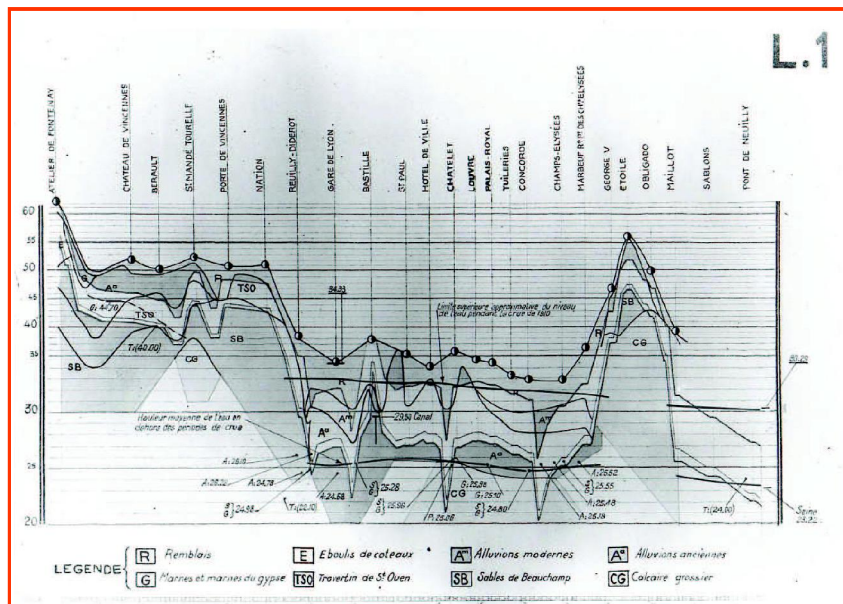
Avec ses 14 lignes, plus les deux lignes de RER, la RATP occupe une grande partie du sous-sol parisien. Ce réseau, aujourd'hui l'un des plus vastes au monde, s'est bâti progressivement sous l'impulsion de l'ingénieur en chef Fulgence Bienvenüe. Il faut dire qu'à la fin du siècle dernier, la situation des transports à Paris était quelque peu ubuesque : « Avec 31 lignes de tramways, 25 lignes d'omnibus utilisant 920 voitures de toute nature et un parc de 16 000 chevaux, 102 bateaux-mouches, un chemin de fer intérieur et des milliers de voitures en place [] ».

Paris dut patienter jusqu'à la fin du XIX^e pour voir sa première ligne de métro ouverte, devancée en cela par de nombreuses autres villes dont Londres, New York et Berlin. Il revient à l'avocat Le Hir et à l'ingénieur Berlier d'avoir su promouvoir l'idée du réseau souterrain, soutenus en cela par la majorité des défenseurs du patrimoine artistique, soucieux de ne pas défigurer les monuments par des viaducs peu gracieux. Le projet initial, voté par le Conseil municipal de la Capitale le 9 juillet 1897, comportait 6 lignes, pour un total de 65 kilomètres de voies.

Les travaux, particulièrement délicats à l'occasion du passage sous la Seine de la ligne 4, permirent de livrer 63 kilomètres en 1909. En 1929, 15 prolongements sont entamés pour un total de 32 kilomètres supplémentaires. Après la Libération, l'extension du réseau marque une pause, priorité étant donnée aux véhicules individuels. La RATP naît officiellement le 1^{er} janvier 1949 : elle regroupe sous la même tutelle le métro, jusqu'ici exploité par la CMP, et le réseau des bus de l'ex-STCRP.

Le chantier du RER ligne A débute en 1961. Il s'agissait de désengorger la ligne 1 et la gare Saint-Lazare par une ligne ouest-est rapide, par endroits déjà réalisée. La traversée souterraine, la réalisation de gares monumentales celle de la Défense représenta 360 000 m³ d'excavation ! dans des conditions difficiles, et les négociations entre la RATP et la SNCF ne permirent d'achever la traversée de Paris qu'à la fin de 1977. L'inauguration coïncida avec celle

qui a fait l'objet d'une numérisation partielle que récemment, et son intégration au sein d'un SIG demeure encore inachevée. Une partie des documents, constituée des très vieilles cartes n'a pas été scannée ; il se trouve au service du patrimoine. Les plans plus récents sont en revanche archivés dans un service particulier qui s'occupe du génie civil, ITA. Beaucoup de ces plans ont été repris sous AutoCAD, outil standardisé par volonté de la di-



Profil en long de la ligne 1 entre le Pont de Neuilly et le Château de Vincennes

du RER B, prolongé par Saint-Michel à partir de l'ancienne ligne ferroviaire de Sceaux. Enfin, le dernier chantier en date, celui de la ligne 14 dite Météor, n'est toujours pas achevé.

Un héritage synonyme de diversité

Le réseau métropolitain a donc dépassé un siècle d'existence, siècle durant lequel les travaux n'ont pas cessé. Cette longévité historique se manifeste également dans la structure du fond cartographique. Très hétérogène, ce fond

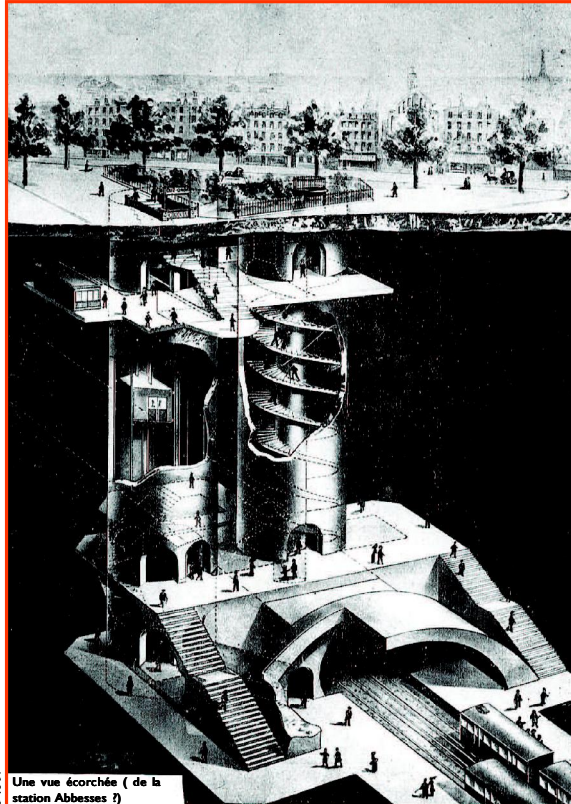
restitution. Il s'agit aussi bien de documentation technique que de plans d'études ou de génie civil. Un référentiel technique permet un accès rapide à tous les plans ; à l'heure actuelle, cependant, le SIG qui devrait ajouter une interface cartographique à cette armoire documentaire n'est qu'embryonnaire : « Des projets existent, la Régie étudie leur faisabilité, mais il faudra encore un peu de temps pour les concrétiser », précise Yves Roynard, responsable de la cellule géomatique au service SIT.

« Le principal problème est historique : les plans ont été élaborés pour les be-

L'Introduction historique largement inspirée de l'ouvrage de Roger-Henri Guerrand, *L'aventure du métropolitain*, éditions La Découverte, Paris 1999.



DOSSIER



© RATP
Une vue écorchée (de la station Abbesses ?)

soins d'un service A ou B, sans concertation avec ses homologues. Résultat : à l'heure actuelle, la majorité du fond documentaire est hétérogène, et il faudrait un travail énorme pour assembler tous ces morceaux en une unité cohérente. Ajoutons à cela qu'il n'y a pas, pour l'instant, de volonté d'intégration, et vous comprendrez que tout cela n'en est encore qu'à ses balbutiements. »

Le service Génie Civil, qui gère les plans du patrimoine bâti, confirme : « Nous archivons les plans depuis le début de la construction du métropolitain, aussi bien pour des questions de conservation du patrimoine que de suivi des modifications. Actuellement, cela représente environ 250 000 documents, dont seuls 7 000 sont disponibles sous forme numérique (dessin sous AutoCad) le reste étant sous forme papier et microfilm, indique Bernard Guichard, en charge des relations extérieures du service ITA. Ces plans comprennent des coupes, des linéaires, des profils de voie,

Les travaux de réalisation de la ligne 14 (Météor)



© RATP - Pinguetier Bruno

des coffrages, des armatures, etc. Mais ils sont parcellaires. Et non géoréférencés. Quand un chef de travaux vient nous voir, il nous demande simplement les plans de telle ou telle station ou inter-station. Pas besoin de coordonnées géographiques ! » « Nous sommes capables, reprend Yves Roynard, de fournir au coup par coup l'emplacement précis des sorties d'une station de métro ou d'un abri bus. Mais lorsque l'on nous demande la localisation de toutes les sorties de métro dans Paris, nous ne pouvons pas répondre dans un temps raisonnable, faute de coordination. »

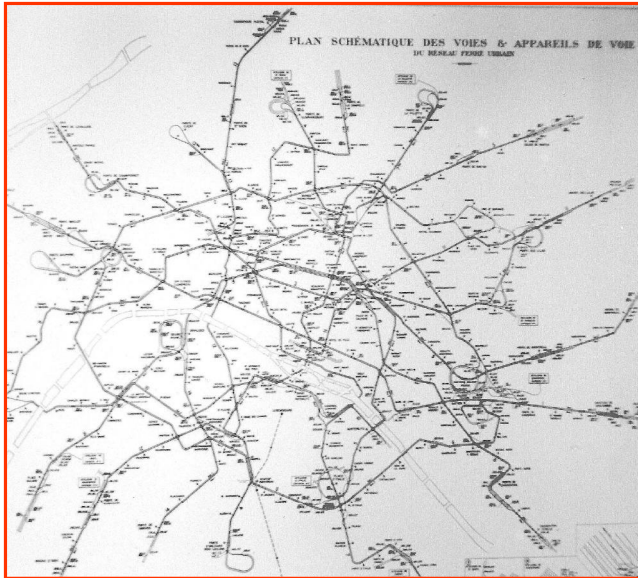
« Nous arrivons cependant à localiser de manière satisfaisante (50 cm) la position géographique des ouvrages, en prenant un certain nombre de points d'appuis en surface, remarque Bernard Sineux, responsable de l'entretien d'une partie des ouvrages ferrés. Par exemple, lors du renouvellement d'un ouvrage Place de l'Opéra, nous avons calculé l'emplacement de la fouille en prenant comme repère



© RATP



DOSSIER



D'autres applications SIG à la RATP ?

Les potentialités des systèmes d'information géographique ne se limitent pas uniquement au classement et au repérage des éléments du patrimoine. Au croisement des services SIT (informatique) et SEC (sécurité) se trouve le travail de thèse de Claire Cunty, qui représente grâce à un SIG la répartition spatio-temporelle de la délinquance dans le réseau. Un travail sensible, dont il n'est pas sûr que les résultats soient intégralement communiqués.

Un autre projet intéressant de SIG simple consiste à remplacer les vieux tableaux d'orientation des voyageurs (grâce à des boutons, on sélectionne une station de départ et une station d'arrivée, et l'itinéraire le plus rapide s'allume sur un fond de plan parsemé de petites ampoules) par des systèmes plus modernes, par exemple à base de bornes multimédia interactives. Celles-ci pourraient être connectées directement à des systèmes d'information trafic, ce qui permettrait d'éviter les lignes engorgées ou interrompues (par exemple le soir en raison de travaux). Ou bien, le voyageur entrerait directement son adresse de destination dans la borne, et le SIG calculerait alors le chemin métro + bus jusqu'à la station la plus proche.

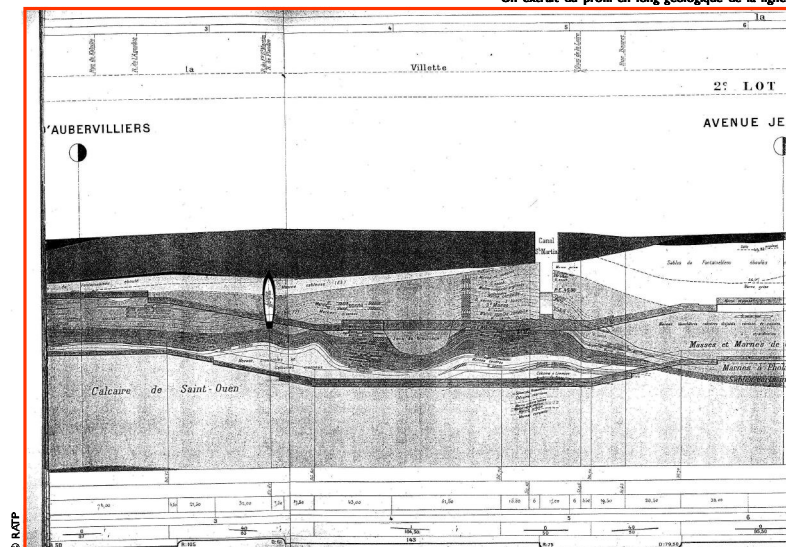
Les SIG pourraient également trouver leur place aux PCC, les centres de régulations du trafic. Actuellement, la position des rames est matérialisée sur des tableaux lumineux, différents pour chaque ligne. Il serait possible de remplacer cette affichage par des écrans informatiques, à l'image des centres de trafic aérien. La position des rames pourrait être dirigée en temps réel vers des écrans situés en station, destinés à informer les voyageurs sur la fréquence du trafic.

la sortie principale de la station. Le niveau du radier des tunnels fait l'objet d'un contrôle systématique pour détecter d'éventuels tassements, si bien que nous connaissons la cote des tunnels. Avec tous ces éléments, nous sommes capables de dire où il faut creuser et de combien, en prenant une marge de sécurité aussi faible que possible. Depuis environ vingt ans, cependant, la réalisation des ouvrages est accompagnée d'un relevé géographique de précision. »

La RATP est équipée en SIG pour des besoins spécifiques. La gestion des travaux utilise des logiciels Esri ; par ailleurs, en tant que concessionnaire, la Régie reçoit aux environs de 6 000 requêtes par an venant de la Mairie de Paris ou d'autres communes pour des instructions de permis de construire. La consultation informatisée des renseignements concernant l'occupation par le service approprié était donc obligatoire. Ces applications restent cependant à l'heure actuelle exceptionnelles : « Ni les exploitants, ni les chefs de chantier n'ont un réel besoin de

situer par rapport à la surface où se trouvent les lignes, donc rien n'est prévu pour caler les plans sur un référentiel géographique absolu. Une simple représentation linéaire suffit à repérer les principaux équipements. Généralement, ce positionnement est grossier, car il est facile de trouver un objet dans un tunnel même à cinq

Un extrait du profil en long géologique de la ligne 7





Travail de déblaiement lors du creusement de la ligne 14

che de Marne-la-Vallée possède une origine située dans l'ouest parisien. La Régie a récemment entrepris de photographier sous forme numérique l'intégralité de la voûte de ses souterrains. « Ce sera peut-être l'occasion de prendre une décision en ce qui concerne le géoréférencement », espère Yves Roynard. Mais il faudra démontrer que cela apporte une plus-value substantielle. »

L'utilisation d'orthophotographies pour les besoins du réseau de surface semble être à l'ordre du jour : « C'est une question de budget. Une véritable orthophoto reviendrait à environ 800 000 €, compte tenu de la surface couverte par notre réseau en banlieue. Cependant, depuis que la RATP a obtenu l'autorisation d'exploiter des transports en province, l'importance de l'aspect spatial dans une offre globale de service a enfin été mieux comprise. » En revanche, la RATP a déjà acquis une licence de la base IGN Géoroute, afin de disposer d'un référentiel et d'un fond de plan sur lequel elle puisse tracer l'ensemble de son réseau.

Un peu de SIG chez les géologues

Le réseau RATP continue son extension, sous l'impulsion du développement de bassins d'emplois hors les murs de la capitale. « Les décisions de prolongements, le choix des nouvelles stations sont le plus souvent politiques, explique Jean Bouchain, ingénieur au service géologie et géotechnique. Nous sommes ensuite sollicités pour valider un projet, signaler les éventuelles difficultés, et réaliser les sondages préliminaires. » Le rôle du service GEO consiste à identifier la composition du sous-sol, à mettre en évidence les zones à risques et à procéder aux travaux nécessaires à la consolidation d'un sous-sol parfois instable, parfois saturé d'aménagements divers : égouts, fondations, carrières, etc.

Ce travail préliminaire est devenu extrêmement sensible depuis le creusement du RER E sous l'égide de la SNCF. À cette occasion, rappelons-le, plusieurs immeubles riverains du chantier (de grande profondeur) avaient subi des

dommages, notamment rue Papillon dans le IX^e arrondissement parisien. Ces incidents avaient provoqué l'ire de plusieurs députés, dont Noël Mamère, qui avaient mis en cause les équipements utilisés pour le creusement et stigmatisé les erreurs du projet.

Lors de l'examen d'un futur tracé, le service commence par collecter le plus de données possibles sur le sous-sol : sondages du BRGM, plan des carrières, informations municipales concernant les concessionnaires, etc. « Heureusement, le sous-sol du Bassin parisien est bien connu, les surprises sont rares, même si elles peuvent arriver de temps à autre. » Par exemple, les zones de la banlieue nord susceptibles de receler des poches de dissolution du gypse² font l'objet d'attentions particulières, car les vides ne sont pas détectables a priori. D'autres sols, comme les terrains karstiques ou les argiles plastiques nécessitent également des mesures spéciales.

Il est indispensable de prendre des précautions lorsque les prolongements traversent des zones denses. Ce sera par exemple le cas de la ligne 12, au-delà de la Porte de la Chapelle, qui devra traverser l'emprise de l'échangeur A1-Périphérique : cette zone sera renforcée. Parfois, les renseignements d'occupation du sous-sol sont confus ou inexistant. Ce fut le cas lors du prolongement de la ligne 14 entre Madeleine et Saint-Lazare : certains pieux d'appuis d'immeubles riverains n'avaient pas été correctement consignés, ce qui a entraîné des surprises, heureusement sans gravité.

Le long des lignes, le cheminement des tunnels dans les strates a été dessiné. Ces documents réalisés sur papier, n'ont toujours pas été numérisés. « Nous en sommes encore un peu aux temps héroïques, admet Jean Bouchain. Pour le RER, par exemple, nous avons de grosses lacunes, faute d'avoir envoyé des géologues sur le chantier. Nous ne possédons les informations correspondant aux sondages réguliers, mais rien entre. »

Les zones de carrières sont systématiquement examinées préalablement à tout forage. Les cartes de l'IGC n'étant pas réactualisées en permanence, l'état du terrain peut parfois varier par rapport au relevé cartographié. Il faut donc s'assurer de l'état correct de la carrière, des ciels, vérifier la présence de fractures, et éventuellement procéder à tous les travaux de consolidation nécessaires.

mètres près ! L'idée de la géolocalisation progresse donc assez lentement », regrette Yves Roynard. La non-homogénéité des échelles constitue un autre obstacle : « Nous possédons un fond au 1/200^{ème} utilisé par le génie civil, et un autre au 1/3 000^{ème}, mais entre les deux, rien. Pas facile d'harmoniser deux séries de documents disparates ! Et ne parlons pas de la ligne 14, Météor, où le format des documents est encore différent ! »

Même les représentations filaires présentent des difficultés. Les origines des repères (ou PK, points kilométriques) fluctuent. On pourrait s'attendre à ce qu'elles soient fixées en bout de ligne. La réalité est tout autre : « Par exemple, la station Saint-Lazare sur la ligne 13, en plein milieu de la ligne, se trouve au PK 0 !, s'exclame Bernard Sineux. En fait, il s'agit du départ historique, avant la jonction de cette ligne et de l'ex-ligne 14. Certaines lignes ont été fusionnées, prolongées, etc. et les points de repère reflètent à leur tour cette situation historique ! » La ligne I a son PK 0 à la Porte de Vincennes, l'ancien terminus est. Autre exemple sur la ligne A du RER : la partie est du réseau, qui se divise en deux branches, utilise des PK séparés : la branche de Boissy-Saint-Léger continue de se référer à l'ancien terminus de Paris-Bastille, alors que la bran-

2 Voir le numéro précédent



DOSSIER

La plupart des sondages, qui prennent d'ailleurs des formes diverses : carotages, prélèvements ou autres (« pressio », etc.) sont référencés dans une base de données, jusqu'à présent sous forme alphanumérique uniquement. « Le projet de géoréférencer nos données sur un fond topographique existe, mais il ne se concrétisera pas dans l'immédiat », indique Jean Bouchain.

L'Agence Cartographique, quinze millions de plans par an !

Au sein du département commercial (CML), il existe un service spécialisé, l'Agence cartographique, qui produit les documents géographiques et synoptiques à destination du grand public. Créée en 1996, employant à l'heure actuelle une vingtaine de dessinateurs, cette agence élabore les plans du réseau affichés en station, distribués au public ainsi que les linéaires de voies affichés au-dessus des portes des wagons, ou à l'intérieur des bus. Une grosse responsabilité, puisque les produits issus de l'« Agence carto » sont diffusés à 15 millions d'exemplaires chaque année.

Ce service manipule une somme d'information considérable, dont la majorité est constituée de la position des arrêts bus : « Nous avons dénombré environ 14 500 points d'arrêt sur l'ensemble du réseau », indique René Borretti, responsable de la production. Là-dessus, on dénombre environ 30 modifications de lignes par mois, ce qui justifie une actualisation annuelle de l'ensemble de notre fond. » Le logo de l'Agence (et l'un des symboles de la RATP) est le fameux plan synoptique du réseau métropolitain de Paris. Ce plan, établi sur un fond cartographique propre, localise précisément les stations, grâce à l'utilisation des plans au 1/1 000^{ème} issu du service du génie civil (ITA), mais aussi d'autres sources (Médiatel, Apur). « En revanche, les trajets des lignes sont schématisés. Par exemple, celles qui empruntent les grandes artères ont été volontairement décalées pour laisser apparaître le nom de la voie carrossable », explique Patrice Rouxel, responsable de la charte qualité.

La sémiotique n'a pas été oubliée : l'affaiblissement des couleurs caractéristiques des lignes a fait l'objet d'une étude particulière menée conjointement avec une équipe de coloristes. « Nous avons

défini une palette comportant environ 20 à 25 couleurs uniques, et fait en sorte que les lignes de couleurs proches ne se chevauchent pas. Nous avons également pensé aux daltoniens, puisque en principe chaque couleur choisie possède une luminance qui lui est propre », détaille René Borretti. Ces mêmes couleurs ont également servi à l'identification des lignes de bus, selon le même principe d'éviter les tons voisins ou identiques sur un long parcours commun. Quant à l'actualisation, elle est réalisée avec le concours des exploitants (conducteurs de bus, par exemple), qui remontent par l'intermédiaire des centres bus les modifications de voie qu'ils constatent.

Actuellement, l'Agence réalise ses cartes uniquement sur des outils Adobe (*Illustrator*, *In-design* pour la mise en page). Dans un avenir proche, cependant, le projet SIG 2000 devrait faire passer tous les éléments géoréférencés sous une base de données unique, Oracle. Un SIG Géoconcept, couplé avec l'outil *Data Draw*, devrait permettre d'automatiser l'édition des cartes. « L'objectif, continue René Borretti, est d'obtenir une carte en cliquant sur un bouton. Pensez à tous les abris bus qui hébergent un plan des alentours immédiats. Impossible de dessiner autant de cartes, puis de les mettre à jour, pour une petite équipe comme la nôtre. Il faut donc que nous disposions d'un outil simple et efficace. » Les différentes couches rassembleront les données techniques d'exploitation (posi-

tion des signaux, des appareils de voie (aiguillages), armoires électriques, etc.), ainsi que toutes les données déjà utilisées par les dessinateurs : « Le plan synoptique du métro est déjà intégré, reste le plus gros morceau : les bus ! »

L'ensemble des documents cartographiques produits sert également de financement à l'Agence, sous la forme de vente de droits de reproduction. Le centenaire du métro a été l'occasion d'édition d'un certain nombre de produits dérivés, du cahier au porte-clefs en passant par les caleçons. Plus classiquement, les agendas, guides touristiques, etc. reproduisent souvent les plans multimodaux (Métro + RER + Tram + Bus). Le chiffre d'affaires annuel réalisé par cette activité représente environ 150 000 euros ; une belle somme qui devrait tripler d'ici trois ans. Mais l'Agence rétrocède souvent à titre gracieux ses produits aux collectivités territoriales qui les utilisent à des fins non lucratives.

La cession des droits n'est pas la seule source de revenus de l'Agence. Celle-ci peut travailler en dehors de la RATP sur des projets de cartographie de réseaux tiers, par exemple à l'étranger. Elle réalise également des études particulières pour certaines communes : « Un travail supplémentaire difficile à assumer dans certains cas. Nous comptons vraiment sur le SIG pour nous aider à fluidifier la production. Surtout si la RATP devient également exploitant de réseaux de transports en province ! », conclut René Borretti. ■

Un exemple de carte de proximité réalisée par l'Agence Cartographique

