

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 117 (1991)
Heft: 3

Artikel: La galerie technique des Rues-Basses à Genève
Autor: Boskovitz, Pierre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77593>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La galerie technique des Rues-Basses à Genève

Le sous-sol de nos villes modernes est truffé de tuyaux et de câbles que les divers services y ont enfouis au cours des temps. Ces réseaux de conduites permettent le transport et la distribution de l'eau, du gaz et de l'électricité, la transmission et la diffusion des informations (poste pneumatique, téléphone, télévision câblée) et la récolte des eaux usées et des eaux pluviales.

PAR PIERRE BOSKOVITZ,
RÉDACTEUR

A l'exception des collecteurs d'égout qui passent à 4 m de profondeur en moyenne, la plupart des conduites sont placées à faible profondeur, soit à moins de 2 m de la surface. L'entretien et le développement de ces réseaux exigent souvent l'ouverture de fouilles. De plus, le revêtement des rues et

les voies de tramway nécessitent aussi des travaux de renouvellement périodiques. Or, la coordination de toutes ces interventions n'est pas toujours possible, alors que les chantiers successifs provoquent des perturbations et des nuisances de plus en plus difficilement tolérées, en particulier au cœur d'une ville comme Genève, où les Rues-Basses constituent la principale artère commerçante de la rive gauche. Selon une conception dégagée d'études préalables menées avec la participation des services concernés, la mise en œuvre, en une seule opération, de tous les travaux envisagés dans les Rues-Basses, comprenant :

- la construction d'une galerie technique pouvant réunir l'ensemble des conduites empruntant le même site (fig. 1)
- le renouvellement des réseaux de conduites et leur regroupement dans cette galerie (fig. 2)

c) le renouvellement des voies du tramway

d) le réaménagement de la surface devrait limiter à l'avenir l'ouverture de fouilles dans ce secteur de la ville.

En 1975, le canton de Genève a transféré la responsabilité des travaux de génie civil à la Ville. Depuis cette date, la Cité de Calvin en assume la charge et gère ses travaux de façon autonome. (Cependant, le canton exerce toujours l'autorité de surveillance et, à ce titre, délivre les autorisations de construire.) Le Département municipal des constructions et de la voirie comprend une dizaine de services regroupés en deux divisions. La réalisation de l'ouvrage qui nous intéresse ici relève de la compétence, à l'intérieur de ce département, du Service des études et des constructions de la Division de la voirie (500 collaborateurs) comme maître d'ouvrage.

Les autres parties intéressées à la réalisation de ce projet étaient :

- Les Services industriels de Genève (SIG) pour les conduites d'eau, de gaz et d'électricité. En effet, le courant électrique à haute tension (220 kV) arrive à Genève par ligne aérienne jusqu'à la sous-station de Foretaille située près de l'extrémité nord des pistes de l'aéroport, où la

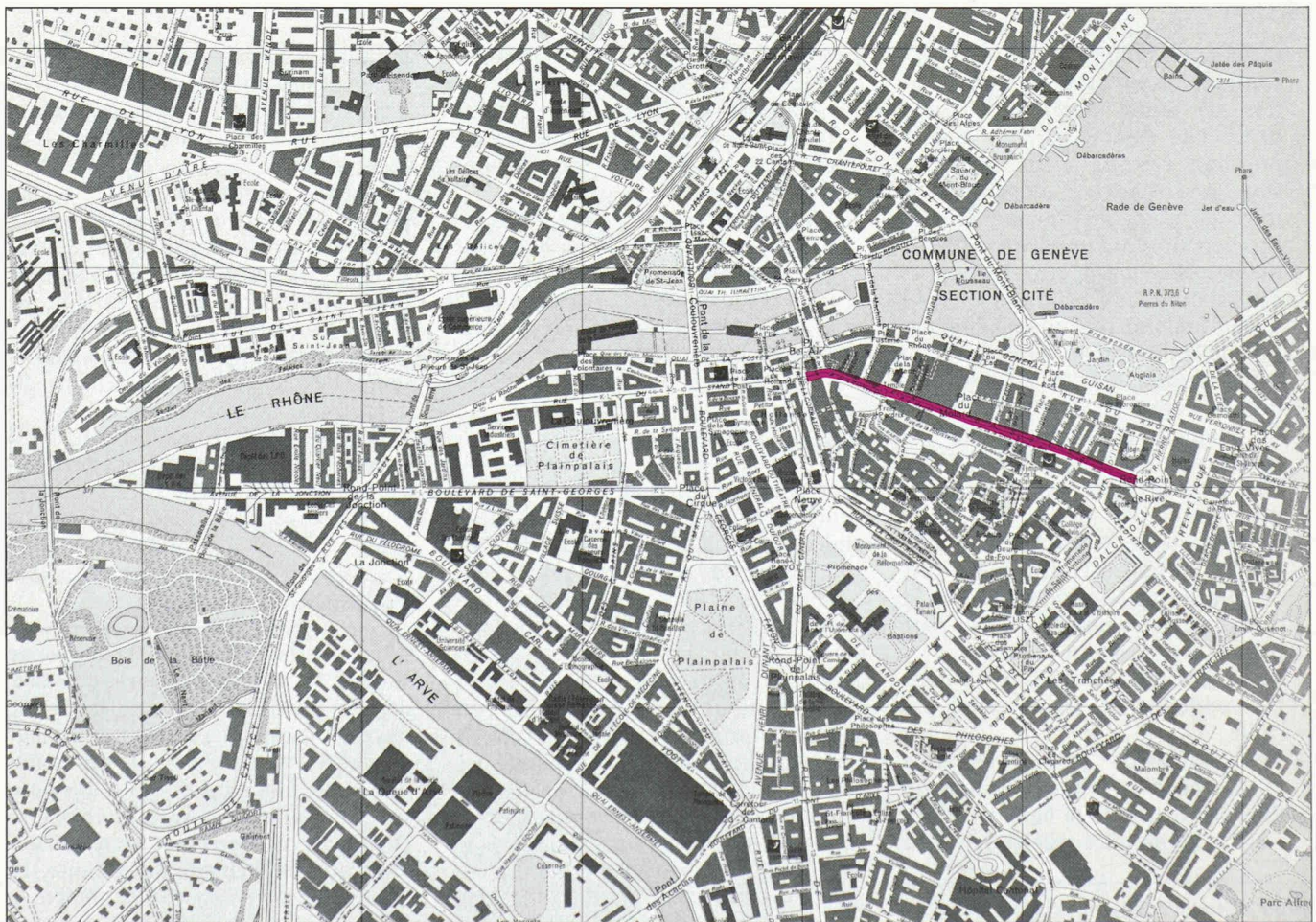


Fig. 1. - Plan de situation de la galerie technique. (Reproduit avec l'autorisation du Service du cadastre de Genève du 26.10.1990.)

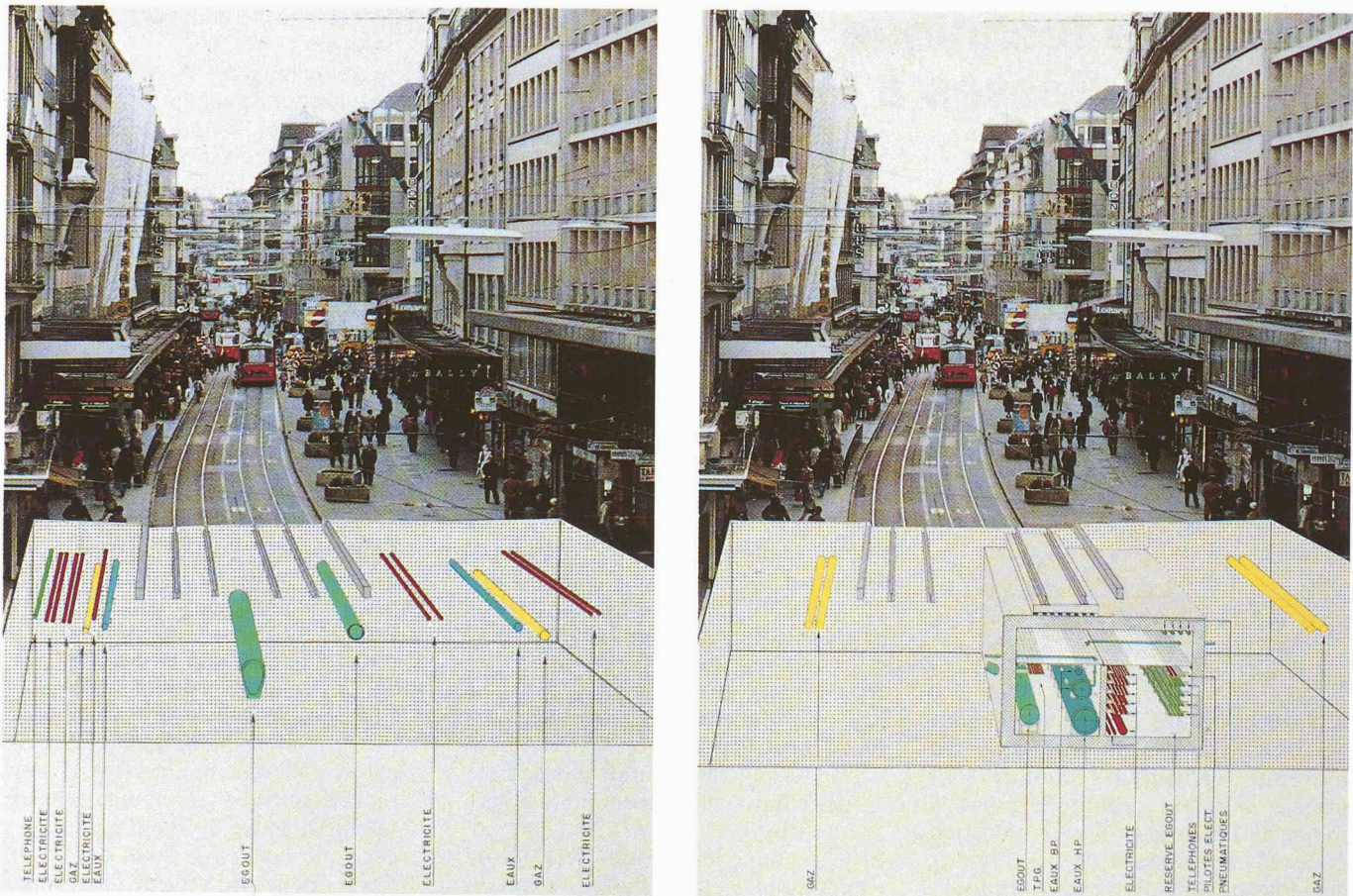


Fig. 2. – Occupation actuelle et future du sous-sol des Rues-Basses.

tension est réduite à 130 kV. Cette sous-station est reliée à la sous-station du Stand située sur la rive gauche du Rhône, par une galerie profonde creusée à environ 30 m sous la surface¹. Cette conduite offre un point de jonction sous la Promenade de Saint-Jean, à partir duquel elle devait être reliée à la sous-station des Casemates. Celle-ci a pour fonction une nouvelle réduction de la tension de 130 kV à 18 kV, cette dernière servant à l'alimentation du centre de la ville (fig. 3).

- La Direction d'arrondissement des télécommunications (DAT) des PTT pour les lignes de télécommunications.
- Le Département (cantonal) de justice et de police (DJP) d'une part pour la sécurité routière pendant la durée des travaux et d'autre part pour la signalisation lumineuse.
- La société mixte Télé-Genève pour les conduites de la télévision par câble.
- Les Transports publics genevois (TPG) pour le renouvellement de l'infrastructure de la ligne de tramway N° 12, dont les rails avaient 40 à

50 ans d'âge. En même temps, le tracé de cette ligne devait être amélioré selon les exigences de l'Office fédéral des transports, pour la mise en service des nouvelles voitures motrices.

- La Ville de Genève pour l'aménagement des Rues-Basses en une zone piétonnière entre la Corraterie et la rue d'Italie. (Cet aménagement avait été commencé en 1972 déjà par des mesures provisoires.)

Historique du projet

Une convergence d'intérêts des différents services en vue de la construction, sous la chaussée des Rues-Basses, d'une galerie commune pour l'ensemble des utilisateurs s'est manifestée à partir de 1980. Cette galerie devait abriter les conduites servant aussi bien au transport à distance qu'à la distribution aux riverains. En fait, l'idée d'une galerie technique n'était pas nouvelle. Inspiré par l'exemple des pays nordiques, le Grand Conseil relevait déjà, dans les années soixante, les avantages d'une telle conception.

L'étude de faisabilité a abouti à un rapport présenté en 1981. En 1982, une séance d'information publique était tenue. Les crédits accordés en 1983 ont

permis la poursuite des études, l'élaboration de l'avant-projet et l'examen des dispositions propres à assurer la continuité des services. L'accord des parties étant acquis, le projet a été élaboré et les crédits accordés en 1984. Le coût global de construction de la galerie technique était estimé à près de 20 millions de francs, 40% de cette somme étant pris en charge par la Ville de Genève, maître de l'ouvrage, et le solde réparti entre les autres utilisateurs de la galerie selon une clé approuvée par les intéressés.

Le gros œuvre a été réalisé entre 1984 et l'été 1987. L'aménagement de la surface piétonnière a nécessité 2 ans supplémentaires, entre l'été 1987 et l'été 1989.

Description de l'ouvrage

L'ouvrage est une galerie technique de surface «à fleur de peau», réalisée, dans sa plus grande partie, en fouille ouverte. Il est situé à une profondeur de 50 à 60 cm seulement, le minimum nécessaire à la mise en place des nouvelles voies des tramways. Sur une longueur de 85 m cependant, en raison des impératifs de la circulation urbaine, il a dû être creusé en souterrain malgré la très faible épaisseur de la couverture : 80 à 250 cm (voir chapitre plus loin).

¹ Voir la série d'articles sous le titre «Galerie technique et galerie d'eaux pluviales, Genève», IAS 102 (1976) 4, pp. 65-78.

La galerie s'étend de la rue du Stand (place de Hollande) jusqu'au rond-point de Rive sur une longueur de 870 m. Elle est située entièrement sur le domaine public. A chacune de ses extrémités, elle est reliée aux galeries des Services industriels par des ouvrages de transition : du côté de la Corrairie, une galerie des SIG relie celle des Rues-Basses à Saint-Jean pour établir la liaison en direction de Foretaille ; à l'autre extrémité, une galerie relie le rond-point de Rive à la promenade de l'Observatoire où les Services industriels ont construit la sous-station souterraine des Casemates destinée à répondre aux besoins accrus du centre ville. La galerie a une section rectangulaire de 4,20 m de hauteur sur 6,00 m de largeur (dimensions extérieures). Les parois en béton armé ont une épaisseur de 40 cm laissant une section intérieure utile de 3,40 m sur 5,20 m.

Dans la partie supérieure de cette section, une zone est réservée aux transitions latérales et aux raccordements. L'armature des parois de la galerie est répartie de façon à permettre le percement ultérieur d'ouvertures latérales. La galerie est constituée de segments de 3 m de longueur séparés par des joints. Des zones d'armature porteuse (plus dense), situées aux extrémités des segments, alternent avec des zones d'armature moins dense.

La partie inférieure de la galerie est divisée en deux secteurs par une paroi médiane de 2,10 m de hauteur. En principe, l'un des deux secteurs abrite les tuyaux, l'autre les câbles (fig. 4). Les conduites d'eau (haute et basse tensions), les égouts, les câbles d'électricité et de téléphone et les tubes de poste pneumatique sont réunis dans la galerie. Pour des raisons de sécurité, les conduites de gaz restent placées en

dehors de la galerie et sont enfouies, deux tubes de chaque côté de la rue, sous les trottoirs. Leur interconnexion à travers la galerie permet une grande souplesse dans l'exploitation. Les conduites d'eau comprennent deux tuyaux en béton (conduites de transport) et un tuyau en matière synthétique (conduite de distribution). Les tuyaux en béton à âme tôle sont constitués d'éléments soudés de 6 m de longueur. La première conduite, d'un diamètre de 70 cm et pouvant supporter une pression de 11 à 14 bar, relie l'usine de la Coulovrenière au réservoir de Bessinge qui sert à l'alimentation de la rive gauche entre l'Arve et le lac. Elle peut transporter jusqu'à 500 l d'eau par seconde. La deuxième conduite a un diamètre de 50 cm et supporte une pression de 5 à 6 bar, son débit variant entre 100 et 200 l/s. La troisième conduite, en polyéthylène polyfusé d'un diamètre de 15 cm, sert à la distribution de l'eau dans les immeubles des Rues-Basses. Des vannes télécommandées sont disposées aux deux extrémités de la galerie.

Le collecteur d'égout est un tuyau en matière synthétique renforcé par des fibres de verre. En vue de l'introduction du système séparatif, conformément aux exigences des normes fédérales et au plan directeur des égouts, l'emplacement d'un second collecteur est réservé.

La galerie abrite les câbles électriques de 130 kV et de 18 kV des Services industriels, mais aussi ceux de 600 V des Transports publics. Les câbles sont posés sur des chemins de câble, ceux de 130 kV sont protégés en plus par une grille métallique.

Sur le toit de la galerie repose une dalle servant d'assise pour les rails de l'une des deux voies de tramway. Un dispositif protège la galerie des vibrations engendrées par le passage du tram dont les motrices pèsent près de 40 t à pleine charge (fig. 5).

Sécurité d'exploitation

En cas d'incendie, l'isolation des câbles électriques dégage une fumée acide qui détruit l'armature du béton. (A Tokyo, une galerie technique similaire a été victime d'un incendie, quelques mois seulement après sa mise en service.) Pour la préserver d'une destruction totale, la galerie a été subdivisée en tronçons de 200 m de longueur, séparés par des parois coupe-feu. Celles-ci sont constituées de deux treillis distants de 3 m dont l'intervalle, en cas d'incendie, se remplit de mousse arrêtant la fumée. Une solution similaire a été adoptée pour les installations du CERN. En cas d'accumulation d'eau au fond de la galerie, l'alarme est déclenchée et les vannes sont fermées automatiquement.

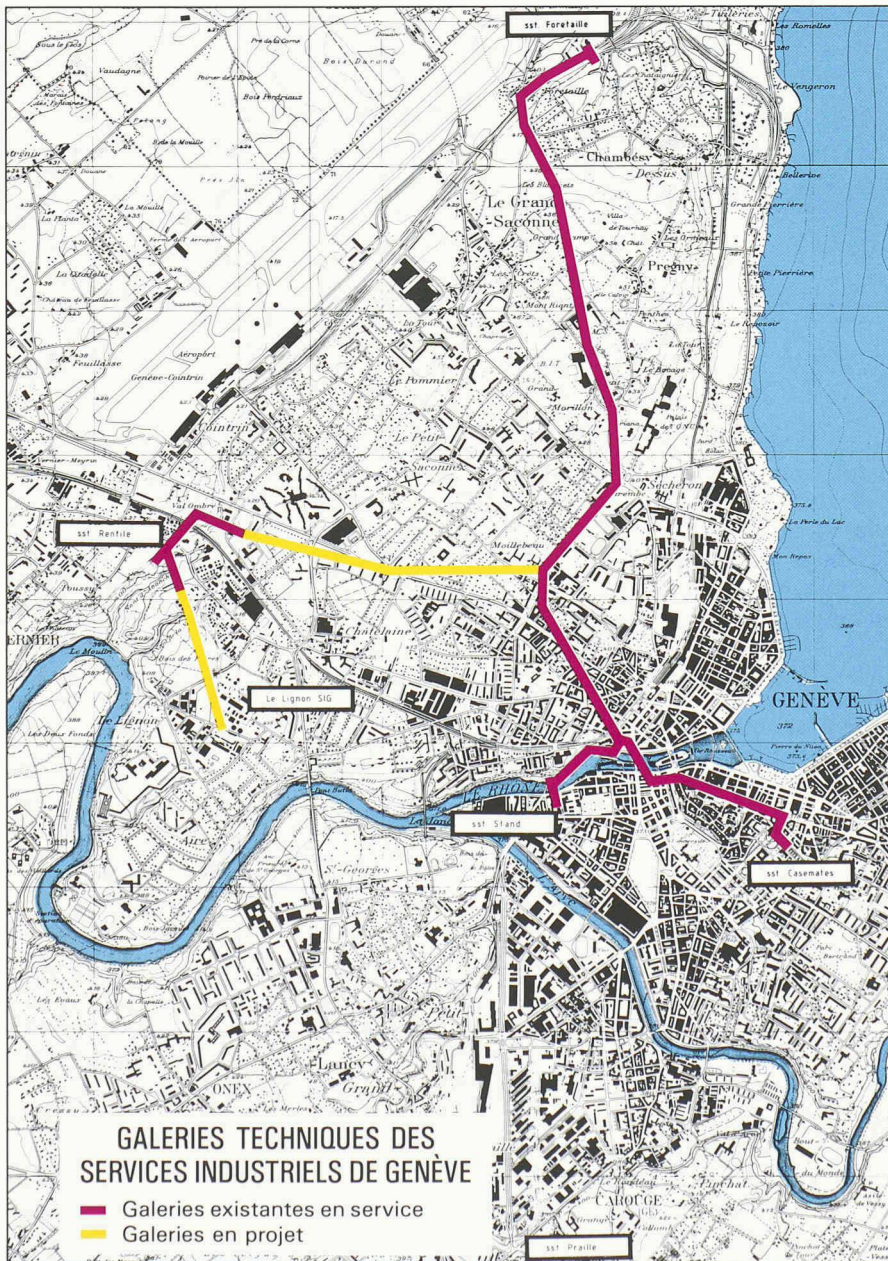


Fig. 3. - Sous-stations électriques et réseau de galeries les reliant.

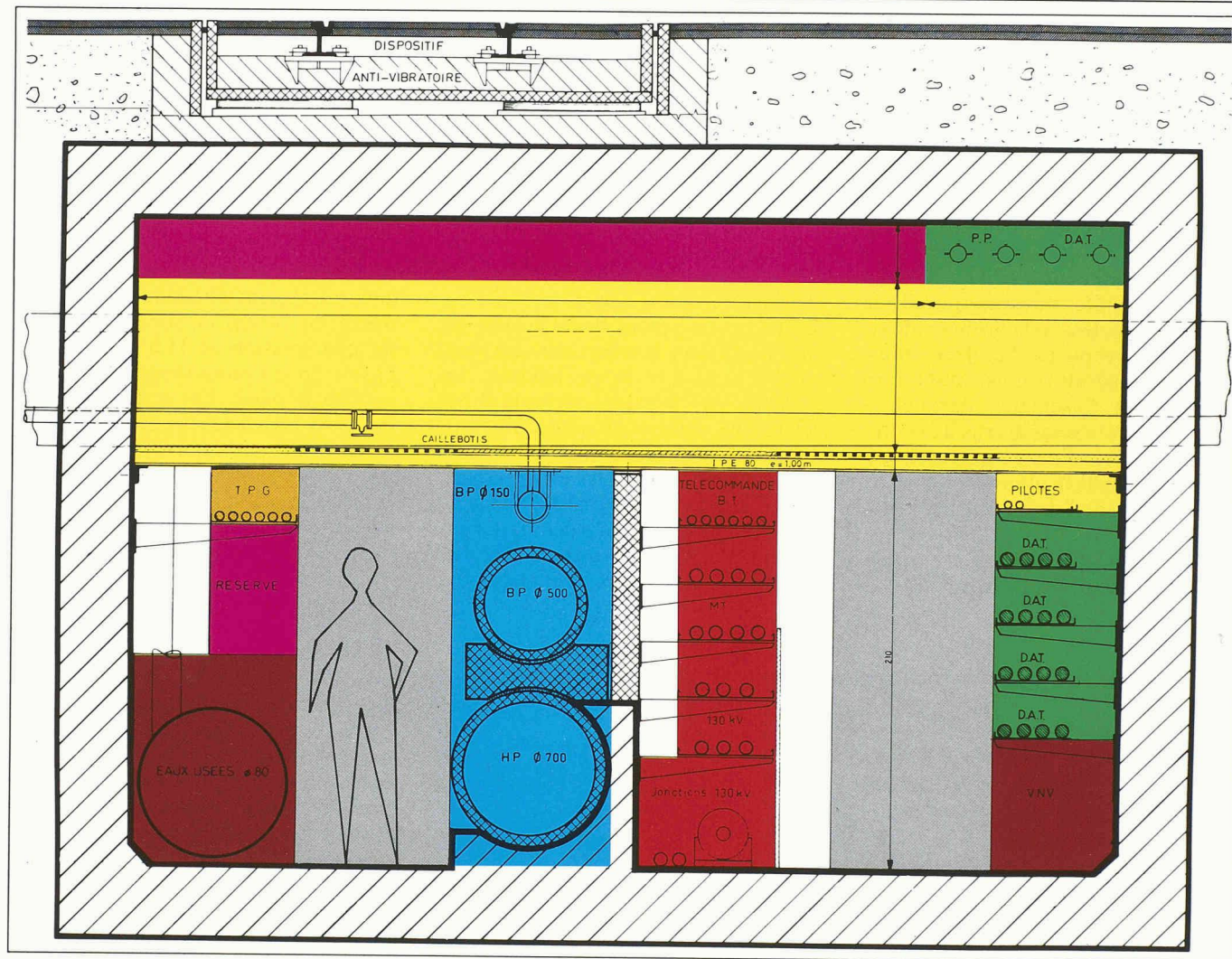


Fig. 4. - Coupe type de la galerie.

Exécution des travaux

Les travaux ont été réalisés en quatre phases :

- préparation du terrain au passage de la galerie : détournement de tous les câbles et canalisations des services publics ;
- construction de la galerie et équipement de base à l'intérieur de celle-ci ;
- équipement de la galerie par les services et raccordements aux immeubles riverains ;
- aménagement de la surface, pose du mobilier urbain.

Pour assurer la continuité de la vie active du centre, au moins une des voies de circulation pour des livraisons et l'intervention possible des services d'urgence ainsi que des cheminements suffisants pour les piétons devaient être maintenus pendant toute la durée des travaux. (La zone est fermée au trafic privé et de transit.) Le chantier ne pouvait donc occuper qu'une partie de la chaussée en sa largeur. Quant au tram, dont les voies ont dû être déplacées plusieurs fois au cours des tra-

vaux, il ne pouvait circuler qu'en simple voie au droit du chantier, étant entendu que ce tronçon de voie unique, se déplaçant avec l'avancement des travaux, devait être aussi court que possible. Il fallait donc que le chantier lui-même soit organisé de façon optimale et présente une longueur minimale. L'ouverture de la fouille, l'excavation, le bétonnage et le recouvrement provisoire de la chaussée se succédaient de manière serrée et le chantier, long de quelque 120 m seulement, avançait au rythme d'une dizaine de mètres par semaine (fig. 6).

Pour pouvoir effectuer les travaux à sec, la nappe phréatique a été abaissée par des sondes wellpoint. D'autre part, pour que la galerie ne constitue pas un barrage à l'écoulement des eaux souterraines, des tranchées remplies de cailloux permettant le passage de l'eau sous la galerie ont été aménagées.

Pour creuser la fouille et assurer la stabilité de ses parois, on a eu recours à un bouclier Walbröhl à sept lances horizontales (fig. 7 et 8), avancées à tour de rôle par des vérins hydrauliques. Le bouclier, guidé aux rayons laser, progressait de 2 m par jour. La galerie était bétonnée par tronçons de 3 m de long.

Sur le chantier, deux équipes se relayaient de jour alors que la nuit était mise à profit pour des travaux tels que le déplacement des lignes aériennes ou la pose des voies du tram. En fin d'année, tous les travaux ont dû être suspendus pour une période de 6 semaines chaque fois.

L'alimentation des riverains en eau et électricité a été maintenue pendant toute la durée des travaux ; relevons que, pour bien dimensionner leurs nouvelles installations, les Services industriels ont procédé à une enquête préalable sur les besoins à court et à moyen terme.

Pour garder la visibilité des vitrines et des enseignes, et pour satisfaire en même temps aux normes de sécurité, le chantier était entouré de parois en plexiglas.

Le Service de la circulation du Département de justice et de police adaptait l'organisation du trafic et la signalisation au fur et à mesure des étapes successives des travaux.

Les études techniques ont été confiées au bureau d'ingénieurs Bonnard & Gardel, les travaux de construction aux entreprises Zschokke, Ambrosetti et Induni réunies en consortium.

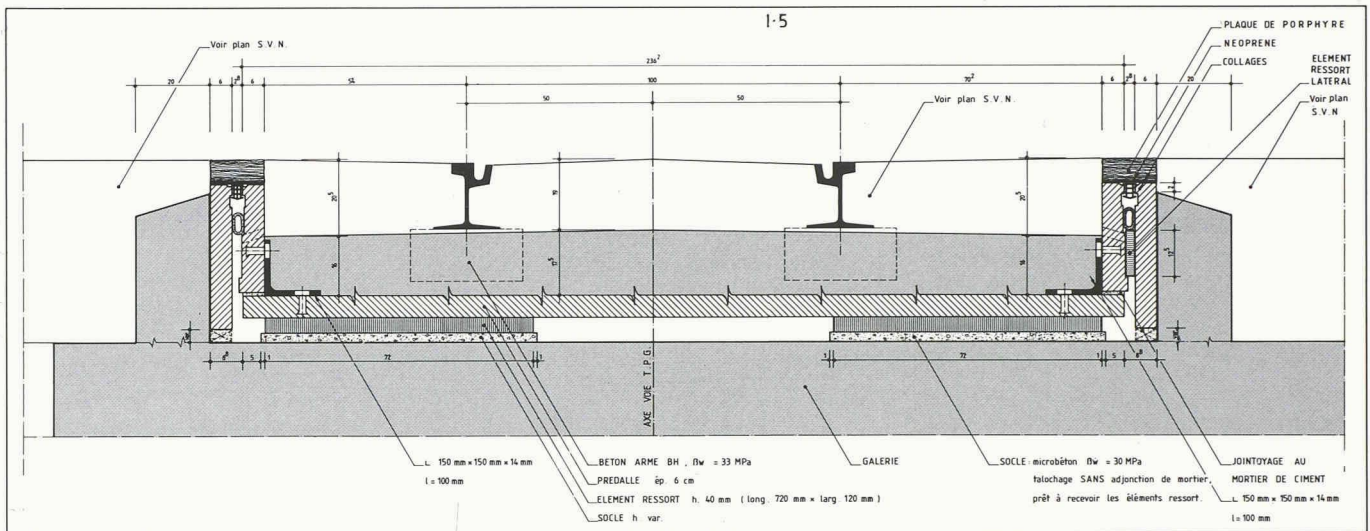


Fig. 5. - Dispositif antivibratoire, coupe.

Relations publiques

L'ouverture d'un chantier de cette importance dans une rue commerçante très fréquentée est une opération délicate. C'est pourquoi la réalisation des travaux de la galerie technique des Rues-Basses s'est accompagnée d'une campagne d'information soutenue auprès des habitants et des commerçants - pour ceux-ci, par l'intermédiaire de leurs associations - des quartiers touchés, afin de trouver de leur part compréhension et appui. A travers un bulletin trimestriel ainsi que par des informations ponctuelles selon les besoins, les autorités ont ainsi tenu les intéressés au courant de l'état d'avancement des travaux. De plus, dans un pavillon d'information aménagé à cet effet, le public pouvait consulter les plans et obtenir tout renseignement utile. La réalisation de deux cassettes vidéo et des journées portes ouvertes ont également fait mieux connaître l'ouvrage à la population genevoise.



Fig. 6. - Organisation «compacte» du chantier: travaux d'excavation suivis du bouclier, du dispositif de bétonnage et de la fermeture de la fouille. Le trafic est maintenu sur les deux trottoirs et sur une partie de la chaussée avec une voie provisoire du tram.

(Photo Zschokke.)

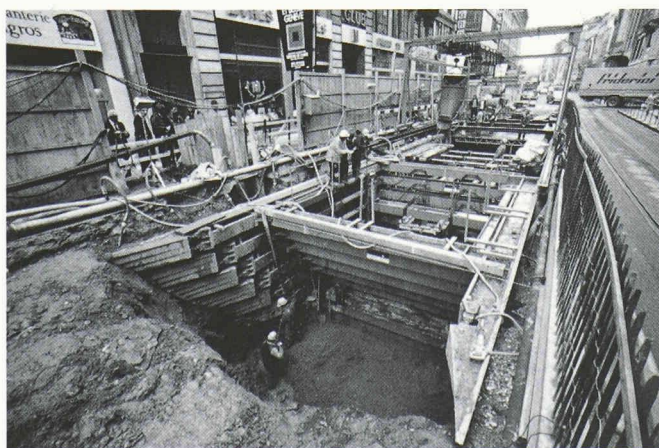


Fig. 7. - Bouclier Walbröhl à lances horizontales.

(Photo Zschokke.)

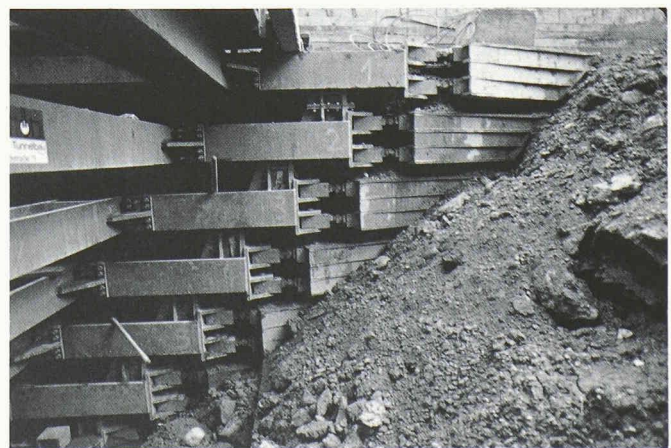
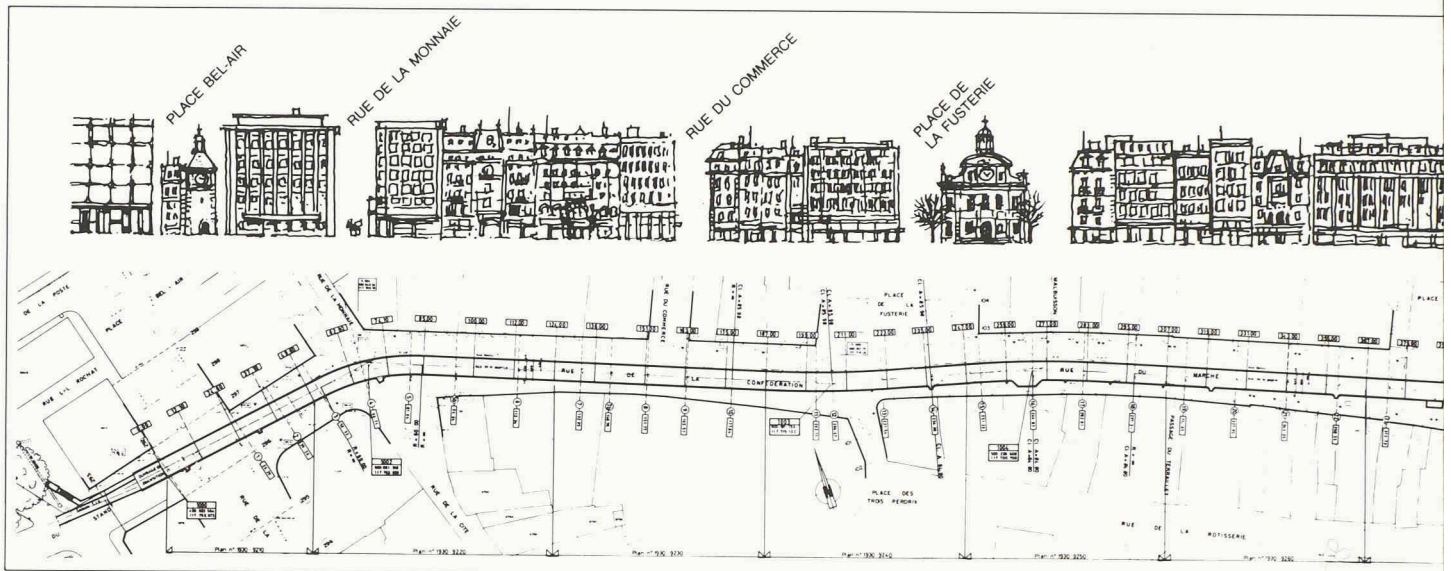


Fig. 8. - Bouclier Walbröhl à lances horizontales, détail.

(Photo Zschokke.)



Archéologie

Des siècles durant, les Rues-Basses, bordant le pied de la colline de Saint-Pierre, ont joué un rôle important dans le développement de la ville de Genève [1]². Les places Longemalle, Molard et Fusterie, reliées par les Rues-Basses, étaient jadis des ports. Les fouilles du chantier de la galerie ont ainsi mis au jour différents vestiges, dont il sera question plus loin.

L'aménagement de la zone piétonnière

L'espace traité, s'étendant sur un hectare et demi, comprend des zones d'achats, des zones de trafic, des zones de contact et de détente ainsi que des zones de végétation. Un mobilier urbain spécialement conçu fait partie de son agencement.

Le revêtement de surface est constitué de pierre naturelle et son dessin évoque la Genève du début du XVIII^e siècle, telle qu'on la connaît par le plan cadastral au 1/240^e, dessiné par Jean-Michel Billon en 1726 [2].

Les avantages des matériaux retenus, le granit (11000 m²) et le porphyre (4000 m²), sont la résistance à l'usure, les qualités esthétiques, le confort et la sécurité. L'aire de circulation des piétons est recouverte de dalles à surface antidérapante, épaisses de 8 cm pour une largeur de 15, 25 ou 35 cm, leur longueur étant variable.

La composition du revêtement reprend le tracé de l'ancien cadastre et fait apparaître l'emplacement des maisons, le dessin des alignements, la division parcellaire et la position des allées et des portes d'entrée (fig. 9). Les murs des anciennes maisons sont représen-

tés par des dalles en porphyre sombre, les dalles de granit jaune bouchardées figurent l'intérieur des immeubles et les allées, les dalles de granit rose flammees l'extérieur des maisons. Une incrustation métallique signale des « itinéraires conseillés » pour les piétons.

Les allées du tram sont revêtues de pavés de porphyre rouge dont l'inconfort délibéré doit dissuader les piétons

de s'attarder dans cette zone dangereuse. La séparation entre zone de circulation du tram et zone des piétons est matérialisée par des bordures chanfreinées facilitant la traversée avec des poussettes et des voitures de handicapés. Le long de la voie, des poutres de doussier font partie du dispositif antivibratoire. Enfin, aux arrêts du tram, des bordures hautes de 15 cm facilitent l'accès aux véhicules.

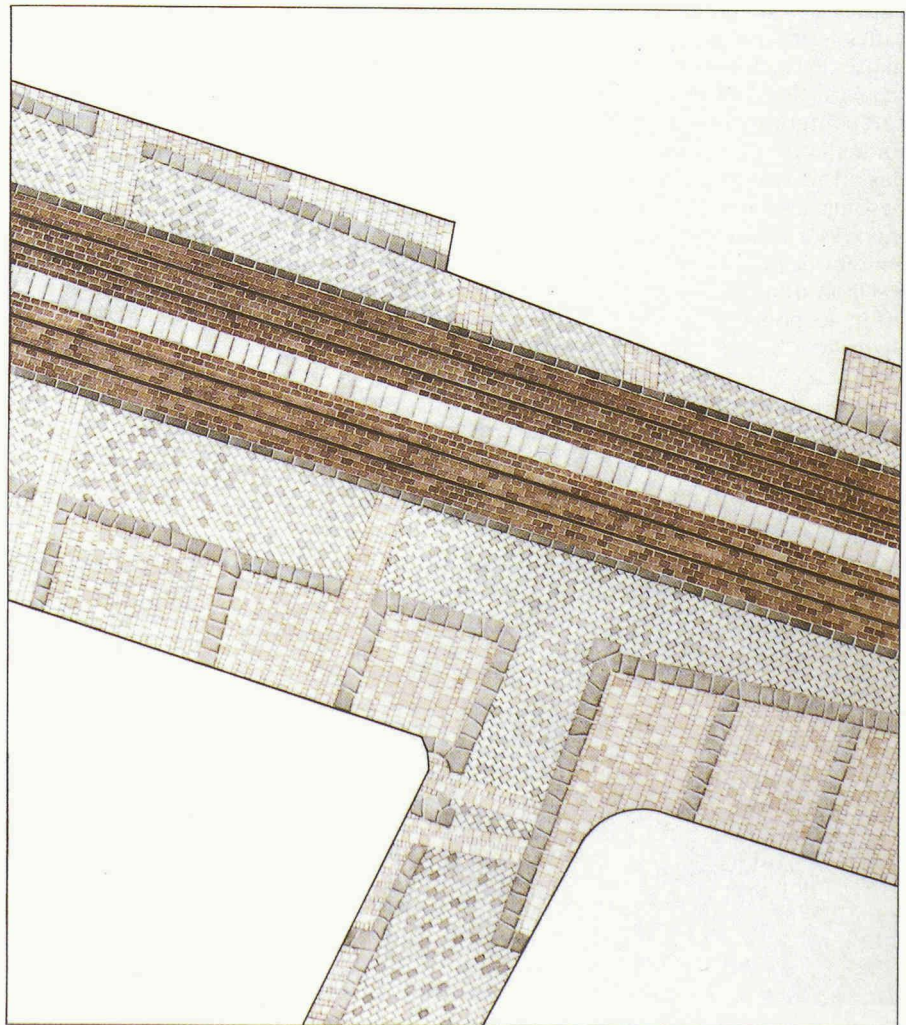
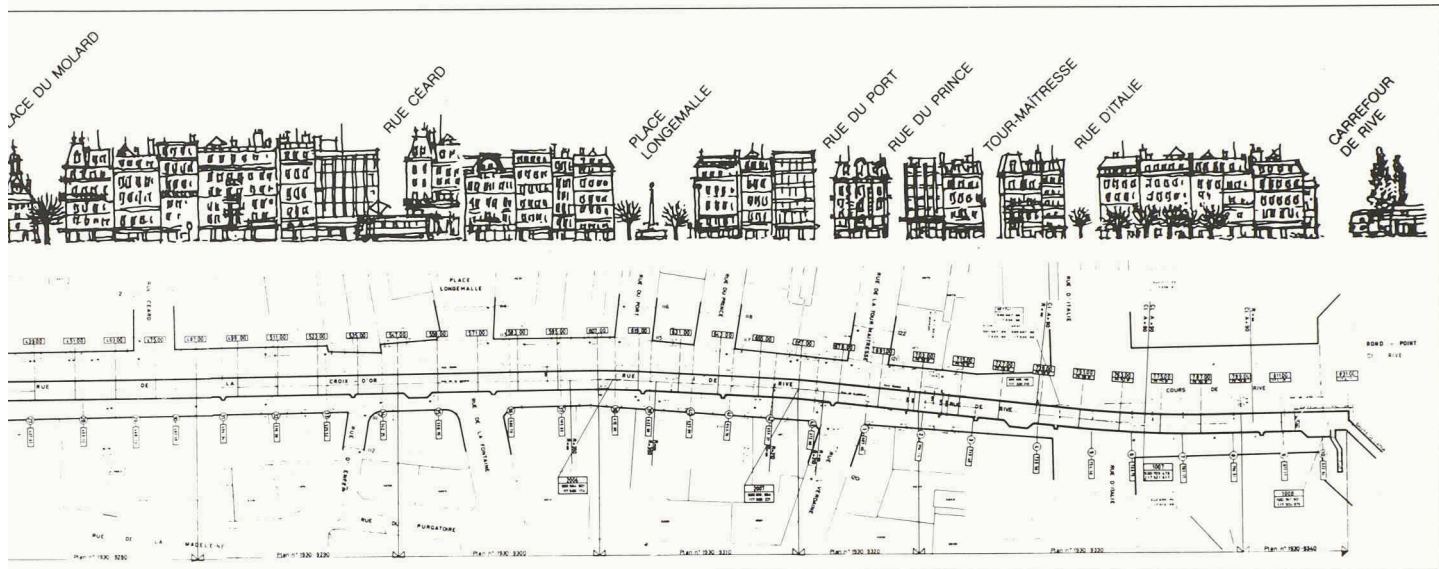


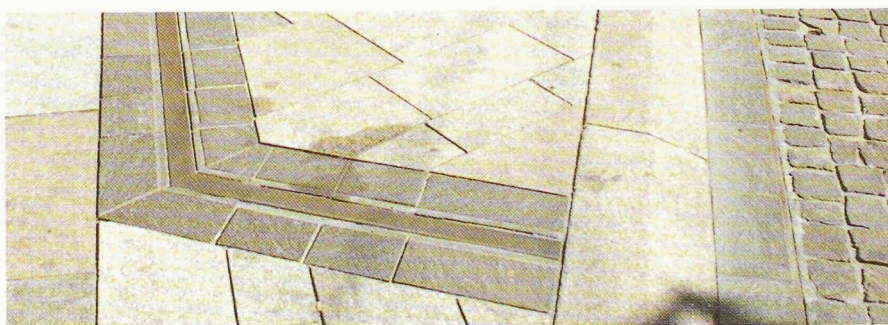
Fig. 9. – Revêtement de surface de la zone piétonnière, détail.

² Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.



Pour ce qui est du mobilier urbain, on a renoncé au « faux vieux ». Les réverbères sont constitués de tubes de métal sur des socle en pierre, qui supportent, en le cerclant, un globe de verre. Les socles peuvent être agrémentés de bacs à fleurs ou de bancs. L'aménagement de la zone piétonnière est l'œuvre des architectes Alain Carlier, Janos Farago et Marc Vatré.

Pierre Boskovitz



Nous remercions MM. M. Enderlin et M. Mercier d'avoir mis à notre disposition le texte constituant le chapitre qui suit.

Rédaction

Tronçon réalisé en tunnel³

Mode d'exécution

Le tronçon est rectiligne, avec une longueur de 49,60 m et une hauteur de couverture très faible, puisqu'elle varie de 2,50 à 1,30 m. Il a été réalisé à l'aide d'un bouclier rectangulaire rigide, équipé d'une jupe de 3,0 m de longueur. L'avancement du bouclier s'effectuait par vérinage en prenant appui sur la partie de galerie déjà réalisée. L'excavation du terrain, à l'intérieur du bouclier, a été menée en parallèle avec l'avancement, en gardant toujours le couteau fiché dans le terrain en place. Le bétonnage de la section définitive de la galerie a été exécuté par étapes de 2,50 m de longueur, à l'abri du blindage constitué par la jupe du bouclier.

D'autre part, il convient de remarquer que la lubrification a été faite à l'aide d'un coulis de bentonite biodégradable pour éviter un colmatage du terrain, et donc une modification des conditions d'écoulement de la nappe phréatique. La vue en plan et le profil type du tronçon réalisé en tunnel sont donnés dans les figures 10 et 11.

Géotechnique

Les formations rencontrées sont essentiellement des remblais jusqu'à une profondeur variant de 2 à 4 m, puis des terrains supraglaciaires de retrait würmien. Ces derniers sont composés principalement de limon et de limon sableux ou argileux mous et peu consolidés : ils constituent des terrains médiocres de fondation.

Sur le tronçon considéré, le remblai est très hétérogène : il est constitué de limon sableux et graveleux avec des débris de briques. A plusieurs endroits, les fondations des anciennes fortifications de la ville (murs en moellons ou en pierres appareillées) ont été rencontrées dans l'épaisseur du remblai.

Sous cette couche, on rencontre des limons sableux ocre puis des limons argileux gris, de consistance ferme à dure, plastiques, finement varvés avec du limon, sporadiquement avec du sable fin.

La limite supérieure des limons gris est nettement marquée ; elle se situe dans le tiers supérieur de la section de la galerie (fig. 11 et 12).

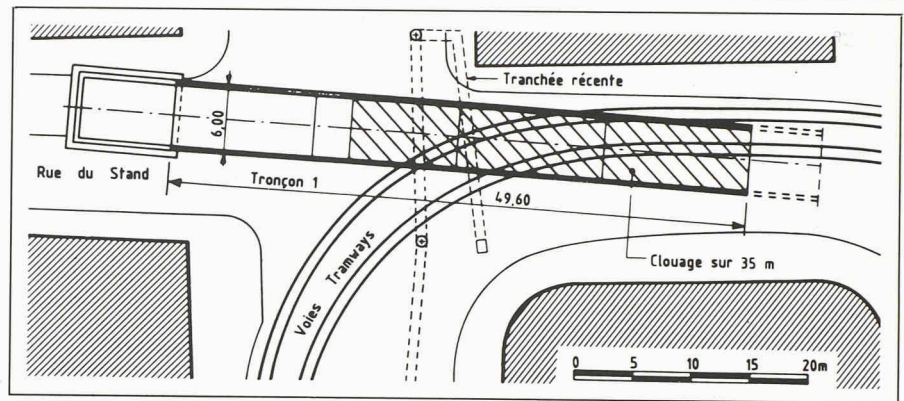


Fig. 10. – Tronçon réalisé en tunnel, vue en plan.

La nappe phréatique s'écoule en direction du lac avec un gradient inférieur à 1% sur la couche étanche formée par des limons argileux. Le débit de percolation est très faible.

Les travaux d'excavation de ces limons argileux, qui ont une bonne tenue, n'ont pas posé de problèmes. Seul un captage direct des eaux au front d'attaque a dû être réalisé pour éviter le ramollissement et la perte de portance de ces terrains de fondation.

Stabilité des terrains de couverture

La stabilité du terrain de couverture au front d'attaque (2,50 à 1,30 m d'épaisseur) devait être assurée, sur ce tronçon, pendant toute la durée du chantier, compte tenu de la présence, sur l'emprise de la galerie, de deux voies de tramway en service, ainsi que du passage des trolleybus et de la circulation privée.

La nature de ces terrains, constitués de remblais hétérogènes, rendait le problème particulièrement délicat à traiter. Il est encore à noter que les interventions depuis la surface de la chaussée étaient très limitées dans le temps

(interruption nocturne des transports publics).

Plusieurs variantes ont été étudiées, des points de vue tant technique qu'économique. Deux types de solutions peuvent être distingués :

- le report des charges (tram, trafic) de part et d'autre de la galerie, à l'aide de structures porteuses (pont, portiques)
- la consolidation du terrain (remblai) de manière à améliorer ses caractéristiques et à le rendre apte à supporter par lui-même les charges des trams et du trafic.

C'est une solution du second type (clouage) qui a été retenue et exécutée.

Consolidation du terrain de couverture

Description du projet

Un clouage du sol sur l'emprise de la galerie a été réalisé sur une longueur de 35 m (fig. 10). Cette consolidation du remblai a consisté à créer, au-dessus de la galerie, une structure réticulaire tridimensionnelle au moyen de

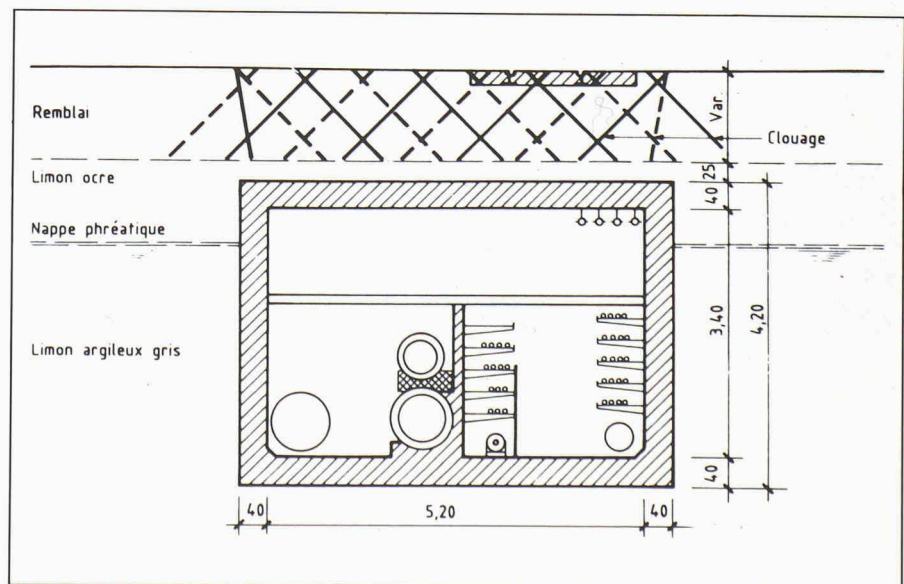


Fig. 11. – Tronçon réalisé en tunnel, profil type.

³Extrait des comptes rendus du Congrès international « Grands ouvrages en souterrain », Florence, 8-11 juin 1986.

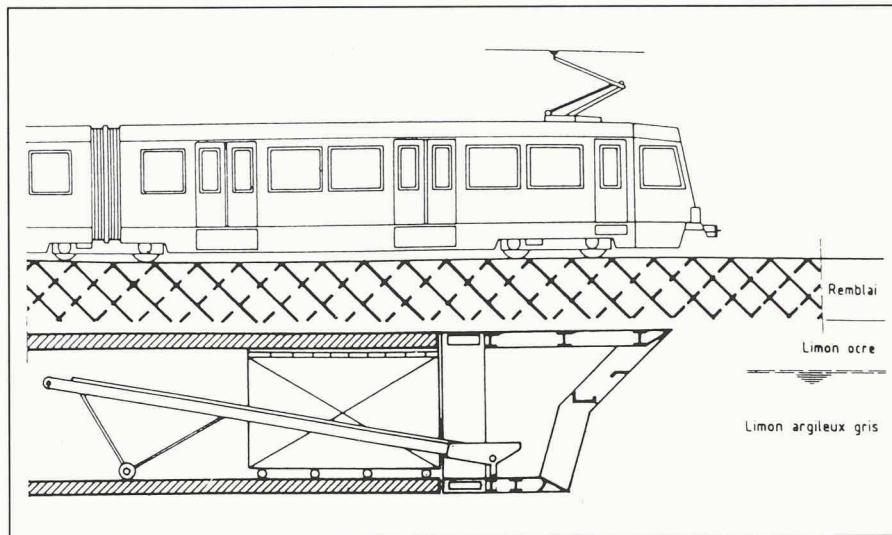


Fig. 12. - Tronçon réalisé en tunnel, coupe longitudinale.

375 barres d'acier de 20 mm, scellées dans le remblai par un coulis de ciment.

Les barres ont été disposées, comme indiqué à la figure 13, dans des plans formant un angle de $\pm 45^\circ$ par rapport à la verticale.

Les barres situées aux bords extérieurs de la galerie créent le confinement latéral; elles sont inclinées à 45° sur la verticale avec un angle de 10° par rapport à l'axe de la galerie.

Les travaux ont été exécutés pendant quatre semaines entre minuit et 5 heures du matin, durant l'interruption nocturne des transports publics.

La composition et les caractéristiques du coulis étaient les suivantes:

- composition:
- eau: 800 l
- ciment: 560 kg
- bentonite: 40 kg
- silicate: 17 l

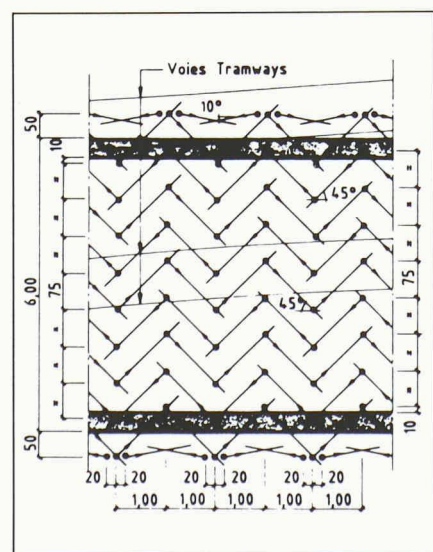


Fig. 13. - Tronçon réalisé en tunnel, consolidation du terrain de couverture par clouage, vue partielle en plan.

- caractéristiques:
- décantation à 2 h: 0
- ressuage à 2 h: 1,2%
- résistance à 7 jours: 22 bar
- résistance à 28 jours: 45 bar.

Le silicate dosé à 3% était mis en place lors de l'élaboration du coulis en tant qu'accélérateur de prise. Dans le cas d'une absorption importante de coulis, il était prévu d'ajouter 6 à 9% de silicate en tête de forage pour former un coulis rigidifié.

Pendant la première nuit, après le forage des trous en diamètre 114 mm, la barre d'acier de 20 mm était mise en place et le forage injecté à faible pression (0,5 à 1,0 bar).

La deuxième nuit, tous les forages étaient inspectés pour détecter d'éventuelles pertes de coulis. Le cas échéant, l'injection de bourrage était reprise. L'emploi de silicate a permis de diminuer le temps de prise du coulis, de manière à éviter un ramollissement et une perte de structure du terrain en place, afin aussi de supporter les charges du trafic pendant la journée.

Fonctionnement

Bien que difficile à évaluer quantitativement, la consolidation du terrain par clouage apparaît qualitativement comme un élément permettant d'améliorer les caractéristiques du terrain en place.

Le clouage augmente la sécurité en regard des deux phénomènes d'instabilité susceptibles de se produire.

1. Le glissement total ou partiel au front d'attaque

Dans ce cas, la sécurité peut être appréhendée par les méthodes de calcul semi-empiriques développées pour les pentes clouées [3]. Pour se prémunir contre ce risque, il aurait été suffisant de prévoir des « clous » situés dans des plans parallèles, recoupant les surfaces potentielles de glissement.

2. Rupture du terrain par effondrement au-dessus du front d'attaque
- Dans ce cas, la forme de la surface de rupture (entonnoir) impose de créer une structure réticulaire tridimensionnelle. L'espacement des barres doit être suffisamment faible pour intéresser l'ensemble du volume de terrain à consolider.

Les caractéristiques mécaniques du terrain sont artificiellement améliorées par la création d'une pseudo-cohésion résultant de la résistance des barres d'armature et du coulis d'enrobage.

Compte tenu des conditions particulières de ce projet, une rupture par effondrement était plus à craindre qu'une instabilité générale du front d'attaque. Cela a conduit à traiter uniquement le terrain de couverture.

Déroulement des travaux

Lors de la construction de la galerie, deux incidents concernant le comportement du terrain de couverture sont survenus.

1. Un entonnoir s'est formé, 5 m avant la zone traitée par clouage. Cet incident, qui n'a heureusement pas eu de répercussions sur le trafic, montre bien la nécessité d'un traitement du terrain de couverture. Dans toute la zone traitée, aucun signe d'instabilité n'est apparu.
2. Un bouclier a entraîné le terrain de couverture d'une tranchée récemment remblayée. Ce phénomène, dû à un manque de butée du matériau de remblayage de la tranchée, a provoqué un bourrelet à l'avant et une dépression à l'arrière du bouclier. En conséquence, les voies du tramway se sont tassées d'environ 12 cm. Trois recalages successifs ont dû être effectués pendant le passage du bouclier dans cette zone.

Le clouage du sol a empêché tout éboulement, mais il n'a pas créé une structure suffisamment rigide pour éviter un entraînement du terrain par le bouclier.

Conclusions

Cet exemple montre que l'utilisation du clouage permet d'améliorer les caractéristiques mécaniques des sols, même dans le cas de terrains très hétérogènes.

La stabilité du terrain de couverture de la galerie a ainsi pu être assurée pendant tout le déroulement du chantier. Enfin, notons que ce procédé de consolidation est souple, rapide à mettre en œuvre et que, dans le cas particulier, il était le plus économique.

M. Enderlin et M. Mercier
Bonnard & Gardel
ingénieurs-conseils SA
Genève

Nous remercions M. Gérard Deuber d'avoir accepté de rédiger le chapitre qui suit.

Rédaction

L'archéologie des Rues-Basses et la galerie technique⁴

La découverte du rivage antique remonte au début de ce siècle, à l'époque où le tissu urbain, hérité du Moyen Age, disparaît au profit des immeubles de rapport qui donnent aux Rues-Basses leur configuration actuelle. Dès 1906, B. Reber et, plus tard, L. Blondel tracent les grandes lignes de l'évolution des ports et des quais à la genèse de la vocation commerciale de l'axe Rive-Bel-Air. La liaison entre l'oppidum et les rives du lac a fait l'objet, en 1977, à travers l'étude exhaustive que Ch. Bonnet consacre à la Madeleine, d'une première synthèse mettant en valeur la permanence du site comme lieu de culte en même temps que son intérêt économique évident. Si les découvertes récentes effectuées lors de la construction de la galerie technique confirment les idées généralement acquises, elles affinent considérablement la perception d'une évolution monumentale et complexe, grâce à l'apport de techniques nouvelles (fouilles archéologiques systématiques, dendrochronologie, palynologie).

Les vestiges les plus anciens, retrouvés au bas de la rue de la Fontaine, regroupent les restes fragmentaires d'une vingtaine d'individus (hommes, femmes, enfants), parmi lesquels cinq portent à la base du crâne des traces de traumatisme : témoignages vraisemblables de rites sacrificiels, attestés par les auteurs antiques, et reconnus dans plusieurs sites du nord de l'Europe. La statue de chêne d'une divinité tutélaire celtique, découverte en 1898 non loin de là, signale peut-être la présence, à proximité, d'un lieu de culte ou d'une aire funéraire. Le port protohistorique (123-105 av. J.-C.) occupait une crique, en contrebas de l'église de la Madeleine, dans le prolongement de la place Longemalle. Cette phase d'occupation est caractérisée par l'implantation de milliers de pieux qui consolidaient les berges de la crique et supportaient les pontons servant de débarcadère (fig. 14).

A ce port « gaulois » succède, peu avant l'an 47 de notre ère, un nouvel établissement romain, matérialisé par une puissante digue, reconnue sur plus de 200 m de long, constituée de blocs erratiques et réglée par des aligne-

ments de pieux profondément ancrés dans le sous-sol limoneux. Un bâtiment construit en colombages et en torchis ainsi que des aires de stockage s'alignaient en bordure du quai.

A partir du Bas-Empire, l'évolution du site est caractérisée par un déplacement progressif du port en direction du nord, sur toute l'étendue de la place Longemalle jusqu'au port au bois du XIX^e siècle et à l'actuel pont du Mont-Blanc. Simultanément, et en tranches parallèles, s'effectue, à partir de la Riparia, l'occupation de la ville basse, entre le couvent des Cordeliers de Rive et le pont du Rhône, sur l'île.

Cette évolution, proposée à travers une lecture critique du plan Billon (1726), a pu être confrontée en détail avec les découvertes archéologiques sur un long segment de la galerie et dans trois axes perpendiculaires : rue d'Enfer, rue de la Fontaine et rue Verdaine. A l'angle de la rue de la Croix-d'Or et de Longemalle, le quartier de la porte d'Yvoire, nouveau lieu du pouvoir que viennent occuper l'évêque et les familles patriciennes, sera longtemps le pivot entre la circulation est-ouest et celle qui descend de la ville haute vers le port. Cet espace en perpétuelle mutation sera limité par la construction de digues (charmurs) confortant chaque avance sur le plan d'eau et recevant les nouvelles constructions ainsi que le nouveau cheminement de rive, indispensable au halage.

Les résultats de trois ans de recherches archéologiques, extrêmement fructueuses, n'ont certainement pas été entièrement exploités. Mais d'ores et déjà, certaines conclusions s'imposent qui modifient considérablement les

conceptions jusqu'alors acquises du développement urbain de Genève. D'une part, sur la rive gauche, l'antériorité d'une activité humaine sur la vieille ville a été très sérieusement mise en doute, les vestiges retrouvés dans les Rues-Basses précédant de près d'un siècle ceux attestés sur l'oppidum. D'autre part, une nouvelle interprétation de l'urbanisation des Rues-Basses a été esquissée : son embryon aux XI^e et XII^e siècles est le flanc nord de la colline et il englobe la Rôtisserie. Ce n'est que plus tard que sera occupée la dépression du Bourg-de-Four dans les limites de la rue Verdaine et de celle du Vieux-Collège.

Mais il faudra peut-être sous peu remettre à nouveau en doute nos certitudes puisque, sur la rive droite, à Saint-Gervais, un établissement en cours de fouilles livre, pour la première fois à Genève, des vestiges en place, remontant au 5^e millénaire.

Gérard Deuber
Service cantonal d'archéologie
Genève

Bibliographie

- [1] BEERLI, CONRAD ANDRÉ : *Rues-Basses et Molard : Genève du XIII^e au XX^e siècle : les gens, leur quartier, leurs maisons*. Genève, Georg, 1983. - 704 p.
- [2] VASILJEVIC, SLOBODAN M. : « Les grands traceurs de plans », *IAS* 114 (1988) 4, pp. 39-49 + dépliant en annexe.
- [3] Colloque international : Renforcement en place des sols et des roches, Paris, octobre 1984



Fig. 14. - Extrémité du ponton du port protohistorique (vers 123 av. J.-C.).

(Photo J.-B. Sevette.)

⁴Voir aussi : « Les premiers ports de Genève », par Ch. Bonnet et al., dans : *Archéologie suisse*, 12 (1989) 1, pp. 2-24.

Les Services industriels de Genève

Etablissement autonome de droit public au capital de 100 millions de francs, les Services industriels de Genève (SIG) emploient 1350 personnes. Leur activité consiste à fournir dans le canton l'eau, le gaz, l'électricité et l'énergie thermique du chauffage à distance.

Le service des eaux

Le service des eaux est chargé de fournir en permanence une eau potable de qualité irréprochable, en quantité suffisante, à une pression adéquate et à un prix raisonnable. Pour 80% de l'approvisionnement, l'eau fournie provient du Léman (un réservoir naturel de 89 milliards de m³), pour 20% de la nappe phréatique. Dans le lac, la prise d'eau est située à une profondeur de 35 à

40 m, relevée de quelques mètres par rapport au fond pour éviter d'entraîner de la vase. L'eau du lac est traitée pour éliminer les particules en suspension (argiles, limons, organismes planctoniques), les matières organiques et les bactéries (fig. 1). La nappe phréatique pompée est principalement celle de l'Arve (fig. 2 et 3). Protégée des pollutions par une couche de moraine étanche, elle fournit une eau pure. Le

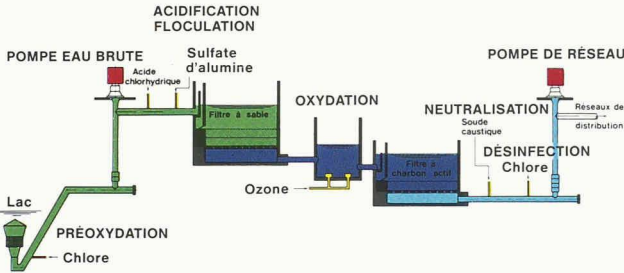
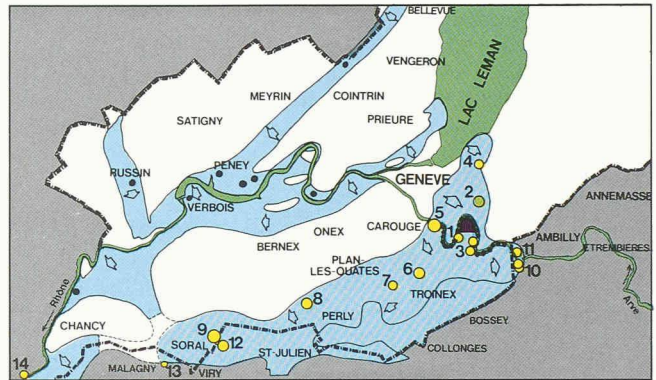


Fig. 1. - Schéma du traitement de l'eau du lac.



- Services industriels de Genève
1. Bout-du-Monde
 2. La Florence
 3. L'Arve
 4. Frontenex
 5. Carouge
 6. Troinex
 7. Saconnex-d'Arve
 8. Perly
 9. Soral
- En France :
10. Veyrier (Annemasse)
 11. Les Vernes (Gaillard)
 12. Crâche (Saint-Julien)
 13. Veigy (Viry)
 14. Malagny (Nappe du Rhône)
- Nappes souterraines profondes
 - direction des écoulements dans le sol.
 - Principales stations de pompage des eaux souterraines.
 - ▨ Aire d'alimentation naturelle par infiltration de l'eau de l'Arve.
 - ▩ Aire réservée pour la réalimentation artificielle.

Fig. 2. - Carte des nappes souterraines et installations de pompage des eaux de la nappe de l'Arve.

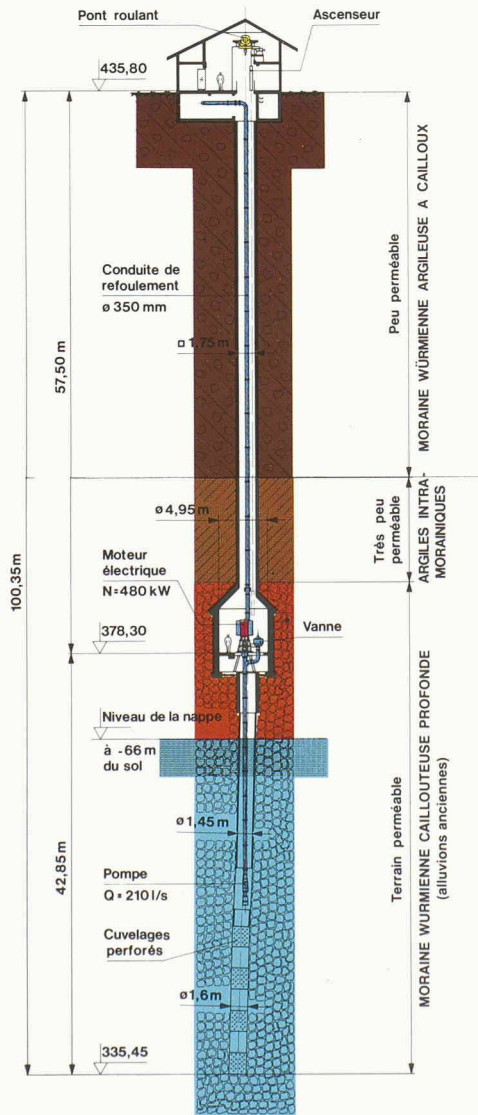
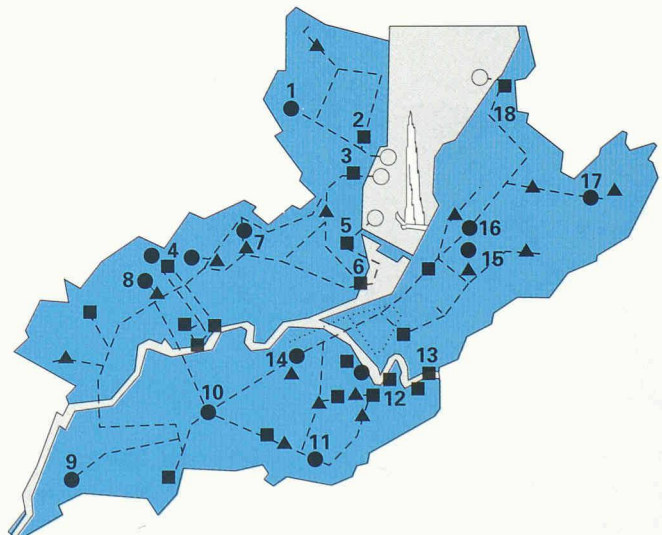


Fig. 3. - Station de pompage.



- 1 Réservoir de Bossy
 - 2 Station de filtration de Bellevue
 - 3* Station de filtration du Vengeron
 - 4 Réservoirs du Cern
 - 5 Station de filtration du Prieuré
 - 6 Usine de pompage de la Coulouvrenière
 - 7 Réservoir de La Planta
 - 8 Réservoir de Chouilly
 - 9 Réservoir du Cannelet
 - 10 Réservoirs de Bernex
 - 11 Réservoir de Landey
 - 12 Réservoir de Pinchat
 - 13** Station de réalimentation de la nappe phréatique de Vessy
 - 14 Réservoirs de La Bâtie
 - 15 Réservoir des Hauts-Crêts
 - 16 Réservoir de Bessinge
 - 17 Réservoir de Jussy
 - 18 Station de filtration d'Anières
- Réservoirs
 - Stations de pompage et de filtration ou de pompage dans la nappe phréatique
 - ▲ Relais de pompage
 - Conduites principales
 - ▨ Régions desservies
 - * Propriétaire FIPOI, Exploitant SIG
 - ** Propriétaire ETAT DE GENEVE, Exploitant SIG

Fig. 4. - Principales installations du service des eaux.

niveau de cette nappe est maintenu par une station de réalimentation artificielle à partir des eaux de l'Arve. Les principales installations du service des eaux sont la station de filtrage et de stérilisation du Prieuré et l'usine de pompage de la Coulouvrenière (mise en service en 1886). D'autres stations de pompage et de filtration, des réservoirs et des relais de pompage complètent l'équipement d'un réseau long de 1200 km (fig. 4). Les conduites de transport (230 km) ont un diamètre de 300 à 1200 mm, celles de distribution (970 km) de 100 à 250 mm. La pression maximale à disposition dans le réseau de distribution est de 15 bar. Les 38 000 branchements du canton ont une longueur totale de 350 km, leur diamètre varie entre 20 et 200 mm. La consommation d'eau est en moyenne de 500 l par jour et par habitant avec de fortes variations saisonnières.

Le service du gaz

Depuis 1977, le gaz distribué est du gaz naturel provenant des Pays-Bas et de la mer du Nord. Il est acheminé par le gazoduc sous-lacustre de la société

Gaznat à trois postes de détente et de comptage. Le transport local se fait à partir d'un réseau à haute pression (1 à 5 bar) qui alimente un réseau moyenne pression (0,05 à 1 bar) alimentant à son tour les stations de réglage de quartier qui fournissent le gaz au réseau basse pression d'utilisation à 22 millibar. La longueur du réseau est de 700 km (fig. 5).

Le chauffage à distance

20 000 habitants du canton bénéficient du chauffage à distance auquel sont raccordés les Cités du Lignon et d'Avanchet-Parc, Palexpo et quelques autres secteurs. La chaleur nécessaire au chauffage des bâtiments et à la production d'eau chaude provient d'une chaufferie centrale fonctionnant au gaz naturel ainsi que d'une centrale solaire. La distribution de la chaleur est assurée par un réseau de 15 km de longueur. L'eau circule dans les tuyauteries à une température de 130/70°C.

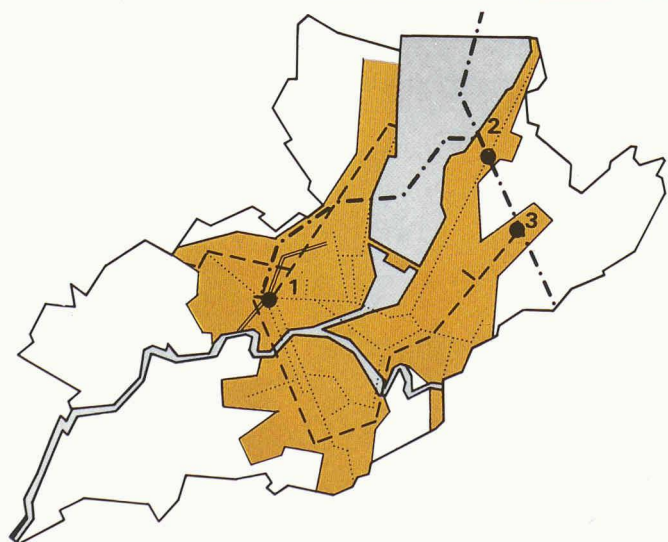
Le service d'électricité

L'énergie électrique provient pour 40% de centres de production locaux et pour

60% de l'extérieur du canton. Le réseau compte 3000 km de lignes aériennes ou souterraines. La tension de 220 kV des lignes aériennes de la société Energie de l'Ouest-Suisse SA est transformée à 130 kV dans les postes de Verbois et de Foretaille. Ce courant est transporté par lignes aériennes et câbles souterrains jusqu'à des sous-stations où la tension est réduite à 18 kV. De là, le courant est distribué dans plus d'un millier de cabines de quartier pour y être transformé à 220/380 V, tension normale d'utilisation. Pour des raisons de sécurité et de souplesse d'exploitation, les sous-stations et les cabines sont reliées entre elles et constituent ainsi un réseau maillé (fig. 6).

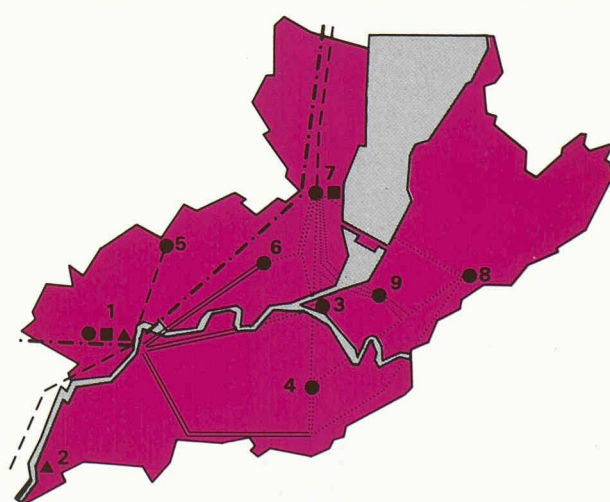
Consommation

En 1988, les 363 000 habitants du canton de Genève ont consommé 2200 GWh d'énergie électrique, plus de 58 millions de m³ d'eau et 937 GWh de gaz. En dix ans, la consommation d'énergie électrique par habitant a augmenté de 38%, celle de l'eau de 16% et celle du gaz de 162%.



- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 Usine à gaz Le Lignon | --- Gazoduc Gaznat |
| 2 Station de la Gabiule | - - - Conduite de très haute pression pression 1-5 bar |
| 3 Station de Choulex | Conduite de moyenne pression pression 0,05-1 bar |
| == Conduites chauffage à distance | |
| ■ Régions desservies | |

Fig. 5. - Principales installations du service du gaz.



- | | |
|---|--|
| 1 Usine hydro-électrique de Verbois | ■ Régions desservies |
| 2* Usine hydro-électrique de Chancy-Pougny | * Propriété: SA des forces motrices de Chancy-Pougny |
| 3 Sous-station et centre technique du Stand | ▲ Centrales hydrauliques |
| 4 Sous-station de la Praille | ■ Postes 220/130 kV |
| 5 Sous-station du CERN | ● Sous-stations 130/18 kV |
| 6 Sous-station de la Renfile | --- Lignes aériennes 220 kV |
| 7 Sous-station de la Foretaille | == Lignes aériennes 130 kV |
| 8 Sous-station de Chêne | Câbles 130 kV |
| 9 Sous-station des Casemates | |

Fig. 6. - Principales installations du service d'électricité.

Le système des égouts du canton de Genève

Le réseau des canalisations comprend :

- un réseau primaire cantonal d'une longueur totale de 120 km, géré par le Département des travaux publics
- un réseau secondaire communal
- des raccordements privés.

La transformation du système unitaire en système séparatif (séparation des eaux pluviales et des eaux usées) est en voie de réalisation.

Afin d'alléger la charge des stations d'épuration, les égouts sont régulièrement nettoyés par des machines à haute pression et contrôlés par des caméras fixées sur des chariots. Les sacs d'eau répartis le long des chaussées sont nettoyés par des aspirateurs. Le collecteur posé dans la galerie technique des Rues-Basses relève du réseau secondaire et fonctionne encore selon le principe unitaire, mais l'emplacement y est réservé pour une seconde conduite en vue de l'introduction ultérieure, dans ce secteur aussi, du système séparatif.

La figure 7 indique le réseau primaire des canalisations, la vingtaine de stations d'épuration du canton et leurs bassins versants respectifs.

Les Transports publics genevois

Les Transports publics genevois (TPG) desservent une zone habitée par 96% de la population du canton (364 000 sur 380 000, en 1989). Celle-ci effectue en moyenne, sur les moyens de transports exploités par les TPG, 268 déplacements par habitant et par année.

Le réseau comprend 39 lignes d'une longueur totale de 320 km et il est parcouru par 362 convois.

- trams : 2 lignes, 9 km, 5 motrices avec remorque et 46 motrices articulées ;
- trolleybus : 4 lignes, 34 km, 73 véhicules ;
- autobus : 19 lignes urbaines, 136 km, 14 lignes de campagne, 142 km, 116 autobus simples, 122 autobus articulés.

Le parc de véhicules offre plus de 50 000 places-voitures.

Les convois parcourent 14,2 millions de km par année, dont les trams assurent à eux seuls 2 millions (trolleybus : 3,2 millions, autobus : 9 millions). En 1989, les TPG ont transporté 97,5 millions de voyageurs, soit 10% de plus que l'année précédente (en moyenne, 267 000 voyageurs par jour). Les lignes urbaines absorbent 94% des voyageurs, celles de campagne 6% seulement.

La ligne de tram N° 12, concernée de près par les travaux de la galerie technique des Rues-Basses, constitue la colonne vertébrale du réseau des TPG. Longue de 8,5 km, elle est entièrement exploitée avec des motrices articulées à plancher bas. Le tram 12, circulant toutes les 4 minutes, transporte à lui seul 49 000 voyageurs par jour, soit 18 millions par année, ce qui représente 18,5% du total des voyageurs. Les TPG emploient 1300 personnes.

Les télécommunications à Genève

Siège de nombreuses institutions internationales et centre économique important, Genève dispose de l'un des réseaux de télécommunications les plus denses et les plus actifs au monde. La Direction d'arrondissement des

télécommunications (DAT) exploite 35 centraux téléphoniques de commutation, 2 centraux interurbains et internationaux, 2 centraux télex et un réseau de câbles long de 1,8 million de kilomètres-fils, ainsi qu'un réseau de transmission par faisceaux hertziens pour la téléphonie, la radio et la télévision.

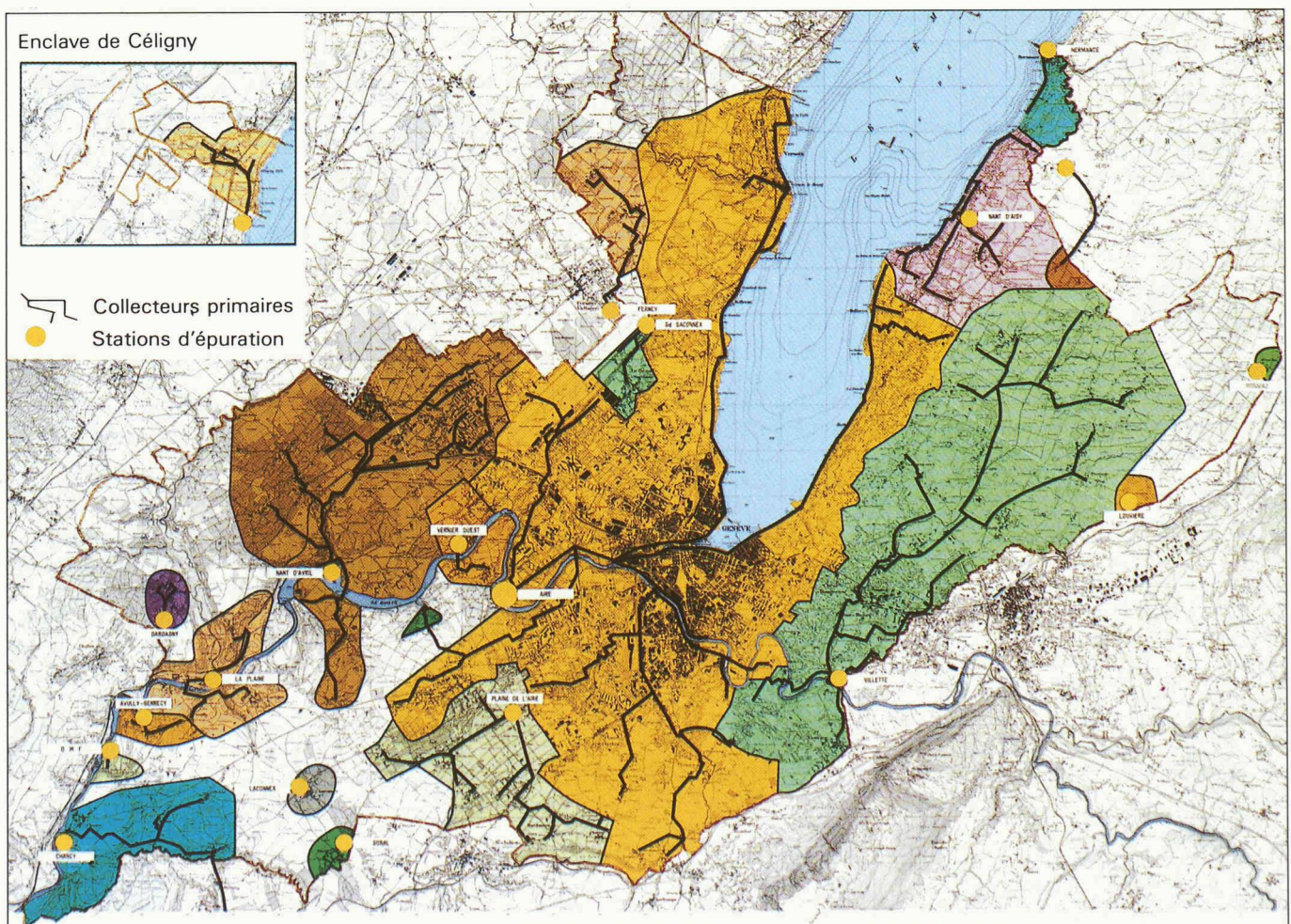


Fig. 7. - Réseau primaire des canalisations, stations d'épuration et leurs bassins versants respectifs dans le canton de Genève.