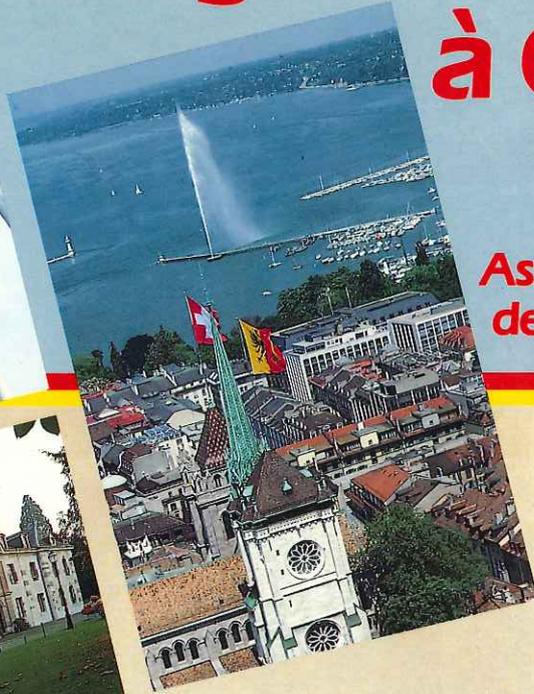
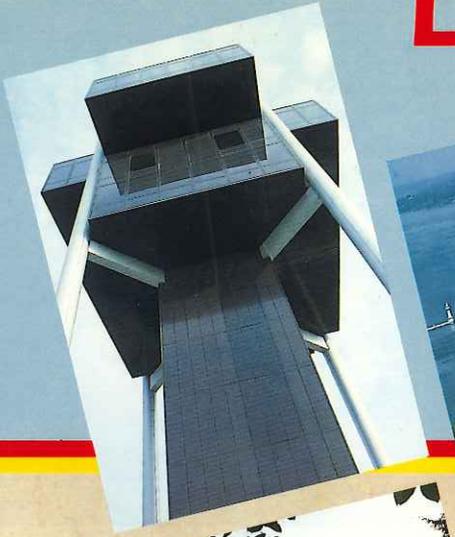
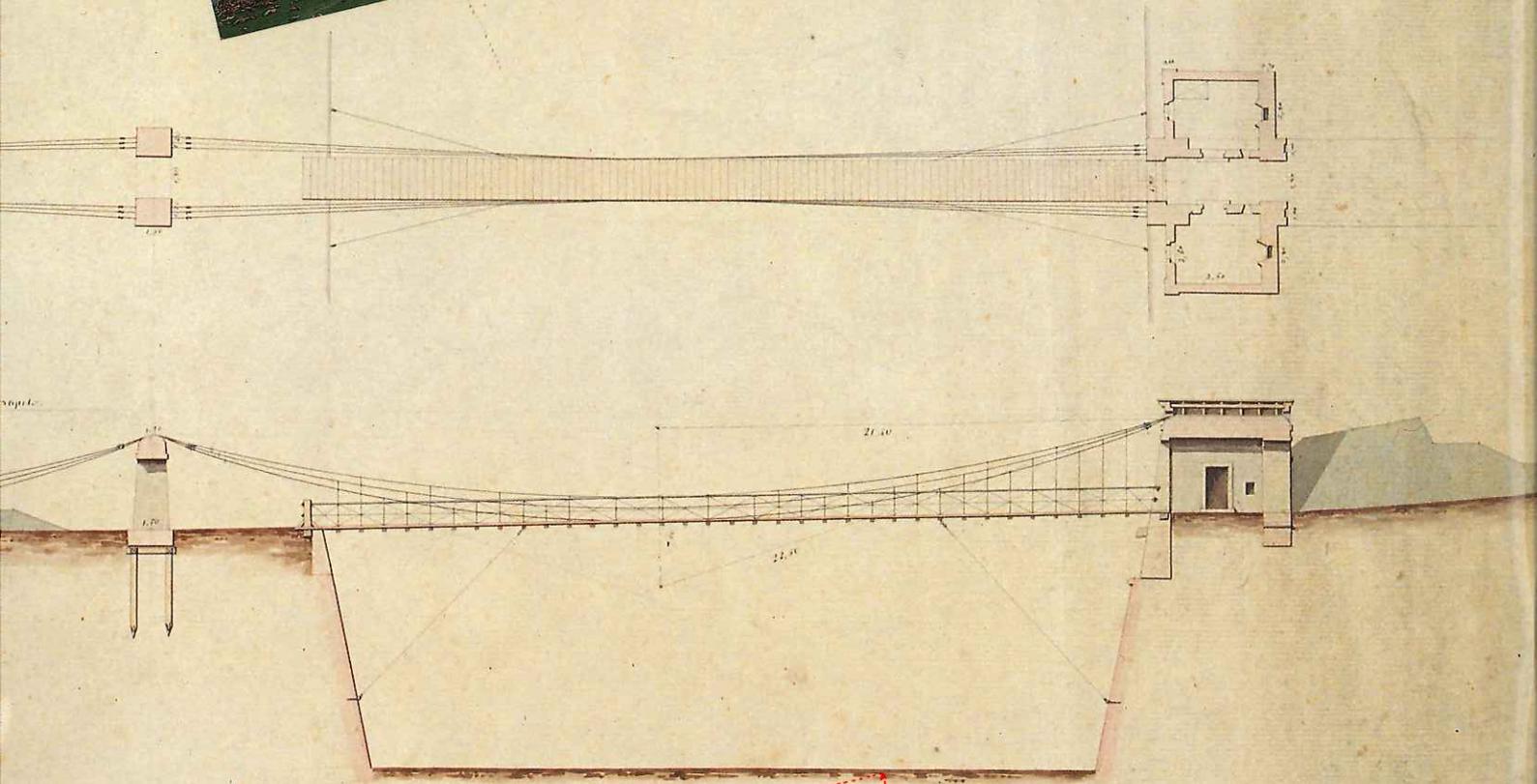


L'ingénieur civil à Genève

Association genevoise
des ingénieurs



pour S. St.



De 30 Mètres

*est été le premier qui ait
sur le Continent. C'est le
l'épave de tous les autres.*



Le L. Colonel du Génie

G. St. Dufour

L'ingénieur civil
à Genève

L'ingénieur civil à Genève

*"car, de tous les actes,
le plus complet
c'est de construire"*
Paul Valéry

Préface de M. Eric Choisy

Ouvrage réalisé par un groupe de travail
de l'Association Genevoise des Ingénieurs
composé de
Pierre Milleret
Pierre-L. Mouchet
Georges A. Steinmann
Pierre Tremblet

AGI, Association Genevoise des Ingénieurs

Table des matières

1. Préface	3
2. Les techniques	9
2.1 Le bois	11
2.2 La maçonnerie	13
Le pisé	13
Les murs de pierre sèche	13
La maçonnerie hourdée au mortier	14
2.3 Le fer	17
2.4 Le béton armé	21
2.5 Le béton précontraint	23
2.6 L'eau	25
L'eau potable	25
L'eau, source d'énergie	28
Les canalisations	31
2.7 La stabilité et la résistance des matériaux	33
La statique	34
La résistance des matériaux	36
2.8 Les fondations, les sols et la géotechnique	37
2.9 La préfabrication	45
2.10 Les voies de communication	49
2.11 La rénovation	54
3. Les ouvrages	57
3.1 L'eau	57
L'hydraulique appliquée à Genève	57
L'hydraulique appliquée - Chronologie	66
3.2 Les ponts	67
Généralités	67
Aperçu historique du développement des ponts à Genève	70
Les ponts disparus et les projets de G.-H. Dufour	74
Les ponts du XIX ^e siècle	79
Les ponts de la première moitié du XX ^e siècle	84
Les ponts de la deuxième moitié du XX ^e siècle	88
Les ponts du futur	100
3.3 Les bâtiments	103
Les bâtiments d'habitation	103
Les bâtiments administratifs	109
Les bâtiments industriels	112
Les bâtiments publics	114
Les bâtiments spécialisés	121
3.4 Le génie civil	125
Les tunnels, galeries et tranchées	126
Les parkings	132
Les voies de communication	134
Liste des membres AGI	137
Crédit des illustrations	139
Remerciements	140

Avertissement

Lors de l'assemblée générale de l'Association Genevoise des Ingénieurs AGI, au printemps 1986, il est décidé d'établir un «TECHNIGUIDE» sur le modèle de «l'ARCHIGUIDE» conçu par l'Association Genevoise des Architectes AGA. A cet effet, une commission composée de MM. P. Milleret, G. A. Steinmann et P. Tremblet est désignée. Elle commence ses travaux à la mi-avril 1986 et présente à la réunion AGI de l'été un budget basé sur la nomenclature d'une liste d'ouvrages retenus par elle, afin d'illustrer les constructions conçues et exécutées par l'ingénieur civil. Dès lors, les études, recherches et projets de rédaction sont entrepris. Ces documents conduisent à concevoir un livre composé de deux parties, dont la première expose les techniques et contient des illustrations spécifiques. La deuxième comprend les ouvrages dont le choix est basé sur le critère d'une contribution aux développements des conceptions constructives, des techniques d'exécution et de l'utilisation des matériaux. Dès la décision d'articuler l'ouvrage en deux parties, le groupe de travail a demandé la collaboration de P.-L. Mouchet et un quatuor parfaitement soudé et efficace a accompli l'ensemble du travail de recherches, d'études et de rédaction. Il a décidé de désigner le résultat de son travail sous le titre «L'INGENIEUR CIVIL A GENEVE».

Ce livre est le fruit d'un travail en commun réalisé avec enthousiasme et passion pour notre profession d'ingénieur civil. Des lacunes peuvent exister et des critiques pourront être faites. Il est suggéré dès maintenant une nouvelle édition revue, corrigée et augmentée, le cas échéant, avec la collaboration d'autres spécialistes.

Genève, juillet 1989.

Les auteurs.

1. Préface



C'est au cours de la longue période de l'Homo habilis que l'on voit apparaître les premières constructions, des abris en os de mammouth. Il y a ainsi un million d'années que l'homme est un bâtisseur.

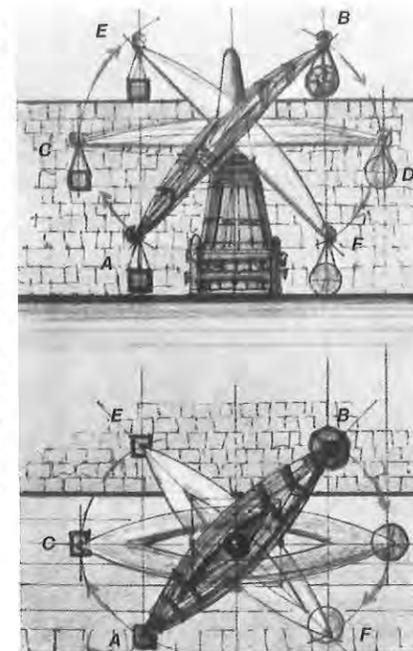
L'histoire de la construction a été marquée par quelques faits générateurs d'étapes essentielles comme l'emploi universel de la voûte clavée par les Romains, dès le III^e siècle avant J.-C., ou l'utilisation du béton armé, né vers le milieu du siècle passé.

Aujourd'hui, pour réaliser les ouvrages dont nous avons besoin, les constructeurs disposent d'une grande richesse de moyens qui font l'objet de la présente publication.

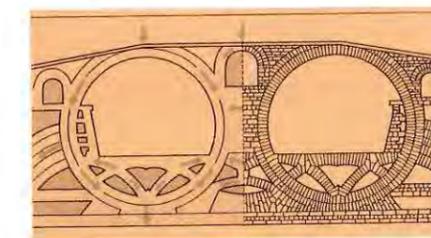
Il faut être reconnaissant à l'Association Genevoise des Ingénieurs (AGI) d'avoir pris la peine de faire mieux connaître la profession d'ingénieur civil dont les travaux, contrairement à ceux des autres branches de la technique, sont toujours liés au sol et modifient donc, parfois profondément, notre environnement naturel.

Les constructeurs font appel actuellement à une gamme étendue de matériaux, leurs chantiers disposent de machines et d'installations

«Machine à balancier»
des Egyptiens pour
le levage et la mise en
place de blocs.
Reconstitution établie par
A. P. Carpiceci sur
la base du récit d'Hé-
rodote d'Halicarnasse
(historien grec, 485/484
à 425 avant J.-C.) dans
Histoires, livre II,
Euterpe, chap. 125.
La «machine», faite de
poutres en bois et de
troncs de palmiers, est
l'ancêtre d'il y a 5000
ans des grues modernes
de construction. Elle
comprend un mât verti-
cal et une flèche tour-
nante et basculante
dirigée par des cordages.



Le pont Fabricius exécuté en 62 avant J.-C. relie la rive gauche du Tibre à l'île Tiberina, à Rome. Il porte le nom du consul Lucius Fabricius gravé sur le parement des arches (ouverture 24,50 m en plein-cintre, en service aujourd'hui encore).



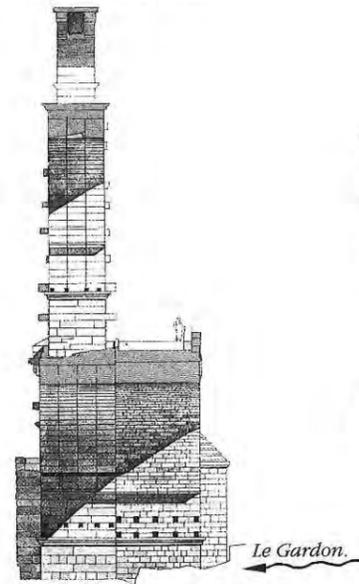
Coupe longitudinale reconstituée montrant l'arc cylindrique fermé dont le tiers inférieur constitue la fondation et la protection contre l'affouillement ou érosion du lit du fleuve.

Le pont du Gard, élément essentiel de l'aqueduc alimentant en eau la cité de Nîmes «Colonia Augusta Nemausus», construit sous le règne de l'empereur Auguste sur décision de Agrippa, gouverneur de la Narbonnaise vers 20 à 16 avant J.-C. La longueur de l'aqueduc est de 50 km depuis les sources d'Uzès jusqu'à Nîmes avec une dénivellation de 17 m, soit une pente moyenne de 34 cm par km. Débit moyen de 30 à 40'000 m³ par jour (max. 80'000 m³) pour une ville de 80'000 habitants.

Le pont, vraisemblablement construit en 19 av. J.-C., comprend 3 étages, le dernier contenant la cunette de l'aqueduc. Longueur totale env. 275 m., hauteur maximum sur fondation env. 49 m. Maçonnerie de pierre naturelle «en grand appareil» monté à sec. Ouverture maximum de l'arche sur le Gardon 24,50 m. En 1743-1747, un pont-route est accolé à l'amont, oeuvre de H. Pitot. Une restauration soignée et complète a été réalisée par les architectes C. A. Questel et C. J. Laisné sous Napoléon III, grâce à l'intervention enthousiaste de l'écrivain Prosper Mérimée.

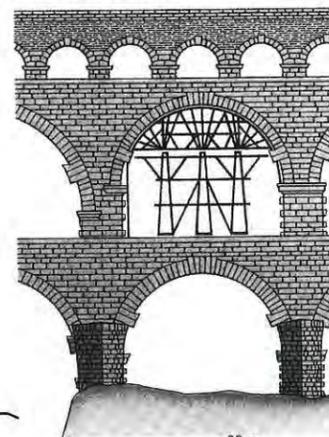
Lors d'une visite, J.-J. Rousseau écrit dans «Les Confessions», livre sixième, «Je parcourus les trois étages de ce superbe édifice que le respect m'empêchoit presque d'oser fouler sous mes pieds... Je sentois tout en me faisant petit, je ne sais quoi qui m'élevoit l'âme, et je me disois en soupirant que ne suis-je né Romain! Je restai là plusieurs heures dans une contemplation ravissante».

Coupe transversale.

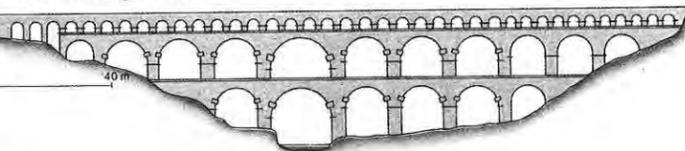


Rome 16 av. J.-C. XVIII^e siècle 1747

Elévation (détail).



Elévation générale.



perfectionnées, leurs méthodes de calcul ne cessent de s'affiner, permettant, dans des conditions toujours meilleures, cette conquête de l'espace par l'homme que constitue la construction.

En guise de préface au véritable petit «TRAITE DE LA CONSTRUCTION» soumis au public, il convient de consacrer quelques lignes à l'esthétique des objets techniques réalisés par les ingénieurs civils, sachant bien que, dans ce domaine, il n'y a pas de vérité absolue...

Deux exemples sont caractéristiques. L'un est fort proche de nous, puisqu'il s'agit des «ponts en fil de fer» de G.-H. Dufour, ancêtres des ponts suspendus qui, grâce notamment aux travaux du Suisse O. Ammann allaient atteindre de très grandes dimensions.

Dès le début, Dufour fit remarquer l'élégance des ponts de ce type, due à la forme de la courbe funiculaire, parfaitement rationnelle pour cet usage.



Le 15 mars 1889.

Un autre exemple est celui de la Tour Eiffel qui, lors de sa construction, donna lieu à de violentes protestations signées par nombre d'artistes et de littérateurs.

Eiffel y répondit par une lettre célèbre dont voici quelques passages:

«La tour aura sa beauté propre. Parce que nous sommes des ingénieurs, croit-on que la beauté ne nous préoccupe pas dans nos constructions et qu'en même temps que nous faisons solide et durable, nous ne nous efforçons pas de faire élégant? Le premier principe de l'esthétique architecturale est que les lignes essentielles d'un monument soient déterminées par la parfaite appropriation à sa destination.»

«Les conditions de la force sont les conditions secrètes de l'harmonie.»

Il est piquant de constater que bien des signataires des protestations de 1887 n'ont guère laissé de traces, tandis que la tour continue de marquer la silhouette de la ville. Bien mieux, alors que pendant la nuit elle pourrait disparaître de



La tour Eiffel, exécutée de janvier 1887 au 31 mars 1889 pour l'Exposition universelle de Paris 1889, par Gustave Eiffel (1832-1923) sur un avant-projet de E. Nouguier et M. Koechlin concernant «un pylône de 300 mètres de hauteur».

Dessin fait à Paris le 6 juin 1884 par Maurice Koechlin (ingénieur suisse, 1856-1946, diplômé de l'Ecole polytechnique fédérale de Zürich en 1877), montrant l'élévation de la structure, le plan en esquisse et la comparaison en hauteur avec le cumul des ouvrages suivants: Notre-Dame de Paris, la statue de la Liberté à New York, la colonne Vendôme, l'Arc de Triomphe de l'Etoile, la stèle du génie de la Bastille, l'obélisque de la Concorde et un immeuble de six étages (dessin 53 x 73 cm aux archives EPFZ).

Le 20 avril 1887.





Centre de recherches médicales de Genève, dit «La Tulipe»

Lieu: rue de la Roseraie.
 Maître de l'ouvrage: Fondation de Recherches Médicales Suisses.
 Ingénieur: P.-H. Béguin et C. Huguenin.
 Architecte: J. V. Bertoli.
 Entreprise: Cuénod SA (entreprise générale).
 Réalisation: 1975-1976.
 Description: centre de recherches médicales de 5 étages et 1 sous-sol; surface d'env. 441 m²; env. 12'300 m³ SIA.
 Particularités: structure en béton armé (coffrage brut sans retouche) et béton précontraint.



la vue, la ville de Paris l'a dotée d'un éclairage superbe qui la rend encore plus frappante que de jour.

Aujourd'hui, ce ne sont plus les constructions métalliques qui s'imposent et éveillent des critiques, mais avant tout le béton, car il joue un rôle déterminant dans la construction.

La facilité de sa fabrication, puis de sa mise en œuvre, sa plasticité, le rendent apte à tous les types de construction, à tel point qu'il est devenu le symbole de notre civilisation, pris souvent dans un sens péjoratif.

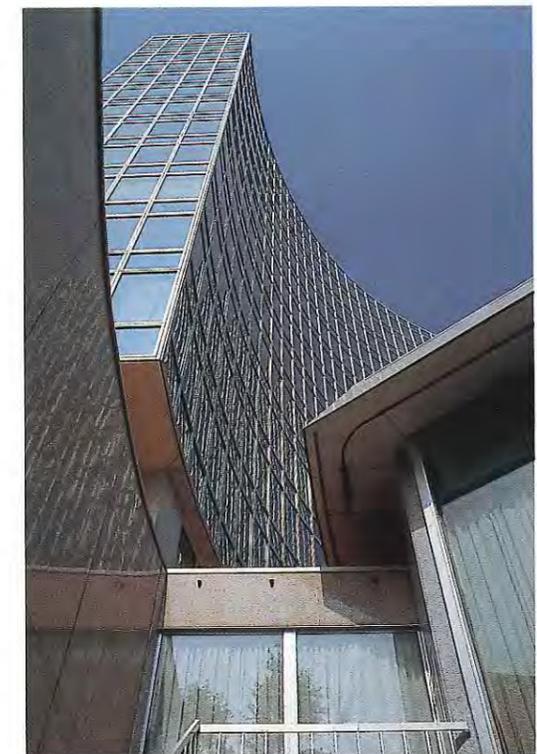
Le fameux slogan «bétonner la campagne» devrait, pour ceux qui s'en servent, entraîner la condamnation définitive d'une route ou d'un pont, alors qu'il ne s'agit là que d'une preuve de plus du danger des formules mises au service d'idées préconçues. C'est d'ailleurs une tendance qui se généralise, confondant le légitime souci écologique avec la critique systématique de notre temps, à tel point qu'on peut se demander si, en Suisse, dans l'atmosphère actuelle, des réalisations d'envergure nationale sont encore possibles.

Les moyens de communication pour lesquels le béton est un matériau en tout point approprié constituent des actes civilisateurs qu'on ne saurait condamner par la considération de la surface de terrain qu'ils utilisent, oubliant que si l'homme a besoin d'agriculture, les transports lui sont aussi nécessaires.

Il faut d'ailleurs remarquer que si notre époque est très marquée par la technique, c'est en particulier le cas pour l'agriculture qui, grâce aux méthodes et matières mises actuellement à sa disposition, voit son rendement croître régulièrement et compenser ainsi la perte des terrains occupés par des constructions.

Depuis que l'homme construit, il porte atteinte à l'environnement, s'opposant depuis toujours à la philosophie immobiliste de certains écologistes.

Une autre critique fréquemment adressée aux constructions en béton concerne leur apparence jugée peu esthétique. Là aussi, il faut se garder des jugements sommaires parés de mots



Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle, 1978 (voir page 110).

Viaducs de Chillon

Lieu: auroroute du Léman RN9.
 Maître de l'ouvrage: Etat de Vaud, Département des travaux publics.
 Ingénieur: J.-Cl. Piguet, R. Hofer, M. Tappy.
 Entreprise: Consortium des Viaducs de Chillon P. Chapuisat - Dentan Frères SA.
 Réalisation: 1966-1969.
 Particularités: portiques en béton précontraint de 84 et 96 m de portée construits par avancement en encorbellement au moyen de voussoirs préfabriqués; piles constituées par deux lames en béton armé entre-axes 8,00 m; longueur totale 2120 m.



Fontaines des Tours de Carouge

Lieu: avenue Vibert, Carouge.
 Maître de l'ouvrage: Fondation HLM de la Ville de Carouge.
 Ingénieur: R. Perreten, A. Stévenin, P. Tremblet.
 Architecte: L. Archinard, G. Brera, A. Damay, J.-J. Mégevand, R. Schwartz, P. Waltenspühl, E. Barro.
 Réalisation: 1958-1965.

clinquants car, par sa plasticité même, le béton peut prendre toutes les formes voulues par le constructeur, aussi bien un barrage massif que la chapelle de Ronchamp ou un pont à la ligne particulièrement élégante.

L'apport du béton à l'art contemporain est considérable; des volumes entiers y ont été consacrés, montrant l'infinie variété des formes que ce matériau permet d'obtenir, souvent fort différentes des formes classiques, toujours reproduites.

Pendant que le béton armé, puis précontraint, mettait à la disposition des constructeurs des moyens nouveaux, les méthodes de calculs devenaient plus précises, permettant la réalisation d'ouvrages audacieux qui resteront autant de témoins de notre époque.

La civilisation de notre temps est profondément marquée par la technique. Il serait donc inconcevable que, parmi les constructions que nous laisserons aux générations suivantes, nombre d'entre elles ne soient pas à l'image de notre siècle.

La beauté d'une construction résulte de son adaptation à sa fonction, du choix judicieux des matériaux et de leur répartition conforme aux lois de la statique.

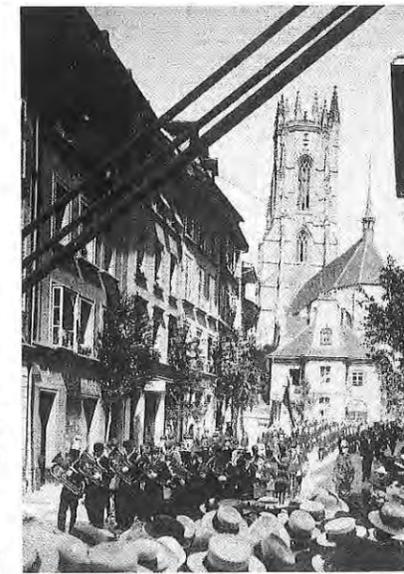
Aujourd'hui, les bâtisseurs sont plus proches des lignes pures de la géométrie qu'au début du siècle, où régnait le goût de l'ornementation.

Dans ce domaine, on ne peut que citer Platon, et ce sera notre conclusion:

Le beau est la splendeur du vrai.

ERIC CHOISY
 Dr h.c. Ingénieur EPFL/SIA

2. Les techniques



Photographie montrant les câbles passant au travers des maisons côté ville.

Extrait du plan de Chaley montrant le portique côté campagne et l'ancrage des câbles. La distance entre portique et ancrage par puits verticaux est de 53 m, ces derniers ayant une largeur de 1 m et une profondeur de 16 m. On distingue sur le plan, la passerelle de service également suspendue et enjambant la Sarine.



L'évolution de la construction à Genève s'est faite, comme dans toute l'Europe, en fonction des matériaux à la disposition des constructeurs et des techniques connues. Les pieux des lacustres pour leurs constructions en bois, la pierre taillée au début de notre ère et la maçonnerie plus ou moins appareillée pour les monuments et les bâtiments de prestige, le bois et le pisé pour les habitations modestes, l'acier au milieu et le béton armé à la fin du dix-neuvième siècle. Tous ces matériaux ont été utilisés en Europe aux mêmes époques. Si l'expression architecturale a varié d'une région à une autre, au gré de l'imagination des constructeurs, la technique utilisée pour chaque matériau était, et est encore, relativement très semblable partout.



Lithographie de Neubaus: «Le Grand Pont sur la Sarine à Fribourg dessiné par Fred. Perrot d'après les données et sous les yeux du constructeur». Pont suspendu de 273 m de portée (ouverture entre portiques: 265 m) construit de mars 1832 à octobre 1834 par Joseph Chaley, ingénieur français né à Ceyzérieu en 1795, mort à Tunis en 1861. Inauguré le 19 octobre 1834, il comprend huit câbles de 374 m de longueur, formés chacun de 528 fils de fer de 3 mm de diamètre. L'ouvrage a détenu pendant 125 ans le record de portée des ponts suspendus en Europe et a été remplacé, en 1924, par un viaduc en maçonnerie.

Genève et sa rade, 1986.



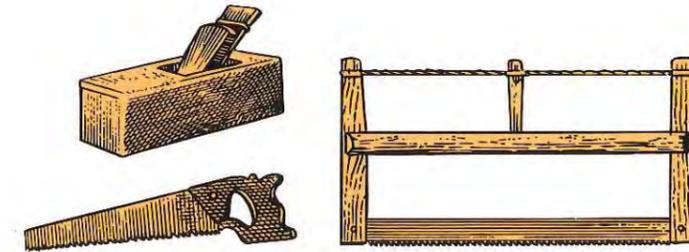
La présente brochure a pour but de faire un rapide survol des méthodes constructives utilisées à Genève, au cours des siècles, pour réaliser les bâtiments, les monuments et les ouvrages de génie civil ou militaires.

Pour simplifier notre exposé, nous avons choisi de traiter l'évolution de l'utilisation de chaque matériau et le développement des techniques.



Plan-relief de Genève en 1850 dit «Relief Magnin». Fait par Auguste Magnin (1842-1903).

2.1 Le bois



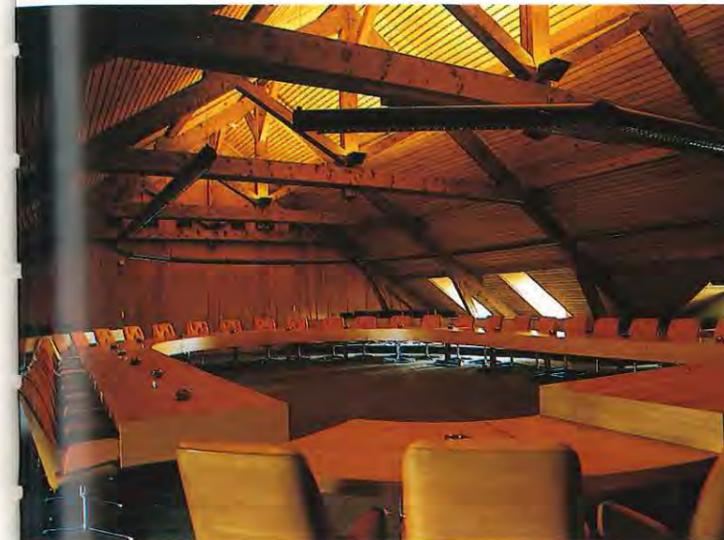
Ce matériau est utilisé depuis la préhistoire jusqu'à nos jours pour tous les éléments de la construction.

Les pieux de bois servent déjà dans l'Antiquité pour réaliser les fondations des ponts et celles des bâtiments sur les sols de faible consistance.

Tous les planchers des étages des immeubles, jusqu'au début du siècle, sont exécutés avec des poutres de sapin, chêne, etc.

Le bois a été, et est encore utilisé pour construire les charpentes des toitures et des clochers. Il est vraisemblable que les premiers assemblages ont été exécutés avec des poteaux fourchus et des pièces horizontales ou obliques attachées par des lianes ou des cordes. Par la suite, les tenons et les mortaises taillés aux extrémités des poutres sont reliés par des chevilles en bois jusque vers la fin du dix-neuvième siècle.

Dès le début du vingtième siècle, le fer fait son apparition sous forme de boulons pour remplacer les chevilles de bois, de tiges et de plaques à la place des tirants de bois dont les assemblages sont onéreux et difficiles à réaliser. Puis les anneaux métalliques sont utilisés pour transmettre les efforts dans les nœuds des structures. Vers la moitié du vingtième siècle, une révolution fondamentale intervient avec les planches clouées ou collées. Jusqu'à cette date, de grosses pièces de bois sont utilisées, seules ou assemblées, pour supporter les efforts des grandes charpentes et des ponts. Cette nouvelle technique consiste à assembler des planches par clouage ou collage pour créer les grosses sections que ces ouvrages requièrent. L'architecture des constructions en bois est fondamentalement modifiée grâce aux courbes réalisables avec cette méthode moderne. Les nouvelles théories



Mairie de Vernier

Lieu: route du Village 9, Vernier.

Maître de l'ouvrage: Commune de Vernier.

Ingénieur: G. A. Steinmann.

Architecte: V. et J. Malnati.

Entreprise: L. Maulini & Fils, Vernier (maçonnerie); R. Berner (charpente).

Réalisation: 1762, transformation en 1971/1972.

Description: bâtiment administratif de 2 étages sur rez et 1 sous-sol; structure en béton armé, maçonnerie, bois.

Particularités: aménagement des combles comme salle du Conseil au moyen d'une nouvelle charpente en bois sous la forme de cadres simples triangulaires avec tirant de base (dalle béton armé) et entrait, portée d'environ 16,00 m, hauteur environ 5,50 m.



de calcul, de plus en plus précises, permettent d'économiser le volume du bois utilisé en adaptant les sections aux sollicitations engendrées par l'action des charges.

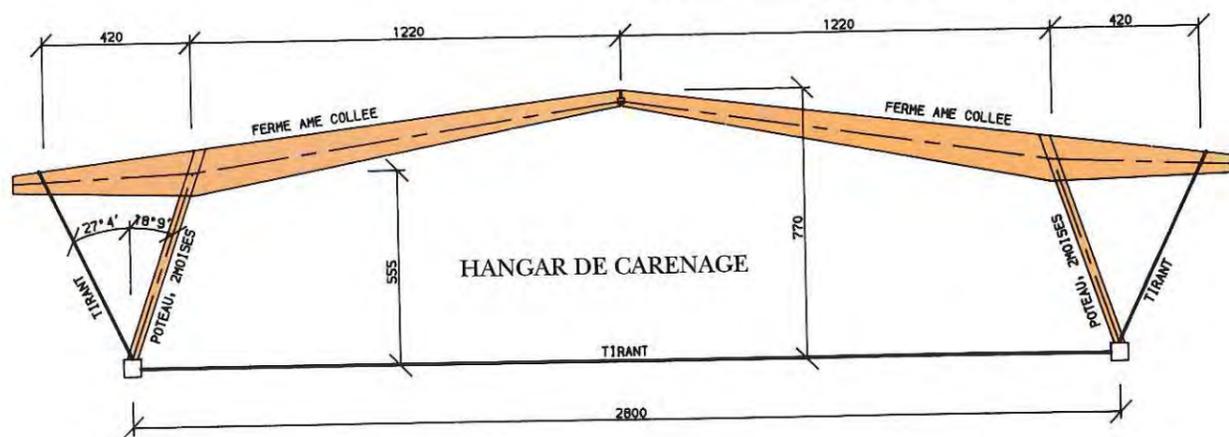


Halle des fêtes de l'Exposition Nationale, Lausanne, 1964.

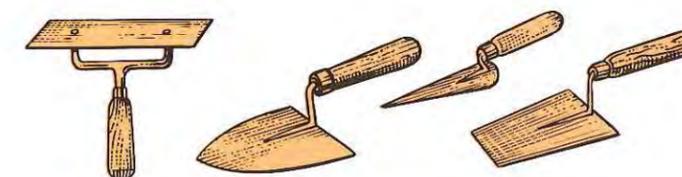
Lieu: Vidy, Lausanne.
Maître de l'ouvrage: Ville de Lausanne.
Ingénieur: R. Perreten + P. Milleret.
Architecte: A. Lozeron, M. Mozer, G. Châtelain, F. Martin, C. Michaillet.
Réalisation: 1964.
Particularités: salle à buts multiples d'environ 7000 m², sans poteaux; superstructure entièrement en bois.

Couvert pour bateaux de Corsier-Port

Maître de l'ouvrage: Le Carénage SA, Corsier-Port.
Ingénieur: R. Perreten + P. Milleret.
Architecte: R. Fleury + P. Collin.
Réalisation: 1963.
Particularités: couvert pour bateaux réalisé à l'aide de poutres en bois collé formant un arc à trois articulations.



2.2 La maçonnerie



La maçonnerie est généralement réalisée au moyen de deux types de matériaux: des éléments durs, relativement gros, et de formes diverses et d'un mortier constitué par du sable et un liant (chaux ou ciment) qui permet de créer des assises et de boucher les vides. Si le mortier est absent, on obtient des murs de pierre sèche.

Le pisé

A Genève se trouvent encore d'anciennes maisons campagnardes, avec un rez et un étage, réalisées en pisé. Leurs murs, relativement épais (50 à 60 cm), sont constitués par de la terre argileuse mélangée avec de la paille et un peu de chaux pour obtenir une certaine cohésion de la masse. Ce mélange est malaxé avec de l'eau pour former une pâte qui est mise en place entre des planches formant coffrage. Cette maçonnerie, très sensible aux intempéries, est revêtue d'un enduit de mortier de chaux.



Ferme de la campagne genevoise, à Vernier, construite en pisé.

Mur de la Treille, construit entre 1557 et 1713, restauré en 1937.



Les murs de pierre sèche

Ce type de maçonnerie est pratiquement inexistant à Genève, car il n'y a pas de carrières de roches stratifiées.



Mairie de Vernier.

Eglise de Notre-Dame (1850-1859)

Lieu: place des XXII-Cantons.

Ingénieur: C. Fol, A. Duchemin.

Architecte: J. Malnati.

Réalisation: 1850-1859; restauration en 1920, 1930-1936 et 1978-1985.

Particularités: cette église est l'un des meilleurs exemples connus de la renaissance gothique inspirée par Viollet-le-Duc. Lors des restaurations de 1920 et de 1930-36, les arcs-boutants sont reconstruits en béton et les pièces des façades et du clocher remplacées à l'aide de la pierre de Savonnière. Au cours de la dernière restauration (1978-85), les façades sont entièrement ravalées, les éléments défectueux remplacés (molasse et grès) et les arcs-boutants reconstruits en pierre de taille. Le toit est entièrement refait en ardoise d'Angers.



Hôtel de Ville, cour intérieure.
Construction en pierre et molasse.

La maçonnerie hourdée au mortier

Différents types de maçonnerie se distinguent et peuvent être classés suivant les éléments durs incorporés dans leur masse.

A Genève et environs se trouvent des matériaux très variables en dimension et en solidité. Ce sont principalement:

- les gros galets des alluvions de l'Arve;
- la molasse ou grès tendre ou mi-dur dont les bancs affleurent sous la terre végétale en de nombreuses carrières exploitées autrefois, même dans le lac;

- le calcaire dur de Meillerie de couleur gris-bleu foncé;
- le calcaire tendre du Jura et du Salève de couleur jaunâtre;
- l'argile bleue dont les gisements constituent une grande partie du sol de Genève et qui sert à la confection, par cuisson, de briques et de tuiles.

Tous ces matériaux sont utilisés avec du mortier à base de chaux depuis le début de la colonisation romaine jusqu'à nos jours. Le choix du matériau est dicté par de nombreux facteurs économiques tels que:

- le coût de l'extraction des blocs de pierre, très variable suivant la qualité de la roche;
- le transport de la carrière au chantier;
- la mise en place sur le chantier à l'aide des engins de levage;
- le prix de la main-d'œuvre et sa qualification;

D'autres critères de choix sont aussi pris en considération:

- le coût des bâtiments locatifs;
- la solidité des ouvrages militaires;
- l'esthétique des églises et bâtiments administratifs;
- la fortune des constructeurs.

Très fréquemment, le choix du matériau dépend de l'élément de construction à réaliser, par exemple:

- en calcaire dur: la façade-rue avec des encadrements de portes et de fenêtres et des cordons d'étage agrémentés ou pas de moulures; les murs en maçonnerie appareillée;

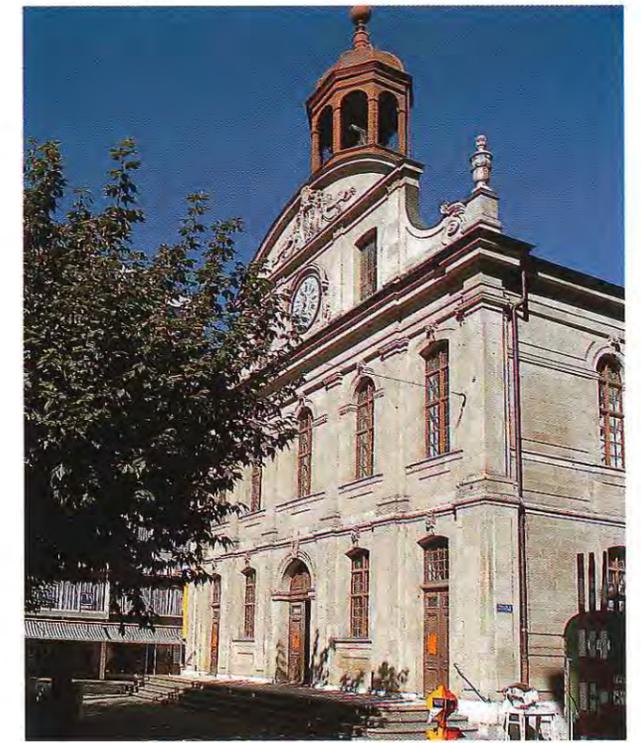
Temple de la Fusterie (1713)

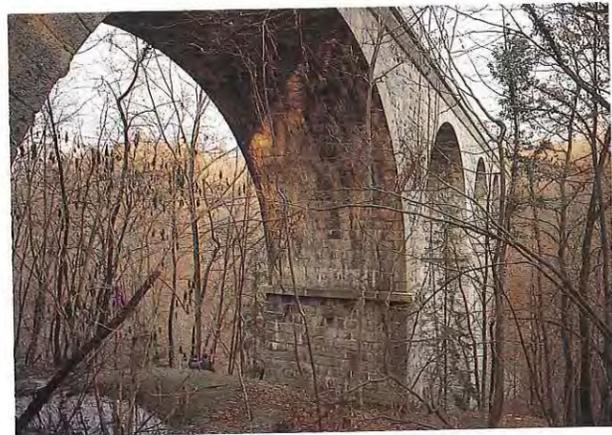
Il est actuellement le plus ancien édifice conçu pour la célébration du culte protestant.

L'extérieur du monument reflète la simplicité de l'intérieur. Seule la façade principale, côté rue du Marché, possède quelques ornements. Elle est surmontée d'un attique à fronton cintré qui lui donne une certaine importance.

L'intérieur subit une importante transformation en 1910 avec l'adjonction de boiseries et galerie; les orgues sont également agrandies. La dernière restauration date de 1975-1977, nécessitée par l'état catastrophique de l'immeuble: réfection de l'enveloppe extérieure, restauration de l'intérieur et rénovation des orgues.

Architecte: F. Schenk.





Viaduc du Nant-des-Cruets sur l'Eaumorte, 1876, (voir page 83).

– en molasse: la façade-cour réalisée en maçonnerie de boulets; les murs de refend ou mitoyens.

L'épaisseur des maçonneries pour une charge déterminée, poids propre et planchers, dépend de son mode d'exécution, c'est-à-dire de la forme des éléments durs et de la qualité du mortier. A charge égale, un mur de boulets de formes arrondies exige une épaisseur nettement supérieure à celle d'un mur de pierres de taille. Les assises planes de ces dernières répartissent mieux les contraintes de compression sur le mortier et assurent donc une plus grande solidité du mur.

Ce mode d'exécution très soigné permet de réserver de nombreuses fenêtres dans les façades et de réaliser de grands murs pour les églises et des ponts en pierres de taille, dont les parois latérales des blocs de pierre sont perpendiculaires aux efforts de compression.

L'invention des briques de terre cuite pleines, perforées ou alvéolées, permet de réduire le poids de la maçonnerie. Ces briques hourdées avec un mortier sont mises en œuvre avec des assises régulières et ont un bon coefficient thermique.

De façon très générale, les maçonneries sont enduites d'un crépissage pour protéger le mortier des joints, si les pierres ne sont pas taillées et soigneusement équarries.

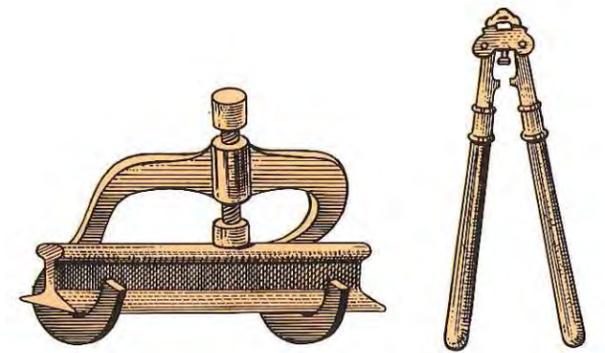


Cathédrale de Genève, détail de la nef.

Hôtel des Postes construit en 1890-1892 par John et Marc Camoletti. Importante transformation intérieure en 1944 par Adolphe Guyonnet.



2.3 Le fer



Jusqu'au début de l'ère industrielle, vers 1850, le fer n'est pas utilisé, si ce n'est sous forme de piliers en fonte.

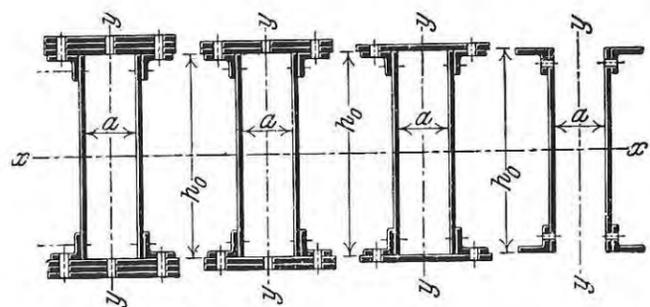
Avec l'invention des laminoirs et la transformation de la fonte en acier par l'élimination partielle du carbone, il est possible de réaliser des charpentes et des planchers avec des profilés métalliques en acier.

Pendant environ 80 ans, les assemblages des profilés sont exécutés avec des rivets, remplacés vers les années 1930, par la soudure à l'arc électrique ou au chalumeau oxyhydrique.

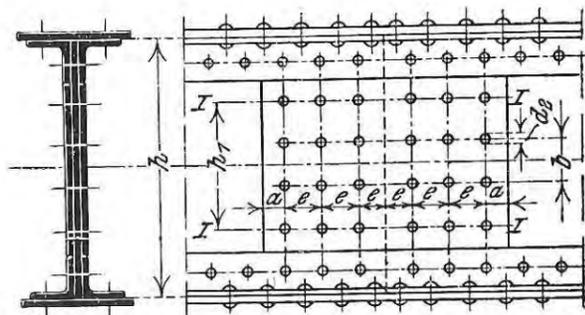
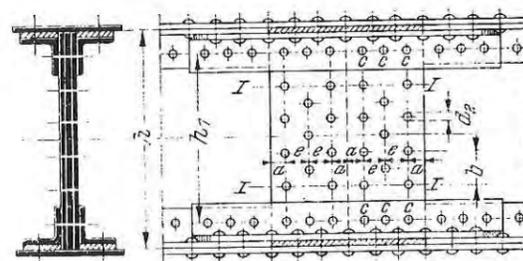
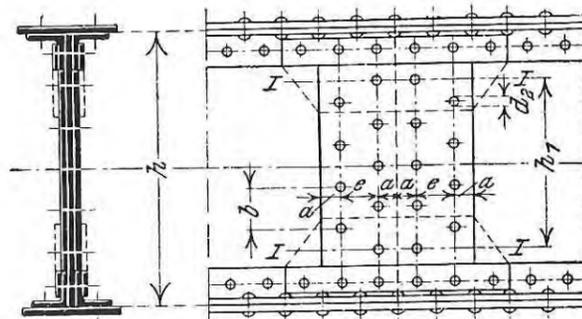
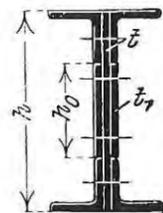
L'acier est utilisé dans les constructions pour les charpentes de bâtiments industriels tels que les usines, les hangars, les halles de relativement grandes portées, et quelques ponts.

Pont du Mont-Blanc, charpente rivetée, 1903 (voir page 84).





Poutres composées rivetées avec profilés standards.



Centre sportif des Vernets, patinoire (voir page 120).

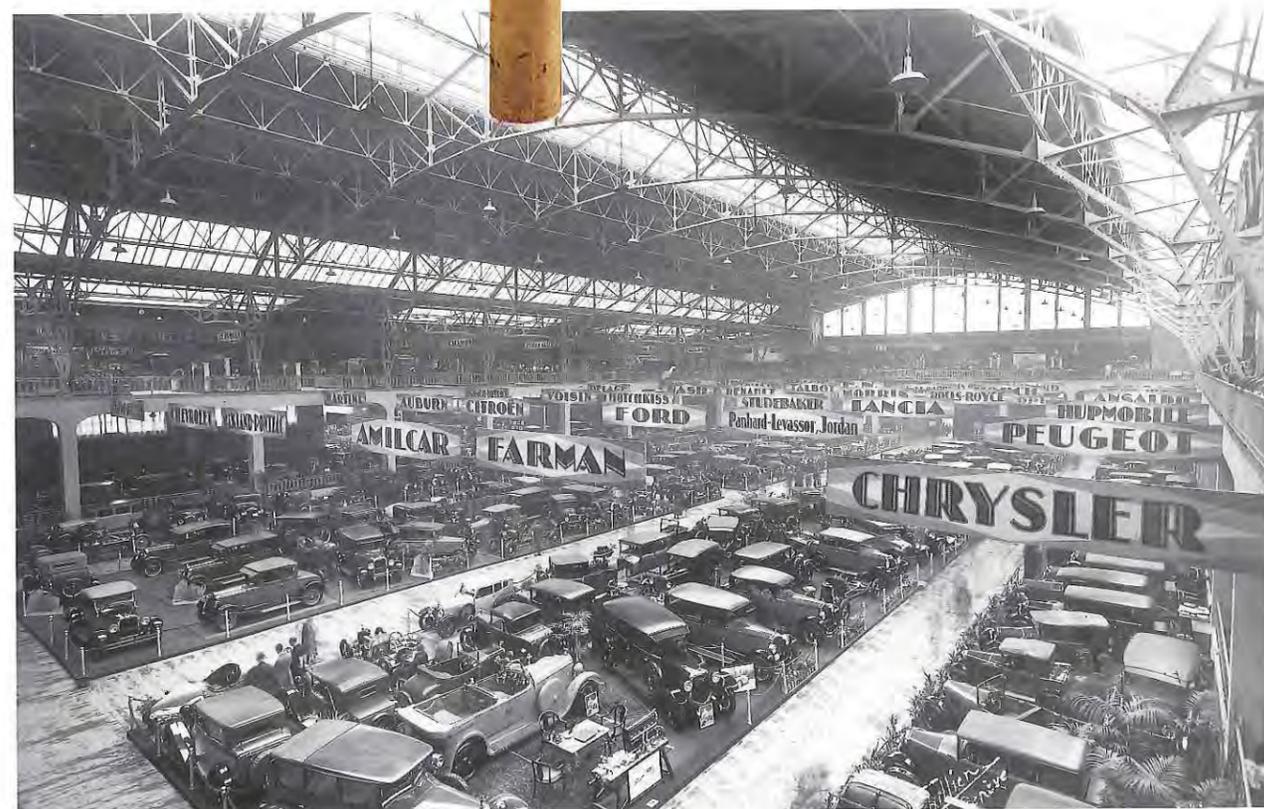
Les profilés laminés ont des formes étudiées pour utiliser rationnellement la matière en fonction des caractéristiques du matériau.

Le profilé double T, par exemple, est composé de deux ailes horizontales pour concentrer le métal dans les zones de compression et de traction des ailes et d'une âme verticale qui maintient un écartement constant et supporte les efforts de cisaillement. L'acier est donc utilisé comme matériau de substitution du bois pour les poutres des planchers avec un remplissage en béton, et pour les charpentes triangulées dont les formes sont très semblables à celles des charpentes de bois.

Colonne en fonte, ancienne chocolaterie Favarger-Croisier.



Il faut relever une exception à ce principe: l'utilisation des fils d'acier ou de chaînes pour les câbles des ponts suspendus dont le Genevois G.-H. Dufour fut un des promoteurs en Europe, dès 1822. Le pont des Bergues et les ponts entre le bastion du Pin et la place d'Armes, au-dessus des fossés des anciennes fortifications, sont des réalisations que G.-H. Dufour a mis au point, puisque ces ouvrages d'art sont des prototypes.



Ancien Palais des Expositions, construit en 1926.

Photographie prise lors des essais de charge du pont de Vessy. A gauche: Robert Maillart, auteur du projet (né à Berne le 6.2.1872, mort à Genève le 5.4.1940). A droite: Mirko Ros, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale de Zürich et président de la direction du Laboratoire fédéral d'essais des matériaux (né à Zagreb le 20.9.1879, mort à Zürich le 2.7.1962).



Essais de charge du pont de Vessy sur l'Arve, les 20 et 21 juillet 1937 (voir page 86).



Bâtiment Sicti en voile béton (voir page 113).

2.4 Le béton armé

Villa Darier

Lieu: chemin du Vent-Blanc, Cologny.

Maître de l'ouvrage: P. Darier.

Ingénieur: H. Isler, Burgdorf.

Architecte: P. A. Camoletti.

Entreprise: Bösiger AG, Langenthal (voile) + Zufferey.

Réalisation: 1985-1988.

Description: maison d'habitation d'un étage sur rez et 1 sous-sol; 600 m² de planchers; 6000 m³ SIA; structure en béton armé.

Particularités: 4 voûtes minces type paraboloïde hyperbolique sur 4 appuis; portée 25,00 x 25,00 m; tirants précontraints.



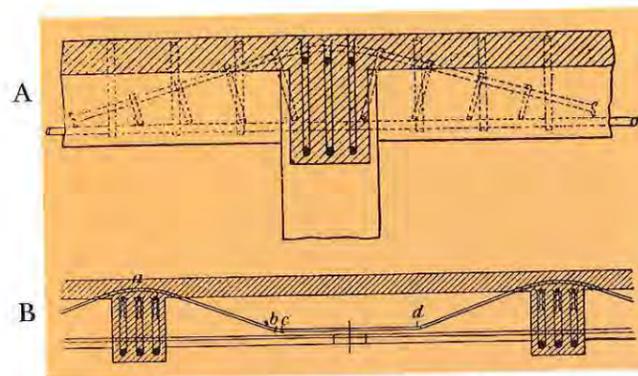
La découverte du ciment Portland, en 1824, par Aspadin, permet de réaliser le béton qui s'obtient par le mélange de sable et de gravier, de ciment et d'eau. Sa résistance à la compression est très supérieure à celle des mortiers de chaux qui sont utilisés jusqu'alors. Le seul inconvénient de ce matériau nouveau est sa faible résistance à la traction. En 1867, un jardinier, Joseph Monier, a l'idée de renforcer les bacs à fleurs qu'il construit en béton en y incorporant des barres de fer. Le béton armé est inventé, mais la théorie de son calcul reste à mettre au point et à vérifier par des essais.

En France, Hennebique imagine une première méthode de calcul et en 1866, en Allemagne, Koenen propose déjà la première théorie du calcul des contraintes dans le béton armé. Sans entrer dans le détail, en voici les principes généraux:

- le béton a une bonne résistance à la compression, mais elle est dix fois plus faible à la traction;
- l'acier a de très bonnes résistances à la traction et à la compression;
- la déformation du béton sous une contrainte donnée est environ dix fois plus grande que celle de l'acier;
- la dilatation thermique de l'acier est égale à celle du béton.

Dans les premières applications du béton armé, vers 1900, les utilisateurs le considèrent comme un substitut aux profilés métalliques des planchers et des ponts, et à la maçonnerie pour les piliers et les voûtes des ponts.

La confection des coffrages de bois n'incite pas les constructeurs à chercher des formes mieux

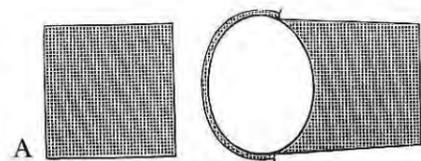


Plan d'exécution selon François Hennebique (entrepreneur et ingénieur français, 1843-1921) concernant une poutre à section en T, soit sommier avec dalle supérieure en béton armé.

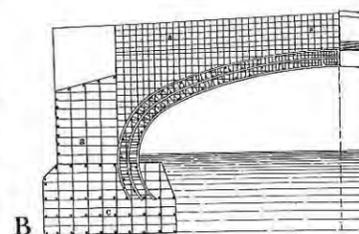
A. Plancher et poteau de la sucrerie des Frères Bernard, à Lille.

B. Plancher à sommiers croisés avec armatures relevées, de 1894.

adaptées aux possibilités qu'offre le monolithisme du béton. A ce sujet, il faut relever que la théorie du calcul statique évolue lentement. La prise en considération de l'interaction des différents éléments d'une construction pose des problèmes mathématiques importants et surtout très longs à résoudre. C'est entre 1920 et 1930 que des ingénieurs très inventifs comme Mailart, Nervi, Torroja, pour n'en citer que quelques-uns, inventent, d'une part des formes nouvelles et, d'autre part, des méthodes de calcul statique simplifiées ou empiriques basées sur des essais. A titre d'exemples, il faut mentionner les arcs à trois articulations, les arcs raidis, les dalles champignons et les coques.



A



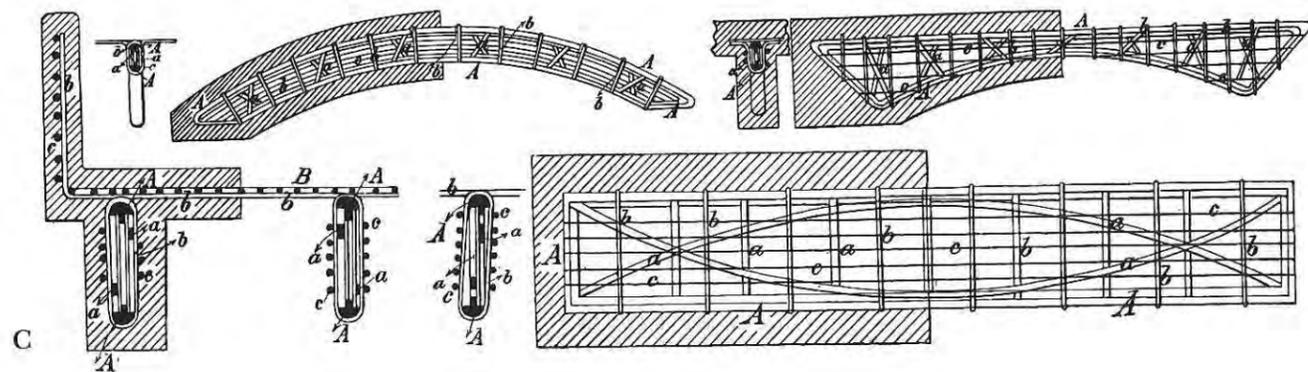
B

Les brevets d'invention pris par Joseph Monier (jardinier français, 1823-1906).

A. Dessin du premier brevet pris le 16.7.1867 concernant le «système des caisses-bassins mobiles en fer et ciment». ...Pour les établir je fais leur forme en barre de fer rond ou carré et fil de fer formant grillage, représentés par les figures et enduits avec du ciment de toute espèce, Portland, Vassy, etc., d'une épaisseur de 1 à 4 cm selon la grandeur.

B. Dessin d'un pont selon le brevet complémentaire de 1873.

C. Dessin du brevet de 1878.



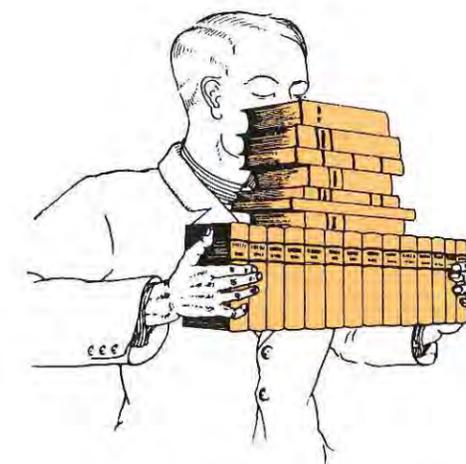
C

Un des désavantages du béton provient de sa faible résistance à la traction. Il en résulte une fissuration très fine dans les zones tendues où il ne sert qu'à maintenir les armatures en place et un poids mort important. Pour pallier à cet inconvénient, on imagine de mettre en tension préalable des aciers judicieusement disposés pour comprimer le béton sur toute sa section.

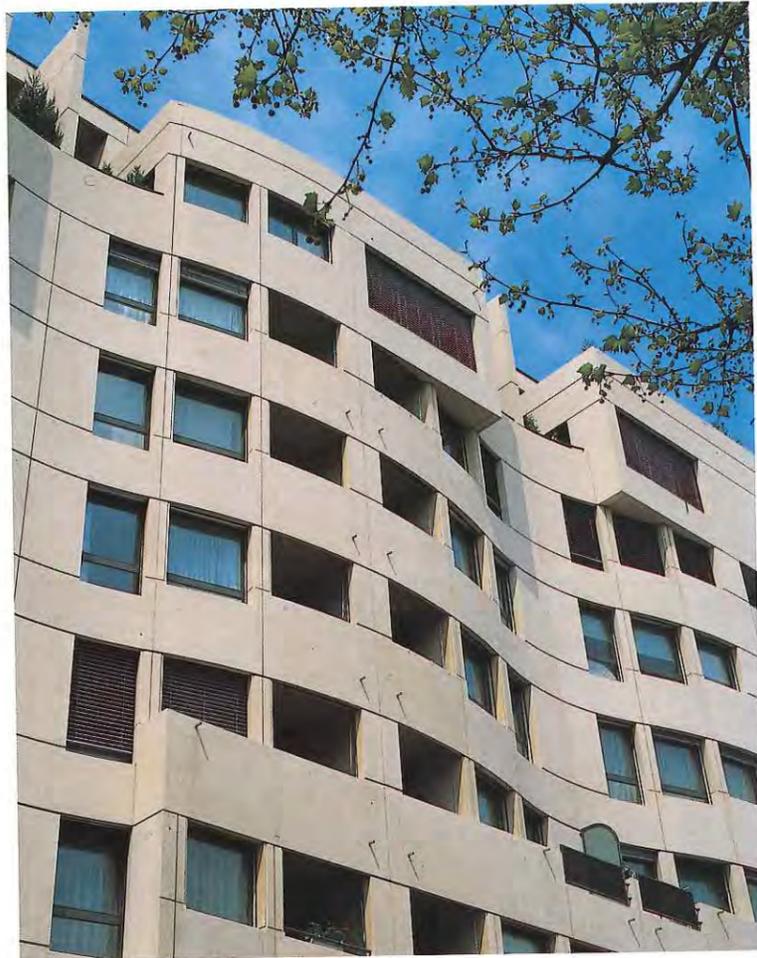
Au début du siècle, Koenen fait déjà des essais, mais échoue à cause de la qualité des aciers à sa disposition. L'allongement qu'il donne à ses armatures pour les mettre en tension est rapidement annulé par le retrait et le fluage du béton. Le retrait est la particularité du béton de diminuer de longueur en durcissant, et il se produit progressivement sur un laps de temps d'environ une année. Le fluage est la déformation plastique du béton sous l'effet des contraintes qu'il subit. Le fluage peut se comparer à la déformation des vieilles poutres de bois qui plient avec le temps.

Vers les années 1930, la technologie permet d'obtenir des aciers d'une résistance à la traction de l'ordre de 14.000 kg/cm² dont les déformations sous cette contrainte sont dix fois supérieures à celles du retrait et du fluage. L'application du béton précontraint ou postcontraint est ouverte aux ingénieurs. Freyssinet, Dischinger, Finsterwalder, Leonhardt, Magnel et bien d'autres, mirent au point la théorie du calcul de ce nouveau matériau. De nombreux brevets sont pris pour la mise en œuvre de forces unitaires de 25 à 400 tonnes des fils étirés, de torons ou de barres d'acier à haute résistance. L'un des problèmes majeurs de cette technique est l'ancrage dans le béton de ces forces très importantes et localisées aux extrémités des câbles.

La précontrainte a aussi l'avantage de soulever légèrement le béton grâce à la courbure des câbles. Elle facilite également le décoffrage puisque les étais ou l'échafaudage sont déchargés du poids du béton.

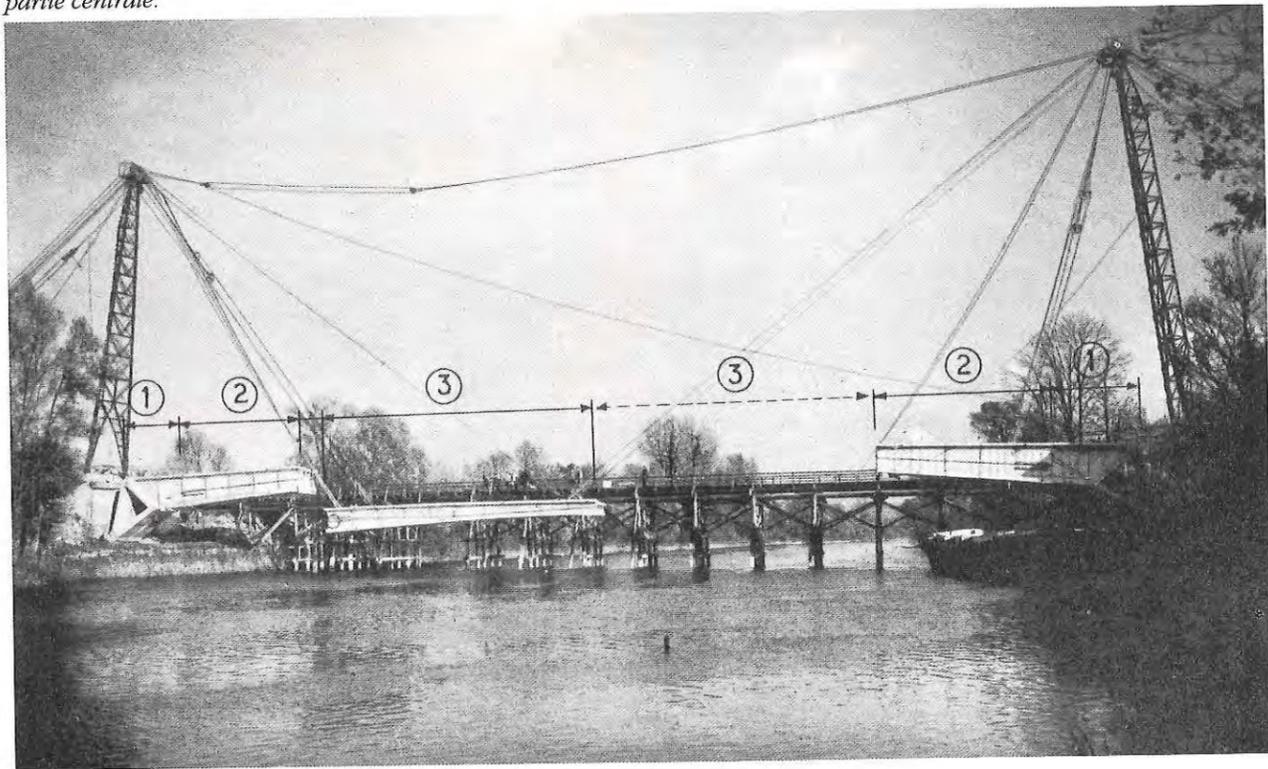


Poutre composée d'éléments séparés sous forme de livres et d'une surcharge de ces derniers, capable de supporter un moment de flexion par l'effet de la précontrainte exercée par les deux mains.

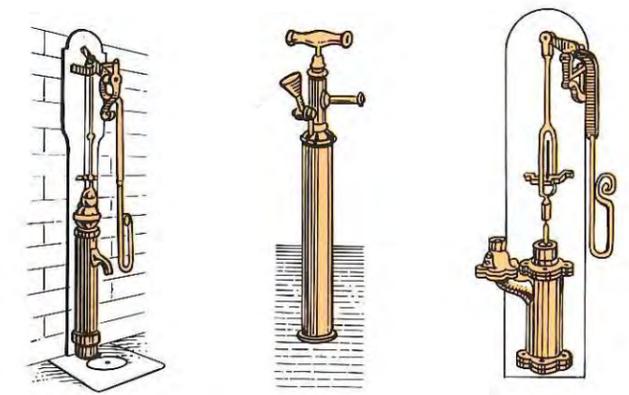


Façade préfabriquée en béton armé.
Prix béton 1987.
Architectes: ASS, M. Annen-H. Siegle-R. Siebold.

Montage du pont d'Esbly sur la Marne,
1947-1948. Ouvrage préfabriqué par
voussoirs et précontraint.
Mise en place par demi-ouvrage en trois
phases: 1. béquille; 2. console; 3. demi-
partie centrale.

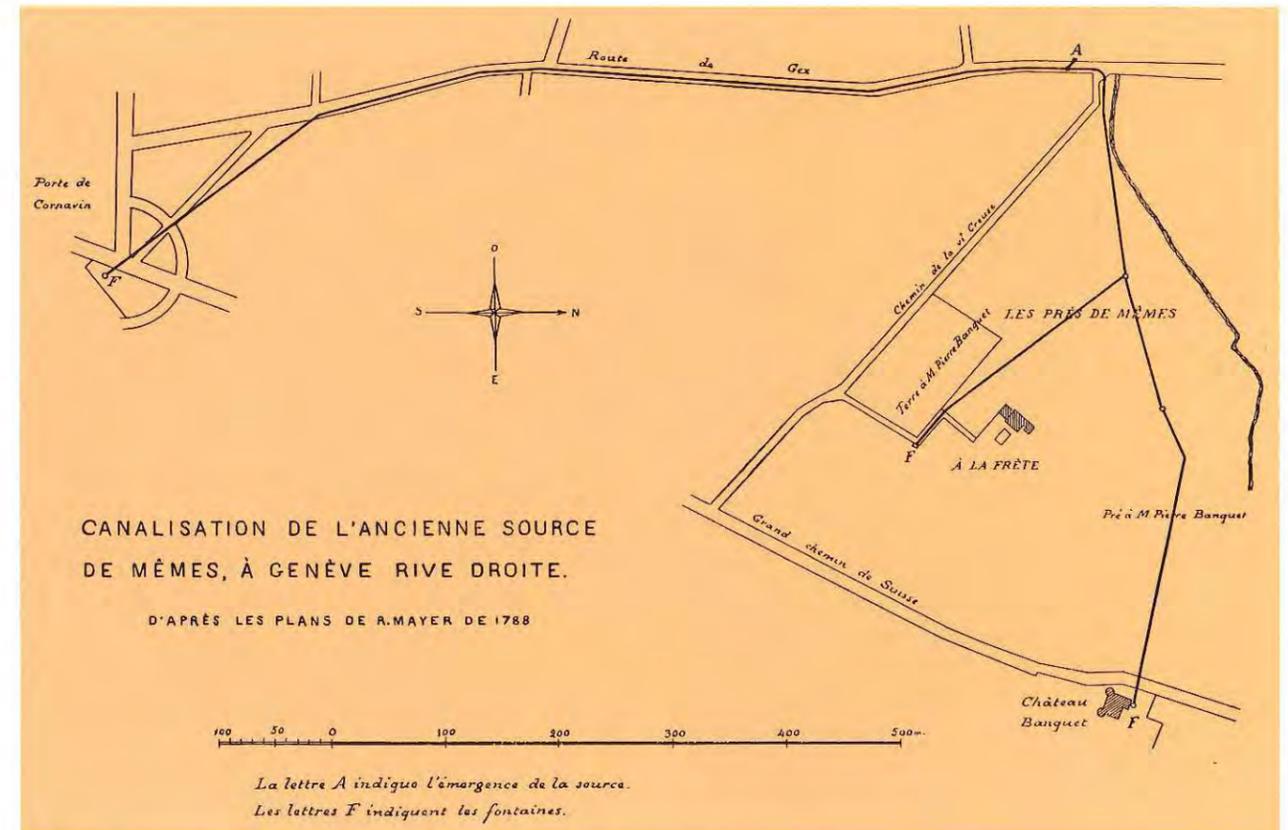


2.6 L'eau



L'eau potable

L'approvisionnement en eau a toujours été une nécessité vitale pour tous les peuples et Genève ne fait pas exception à cette règle. Pendant la période romaine sont construits des aqueducs et des citernes afin d'éviter de descendre au bord des rivières ou des lacs pour la chercher. Pendant le Moyen Age, de nombreux puits sont forés jusqu'à la nappe souterraine. La population, de quelques milliers d'habitants, peut se



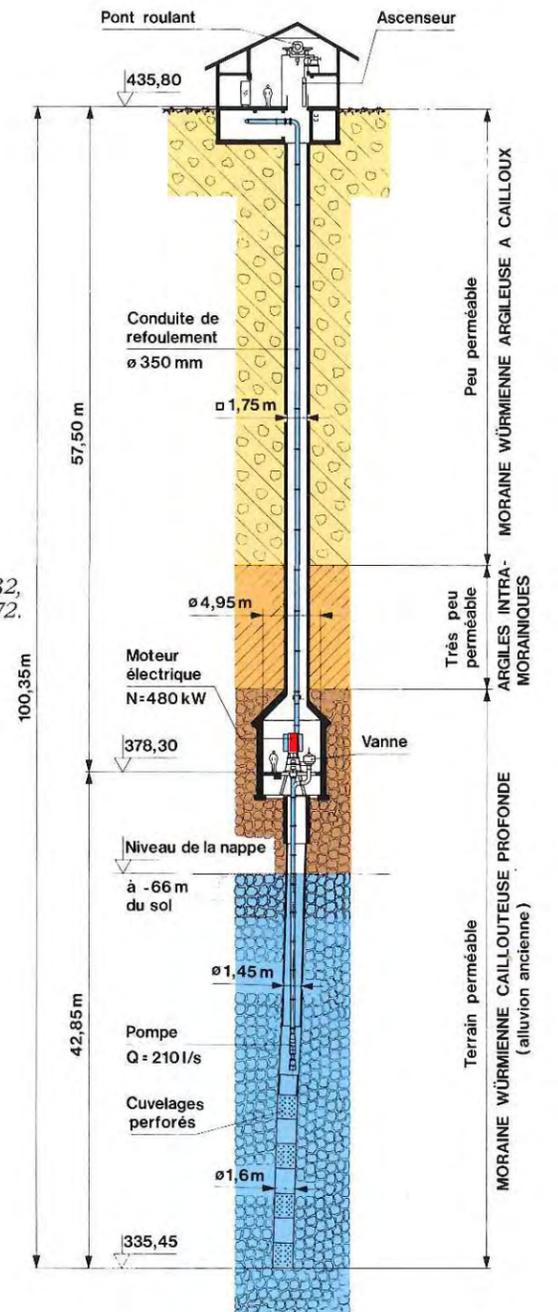
Réservoir de Bossy, 1965.



Réservoir de Jussy, 1952.



Station de pompage de Soral, 1932, reconstruite en 1972.



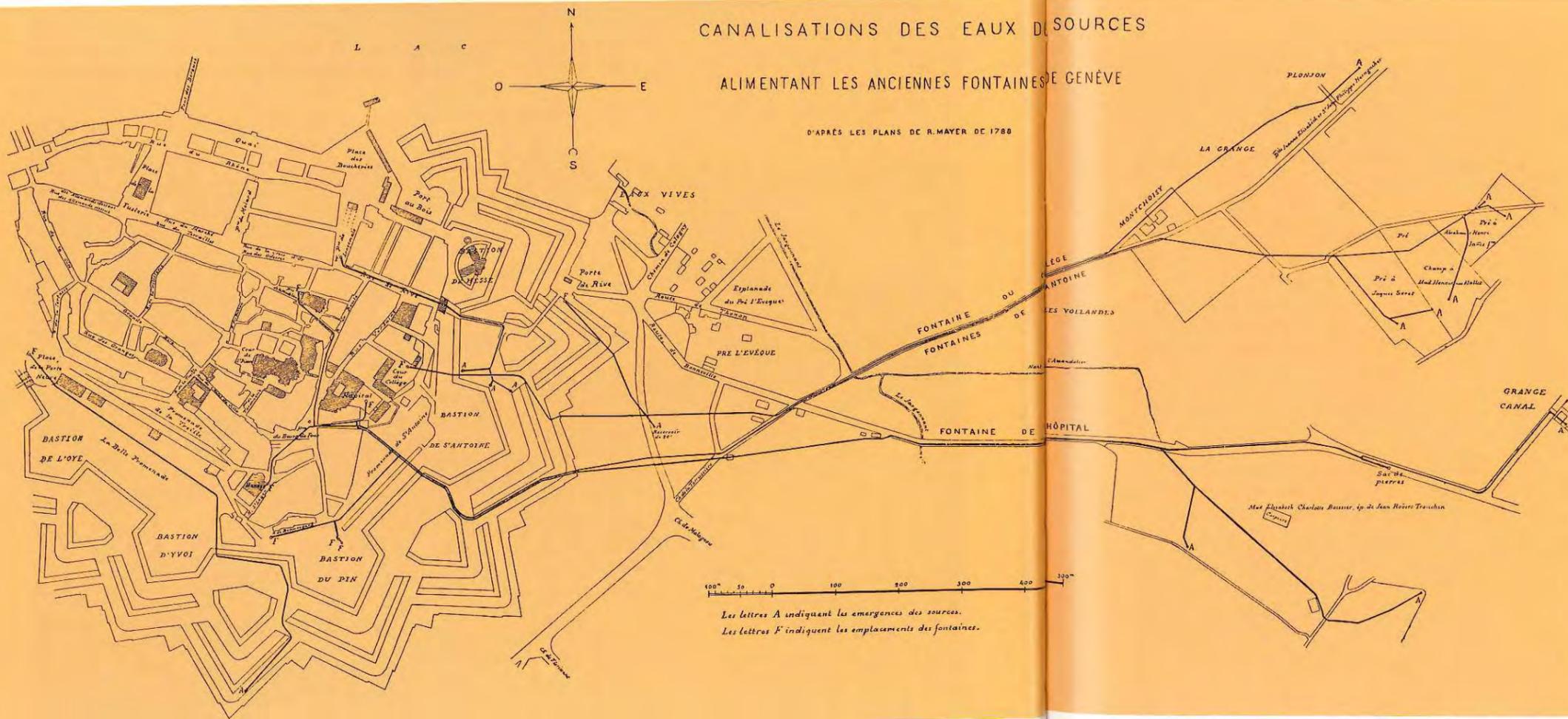
satisfaisante de cette extraction manuelle de l'eau qui n'est utilisée que pour les besoins domestiques.

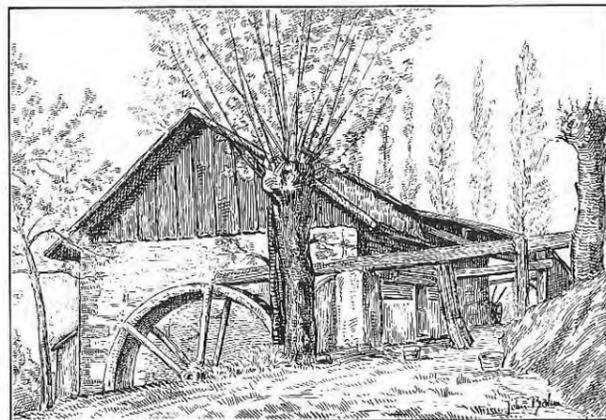
Il faut attendre l'invention de la machine à vapeur, vers 1835-1855, pour qu'un réseau d'eau sous pression s'étende progressivement des villes à la campagne.

Pour garder une pression constante dans le réseau et avoir une réserve d'eau potable pendant les heures de pointe de consommation, des réservoirs de 5000 à 50.000 m³ sont construits sur des collines: Bernex, Cologny, etc.

CANALISATIONS DES EAUX DE SOURCES
ALIMENTANT LES ANCIENNES FONTAINES DE GENÈVE

D'APRÈS LES PLANS DE R. MAYER DE 1788





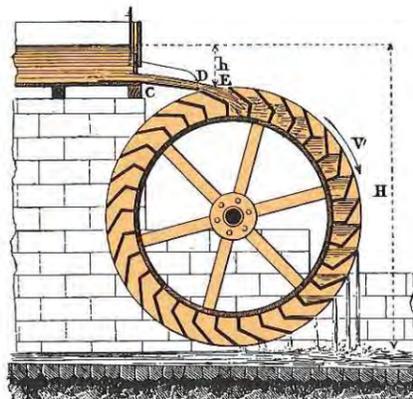
Moulin de la Grave sur la Laire, à Avusy.



Anciens moulins de la Coulouvrenière en 1846.



La Coulouvrenière en 1880.



Roue en dessus à augets.

L'extension du réseau à la campagne et l'augmentation de la consommation d'eau nécessitent la création de châteaux d'eau et de stations de pompage dans les nappes phréatiques.

La pollution des rivières et des lacs rend nécessaire la chloration de l'eau, puis sa filtration.

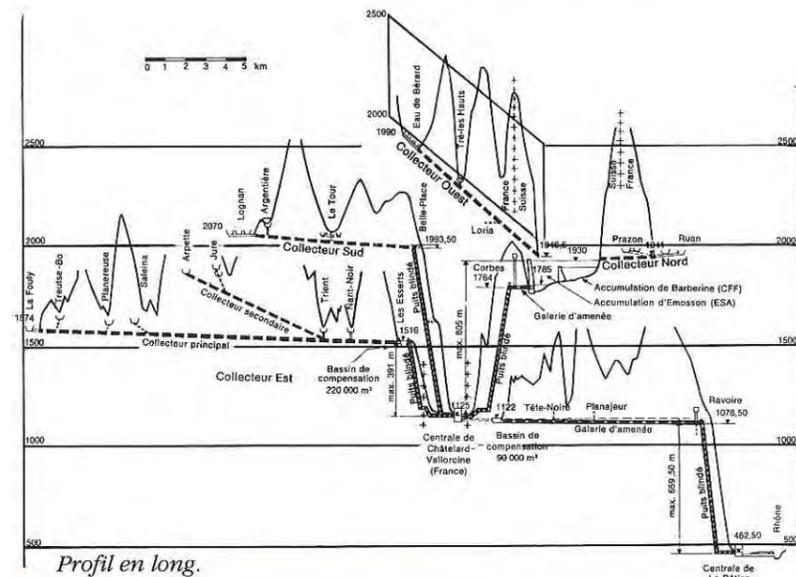
L'eau, source d'énergie

Avant l'ère industrielle, au dix-neuvième siècle, l'eau des rivières est utilisée pour actionner des roues. Deux types de moulins existent: ceux qui utilisent la force vive du courant le long des rivières et ceux qui fonctionnent avec une chute ou différence de niveau.

Les premiers sont réalisés avec une grande roue à pales transversales de huit à vingt mètres de diamètre dont la partie inférieure est immergée. L'énergie cinétique de l'eau en mouvement est transmise à la roue par les pales pour la faire tourner. L'«Abeille» construite sur le Rhône en 1708 est de ce type et actionne des pompes.

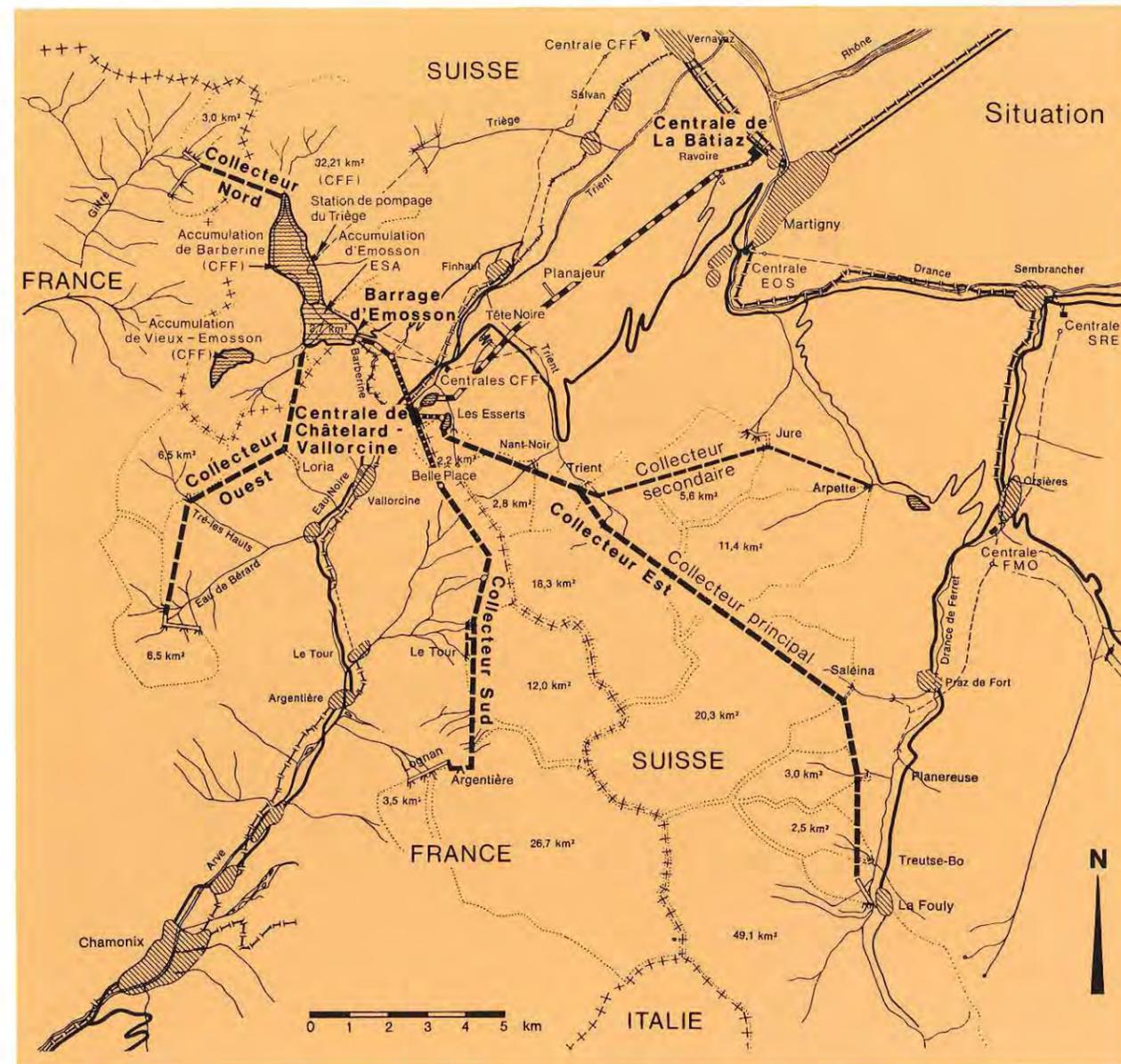
Les seconds utilisent le poids de l'eau qu'un bief fait tomber dans des godets disposés sur le pourtour de la roue. De nombreux petits canaux à pente très faible prélèvent un à deux mètres cubes/seconde d'un cours d'eau et les amènent sur la roue du moulin après un parcours suffisant pour obtenir une différence de niveau de trois à quatre mètres entre la rivière et le sommet de la roue.

Avec l'ère industrielle, vers 1830, les manufactures et les usines exigent de plus grandes quantités d'énergie. Les machines à vapeur utilisent du charbon ou du bois qu'il faut souvent transporter de fort loin.

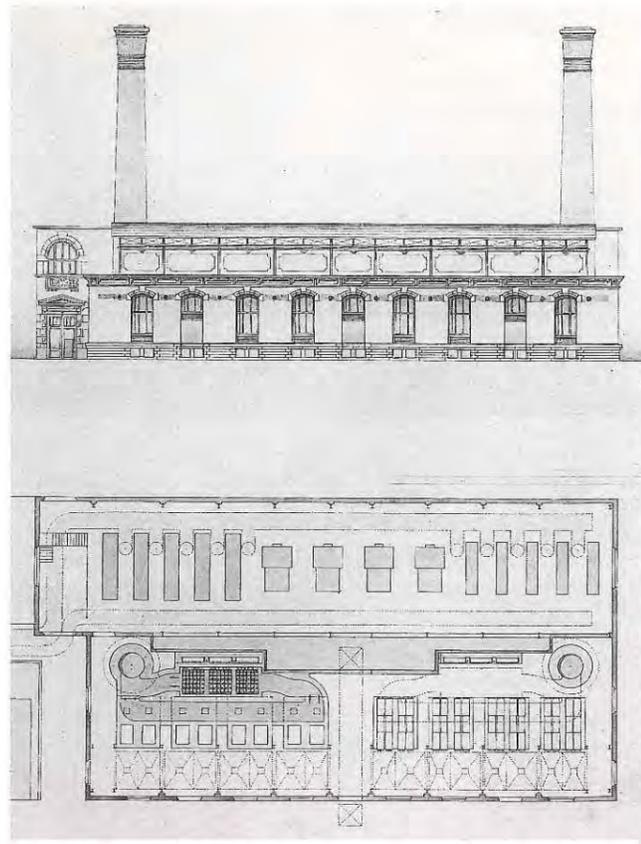


Profil en long.

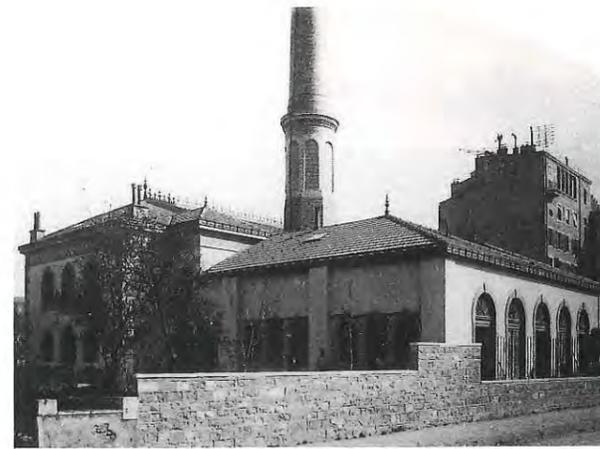
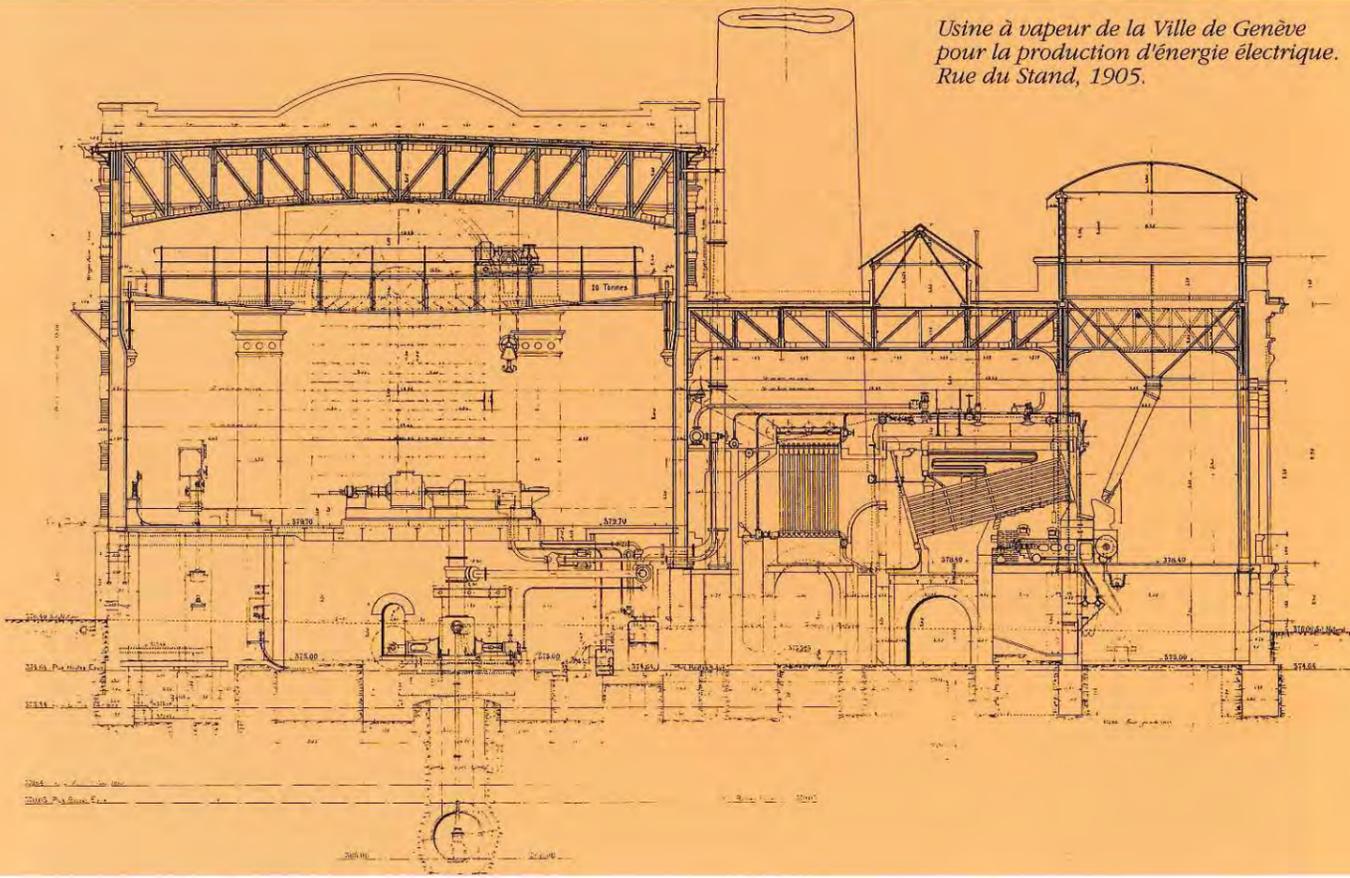
Aménagement hydro-électrique franco-suisse d'Emosson, 1967-1973.



Usine de pompage à vapeur.
Rue de l'Arquebuse, 1880-1886.



Usine à vapeur de la Ville de Genève
pour la production d'énergie électrique.
Rue du Stand, 1905.



L'invention des turbines actionnant des générateurs électriques permet d'utiliser l'énergie de l'eau pour obtenir de l'électricité facilement transportable par fils jusqu'aux moteurs électriques des usines.

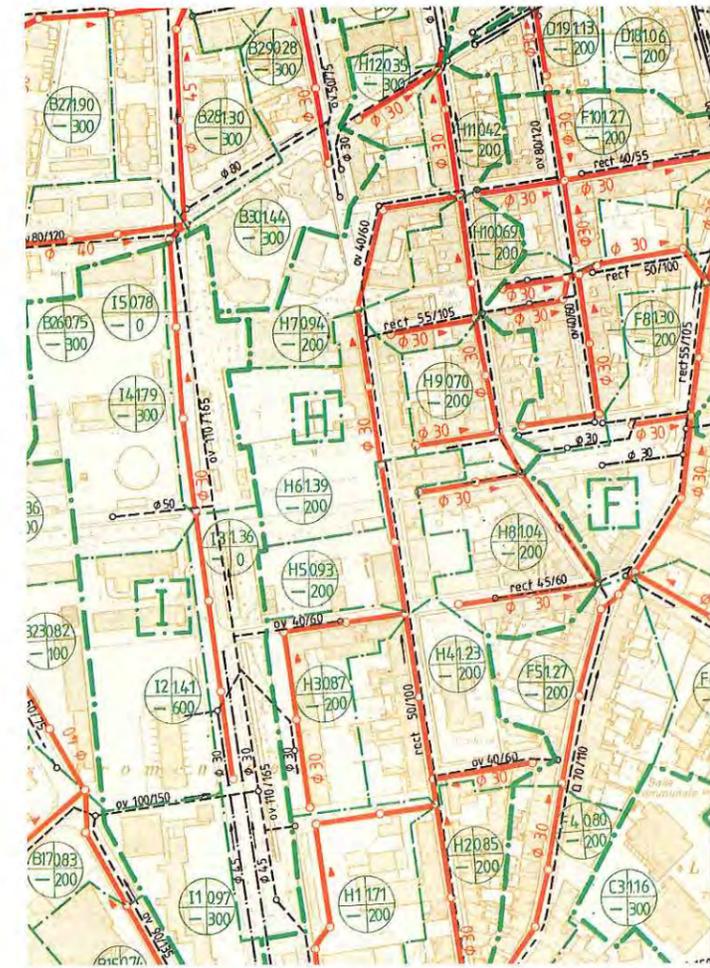
Des barrages sont construits au travers des rivières pour actionner des turbines Francis ou Kaplan fonctionnant avec des chutes de trois à dix mètres de hauteur.

L'électricité est d'un emploi aisé, mais elle ne peut pas être stockée et les rivières n'ont pas un débit constant toute l'année. Dès les années 1900, pour pallier à cet inconvénient, des barrages d'accumulation sont construits en montagne. Ils permettent d'utiliser des chutes de plusieurs centaines de mètres de hauteur, grâce à des conduites forcées en acier et des turbines Pelton fonctionnant avec des débits de quelques mètres cubes par seconde.

Ces barrages en altitude présentent deux avantages:

- l'eau stockée peut être utilisée quand les pointes de consommation saisonnières ou journalières se produisent et quand les usines au fil de l'eau sont au maximum de leur capacité.
- l'eau de la fonte des neiges en montagne est retenue par les barrages et les crues printanières des rivières sont donc atténuées, alors qu'en hiver l'eau des barrages, utilisée pour la production d'électricité, augmente le faible débit des rivières.

A titre indicatif, il faut relever que la régulation du débit du Rhône ainsi obtenue facilite la navigation fluviale à l'aval de Lyon et l'exploitation de centrales nucléaires.



Extrait du plan directeur des égouts
de la Ville de Carouge, 1987.

Les canalisations

Autrefois, l'eau de pluie des routes et des toits s'écoulait dans les fossés et les rues et rejoignait les rivières. Dès que les agglomérations ont pris une certaine importance, il s'est avéré nécessaire de canaliser ces eaux responsables d'inondations dans les parties basses des villes.

Malgré la petite quantité utilisée à des fins domestiques et d'hygiène, il n'est pas toujours possible d'évacuer les eaux usées dans des puits perdus creusés dans le sol. Des canalisations enterrées sous les rues sont construites pour éliminer toutes les eaux pluviales et usées. Avec l'augmentation de l'utilisation des eaux domestiques et industrielles, le réseau des canalisations ne cesse de s'étendre, d'abord dans toutes les villes, puis dans les villages.

A Genève, ce système fonctionne normalement jusque vers 1945. Dans les années 1950, l'usage de détergents non biodégradables, d'engrais



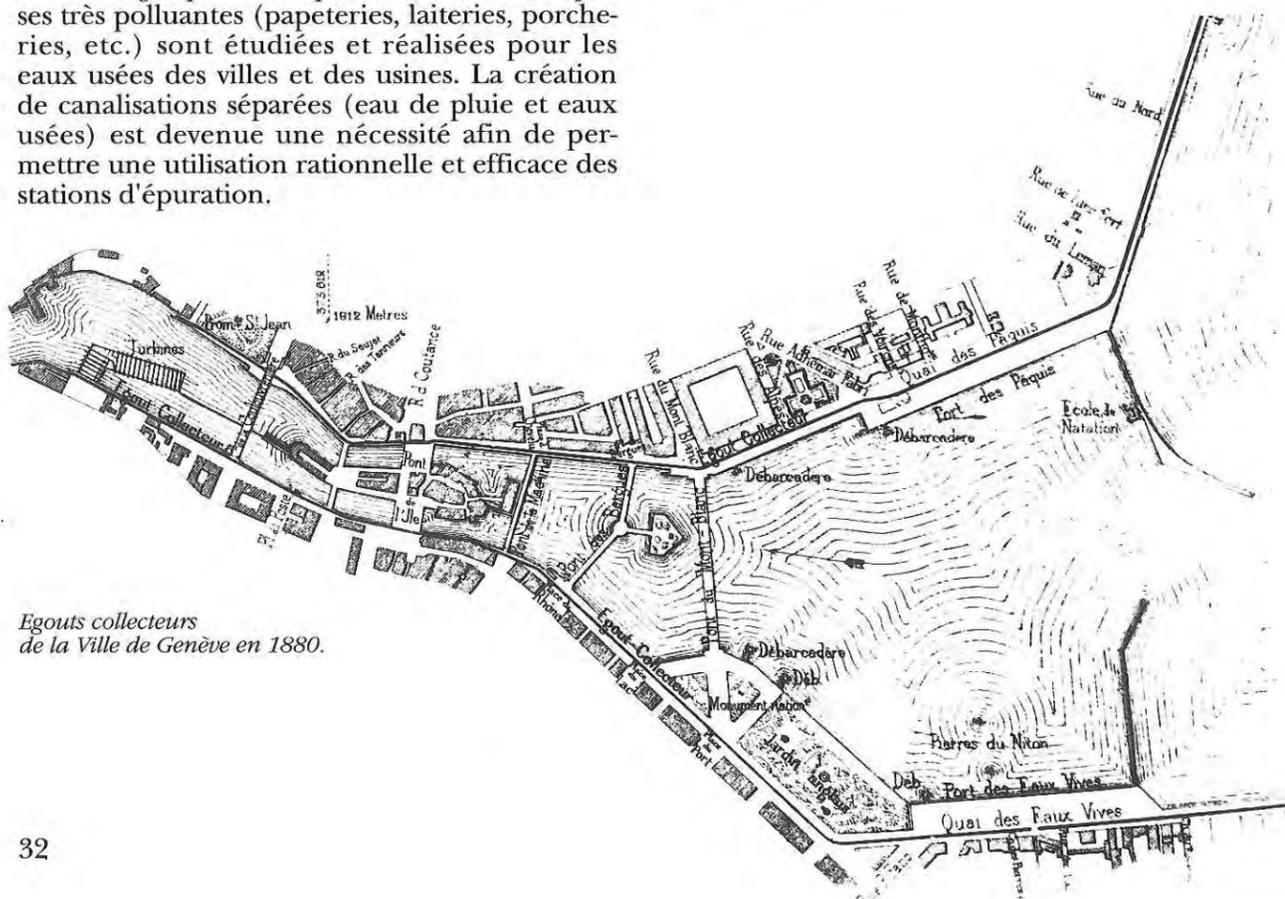
phosphatés, et les rejets industriels, prennent une ampleur sans cesse croissante, consécutive au développement économique, à la recherche du rendement agricole et du confort sous toutes ses formes.

La capacité d'auto-épuration des rivières et des lacs est dépassée dans les pays industrialisés et leurs populations prennent conscience que l'eau est un élément vital qu'il faut protéger. Le lac Léman ne fait pas exception et c'est à cette époque que les stations d'épuration des eaux, réservées jusque-là uniquement à des entreprises très polluantes (papeteries, laiteries, porcherie, etc.) sont étudiées et réalisées pour les eaux usées des villes et des usines. La création de canalisations séparées (eau de pluie et eaux usées) est devenue une nécessité afin de permettre une utilisation rationnelle et efficace des stations d'épuration.

Station d'épuration, Aire

Lieu: Presqu'île d'Aire.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: H. Weisz.
Architecte: G. Brera.
Entreprise: Scrasa SA.
Réalisation: 1964.

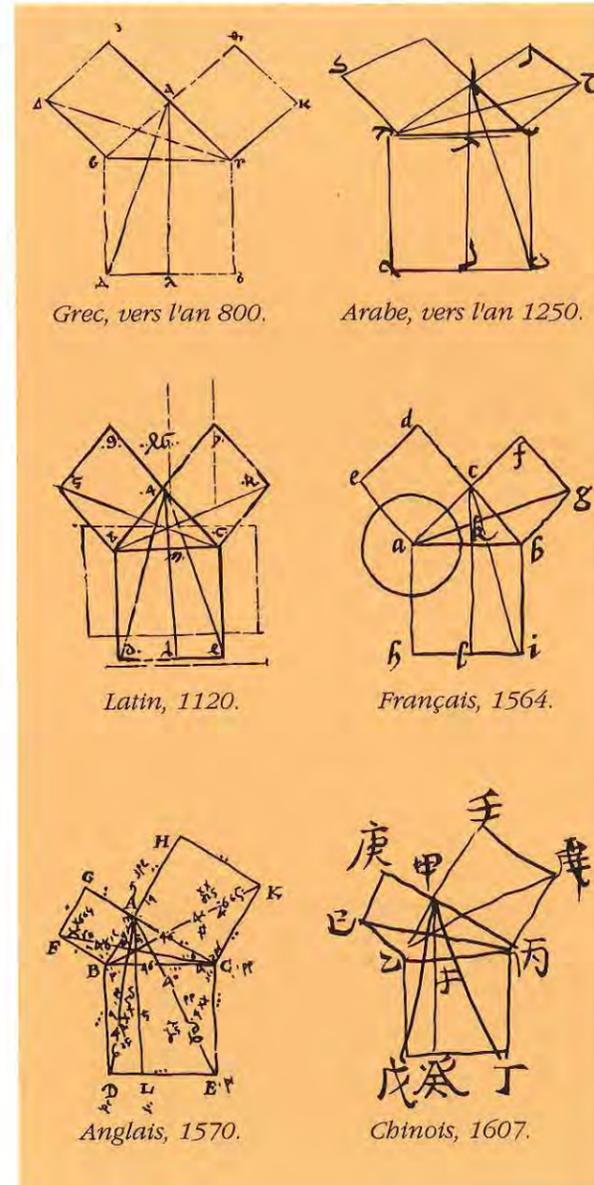
Particularités: structure en traditionnel et préfabriqué lourd; station exécutée pour 400'000 unités d'épuration avec possibilité d'agrandissement à 800'000 unités; ensemble regroupant bâtiment administratif, garages et ateliers, bâtiment des machines, bâtiment de traitement thermique des boues et quai de chargement, bassin de décantation des eaux, digesteur de boues.



Egouts collecteurs de la Ville de Genève en 1880.

2.7 La stabilité et la résistance des matériaux

Illustration du théorème attribué à Pythagore concernant le triangle rectangle: «la somme des carrés des deux côtés est égale au carré de l'hypothénuse». Dans sa jeunesse, Pythagore avait visité l'Égypte et la Babylonie. Au sujet du triangle rectangle, il a dû apprendre en Égypte la règle des 3, 4 et 5 relative aux longueurs des côtés et, chez les Babyloniens, la règle des carrés. Les pythagoriciens déclaraient que «tout est nombre». Plusieurs théorèmes de ces derniers ont été repris par Euclide qui en établit la preuve.



La réalisation des constructions pose toute une série de problèmes de résistance aux efforts dus à leur poids mort, aux surcharges, au vent, aux séismes, etc.

Les méthodes de dimensionnement utilisées dans l'Antiquité ne sont pas connues et celles du Moyen Âge très peu.

Il semble que l'empirisme de certains corps d'état soit à la base du dimensionnement des ouvrages. Ces associations, de caractère professionnel et religieux, gardent jalousement leurs secrets de fabrication pour se prémunir contre la concurrence et pour entourer le travail de leur caste d'un certain mystère qui leur vaut une grande considération.

Cet empirisme est basé sur l'expérience pratique de leur métier et aussi sur les accidents et effondrements de toutes sortes qui jalonnent l'histoire de la construction.

Ce n'est qu'avec le développement des mathématiques, à partir du dix-huitième siècle, que les méthodes de calcul sont entrées dans ce que l'on peut appeler la science de l'ingénieur.

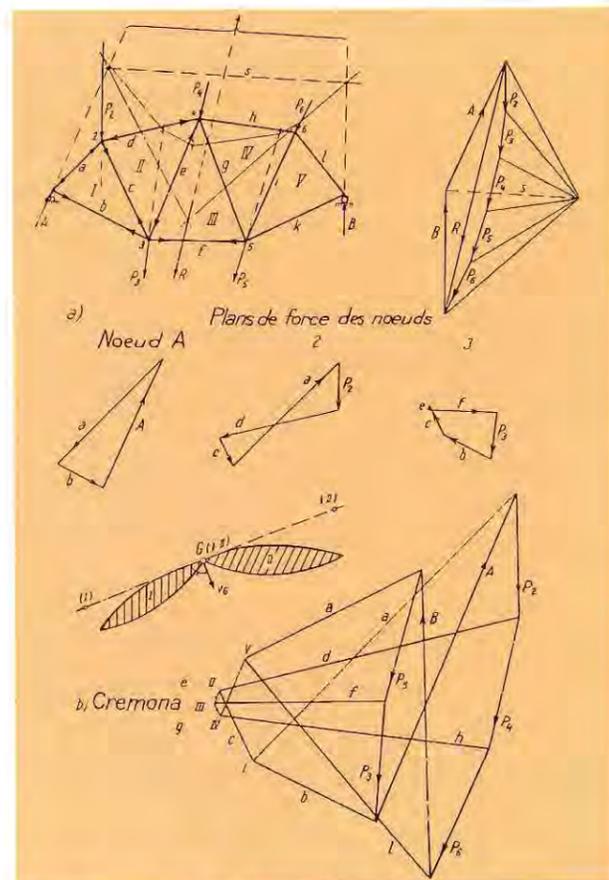
La solidité d'une construction dépend de celle de son élément le plus faible. Il faut donc pouvoir déterminer d'une part, les efforts que supporte chaque élément (compression, flexion, cisaillement) et d'autre part, les contraintes du matériau dans chaque section. D'où la séparation du calcul en deux études très différentes:

- la statique qui permet la détermination des efforts dans les éléments;
- la résistance des matériaux qui fixe les contraintes admissibles pour chaque matériau utilisé.

La statique

Il est probable que les premiers calculs furent effectués graphiquement en décomposant une charge donnée suivant les deux directions des éléments qui doivent la supporter.

En procédant de proche en proche pour chaque donnée, un ordre de grandeur acceptable pour l'effort supporté par chaque élément est obtenu.



Calcul graphique des forces d'un treillis plan isostatique selon la méthode du plan des forces de L. Cremona (mathématicien et ingénieur italien né à Pavie en 1830 et mort à Rome en 1903).

Le calcul des dalles pose un problème particulièrement complexe. Toute une série de méthodes expérimentales ou théoriques sont utilisées (modèles grandeurs ou réduits, bandes porteuses dans les deux directions principales, lignes de rupture théoriques, etc.).

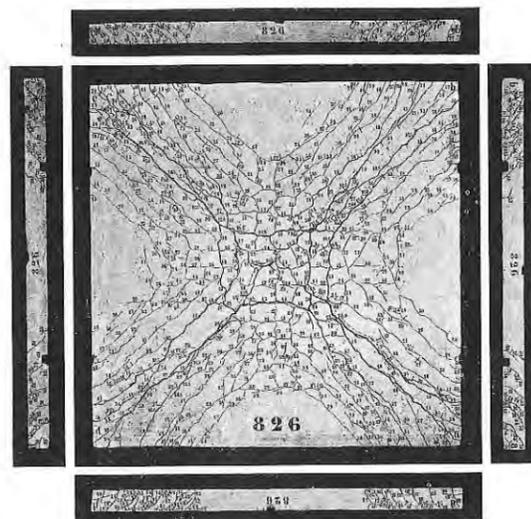
$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \cdot \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = + \frac{p}{D}$$

Equation différentielle aux dérivées partielles du 4e ordre d'une plaque homogène, dite équation de Lagrange (Louis de Lagrange 1736-1813, éminent mathématicien français et fondateur de la mécanique analytique). Cette équation relie la surface élastique $w = f(x, y)$ à la charge p et conduit au calcul des moments de flexion et de torsion.

La première solution pour une dalle rectangulaire a été établie par Henri Navier (ingénieur français, 1785-1836) en 1820, au moyen de séries de Fourier.

Les solutions demeurent du domaine élastique et sont applicables pour l'étude des états-limites d'utilisation (déformation, fissuration). Elles peuvent constituer un cas particulier de la théorie générale de plasticité par application du théorème statique.

Essais de dalles en béton armé exécutés par C. Bach et O. Graf, à Stuttgart, de 1911 à 1914. Photographie des faces latérales et inférieure de la dalle carrée N° 826, posée librement sur les quatre côtés, dans l'état-limite de rupture. Epaisseur de la dalle 12 cm; portée 200 cm; armatures orthogonales en acier doux, diamètre 7 mm; distance 10 cm; charge maximum 40'000 kg; charge uniformément répartie appliquée en 16 points.



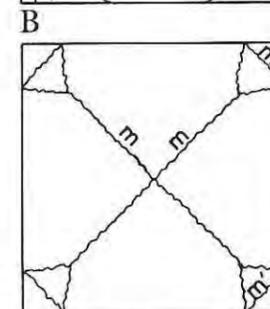
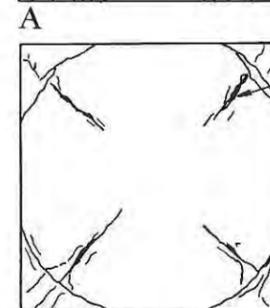
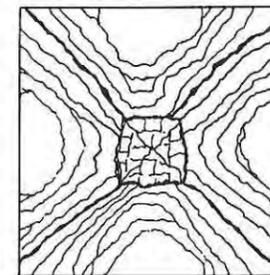
Dalle carrée N° 825, portée 200 cm, épaisseur 12 cm, charge uniformément répartie.

Essais de C. Bach et O. Graf, à Stuttgart, charge maximum 40'000 kg.

A. Fissures à la face inférieure.

B. Fissures à la face supérieure.

C. Figure de rupture idéalisée - lignes de rupture m et m' .

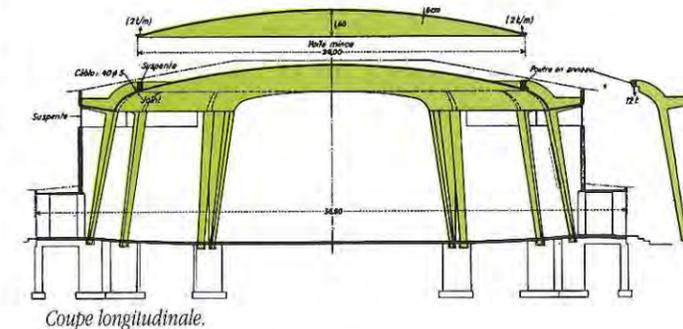


L'observation du réseau des fissures lors de la rupture d'une dalle conduit à imaginer de concentrer ces dernières selon des lignes appelées «lignes de rupture» et dans lesquelles sont situés les moments de flexion. La première idée à ce sujet, avec applications en 1921, est due à l'ingénieur danois A. Ingerslev qui a créé ainsi la première théorie des lignes de rupture pour le calcul des dalles. Celle-ci a été développée en 1931 par K. W. Johansen, un autre ingénieur danois, pour aboutir à une théorie complète et cohérente dans sa thèse de doctorat, en 1943. La théorie des lignes de rupture est applicable à l'étude de l'état-limite de rupture. Elle constitue un mécanisme et elle est basée sur le théorème cinématique de la théorie générale de la plasticité.

Equation différentielle d'une coque à double courbure dans l'état de membrane qui relie les efforts N dans la section aux charges appliquées. La condition aux limites se compose d'une prescription au sujet des forces élastiques en bordure.

$$\begin{aligned} \bar{N}_x \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + 2\bar{N}_{xy} \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} + \bar{N}_y \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \\ = -\bar{p}_z - \left(\frac{\partial \bar{N}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{N}_{yx}}{\partial y} \right) \frac{\partial z}{\partial x} - \left(\frac{\partial \bar{N}_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{N}_y}{\partial y} \right) \frac{\partial z}{\partial y} \end{aligned}$$

Exemple d'une coque à double courbure:



Eglise Felix et Regula, Zürich

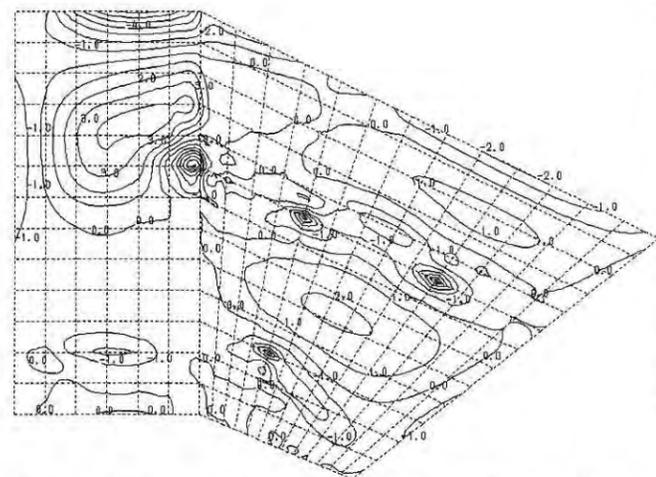
Ingénieur: Bureau E. Schubiger (G. A. Steinmann, ing. principal).

Architecte: Fr. Metzger.

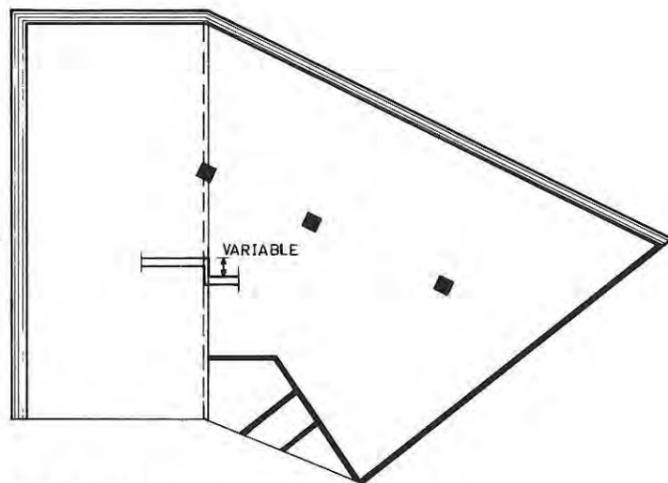
Entreprise: Moor & Weber (béton armé); Stahlton SA (précontrainte). Particularités: coque en voile mince de béton armé et précontraint de 8 cm d'épaisseur couvrant la partie centrale de l'édifice. Le plan est une lemniscate de Cassini dont le grand axe mesure 24,00 m, le petit axe 17,00 m et la flèche 1,60 m. La précontrainte est appliquée à la base par un câble périphérique continu et contribue à un relèvement très sensible de la charge critique de cloquage pour cette construction très surbaissée.

Equation de la surface à double courbure:

$$(x^2 + y^2)^2 = \left(72 - 44,3z - \frac{z^2}{2} \right) \cdot (x^2 - y^2 + 144 - 88,6z - z^2)$$



Champ de moments fléchissants dans une dalle biaisée déterminé par ordinateur (méthode des éléments finis - programme MAPS).



Plan de coffrage.

Résultats du calcul sur ordinateur des moments fléchissants M_x au moyen d'un programme utilisant la méthode des différences finies pour l'intégration de l'équation de Lagrange de la théorie de l'élasticité. La répartition des moments est donnée sous la forme de courbes de niveau ou isovales.

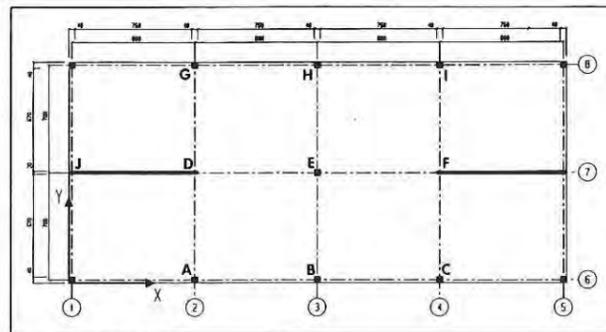
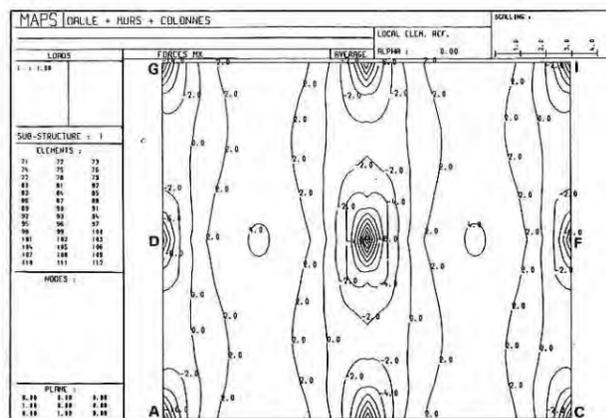


Schéma de la dalle.



Moments de flexion M_x dans la zone A-C-I-G de la dalle.

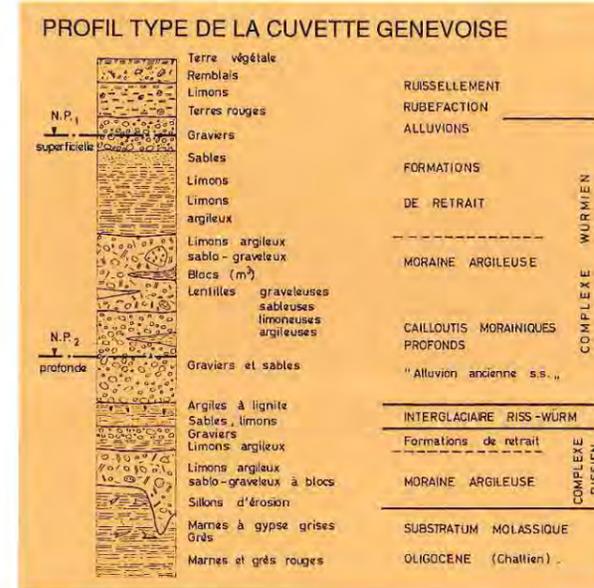
La résistance des matériaux

Il est bien connu que les matériaux (le bois, la pierre, le fer, l'aluminium, le béton, etc.) n'offrent pas tous la même résistance spécifique à la rupture.

Des essais en laboratoire permettent de déterminer, pour chaque matériau, sa contrainte de rupture et sa déformation en fonction de la sollicitation qu'il subit. En Suisse, la Société des Ingénieurs et Architectes (SIA), en collaboration avec les laboratoires d'essais des matériaux des deux écoles polytechniques fédérales, est chargée d'édicter des normes d'utilisation pour chaque matériau.

Les anciennes normes fixent les contraintes admissibles pour chaque matériau et pour chaque type d'effort (compression, traction, cisaillement, flexion). Ces sollicitations sont un pourcentage de la contrainte de rupture (coefficient de sécurité variable suivant le matériau).

Les nouvelles normes ont introduit les notions d'état-limite d'utilisation et d'état-limite de rupture qui tiennent mieux compte du comportement d'un matériau sous les charges de service ou sollicité par la charge de rupture qui permet de déterminer le coefficient de sécurité de l'ouvrage.



Sols genevois - Numérotation systématique

Subdivision géologique

- Terrains de couverture, sols actuels, remblais
- Remblais (si leur épaisseur dépasse 1,50 m)
- Colluvions, limons de ruissellement, palustres
- Cailloutis de la basse terrasse (3 m)
- Tourbe, dépôts lacustres (craie, limon)
- Retrait würmien
- Moraine «argileuse» würmienne
- Dépôts intramorainiques ou intraformationnels
- Cailloutis morainiques (alluvion ancienne)
- Interglaciaires Riss-Würm
- Retrait rissien
- Moraine «rissienne»
- Dépôts intramorainiques ou intraformationnels
- Molasse grise à gypse
- Molasse rouge

Phases géotechniques

- graveleux
- sableux (gréseux)
- limoneux
- limono-argileux
- argileux (marneux)
- craie

Indices

- Dépôt consolidé (dur) (retrait, moraine)
- Dépôt semi-consolidé (ferme) (retrait, moraine)
- Dépôt non consolidé (mou à tendre) (retrait, moraine)
- Couche altérée (molasse, moraine)

NB: Les numéros renvoient à des faciès géologiques. Les lettres à des phases géotechniques. Les indices 1, 12 et 2 à la consolidation du sol.

2.8 Les fondations, les sols et la géotechnique

Il y a plus de cent ans, en 1878, Alphonse Favre publiait la première carte géologique détaillée du canton de Genève. Depuis cette époque, les grandes lignes de la structure de notre sous-sol sont connues. Dès lors, de nombreux auteurs, aidés par l'accumulation des sondages exécutés, étudient la région et formulent diverses théories de géologie glaciaire locale.

A l'heure actuelle, sur le substratum rocheux de molasse, on s'accorde à ne trouver les traces que de deux glaciations, soit principalement celle de Würm et, localement en profondeur, celle de Riss. Il est donc possible de dessiner un profil type, complet et idéalisé, des sols de la cuvette genevoise.

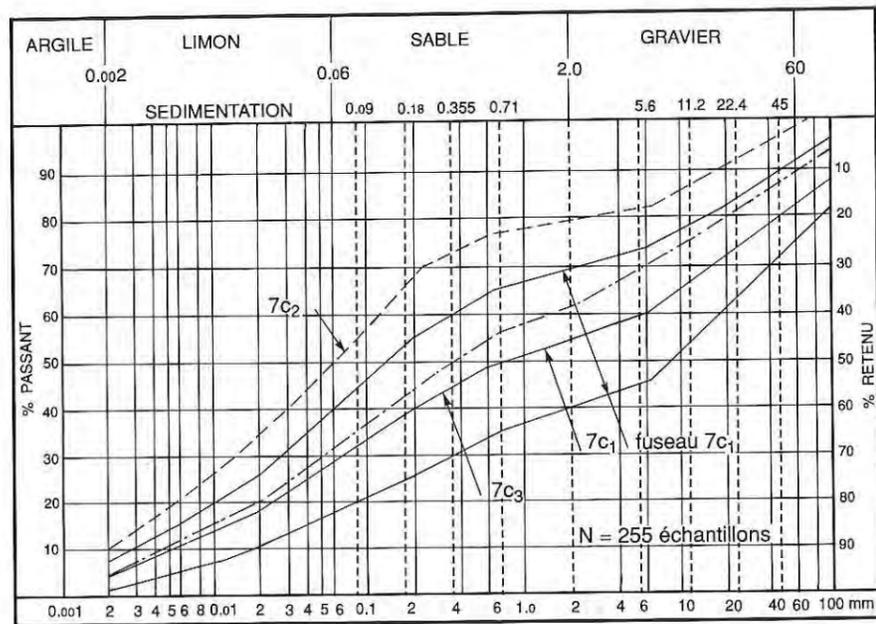
A partir de ce profil, des géotechniciens genevois se basant sur les résultats de plus de 800 expertises et de plus de 10.000 essais géotechniques, proposent, il y a environ vingt ans, un principe de classement unifié des sols de la région genevoise.

Ce classement est actuellement accepté et reconnu et il est utilisé pour les cartes géologiques et géotechniques du canton de Genève au 1:5000, éditées par le Département des Travaux Publics et celui de l'Intérieur et de l'Agriculture.

Un sol type donné est donc maintenant défini statistiquement par ses paramètres d'identification (nombre d'essais, valeurs moyennes, max. et min.) et par ceux de compressibilité, de résistance au cisaillement, de perméabilité, etc.

Dans ce contexte, architectes, ingénieurs, entrepreneurs, travaillant dans la région, disposent désormais d'un outil de référence et de comparaison très précieux et absolument unique en Suisse.

Limite de liquidité
 WL = 20,6 ± 3,1 (215)
 Indice de plasticité
 IP = 7,8 ± 2,2 (215)
 Masse volumique des grains
 s = 2,72 ± 0,02 (301)



		7c1			7c3			7c2		
		E(x)	S(x)	(N)	E(x)	S(x)	(N)	E(x)	S(x)	(N)
- teneur en eau	W%	9,5	1,9	(1532)	12,9	2,4	(36)	15,8	2,5	(24)
- masse volumique apparente	t/m ³	2,33	0,07	(441)	2,24	0,07	(15)	2,23	0,02	(11)
- masse volumique sèche	p t/m ³	2,18	0,08	(441)	2,03	0,10	(15)	1,97	0,05	(11)
- indice de vide	eo	0,253	0,054	(441)	0,354	0,069	(15)	0,388	0,042	(11)
- consistance apparente	qp kPa	420	88	(931)	260	109	(25)	120	30	(16)
- résistance au battage										
Von Mods	N c/20	140	13	(69)	42	-	(5)	-	-	-

Sur un plan pratique et au point de vue qualité et portance d'un terrain de fondation, le tableau proposé en 1971 par G. Amberger, Dr ès sciences, géologue cantonal, est toujours d'actualité.

Qualité des sols ou roches	Type de fondation préconisée	Attribution géologique	Description
DÉFAVORABLE	Fondations profondes ou	Lacustre	Limons argileux varvés, sable crayeux.
	Fondations sur pieux ou Radier général	Palustre Colluvions Retrait würmien Moraine würmienne	Tourbe, craie, limon divers. Limons. Phase limoneuse et argileuse molle de la série incomplète. Argiles supra- ou intramorainiques molles.
MÉDIOCRE	Fondations sur semelle pour taux de travail peu élevé et si certains tassements sont admissibles ou idem ci-dessus	Retrait würmien	Zone légèrement consolidée de la phase argileuse.
		Moraine würmienne	Argiles supra- et intramorainiques.
		Moraine caillouteuse	Faciès sablo-limoneux supérieur, intermédiaire ou basal.
		Altération de la molasse	Faciès divers. Argiles marneuses plastiques, marnes à gypse.
MOYENNEMENT FAVORABLE	Fondations sur semelle sauf pour taux de travail ou charges concentrées élevées	Moraine würmienne	Limons argileux à cailloux.
		Molasse	Faciès divers fortement diaclasés.
FAVORABLE	Fondations sur semelle (niveaux à rechercher en profondeur dans les cas précédents comme zone de fiche des pieux)	Retrait würmien	Faciès graveleux d'épaisseur élevée.
		Moraine würmienne	Faciès limono-argileux surconsolidé.
		Moraine caillouteuse	Faciès limoneux à cailloux, compact.
		würmienne	Zone de transition: gravier limoneux.
		Interglaciaire Molasse	Faciès divers. Marnes peu diaclasés. Marnes silteuses.
TRÈS FAVORABLE	Idem ci-dessus	Moraine caillouteuse	Graier sableux («alluvion ancienne»).
		Retrait rissien	Limons argileux surconsolidés.
		Moraine rissienne	Faciès divers.
		Molasse	Grès et marno-calcaires plus ou moins silteux faiblement diaclasés.

Description géologique et géotechnique
 Limon sablo-graveleux, peu à moyennement argileux, gris à beige, massif, peu à moyennement plastique; compact à très compact; cailloux hétérométriques assez abondants.

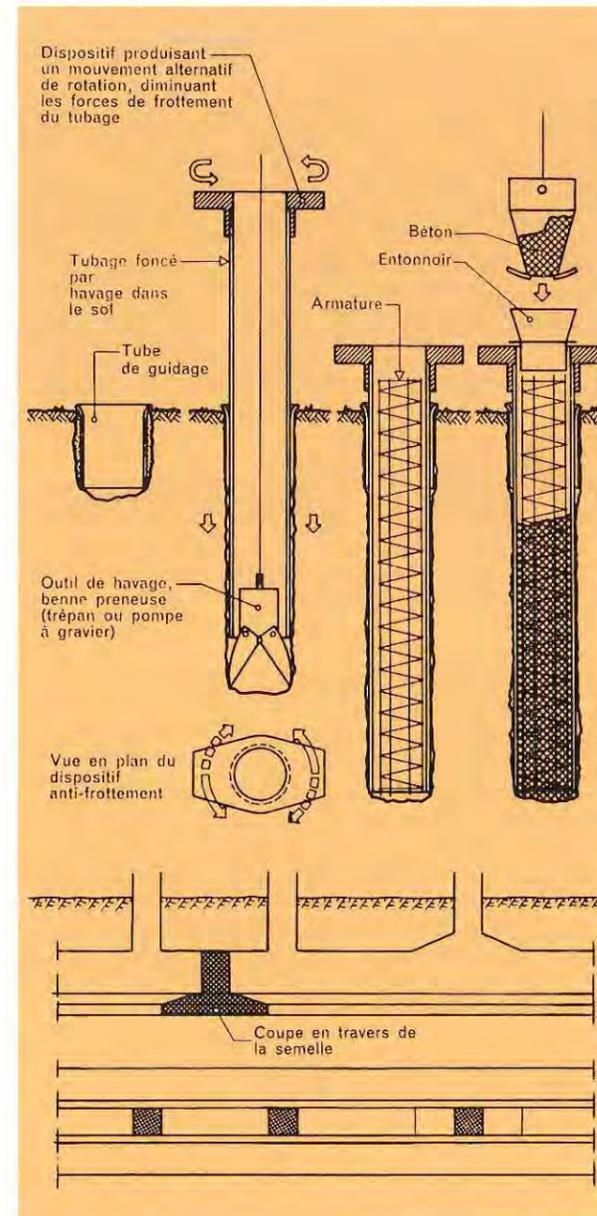
- 7c1: Moraine typique saine
- 7c3: Moraine typique altérée, brunâtre avec cailloux «pourris», faciès se développant au toit de 7c1, parfois sous forme de «cheminées».
- 7c2: «Limons à cailloux», gris à beige, ferme. Cailloux moyennement nombreux (faciès rare).

Caractéristiques pratiques pour l'ingénieur

	7c1	7c2	7c3
- portance (1)	++	±	-
- insensibilité à l'eau	-	-	-
- insensibilité au gel	-	-	-
- aptitude au terrassement	⊕(1)	±	+
- carrossabilité	++(3)±(4)	±(3)-(4)	-(3)-(4)
- matériau de remblai	+(2)	-	-

- Remarques**
 (1) Difficilement exploitable à la machine selon SNV 670.360
 (2) Précautions à prendre pour éviter l'humidification
 (3) Temps sec
 (4) Temps pluvieux

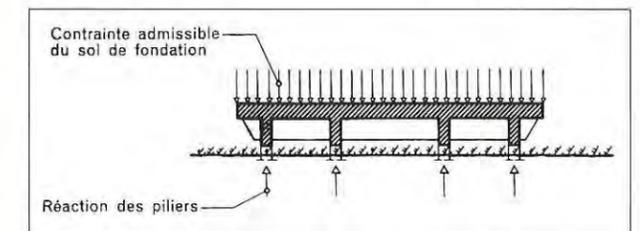
Légendes: ++ très favorable (voir rapport)
 + favorable
 ± moyen
 - défavorable
 - très favorable



Il n'est pas inutile maintenant de revenir en arrière et de se rappeler que, jusqu'à une date très récente, les fondations sont réalisées par une sur largeur de la maçonnerie pour réduire les contraintes sur le sol entre 10 et 50 tonnes par mètre carré, suivant la nature du terrain. Sur les sols de très mauvaise qualité (argile molle, limon, vase, etc.), des pieux de bois sont foncés ou un quadrillage de poutres de bois est disposé horizontalement pour intéresser une plus grande surface de sol. Ces dernières techniques sont utilisées au bord des rivières et des lacs, là où la nappe souterraine est voisine de la surface.

De façon générale, la nappe d'eau limite la profondeur des caves à son niveau puisqu'il est difficile de terrasser sous l'eau et d'obtenir des cuvelages étanches. Les fondations des ponts et des rivières posent des problèmes de déchaussement par les crues. Dans les périodes d'étiage, elles sont exécutées avec des pieux battus ou des fondations les plus profondes possibles. Des enrochements sur leur pourtour réduisent le risque d'affouillement en cas de crue.

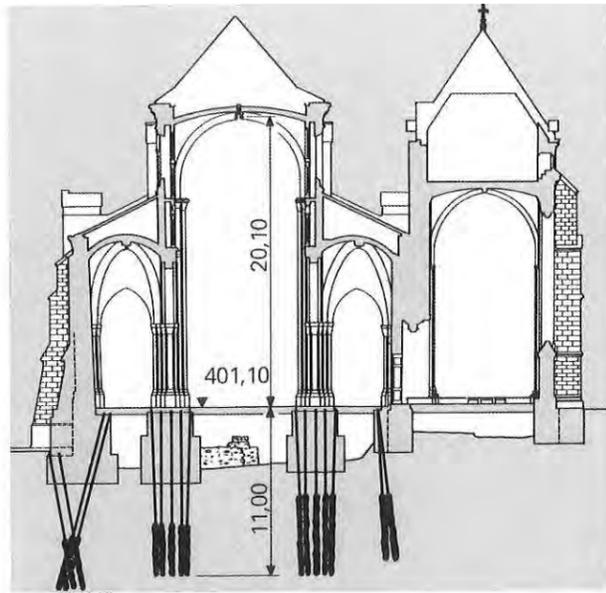
Vers la fin du dix-neuvième siècle, les palplanches sont inventées pour mettre en œuvre des fondations relativement profondes à l'abri de l'eau. Ce sont des bandes d'acier profilées pour leur assurer une certaine rigidité et munies de glissières pour les emboîter verticalement les



Confortation et restauration de la cathédrale Saint-Pierre

Lieu: Cour Saint-Pierre.
 Maître de l'ouvrage: Fondation des Clefs de Saint-Pierre.
 Ingénieur: Bourquin & Stencek SA.
 Architecte: A. Galéras et E. Martin.
 Entreprise: F. Cuénod et Swissboring SA.
 Réalisation: 1976-1982.

Particularités: les travaux de conservation de la cathédrale Saint-Pierre ont nécessité, entre autres, le renforcement des fondations afin d'arrêter définitivement les mouvements qui se sont manifestés les siècles derniers; à cette fin, environ 400 micropieux précontraints ont été mis en œuvre, constituant ainsi la première application importante de cette technique à Genève.



unes dans les autres afin de réaliser une enceinte continue relativement étanche, à l'abri de laquelle des pompages importants sont effectués. Dès cette époque, il est possible de réaliser des fondations relativement profondes, jusqu'à cinq mètres dans la nappe souterraine.

Au début du vingtième siècle, sont inventés les caissons à air comprimé dans lesquels la pression est maintenue à une valeur égale à celle de l'eau dans le terrain. Cette méthode permet de travailler sous le niveau de l'eau sans utiliser de scaphandre. Ces caissons sont équipés d'un système de sas pour l'évacuation des déblais de la fouille et pour le bétonnage de la fondation. Des caisses de havage en béton armé faisant partie des futures fondations sont également utilisées. Elles s'enfoncent dans le sol, au fur et à mesure de la fouille faite à l'intérieur, grâce à des couteaux placés sur leur pourtour. Le garage de Rive, construit à Genève à la fin des années 50, constitue une réalisation spectaculaire de ce procédé.



Nouveau barrage de régularisation des eaux du lac Léman et usine hydroélectrique du Seujet. Enceinte batardeau phase I. Etat des travaux en été 1988.

Immeubles du quai du Seujet

Lieu: quai du Seujet 32-36.
 Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.
 Ingénieur: H. Naïmi, succ. Y. Tournier, G. Guscetti, J. Wälchli.
 Architecte: Julliard & Bolliger.
 Entreprise: Conrad Zschokke SA, Induni & Cie SA.
 Réalisation: 1972-1973.

Description: immeubles d'habitation de 12 à 15 étages sur rez et 1 à 3 sous-sols; 160'000 m³ SIA; structure en béton armé.

Particularités: la fouille atteint une profondeur de 28,00 m, côté rue de Sous-Terre; le blindage est constitué par un mur ancré, réalisé de haut vers le bas, par tranches d'env. 2,50 à 3,20 m. de hauteur; hauteur finale maximum du mur 19,00 m.

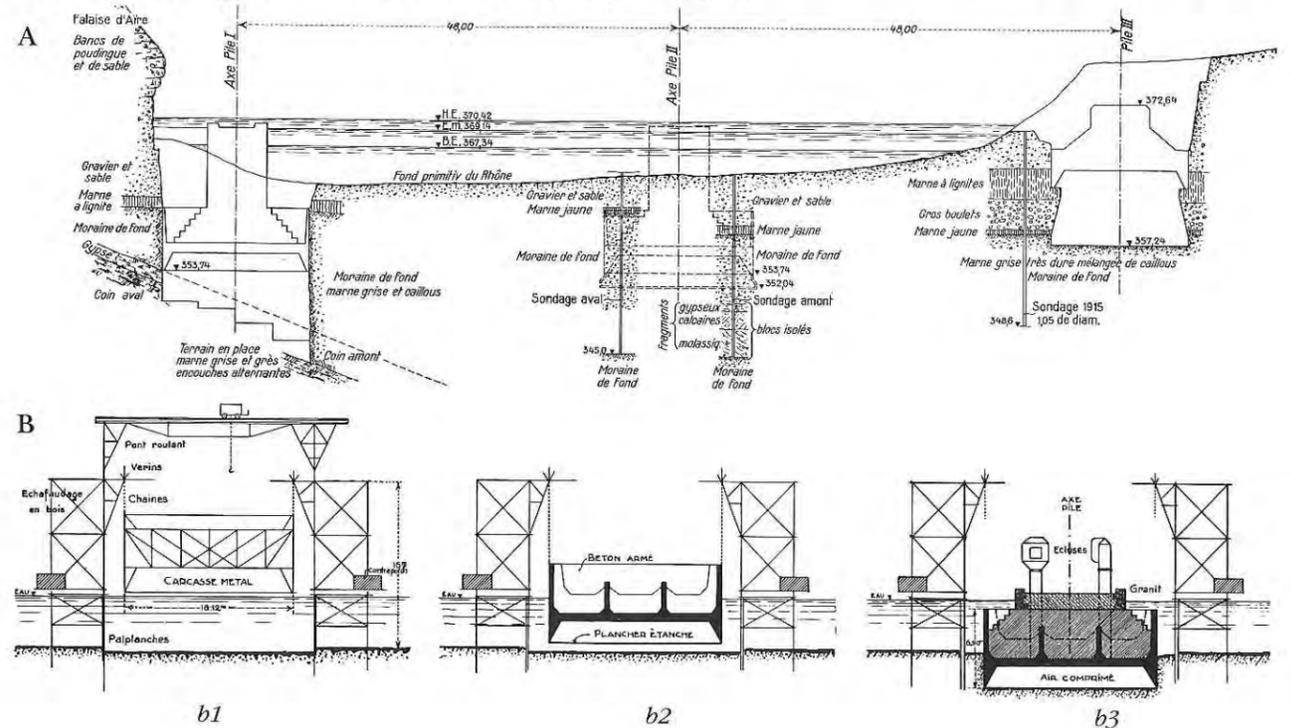


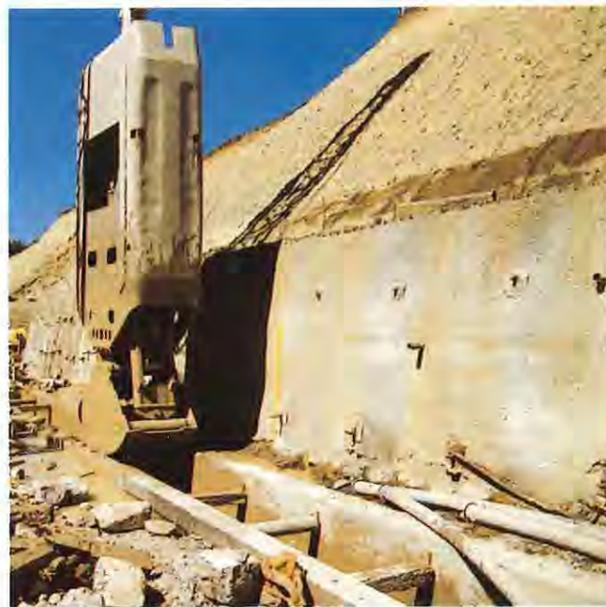
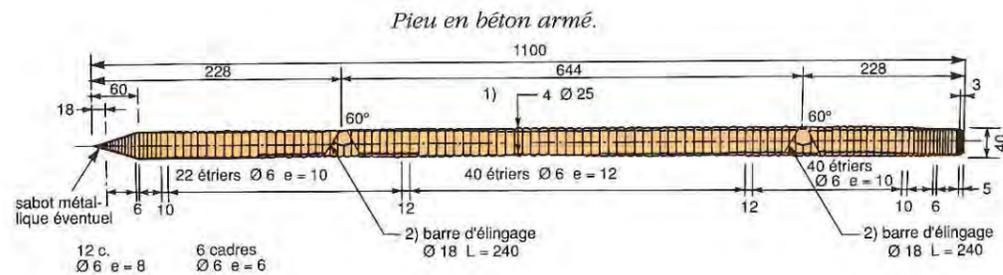
Pont Butin.

Fondation des piles du pont Butin sur le Rhône, 1916-1927 (voir page 85).

A. Coupe longitudinale (vue côté aval) des fondations des piles au moyen de caissons à air comprimé, avec indication de la géologie.

B. Vue des phases d'exécution et de fonçage des caissons en béton armé: b1 = squelette des caissons en profilés métalliques; b2 = caisson immergé en cours de bétonnage; b3 = fonçage du caisson.



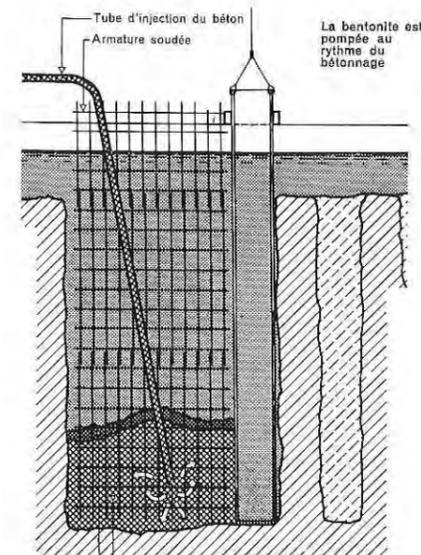
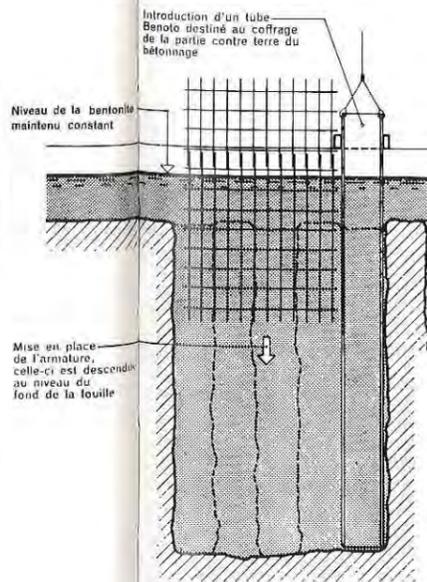
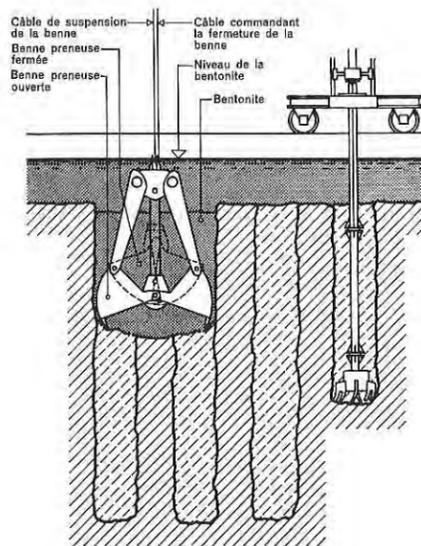
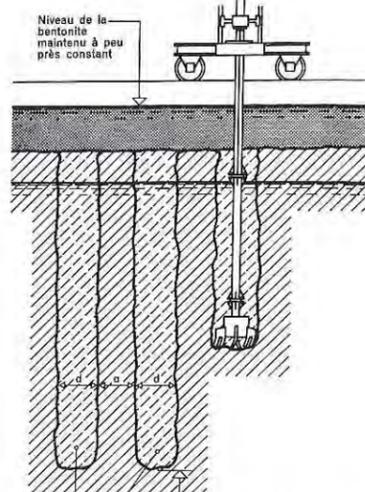
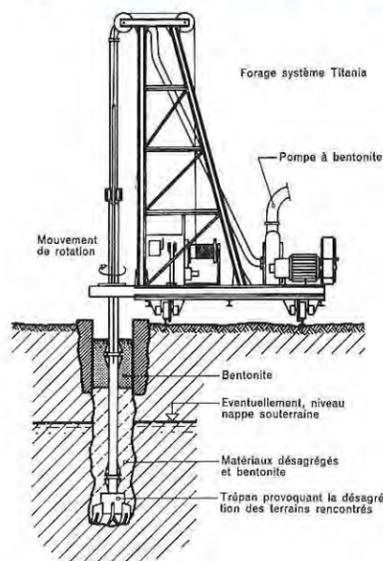


Plongeant entre deux murets de guidage, le grappin géant creuse la tranchée devant recevoir les éléments préfabriqués de la paroi moulée.

fine. Grâce à elle, les parois de la fouille ne s'effondrent pas avant le bétonnage de la paroi armée.

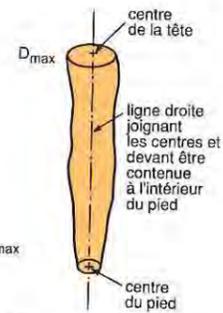
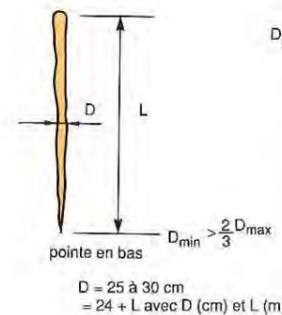
L'exécution d'une enceinte moulée se fait par tranches d'environ 2,5 à 3 mètres de longueur et peut atteindre des profondeurs allant jusqu'à 35 mètres, avec une épaisseur de 40 à 100 centimètres. La fouille est creusée à l'aide d'un grappin de largeur correspondant à celle de l'enceinte.

L'armature de la paroi est immergée dans la bentonite et le bétonnage se fait à l'aide d'un tube plongeur, en commençant par le fond. Au fur et à mesure que le béton est coulé, la bentonite est récupérée pour l'élément suivant.

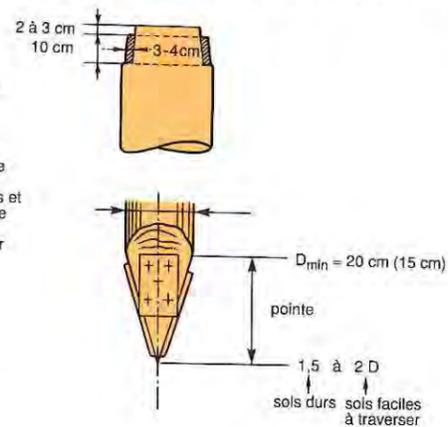


De la profondeur des puits dépend la hauteur de la paroi à réaliser (jusqu'à 40 m)
Terrain ameubli par forages, la distance entre chaque puits étant légèrement inférieure au diamètre des puits
 $d = 60 \text{ à } 80 \text{ cm}$ $\sigma = 55 \text{ à } 75 \text{ cm}$

Préparation du pieu (bois écorcé).



Préparation de la pointe et frettage de la tête.



Quand tous les éléments juxtaposés les uns à côté des autres sont coulés, ils constituent une enceinte fermée et il est possible d'entreprendre la fouille générale. Cette dernière est faite par étapes pour permettre la mise en place d'étais horizontaux qui supportent la poussée du terrain et celle de l'eau. Lorsque la qualité du terrain et les circonstances de voisinage le permettent, il est possible de remplacer les étais par des ancrages.

Dans ces projets, les fondations sont le plus souvent constituées par un radier général, drainé ou non, en phase d'utilisation.

A Genève, dans bien des cas, les fiches de l'enceinte et la nature imperméable des sols en profondeur limitent à quelques litres par minute les débits récoltés en fond de fouille.

Pour faire face aux problèmes posés par la mauvaise qualité des terrains et la nécessité de créer

des volumes en sous-sol en limite de construction existante, l'ingénieur dispose actuellement d'une gamme très diverse de procédés d'exécution, allant des micro-pieux aux pieux de grand diamètre, d'injections classiques de produits variés et complexes à des injections de coulis à très haute pression constituant alors de véritables colonnes ou écrans continus de sol-ciment (jetting, terrajet, etc.), de techniques diverses de rabattement de nappe, congélation, cloutage ou ancrage des sols, etc.

Le choix judicieux de ces techniques, et la réussite de leurs applications dans un projet donné, implique de plus en plus que les ingénieurs de structure collaborent étroitement avec leurs collègues spécialistes en géotechnique. Ces derniers sont donc, dorénavant, appelés à participer à la conception des projets et à la direction des travaux de génie civil.

D'autre part, il est souvent important de connaître les tassements prévisibles des ouvrages. Là encore, les sondages qui précisent la stratigraphie, l'hydrologie et les caractéristiques géotechniques des sols de fondation sont très importants.

L'évolution des modèles de calcul, l'expérience locale et les observations en vraie grandeur des bâtiments, permettent d'estimer l'ordre de grandeur des mouvements futurs et leur évolution dans le temps.

Le préchargement des argiles compressibles de la plaine de l'Aire, au portail sud du tunnel de Confignon, constitue une application récente de cette technique.

– en mettant au point des installations itinérantes déplaçables d'un chantier à un autre.

Cette préfabrication en béton, dite lourde, produit des murs porteurs avec toutes les finitions du second œuvre incorporées (isolation, électricité, boiserie, menuiserie, sanitaires, etc.) et les dalles, en éléments de quatre à six mètres de longueur sur un à trois mètres de largeur, en fonction de la puissance de levage des grues de chantier.

Cendrier-Centre

Lieu: rue du Cendrier 15 et 17.

Maître de l'ouvrage: Winterthur Assurances.

Ingénieur: P. Froidevaux et W. Weber, Polak-Froidevaux & Cie SA, succ. (1ère étape); G. A. Steinmann (2e étape).

Architecte: M. J. Saugey.

Entreprise: Ed. Cuénod & Cie SA (béton armé); Schafir & Mugglin SA (parois moulées).

Réalisation: 1962-1966.

Description: bâtiment administratif et commercial de 9 étages sur rez et 5 sous-sols; surface de planchers de 4300 m² pour les bureaux et 3000 m² pour les commerces; 4 niveaux de parking pour 150 places; 52'200 m³ SIA; structure en béton armé et métal.

Particularités: infrastructure en béton armé sur 5 étages comprenant une enceinte de parois moulées avec cuvelage intérieur et étanchéité souple multicouche, planchers en dalles massives; superstructure comprenant deux tours de 7 étages sur une galette de 2 étages avec terrasse, composée d'une ossature métallique; les planchers des locaux techniques et commerciaux sont des dalles massives en béton armé et ceux des bureaux sont des dalles nervurées du type Kaiser; dimensions infrastructure et galette de 32,00 x 48,00 m, tours de 13,6/18,00 x 24,00 m.

Centre sportif de Carouge - Tribunes

Lieu: stade de la Fontenette, Carouge.

Maître de l'ouvrage: Ville de Carouge.

Ingénieur: R. Perreten + P. Milleret.

Architecte: J.-P. Cottier et A. Bugna.

Entreprise: J. Piasio (génie civil); Spinedi SA (béton armé).

Réalisation: 1964.

Description: tribunes pour environ 1000 personnes; sous-sols en béton coulé sur place comprenant les locaux vestiaires, douches et administration.

Particularités: la structure est composée d'éléments préfabriqués, soit poutres inclinées supportant les gradins; dalle promenoir coulée sur place servant d'élément de liaison et de stabilisation de la superstructure; coques préfabriquées de couverture composées de quatre secteurs de paraboloïde hyperbolique. Dimensions d'un élément: longueur 11,00 m; largeur 6,00 m; épaisseur 7 à 10 cm aux extrémités, 20 à 30 cm à l'axe; porte-à-faux 9,10 m. Longueur totale 162 m, coupés en deux par un joint de dilatation.



A Genève, il faut citer, entre autres, l'application des brevets «Barets» pour la préfabrication foraine et ceux de «Balency» et de «Larsen et Nielsen».

Vers la même époque, les façades rideaux en métal, surtout en aluminium et en verre, sont utilisées pour les façades non porteuses. Cette préfabrication légère, en métal ou en béton, semble actuellement être préférée.

Le problème essentiel de la préfabrication réside dans les joints entre les éléments préfabriqués, car ils doivent être étanches aux intempéries, isolés pour éviter les pertes thermiques (ponts de froid), résistants pour supporter les charges des bâtiments et créer des contreventements pour résister aux poussées horizontales (vent, séisme, etc.).

Les deux premières exigences sont concordantes, alors que la troisième est très différente à satisfaire, ce qui explique la tendance actuelle de ne pas utiliser les préfabriqués comme éléments porteurs.

Le génie civil a recours à la préfabrication pour des ponts très longs (viaducs) ou courts, mais exécutés en de multiples exemplaires (traversées d'autoroutes). Ces réalisations économiques, grâce à la réutilisation des coffrages, ne sont pas toujours esthétiques de par les conditions de montage.

Pose de poutres préfabriquées par voussoirs et précontraintes de grande portée pour la couverture de hangars d'aviation, 1955.



Laiteries Réunies

Lieu: zone industrielle de Plan-les-Ouates.

Maître de l'ouvrage: Laiteries Réunies de Genève.

Ingénieur: R. Perreten + P. Milleret.

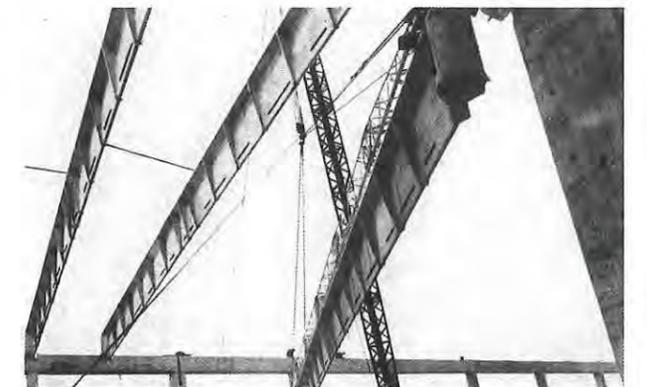
Architecte: A. Bugna et Blezat-Ferrat.

Entreprise: Consortium Jaquet SA, Scrasa SA, Rampini & Cie SA.

Réalisation: 1980-1982.

Description: immeuble pour l'industrie laitière et administration; structure en béton armé et métallique.

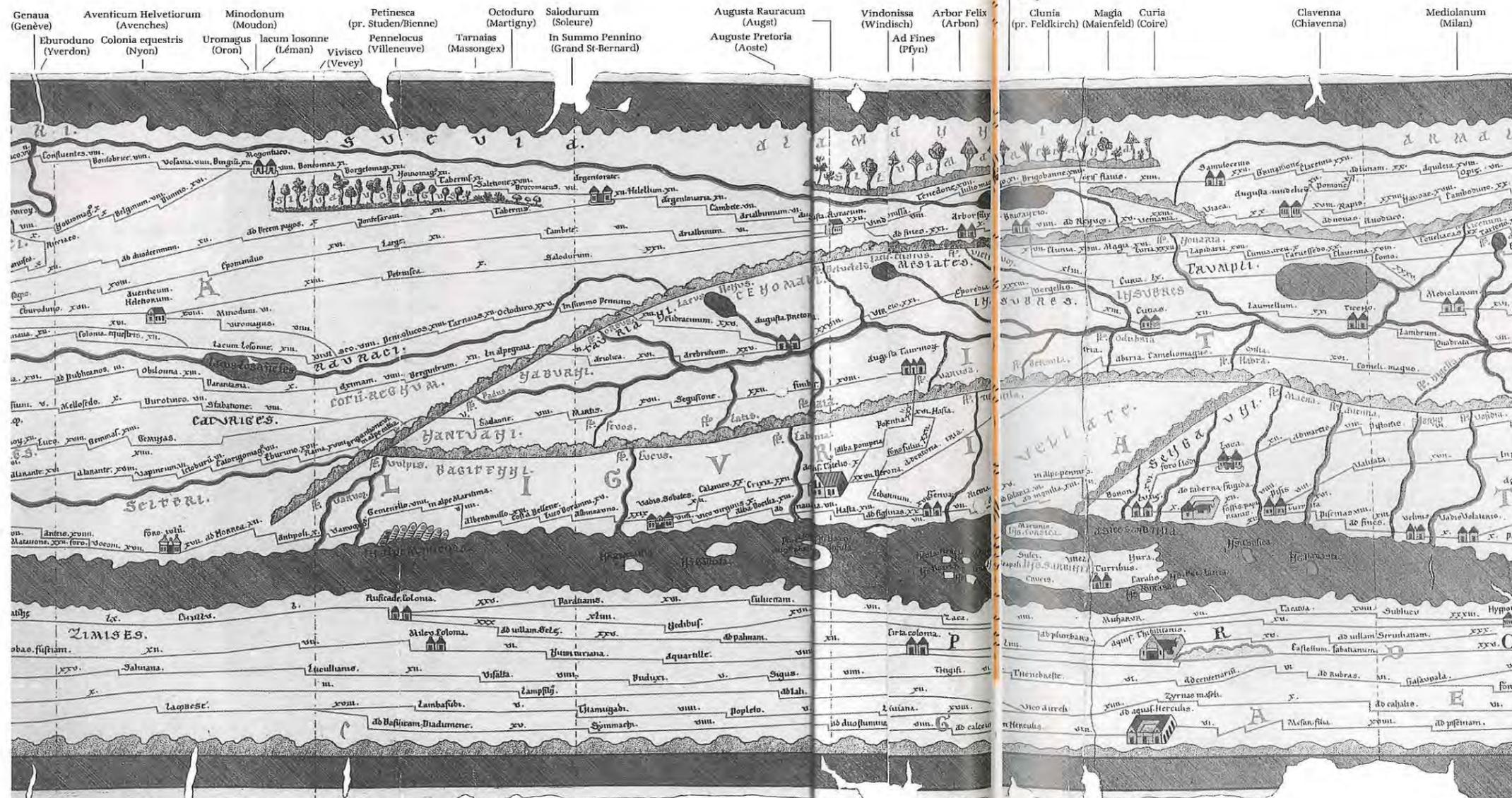
Particularités: charpente métallique zinguée à chaud dont les cadres symétriques sont espacés de 9,75 m pour la partie production/stockage; dalles à alvéoles sur piliers avec une trame de 9,75 m pour la partie administration.



Vestige de la voie romaine Yverdon - Sainte-Croix dans la Gorge de Covattanaz, au sud de Sainte-Croix (Vaud).



Fragment de la table de Peutinger, de Genève (Genava) à Bergame (Bergomum), qui représente l'ensemble des voies de communication romaines de la Bretagne (Angleterre) à l'Inde. La «Tabula Peutingeriana» du nom de Conrad Peutinger, humaniste et collectionneur (1465-1547) est une copie médiévale (XII^e siècle environ) d'une carte de l'empire romain établie vers 365 après J.-C. par le géographe et philosophe Castorius. Le rouleau brisé en 11 pages de parchemin mesure 675 cm de long et 34 cm de hauteur. La partie supérieure comprend les pays du nord de l'Italie; le centre, l'Italie; la partie inférieure, la Méditerranée et l'Afrique du Nord, puis le Proche et le Moyen-Orient. Sous le règne de l'empereur Hadrien (117 à 138 après J.-C.), la longueur totale des voies romaines atteignait 120'000 km environ.



2.10 Les voies de communication



Bas-relief du tombeau d'un ingénieur romain du 1^{er} siècle après J.-C. représentant les instruments de sa profession: équerre, niveau, règle, compas et fil à plomb.

La localisation des agglomérations est fonction, la plupart du temps, des conditions géographiques de leur environnement proche et lointain. Genève, entourée de montagnes et à l'extrémité d'un lac, ne fait pas exception à cette règle.

Elle est un point de franchissement du Rhône cité par César, ainsi qu'une étape normale de transbordement à une époque où les voies terrestres sont peu praticables. La navigation lacustre est plus rapide, plus confortable et permet d'éviter des péages onéreux, plus ou moins justifiés, pour l'entretien des routes et la sécurité des transports.

Les Romains mettent au point une technique de revêtement des chaussées dont des tronçons intacts sont encore visibles, par endroits, sur les tracés des routes impériales. A la fin de l'empire, les invasions des barbares appauvrissent les pays au sud du Rhin et du Danube qui ne peuvent entretenir les voies romaines. Il faut aussi mentionner que leur fonction de routes stratégiques n'a plus de raison d'être puisque l'Europe se morcele en un grand nombre de petits états indépendants et rivaux.

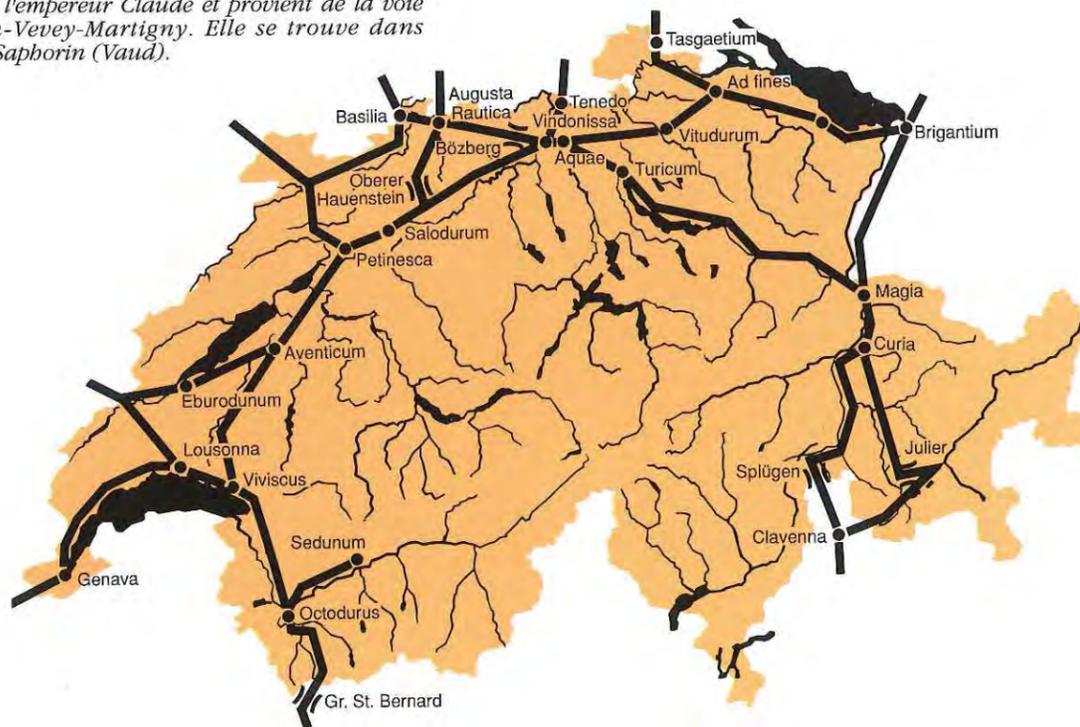
Il faut attendre l'invention de la vapeur et les rouleaux compresseurs, vers 1830, pour que McAdam invente le macadam, revêtement de pierres concassées, mêlées de sable et compressées. Les routes de campagne non goudronnées, réalisées avec le calcaire du Salève compacté, donnent une idée de ce procédé.

L'invention de la voiture automobile, vers 1900, provoque une modification très importante de la technique routière. Grâce à l'invention du pneumatique par Dunlop, la vitesse toujours croissante des véhicules nécessite un revêtement des chaussées sans poussière et sans ornières. Les premiers revêtements bitumineux sont

Déchargement des moellons de Meillerie transportés par les barques du Léman.



Schéma des voies romaines en Suisse au II^e siècle ap. J.-C. Les distances étaient marquées par des «pierres milliaires» hautes d'environ trois mètres, posées à des intervalles de 1000 "double pas" (mille romain = 1480 m). La plus ancienne borne milliaire de Suisse, datée de 47 ap. J.-C., porte le nom de l'empereur Claude et provient de la voie Avenches-Oron-Vevay-Martigny. Elle se trouve dans l'église de Saint-Saphorin (Vaud).



Ancienne goudronneuse.



Autoroute de contournement RN1a, échangeur de Meyrin, 1988.



Gare CFF de la Praille pour le trafic marchandises et le triage.

exécutés en Amérique avec un mélange de gravier et de brai, résidu de la distillation du pétrole.

En Suisse, vers 1920, M. Gugliometti, dit «Dr Goudron», est un promoteur du revêtement bitumineux à base d'asphalte naturel.

Les premières routes goudronnées ont un profil en travers bombé pour évacuer l'eau de pluie dans les fossés. Cette technique présente l'inconvénient d'incliner les voitures dans le mauvais sens pour les virages à gauche. Les routes modernes et les autoroutes sont planes et inclinées vers le centre de la courbe pour lutter contre la force centrifuge qui devient importante à grande vitesse.

Avant la construction des autoroutes en Suisse, vers 1960, l'axe des chaussées est une suite de lignes droites raccordées par des arcs de cercle. Cette méthode a l'inconvénient de déporter les véhicules en dehors de la courbe. Le conducteur ne peut modifier sa trajectoire que progressivement, en tournant son volant. Les tracés modernes pallient ce défaut en raccordant les axes de chaussée avec des clothoïdes, courbes dont le rayon varie en fonction du chemin parcouru et que le conducteur suit facilement.

Certains milieux décrient la circulation à cause des accidents, du bruit et de la pollution de l'air qu'elle occasionne, mais qui se passerait de sa voiture pour son travail, son agrément, quitte à importuner les autres sur son parcours!

La circulation comprend aussi les chemins de fer qui ne subissent pas de transformation importante depuis l'électrification du réseau ferroviaire.

Locomotive à vapeur A 3/5 série 600, environ 1925.

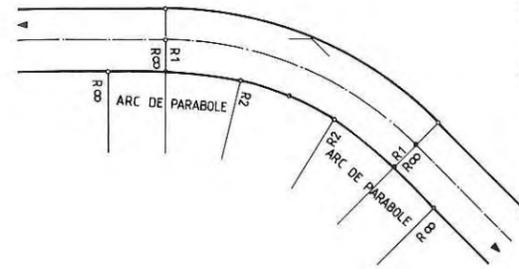


Transport des ordures par barges sur le Rhône.

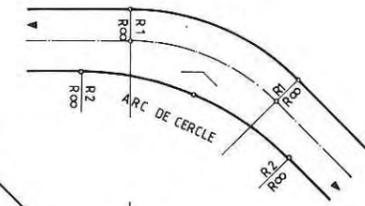


Complexe de l'aéroport intercontinental de Genève-Cointrin, rail-route-air.

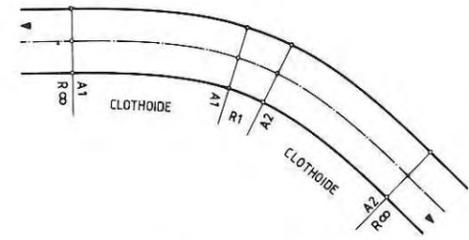
Alignement et courbe avec surlargeur du bord intérieur (parabole).



Alignement et courbe avec surlargeur du bord intérieur (courbe).

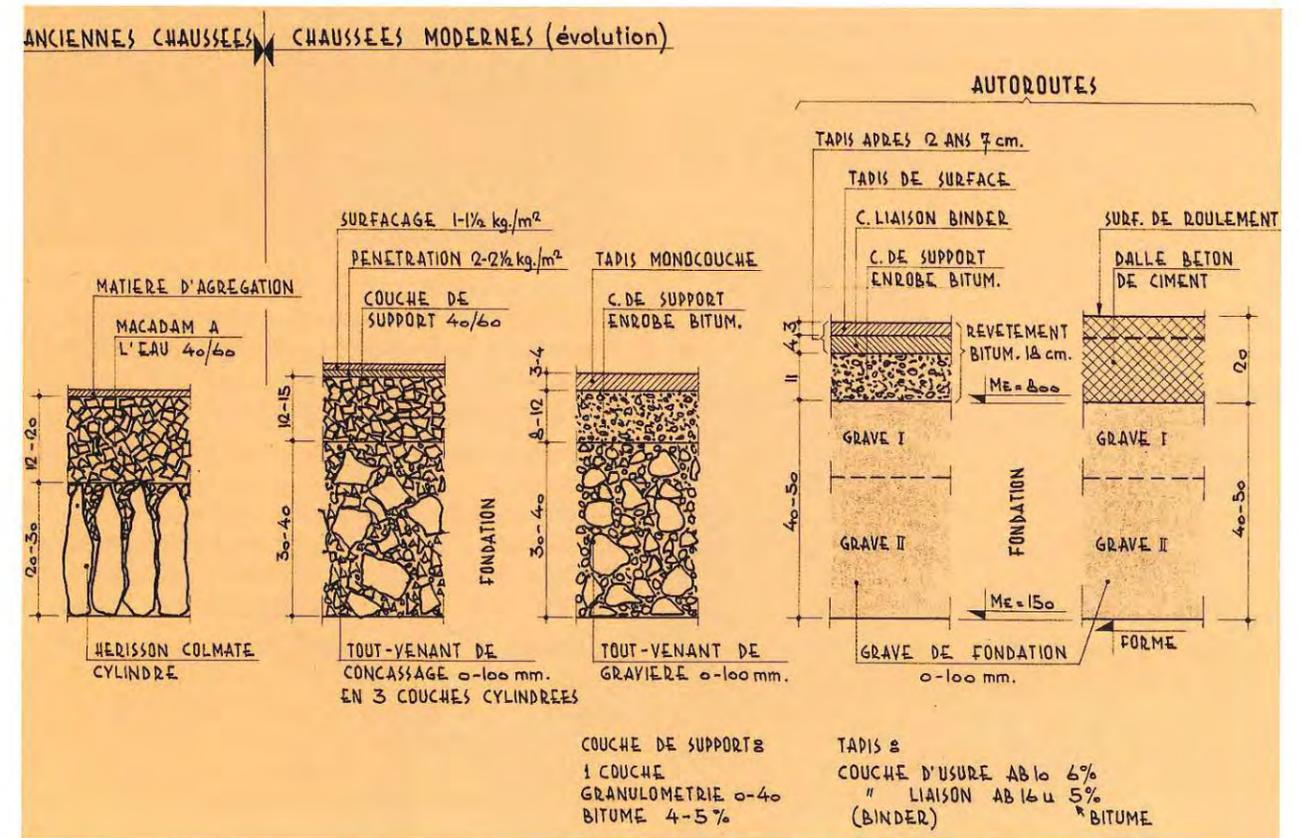


Alignement et courbe circulaire avec courbe de raccordement (clothoïde).



La vitesse des trains s'améliore très sensiblement grâce au perfectionnement du matériel roulant et à celui de la surveillance du trafic. Enfin, il reste à citer la navigation sur le lac, qui passe des barques à voiles ou à rames, à la vapeur vers 1900. Elle évolue vers un trafic de plaisance sur le lac et le Rhône, à l'exception des barges qui transportent les ordures entre la Jonction et l'usine d'incinération de Peney.

La liaison fluviale entre Rhône et Rhin est un problème qui soulève des polémiques depuis des décennies et qui a fait l'objet de nombreuses études.



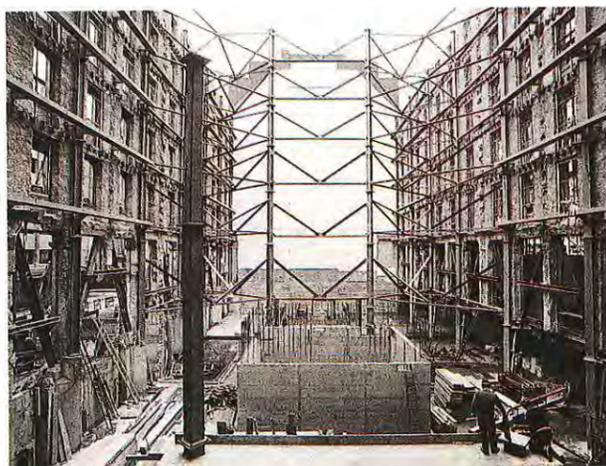
2.11 La rénovation

Comme partout en Europe, le développement urbain, lié à l'évolution économique d'après-guerre, est caractérisé schématiquement par la disparition progressive de l'habitat du centre-ville au profit des activités, et par le déplacement en périphérie des logements sociaux, destinés à accueillir la main-d'œuvre nécessaire à la croissance économique. A Genève, une grave pénurie de logements sévit depuis de nombreuses années.

Ainsi, de 1960 à 1980 environ, de nombreuses démolitions de bâtiments et d'importants changements d'affectation sont à constater (habitat en locaux administratifs et commerciaux).

D'autre part, la population genevoise demande, de plus en plus, la réhabilitation des quartiers anciens et la conservation des bâtiments de qualité architecturale ou historique.

Sur le plan politique, une nouvelle loi sur les démolitions, transformations et rénovations, entre en vigueur en 1983. Les démolitions ne



Etayage intérieur des immeubles de la place Cornavin.



Maison Bonnet

Lieu: rue du Marché 40.
Maître de l'ouvrage: CGI, Compagnie de Gérance Immobilière.
Ingénieur: H. Weisz.
Architecte: J.-L. Ardin et A. Bordigoni.
Entreprise: Cavecchia SA.
Réalisation: 1690-1698, transformation en 1978.
Description: immeuble de bureaux et commerces de 6 étages sur rez et 2 sous-sols; structure en béton armé.
Particularités: reprise en sous-œuvre et conservation d'une façade du 18e siècle renforcée par un voile de béton.

sont désormais autorisées que sous forme de dérogation, pour des motifs de vétusté, d'intérêt public et d'intérêt général (notamment dans le cas où le nouveau bâtiment comporte une capacité d'habitation sensiblement plus forte que celui qui est démolé). Le maintien ou le développement du commerce et de l'artisanat est considéré d'intérêt général.

L'encouragement à la rénovation, développe ainsi une nouvelle activité et la participation de l'ingénieur à des travaux quelquefois très spectaculaires.

Citons, à titre d'exemple, la rénovation de la maison Bonnet dont la façade est conservée alors que l'intérieur est entièrement vidé et reconstruit. Il en est de même, aujourd'hui, pour les travaux de transformation de la Société de Banque Suisse située à la rue de la Corraterie dont seule la façade est maintenue.

Relevons aussi les travaux importants de rénovation du bâtiment de la Ville de Genève dit du «Grütli». L'ensemble architectural présente un intérêt évident dans la mémoire historique des Genevois, ce qui conduit à le conserver. De ce fait, l'intérieur est entièrement vidé et transformé.

Immeubles Place Cornavin

Lieu: place Cornavin 14, 16, 18 et 20.
Maître de l'ouvrage: V. Kleinert SA, Berne.
Ingénieur: Bourquin & Stencek SA; Emch et Berger SA, Berne.
Géotechnicien: P. et C. Dériaz.
Architecte: V. Pluss et J.-P. Magnin.
Entreprise: Entreprise globale Losag SA.
Réalisation: 1982-1984 pour les n° 14 et 16; 1984-1985 pour les n° 18 et 20.

Description: bâtiment commercial, administratif et d'habitation, surface au sol de 1800 m²; 7 étages sur rez et 4 sous-sols; surface de planchers: commerces 2560 m², bureaux 2750 m², habitations 7200 m², parking (96 places) 4000 m², technique 1200 m²; 79'000 m³ SIA; structure en béton armé et métal.

Particularités: transformation lourde de 4 immeubles existants en maintenant les façades, avec création de 3 sous-sols supplémentaires; exécution au moyen de puits de fondation et de structures métalliques avec étayages, démolition des planchers et cages d'escaliers; reconstruction à partir du premier niveau sous-sol en infrastructure et superstructure simultanément.



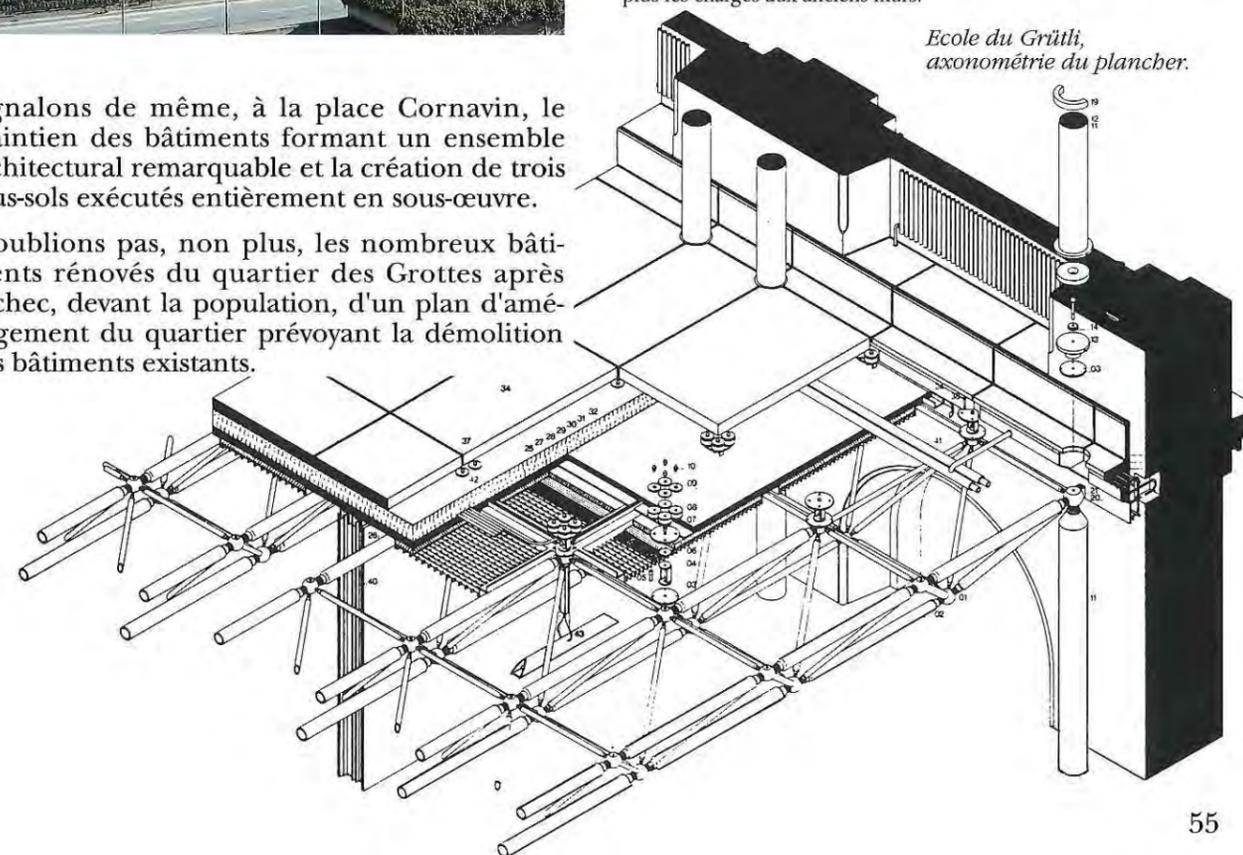
Signalons de même, à la place Cornavin, le maintien des bâtiments formant un ensemble architectural remarquable et la création de trois sous-sols exécutés entièrement en sous-œuvre.

N'oublions pas, non plus, les nombreux bâtiments rénovés du quartier des Grottes après l'échec, devant la population, d'un plan d'aménagement du quartier prévoyant la démolition des bâtiments existants.



Transformation de l'ancienne école du Grütli

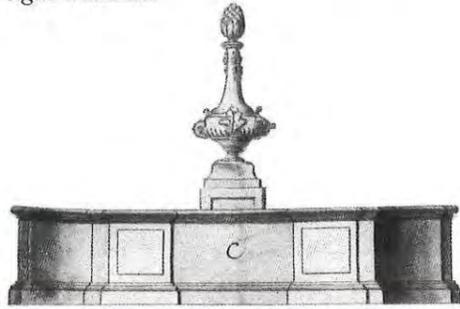
Lieu: 16, rue Général-Dufour.
Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.
Ingénieur: J.-J. Seiler et Fortis & Aegerter SA.
Architecte: U. Tschumi et J. Stryjenski.
Entreprise: E.-J. Belloni, H. Bonnet, G. Antille SA, SIF Groutbor, Fehlmann Travaux Hydrauliques SA, Stahlton SA, Kaiser-Senn, J. Revaz.
Réalisation: début du siècle; transformation de 1985 à 1988.
Description: bâtiment public culturel de 3 étages sur rez et 1 sous-sol; env. 5800 m² de planchers; env. 43'000 m³ SIA; structure en béton armé et métallique.
Particularités: renforcement des fondations existantes par pieux poussés; radier et micro-pieux pour fondations nouvelles intérieures; remplacement des planchers en bois par une structure métallique (tubes verticaux et tridimensionnels horizontaux) ne transmettant plus les charges aux anciens murs.



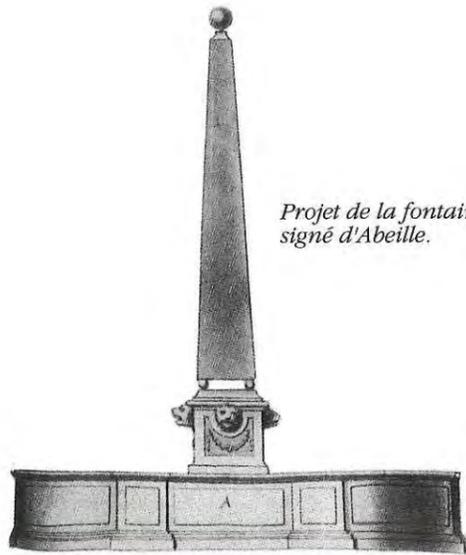
3. Les ouvrages

3.1 L'eau

Projet de la fontaine de Saint-Gervais, signé d'Abeille.



Projet de la fontaine de l'Hôtel-de-Ville, signé d'Abeille.



L'hydraulique appliquée à Genève

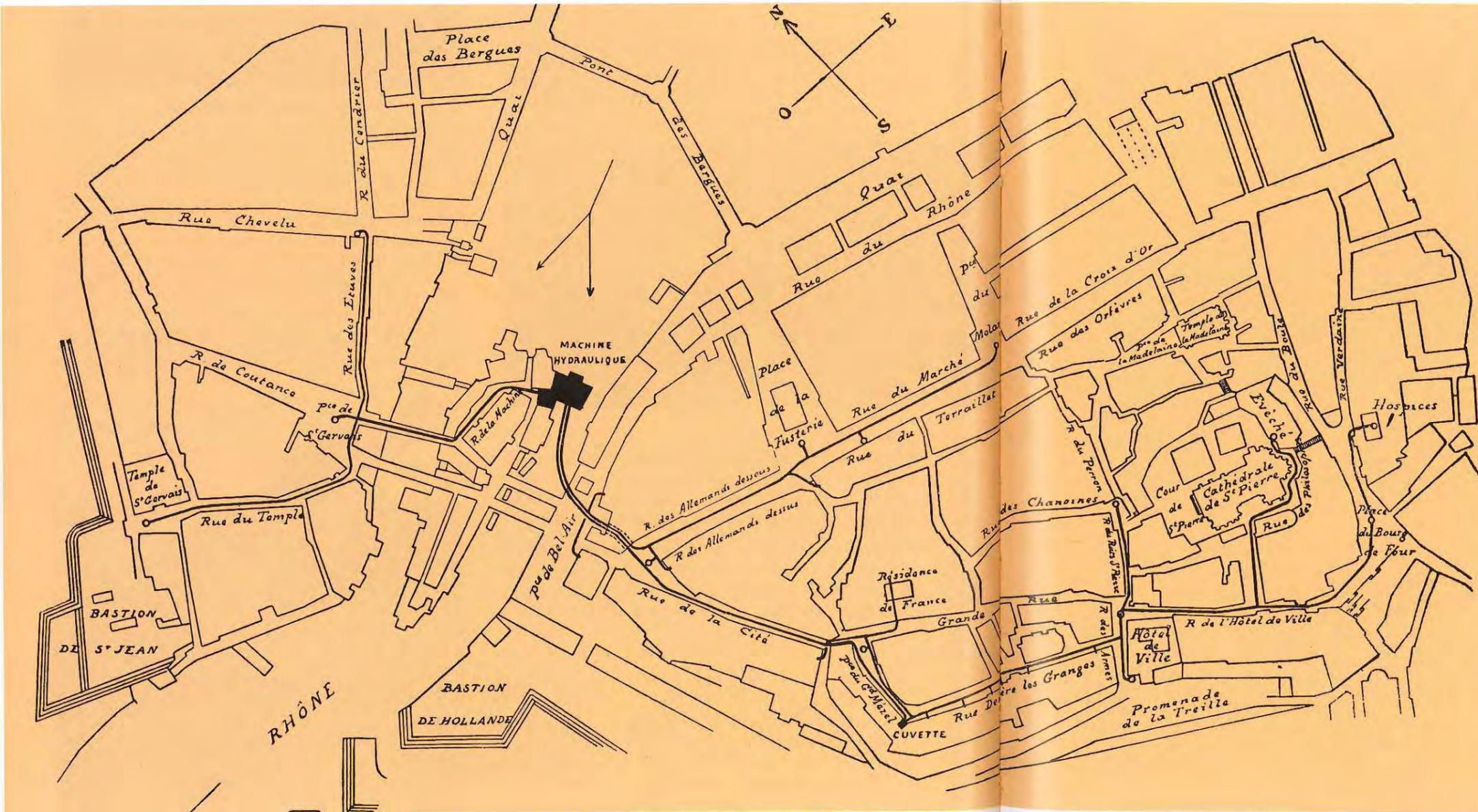
Les sciences et techniques qui traitent des lois régissant l'écoulement des liquides en mouvement, ainsi que les problèmes de l'utilisation de l'eau, ne laissent pas indifférents nos ancêtres. A l'époque romaine déjà, ils construisent un aqueduc allant des Voirons (Cranves-Sales) à Genève pour alimenter en eau leur cité.

Depuis les Romains et jusqu'au treizième siècle, seul le ravitaillement en eau potable préoccupe les citoyens et c'est à cette époque que la ville, isolée par les guerres avec les pays voisins, se voit contrainte de construire des citernes dont un exemplaire reste visible à la maison Tavel.

Du treizième au seizième siècle, des projets d'aqueducs et de canaux sont étudiés pour amener l'eau des sources du Salève ou du Petit-Saconnex jusqu'aux frontières de la ville, mais aucun ne voit le jour.

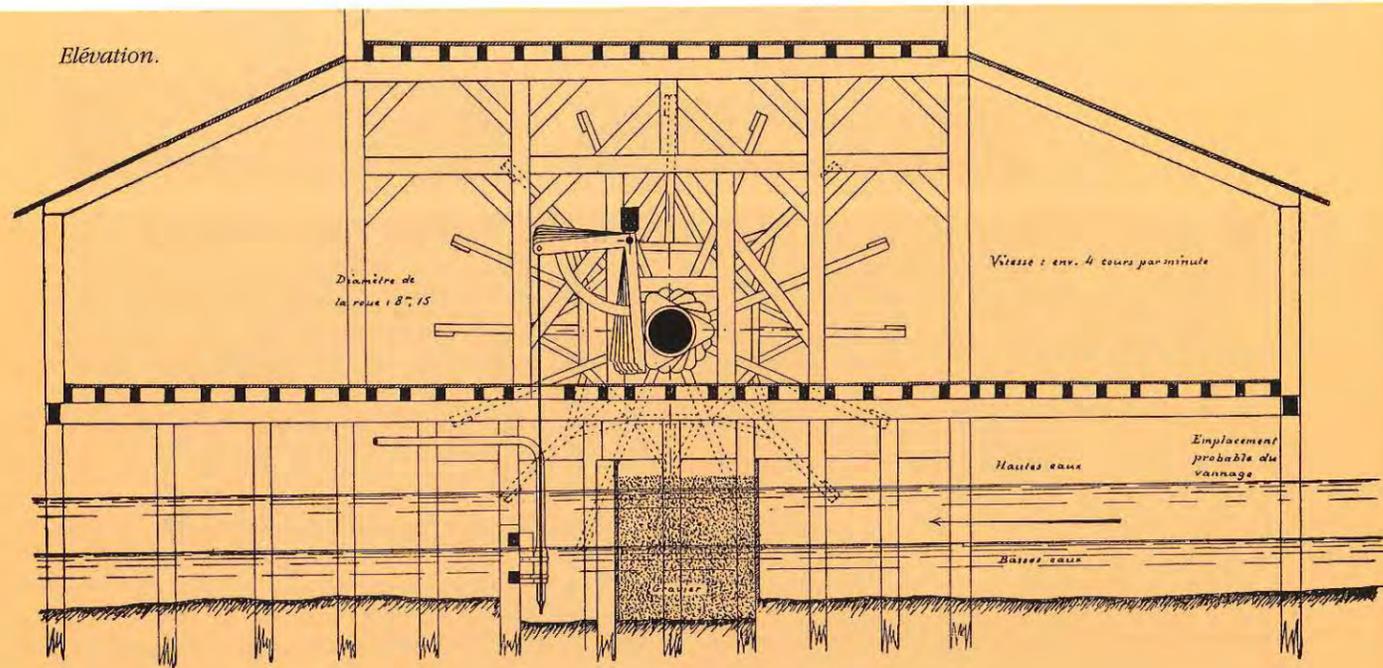
Il faut attendre le début du dix-huitième siècle pour voir l'installation de machines hydrauliques, la première dénommée «Abeille» servant à élever l'eau depuis la ville basse jusqu'aux fontaines de la ville haute. En 1840, le premier barrage sur le Rhône est construit avec l'installation de la machine «Cordier» comprenant la roue «Poncelet» (pont de la Machine). Les moulins et puiserandes du Rhône pour l'irrigation des cultures maraîchères de Plainpalais sont érigés.

Avec l'ère industrielle, vers 1855, tout change très rapidement; les quais sont construits, le barrage du pont de la Machine est réalisé avec des vannes à rideaux de type «Caméré» pour régler le niveau du lac et assurer toute l'année une chute d'environ 2,5 mètres. Cette énergie est utilisée au bâtiment des Forces Motrices, à la

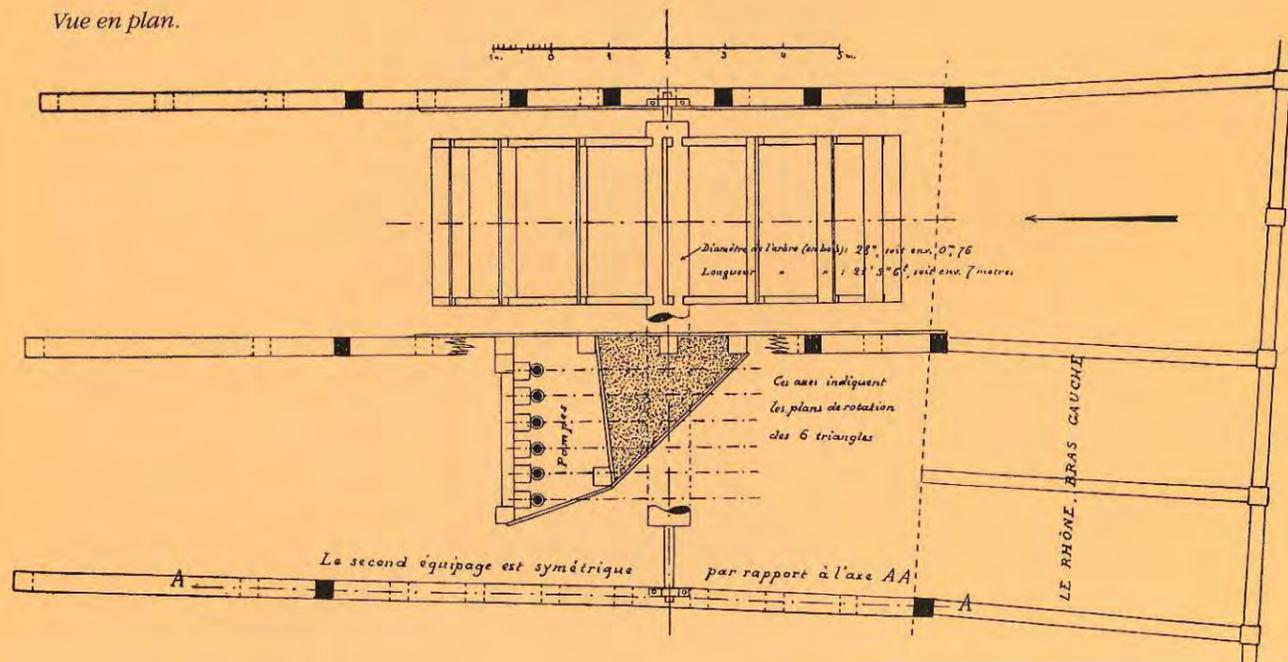


Plan du réseau de distribution de la machine hydraulique de Genève en 1791.

Elévation.



Vue en plan.



Reconstitution de la machine hydraulique de J. Abeille, restaurée par Maritz en 1733.



Bâtiment du pont de la Machine, XX^e siècle.



Pont de la Machine en 1868.



Pont de la Machine, machine hydraulique Cordier de 1843.



Ancien chemin des Saules vers 1860, puiserande de Plainpalais.

Coulouvrenière, pour alimenter le réseau d'eau industrielle destinée aux artisans de la ville.

Des canaux d'aménée d'eau avec de petites installations sont créés à Sierne, Carouge, Richelien (sur la Versoix), ainsi qu'au barrage de Vessey (sur l'Arve), pour assurer la distribution dans les quartiers de Champel, Florissant et du plateau de Frontenex.

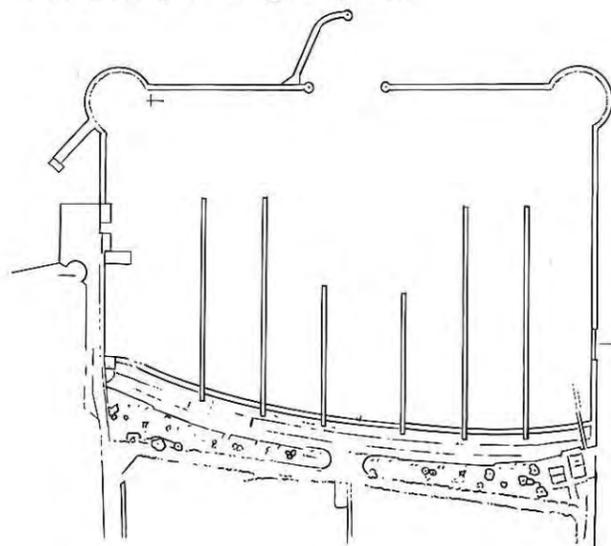
La construction de l'usine de Chèvres à Vernier, en 1896, permet l'électrification de la ville et du canton de Genève et la suppression progressive de la fourniture d'eau industrielle actionnant les moteurs hydrauliques «Schmid» des artisans. Ce premier aménagement du Rhône est complété, en 1925, par l'usine hydroélectrique franco-suisse de Chancy-Pougny et, en 1943, par l'usine de Verbois. Ces deux aménagements permettent d'adapter, pendant quelques années, la production d'électricité à la consommation toujours croissante.

L'aménagement hydraulique du Seujet, en cours de réalisation, est prévu pour couvrir les 3 à 4% de la consommation électrique.

Les problèmes hydrauliques relatifs à l'alimentation en eau et son utilisation comme source d'énergie ne sont pas les seuls à accaparer la science de l'ingénieur. Ainsi, la navigation sur le lac préoccupe depuis toujours les Genevois et les riverains du Léman qui ont besoin de commercer et de s'approvisionner en dehors de leur territoire. Une des difficultés majeure de la navigation résulte des variations de niveaux du lac dont l'amplitude est de près de 2,5 mètres.

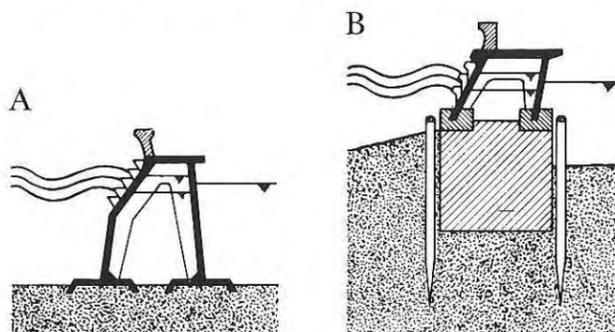
L'émissaire physique du Léman se trouve au lieu dit «Banc de Travers», entre la Perle du Lac et le parc de La Grange. Pour que le port du

Port Choiseul, réaménagement, 1966.

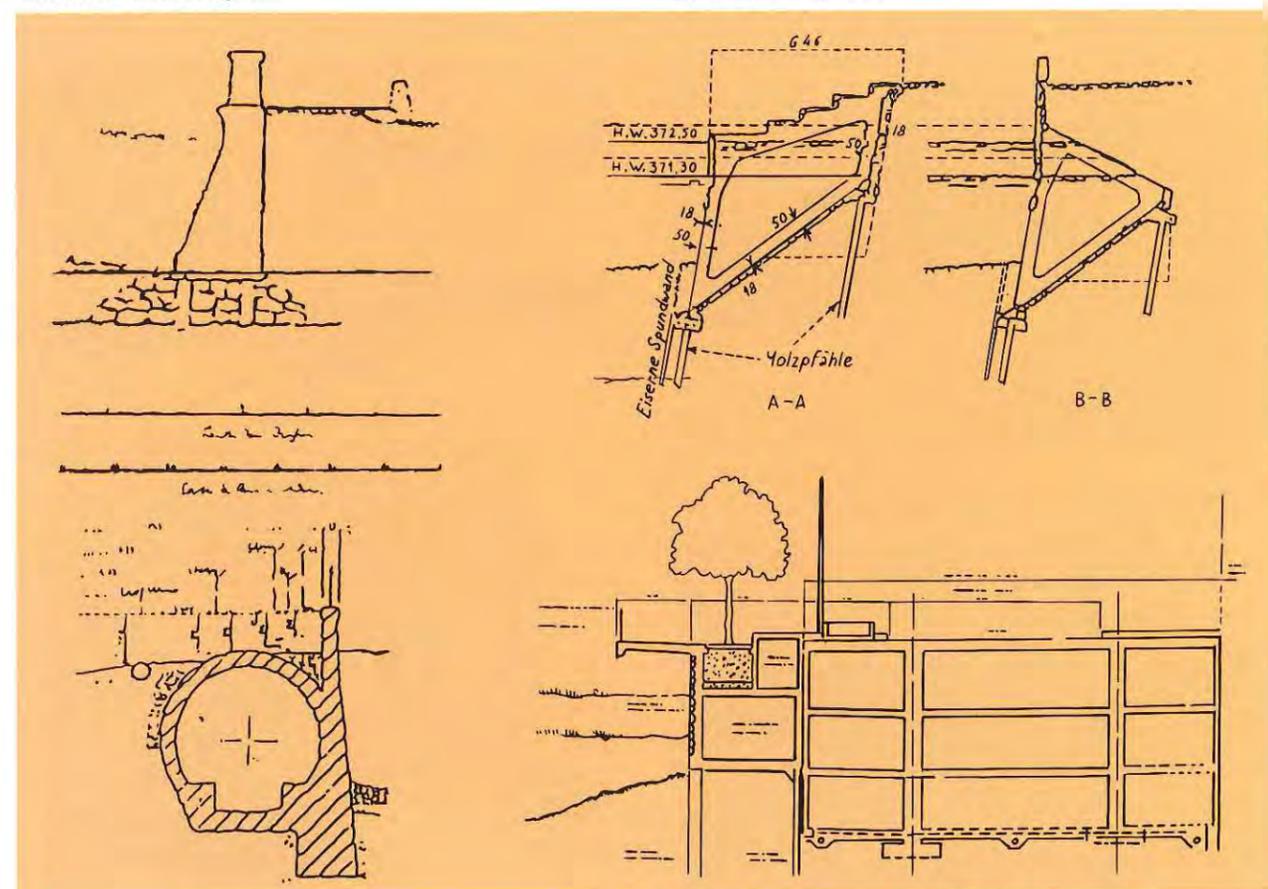


A. Modèle essayé au Laboratoire Sogréah à Grenoble (rapport de juillet 1964).

B. Construction réalisée au port de Versoix en 1963 et 1964 et essayée sur modèle au Laboratoire Central d'Hydraulique de France (rapport d'avril 1963).



Projet de quai sur le Rhône, première idée de 1823. Guillaume-Henri Dufour.

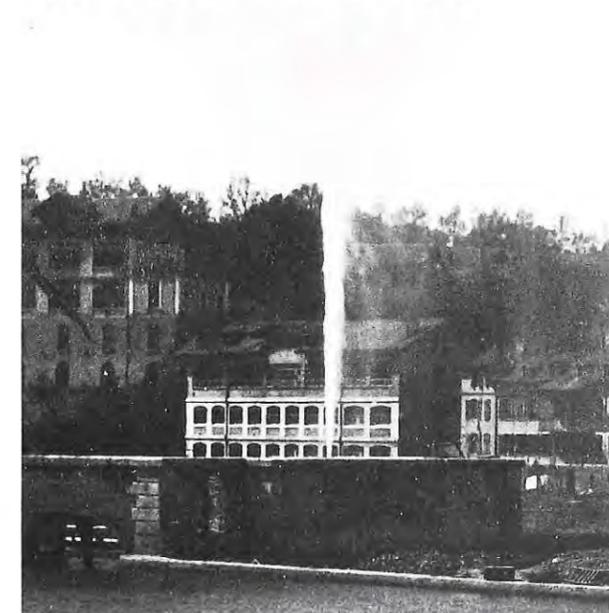


Quai Turettini, 1936.

Quai des Forces Motrices.

Quai du Seujet, 1974.

Le jet d'eau de la Coulouvrenière, 1886-1892.



En 1768, Louis XV cherche à concurrencer l'activité économique de Genève en créant à Versoix, Port Choiseul, du nom de son promoteur. Ce port, en partie démoli pour réutiliser les matériaux et submergé par la régularisation des eaux du Léman en 1887, est réaménagé en 1960 pour la navigation de plaisance.

Le jet d'eau, primitivement à la Coulouvrenière, construit pour compenser l'arrêt de consommation de l'eau industrielle est transféré, en 1891, dans la rade et reconstruit de façon indépendante du réseau du Service des eaux, en 1948.

Parmi les aménagements importants des rives du lac, il faut citer le port marchand des Eaux-Vives, le quai du Mont-Blanc, le quai des Eaux-Vives qui est prolongé en 1930 jusqu'à la rampe de Vésenaz, les jetées des Eaux-Vives et des Pâquis, cette dernière complétée par les Bains des Pâquis (reconstruits en 1932) qui donnent à la rade son aspect actuel.

Jet d'eau de la rade de Genève

Lieu: quai Gustave-Ador.

Maître de l'ouvrage: Services Industriels de Genève.

Ingénieur: M. Humbert, coll. J.-J. Seiler.

Architecte: J.-M. Ellenberger.

Entreprise: Conrad Zschokke SA (génie civil), Ateliers de Sécheron SA (moteurs), Sulzer SA (pompes).

Réalisation: 1951.

Particularités: jet d'eau d'une hauteur de 140 m; cuve étanche circulaire à demi-immersée recevant les deux pompes et leurs équipements; couloir périphérique immergé couvert de grilles permettant le pompage de l'eau sans perturber la surface du lac; ensemble fondé sur des pieux béton de 40 cm de diamètre reprenant le poids propre et la poussée du jet, le tout entouré d'un rideau de palplanches.



Les aménagements des rivières du canton, entre 1930 et 1987, sont des corrections destinées à éviter l'érosion de leurs berges et les inondations lors des crues. Ces travaux concernent l'Aire, la Seymaz, le Foron, le Vengeron, le Gobé, l'Avanchet, le Nant d'Avril, certains voûtés sur une partie de leur cours pour créer des zones industrielles, l'aéroport et l'autoroute.

De 1920 à 1960, de nombreux ruisseaux et nants sont canalisés et utilisés comme collecteurs d'eaux pluviales et usées. Présentement, le système séparatif permet de rétablir un écoulement à ciel ouvert de ces cours d'eau (Nant des Châtaigniers à Chambésy).

L'Aire, tronçon canalisé en amont du pont de la Pralette sous Confignon (1931-1932).



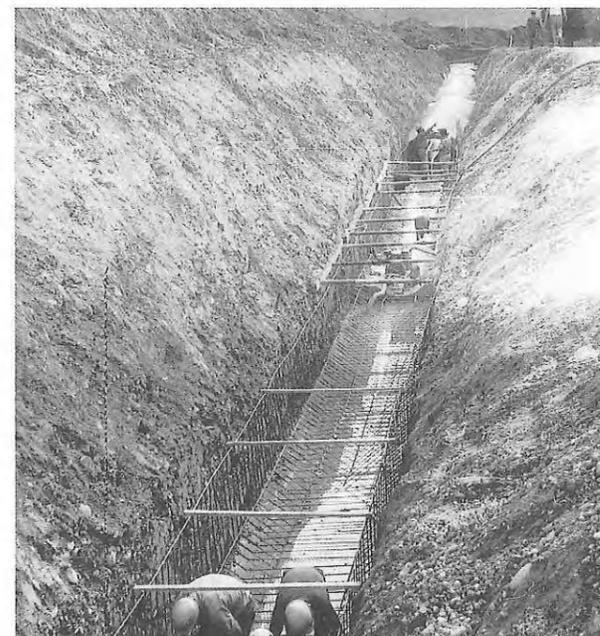
En 1986, une galerie de décharge des eaux d'orage de l'Aire est réalisée pour évacuer directement ces eaux dans le Rhône.

Un aménagement des rives de l'Arve est effectué dans un méandre afin de stopper l'érosion de la falaise de Champel qui met en péril des immeubles.

L'Aire en amont du pont du Centenaire, parcours corrigé et partiellement bétonné.



Voûtage du Nant du Gobé, secteur Grand-Saconnex - Collex-Bossy, 1966.



La Seymaz à Chêne-Bougeries, rue du Vieux-Chêne, août 1984.



Nant des Châtaigniers, avant les travaux.



Nant des Châtaigniers, après les travaux. Prix Nature et Paysage 1987 de la «Conservation Foundation».



3.2 Les ponts

"Ars sine scientia nihil est."

Jean Mignot, 1401.

L'hydraulique appliquée - Chronologie

Epoque romaine	Aqueduc Cranves-Sales, Malagnou, Eaux-Vives. Construction de citernes.	1887	Usine d'Arthaz. Chemin de fer du Salève.
1446-1512	Projet de conduites d'alimentation des fontaines de la Ville depuis les sources du Coin au Salève.	1885-1893	Correction de l'Aire, secteur pont de Certoux - pont de Lully.
1465-1470-1520	Fontaine du Puits-Saint-Pierre et devant le Bourg-de-Four.	1892	Usine hydroélectrique de Chèvres. Barrage et usine de Vessy (eaux de l'Arve)
1566-1658	Projet pour amener les eaux des sources du Petit-Saconnex aux fontaines de la Ville.	1925	Usine hydroélectrique de Chancy-Pougny.
17 ^e siècle	Egouts sommaires.	1935	Voûtage de la Drize (secteur route de Saint-Julien à l'Aire).
1708	Première machine hydraulique «Abeille».	1931-1932	Correction de l'Aire (secteur pont de Lully - pont des Marais). Correction de la Seymaz. Nappe phréatique - puits de pompage de Soral.
1788	Canalisations d'aménée des eaux des sources de Grange-Canal et de Château-Banquet.	1943	Usine hydroélectrique de Verbois.
1768	Aménagement de Port Choiseul (Necker).	1959	Usine de filtration du Prieuré.
1835-1855	Construction des quais.	1962	Epuraton et assainissement des eaux.
1838	Deuxième machine hydraulique «Cordier» avec roue «Poncelet».	1964	Voûtage de l'Aire (secteur FIPA - La Praille). Voûtage du Vengeron et du Gobé (autoroute).
1840	Barrage sur le Rhône.	1965-1981	Puits «Vortex» (Gambini, Nations, Trembley, Schaub, Genets).
1850	Moulins et puiserandes.	1982-1986	Galerie de décharge des eaux pluviales de l'Aire au Rhône.
1862	Annexe de droite roue «Poncelet».	1984	Aménagement du Nant des Châtaigniers.
1865-1868	Moulin de l'Eveaux sur le Rhône. Pont de la Machine, annexe de gauche et pompes Girard.	1987-1994	Barrage et usine hydroélectrique du Seujet.
1880	Machine à vapeur de la Coulouvre-nière.		
1883-1884	Barrage du pont de la Machine, bâtiment des Forces Motrices. Egouts collecteurs. Distribution de l'eau.		

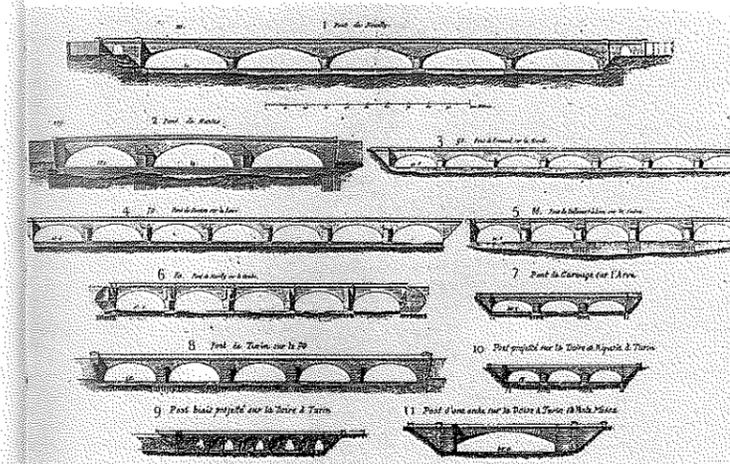


Table comparative de ponts en maçonnerie des XVIII^e et XIX^e siècles selon E. M. Gauthey «Traité de la construction des ponts», 1809.

Avec le Pont Neuf de Carouge, par Céard et Duval, 1806-1813 (n° 7), sont représentés le pont en pierre sur le Pô à Turin par La Ramée Pertinchamp, 1808-1814 (n° 8), le projet pour le pont sur la Doire à Turin par Mallet et Pellegrini, 1813 (n° 9), la reconstruction idéale des prescriptions de Defougères pour le même pont, 1813 (n° 10) et le pont Mosca sur la Doire (n° 11); et d'après Gauthey, le pont de Neuilly sur la Seine par Perronet, 1768-1774 (n° 1), le pont de Mantes sur la Seine par Hupeau et Perronet, 1757-1765 (n° 2), le pont de Roanne sur la Loire par De Varaigne, 1789 (n° 3), le pont de Frouard sur la Moselle par Lecreuls, 1788 (n° 4), le pont de Neuilly sur le Doubs par Gauthey, 1780 (n° 6), le pont de Bellecour sur la Saône à Lyon par Gauthey, commencé en 1789 (n° 5).

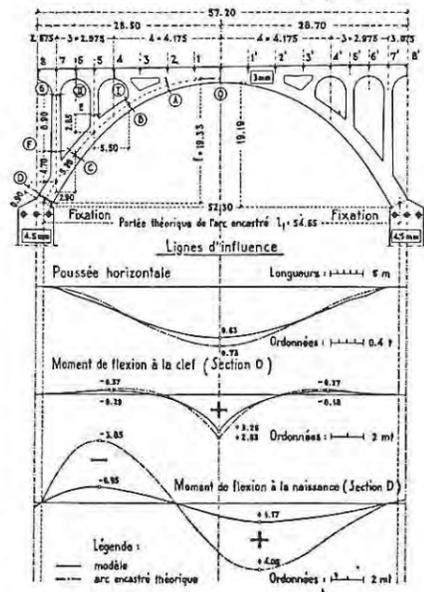
Généralités

Les ponts sont des ouvrages d'art. La déclaration de Jean Mignot «Sans science, il n'y a pas d'art» lors de la défense à Milan, en 1401, de son projet de cathédrale est une parfaite prise de position. Sa conception des constructions s'opposait à celle des maîtres lombards qui prétendaient que «La science n'est que technique». Notre conception quant à «l'art de construire» constitue une synthèse entre l'Art, la Science et la Technique. De fait, les «Règles de l'art» sont basées sur la science pour la conception et sur la technique pour l'exécution elle-même.

De l'Antiquité au «Siècle des Lumières», des ponts en maçonnerie (pierre naturelle et briques de terre cuite) et en bois ont été réalisés et des exemples très remarquables prouvent la science et la technique du constructeur.

Celui-ci est l'architecte au sens grec du terme «arkhitektôn» qui signifie maître constructeur ou maître des techniques et qui est le maître de l'oeuvre. Les ponts romains (voir pont Fabricius, page 3 et pont du Gard, page 4) offrent de magnifiques exemples, de même que ceux du Moyen Age, de la Renaissance, du dix-huitième siècle et du début du dix-neuvième (Table comparative des ponts en maçonnerie, voir sur cette page). Dans ce contexte, il faut citer l'école française avec Jean-Rodolphe Perronet (1708-1794), constructeur du pont de Neuilly (1768) et du pont de la Concorde (1787) à Paris, ainsi que l'école suisse des ponts en bois avec Hans-Ulrich Grubenmann (1709-1783), constructeur du pont couvert sur le Rhin, à Schaffhouse (1758), comprenant deux arches de 60 mètres de portée et dont le premier projet prévoyait une seule portée de 119 mètres, sans pile intermédiaire.

Pont-rail de la Jonction.
Essais sur modèle en cellulose,
1943-1946.

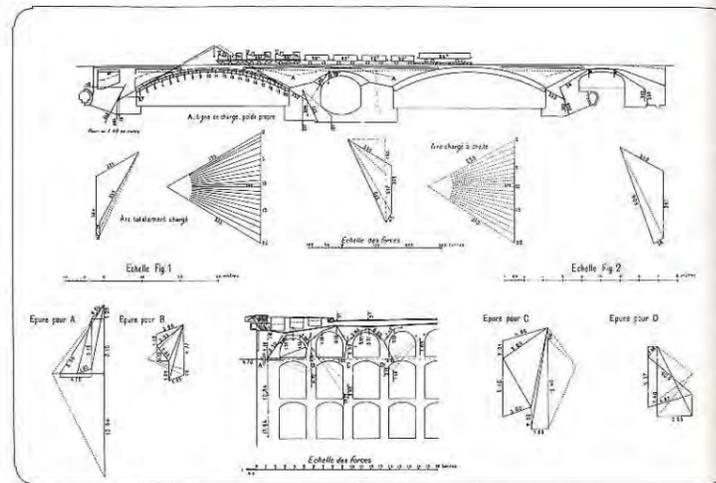


Une parfaite illustration d'un ensemble d'ouvrages d'art, au dix-neuvième siècle, est donnée par la vue d'ensemble de Genève aux environs de 1863 (page 69), avec le pont des Bergues à tablier sous-tendu, le pont de l'île aux Barques (île Rousseau) à tablier suspendu et le pont du Mont-Blanc à poutres continues avec intrados courbé.

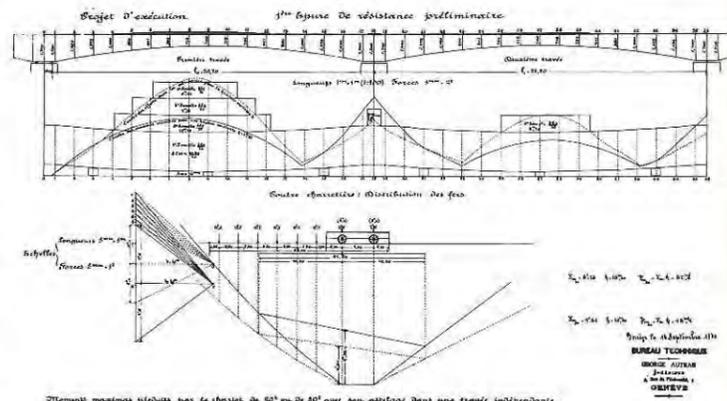
Aux dix-septième et dix-huitième siècles, le développement des mathématiques, de la géométrie et de la mécanique engendre la création de corps et d'écoles d'ingénieurs. En France, le Corps des ingénieurs du génie militaire fut fondé en 1675, suite à l'insistance de Sébastien Le Prestre de Vauban (1633-1707); le Corps des ingénieurs des ponts et chaussées fut constitué en 1716 et, en 1747, naissait l'Ecole nationale des ponts et chaussées dont le Suisse Jean-Rodolphe Perronet (1708-1794) fut le premier directeur et organisateur. Enfin, l'Ecole polytechnique de Paris est fondée en 1794. Guillaume-Henri Dufour (1787-1875) y entra en 1807 avec le 140e rang et en sortit, en 1809, avec le cinquième rang.

En Suisse, l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne est fondée en 1853 et l'Ecole polytechnique fédérale de Zürich, pour laquelle G.-H. Dufour fait en 1851, une proposition basée sur le modèle parisien est créée en 1854, par décision des Chambres fédérales; les premiers cours y sont donnés en automne 1855.

Le calcul des ponts est basé sur la mécanique et ses divisions, soit la statique, la cinématique et la dynamique. Les théories et méthodes de calcul sont établies par des mathématiciens et des ingénieurs. Il faut rappeler les noms de Daniel Bernoulli (1700-1782) pour la cinématique, la dynamique et, particulièrement, l'écoulement



Pont de la Coulouvrenière, 1895-1896. Epures de stabilité.



Pont du Mont-Blanc 1903, G. Autran, 15 septembre 1900. Epures de stabilité.

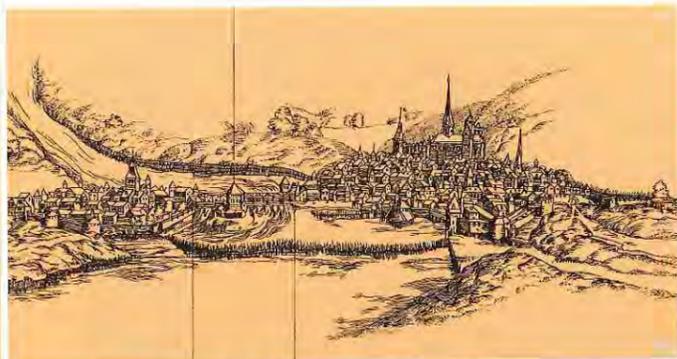
Genève 1863: gravure extraite de la «Nouvelle Géographie» (Hachette & Cie) montrant le pont du Mont-Blanc, le pont des Bergues et le pont de l'île aux Barques ou Ile Rousseau.



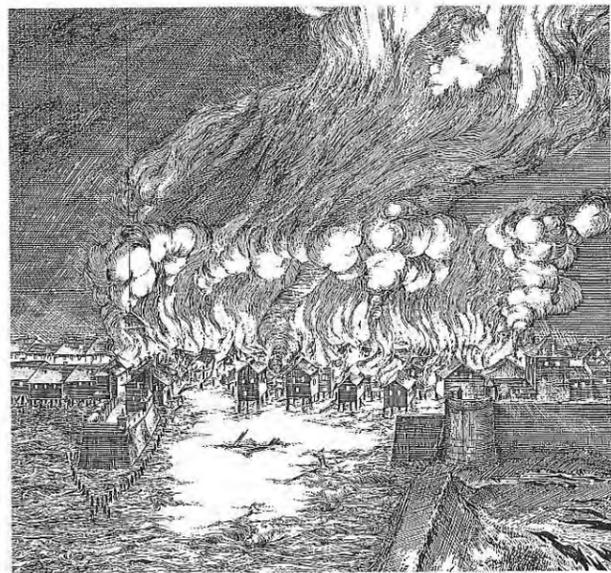
des fluides, base du calcul des pressions dues au vent; Leonhard Euler (1707-1783), flambage des pièces comprimées et concepts d'élasticité; Louis Navier (1785-1836), créateur de la statique des constructions, plus particulièrement de la flexion, avec la publication en 1826 de ses conférences intitulées «Résumé des leçons données à l'Ecole des ponts et chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines»; Karl Culmann (1821-1881), professeur à l'Ecole polytechnique de Zürich, véritable fondateur de la statique graphique, publie en 1865 son traité «Graphische Statik»; Wilhelm Ritter (1847-1906), professeur à l'Ecole polytechnique de Zürich publie «Les applications de la statique graphique». Les figures du pont de la Coulouvrenière et du pont du Mont-Blanc (page 68) illustrent l'utilisation des méthodes graphiques. Les essais sur

modèles servent également à l'établissement du calcul statique (page 68, étude de l'interaction arc/tablier du pont de la Jonction, 1943-1946). D'une manière générale, les ponts subissent un essai de charge pour vérifier leur comportement avant leur mise en service (page 20, essais de charge du pont de Vessy).

La conception moderne du calcul est basée sur la notion de sécurité (théorie probabiliste ou semi-probabiliste) par rapport à certains états-limites. Pour les ponts, l'état-limite d'utilisation (fissuration, déformation, contraintes) et l'état-limite de rupture sont à vérifier séparément. Cette condition avait été introduite en Suisse pour le calcul des structures précontraintes, dès le projet 1951 de la norme technique de la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes (SIA).



Les ponts de l'île habités. Dessin de S. Vasiljevic. Ce dessin a été réalisé d'après l'une des plus anciennes représentations de Genève par R.-M. Deutsch, en pleine période de la Réforme, en 1548. Il vise à souligner l'importance des ponts habités de l'île et la force aussi bien symbolique que stratégique de la Tour de l'île. Les jalons spirituels des clochers de Saint-Pierre, de la Madeleine, de Saint-Germain et de Saint-Gervais composent l'image inaltérée de Genève.

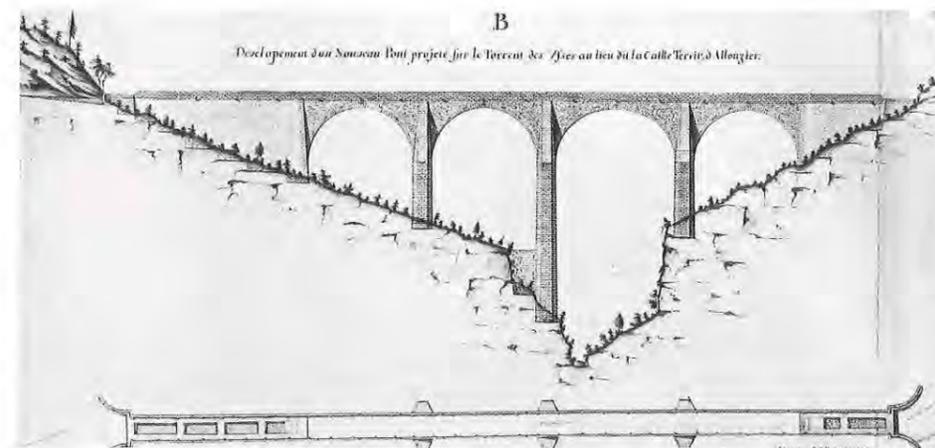


Les ponts habités du Rhône brûlant le 18 janvier 1670. Dessin de S. Vasiljevic inspiré par les gravures de l'époque signées Fr. Diodati et J.-L. Durant.

Aperçu historique du développement des ponts à Genève

La première mention d'un pont à Genève est faite par Jules César dans «La Guerre des Gaules» qui ordonne en 58 avant J.-C. de «couper le pont de Genève» (livre premier, section VI et VII) afin de barrer aux Helvètes (rive droite) le passage du Rhône sur le territoire des Allobroges (rive gauche). Ce pont gaulois en l'île est reconstruit par les Romains légèrement à l'amont, sur le modèle du pont romain comprenant des piles en maçonnerie en rivière et un tablier en bois. L'exemple le plus remarquable de ce modèle est le pont d'Orsova (Roumanie), sur le Danube, érigé par Trajan en 105 après J.-C., avec des arches en bois de 35 mètres de portée. Ce même type est utilisé en 1844 par G.-H. Dufour pour le pont de Sierne (page 80) avec une ouverture de 20 mètres de la travée centrale et en 1854 pour le pont de Peney avec une ouverture maximum de 22,30 mètres, (page 81) construit après l'effondrement du pont suspendu de H. Hug en 1853.

Le franchissement du Rhône en l'île est désigné dans les anciennes chartes par le «Pont du Rhône». La figure de la page 70 montre les ponts habités de l'île en 1548 selon une représentation par R.-M. Deutsch, couverts de maisons d'habitation, d'hôtelleries et d'ateliers représentant toutes les professions qui peuvent utiliser l'eau ou la force motrice du Rhône. Toutes ces constructions valent au pont le nom de «Pont Bâti», devenu le «Grand Pont» après l'exécution au seizième siècle d'un deuxième pont connu sous le nom de «Petit Pont». Dans la nuit du 17 au 18 janvier 1670, toute la partie située sur le bras gauche est complètement



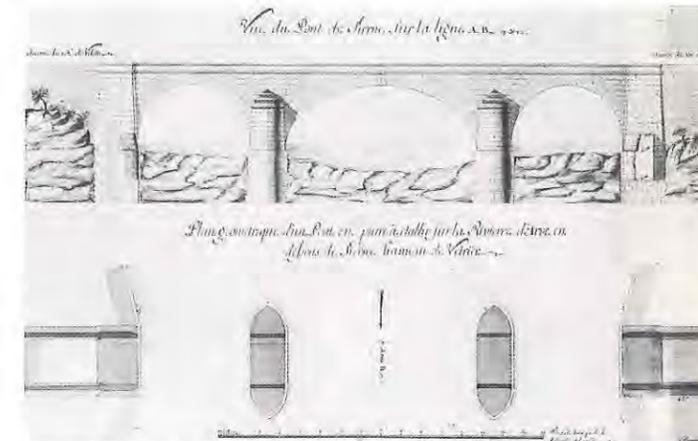
Pont de la Caille. Projet de Carlo Gallo du 16 avril 1781, plan et élévation. «Développement d'un Nouveau Pont projeté sur le Torrent des Usse, au lieu dit La Caille, territoire d'Allonzier.»

détruite par un incendie (page 70) et 122 personnes périssent dans cet immense brasier. Le pont est reconstruit peu après, mais sans maisons. C'est ainsi que ces ponts de l'île constituent le seul franchissement du Rhône depuis Jules César jusqu'en 1833 où le pont des Bergues est construit par G.-H. Dufour (page 76). Par la suite sont construits le premier pont de la Coulouvrenière en 1856/1857 (page 82) et le pont du Mont-Blanc en 1861/1862 (page 83) qui font partie de la première ceinture de circulation de la ville.

Les ponts hors de la ville font partie du réseau routier du bassin genevois à la fin du dix-septième siècle. De beaux exemples d'ouvrages en maçonnerie sont donnés par le projet de Carlo Gallo en 1777, pour le pont Rouge sur le torrent de l'Aire, de la route de Carouge à Bernex (une arche); le projet de Francesco Luigi Garella en 1778 pour le pont de Sierne (trois arches, page 71); le projet de Carlo Gallo en 1781 sur le torrent des Usse, au lieu dit de la Caille (quatre arches, page 71), préfigurant le viaduc de Cartigny exécuté en 1876 (page 83) avec cinq arches; enfin, le projet de Francesco Luigi Garella en 1790 du nouveau pont de Coppet sur le torrent Fier (une arche).

Le développement des ponts à Genève, dès le début du dix-neuvième siècle, devient intensif et il est représenté dans l'ordre chronologique d'exécution des ouvrages représentatifs selon les cinq sections suivantes:

- les ponts disparus et les projets de Guillaume-Henri Dufour (1787-1875), premier ingénieur cantonal de Genève de 1828 à 1850 (quatre ouvrages, deux projets);
- les ponts du dix-neuvième siècle (huit ouvrages);

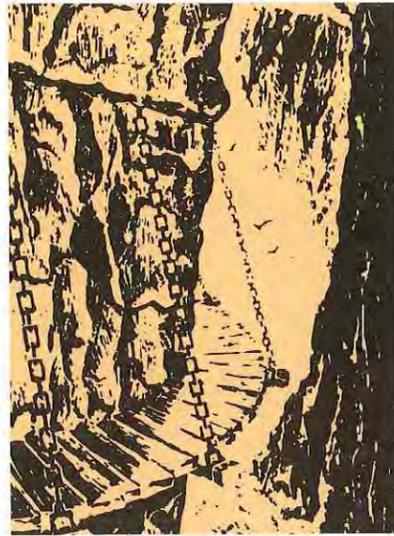


Pont de Sierne. Projet de Francesco Luigi Garella du 7 février 1778, plan et élévation. «Plan géométrique d'un pont en pierre à établir sur la rivière d'Arve, en-dessous de Sierne, bameau de Veyrier.»

- les ponts de la première moitié du vingtième siècle (cinq ouvrages);
- les ponts de la deuxième moitié du vingtième siècle (21 ouvrages);
- les ponts du futur (quatre projets).

Guillaume-Henri Dufour construit les premiers ponts suspendus avec des câbles composés de fils de fer, sur la base d'une conception soignée, d'essais sur modèles réduits et d'une mise au point des méthodes d'exécution. Le pont Saint-Antoine (page 74) et le pont des Pâquis (page 75) en sont de parfaites illustrations. Il utilise le système des chaînes pour le pont de l'île aux Barques (page 77). Le pont des Bergues constitue un exemple pour l'application des chaînes à un tablier sous-tendu (page 76). L'utilisation de chaînes en Suisse date des environs de 1218 pour l'ancrage du chemin dans les Gorges du Schöllenen au Gothard (page 72).

Pont/passerelle du Diable dans la gorge des Schoellenen (1218). La plus ancienne construction à chaînes connue en Europe est celle du «Twärrenbrücke» (pont de travers), construit en 1218 dans les Gorges du Schoellenen sur la route du Gotthard. On rapporte qu'il s'agissait d'une passerelle suspendue par des chaînes et non d'un pont suspendu proprement dit.



En 1825, G.-H. Dufour établit pour Fribourg un projet de pont sous-tendu à fils, sur la Sarine, à deux travées de 121 mètres d'ouverture avec une pile intermédiaire (page 73). Le projet est soumis à l'appréciation de L. Navier qui rend un rapport positif le 20 mai 1826 (conclusions en fac-similé sur page 73). A la place du projet Dufour, J. Chaley construit le «Grand Pont» en 1832-1834, avec une seule portée de 273 mètres (page 9). Les projets de ponts suspendus de Sierne en 1844 avec une portée de 74 mètres (page 77) et de Peney en 1849 avec une portée de 100 mètres (page 78) sont intéressants du fait qu'ils franchissent le cours d'eau sans appui intermédiaire. A ces deux endroits, un historique peut être établi en passant par des ponts en bois, en métal, en béton armé et en béton précontraint. C'est en 1980/1983 que le pont de Sierne est exécuté en cadre précontraint, avec une seule portée de 73 mètres (page 99). Pour le pont de Peney, le projet de R. Maillart en béton armé possède une travée centrale de 75 mètres (page 86).

Les ponts en bois sont exécutés au dix-neuvième siècle. Les exemples sont ceux de Sierne (page 80), Peney (page 81), la Plaine (page 81) en pont couvert comme celui de Chancy (page 81). Tous les ponts en bois ont été remplacés par des ponts en métal.

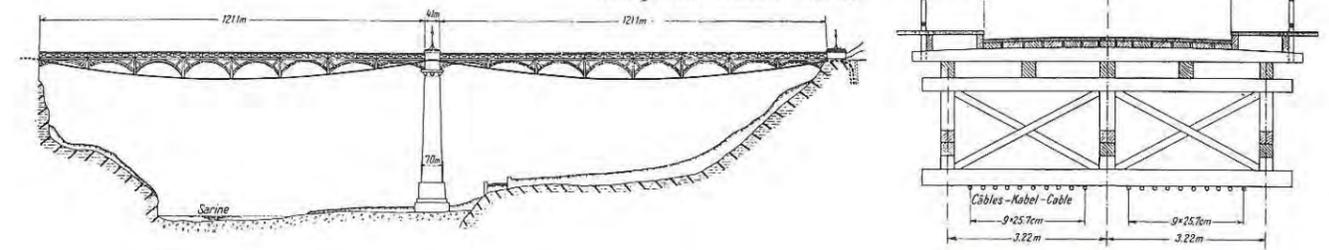
Les ponts en maçonnerie ou en béton armé avec revêtement de pierre naturelle constituent d'admirables exemples et s'inspirent de la grande tradition des ouvrages d'art. Le Pont-Neuf à Carouge (page 79) est un magnifique exemple de l'école française de Perronet. Le viaduc de Cartigny (page 83) illustre le passage de vallées profondes par des piles hautes et des arches. Le pont de la Coulouvrenière (page 82) est directement inspiré du modèle romain comprenant

deux arches et une pile centrale ajourée comme le pont Fabricius à Rome (page 3). De même, le pont Butin (page 85) prend comme exemple l'aqueduc romain à étages tel que le pont du Gard (page 4). Enfin, le pont-rail de la Jonction (page 87) est l'illustration de l'école française des grandes voûtes de P. Séjourné (1851-1939).

Les ponts en métal sont exécutés au dix-neuvième siècle et comprennent des structures triangulées comme les ponts de Sierne (page 80), de Peney (page 81), de la Plaine (page 81) et de Chancy (page 81); des poutres droites comme le premier pont de la Coulouvrenière (page 82); des poutres à âme pleine comme le pont du Mont-Blanc (pages 83 et 84). Un excellent exemple de pont mixte acier-béton est constitué par le viaduc de la route des Jeunes (page 95) qui comprend des poutres maîtresses métalliques à âme pleine et un tablier préfabriqué en béton, précontraint dans le sens longitudinal et transversal. Les ponts métalliques exécutés au dix-neuvième siècle ont été remplacés pour la plupart par des ponts en béton armé ou en béton précontraint.

Les ponts en béton armé constituent la caractéristique de la première moitié du vingtième siècle. Les exemples ne sont pas nombreux, car la construction d'ouvrages d'art est faible pendant cette période. Cependant, Genève peut s'enorgueillir de posséder deux ouvrages remarquables selon deux modèles développés par R. Maillart: le pont de Vessy comme arc tendu à trois articulations (page 86) et le pont de Lancy comme arc raidi (page 90) dont le premier projet date de 1936. Un admirable projet Maillart, daté de 1939, pour le pont de Peney (page 86) comprend un cadre continu avec une travée centrale de 75 mètres. Ce projet n'a pas

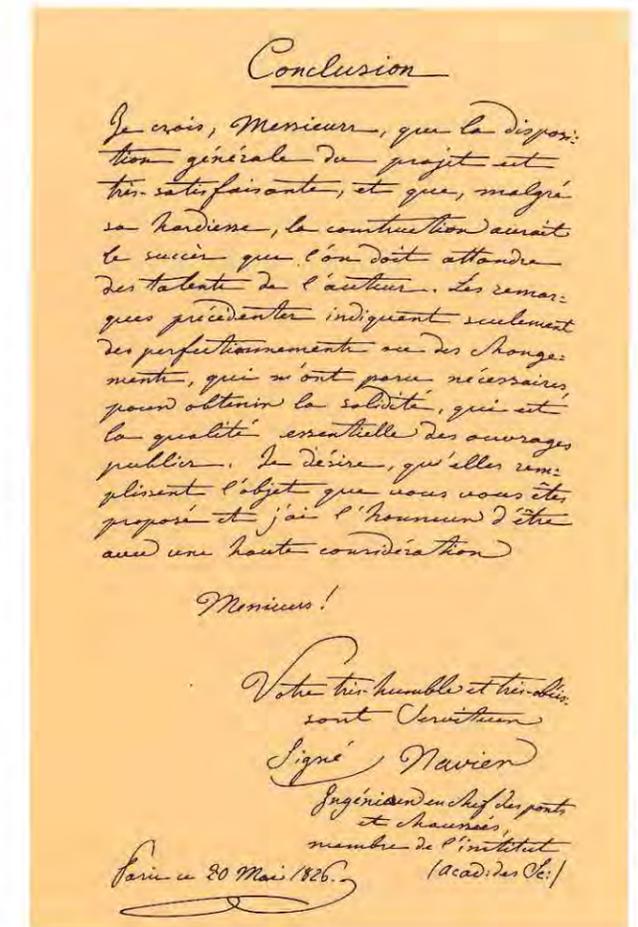
Le pont suspendu de Fribourg. Projet Dufour (1825) et expertise Navier (1826).



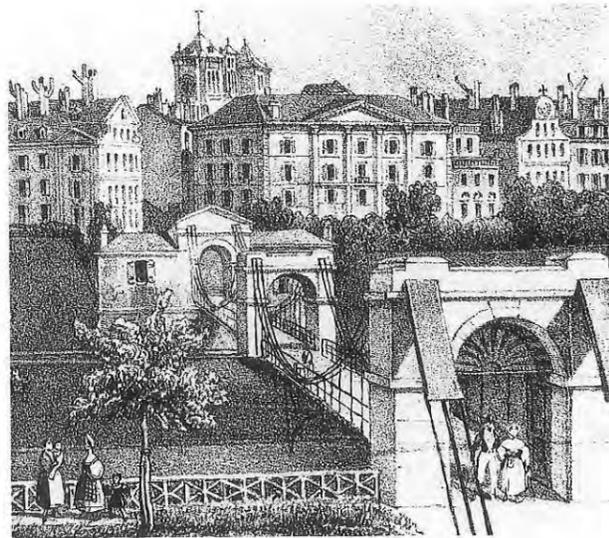
été retenu et un pont-poutre est exécuté (page 87). Le pont-rail du Vengeron (page 93) est une dalle évidée.

La deuxième moitié du vingtième siècle comprend une floraison d'ouvrages en béton précontraint. Dès le début de son développement foudroyant en Suisse, Genève a appliqué la nouvelle technique, dès 1951 au pont de l'Ecu (page 88) et aux ponts de l'Ile (pages 88/89). Les sections transversales sont diverses et parfaitement adaptées à l'objet: dalle pleine, dalle évidée ou dalle alvéolée, poutre, poutre-caisson, ruban tendu. Les modes d'exécution varient du bétonnage sur cintre à la préfabrication, en passant par l'avancement en encorbellement au moyen de voussoirs (page 99). Les systèmes de précontrainte appliqués sont variés et comprennent les systèmes suisses BBRV (du nom des créateurs Birkenmaier-Brandestini-Ros-Vogt) et VSL (Vorspann-System Losinger) ainsi que le système français Freyssinet et un système allemand PZ (Polensky-Zöllner). Un exemple exécuté de ruban tendu est la passerelle du Lignon (page 97).

La portée de poutres droites continues est augmentée, dans une large mesure, par des tirants supérieurs inclinés en béton précontraint. Un exemple est le projet présenté par Tremblet & Cie pour le pont d'Aigues-Vertes (page 101). La traversée de la Rade offre trois exemples de ponts à grande portée. Le premier est un pont suspendu classique selon projet 1963 Ammann & Whitney/Tremblet, comprenant deux pylônes et une travée centrale de 770 mètres (page 100). Le deuxième est un pont tendu selon projet 1964 de Finsterwalder/Dywidag/Altheer composé de deux structures de soutien et d'un ruban en béton précontraint comprenant trois travées principales, portée maximum 460 mè-



tres entre axes des piles (page 101). Le troisième illustre la nouvelle génération des ponts haubanés selon projet 1987 Naïmi/Steinmann comprenant un seul pylône sur la rive droite et soutenant par des haubans précontraints, disposés en une seule nappe, deux travées de 370 et 230 mètres (page 102).



Gravure contemporaine de J. Du Bois.

Les ponts disparus et les projets de G.-H. Dufour (1787-1875)

(1^{er} ingénieur cantonal de Genève, 1828-1850).

Le pont de Saint-Antoine ou des Tranchées sur le bastion du Pin.

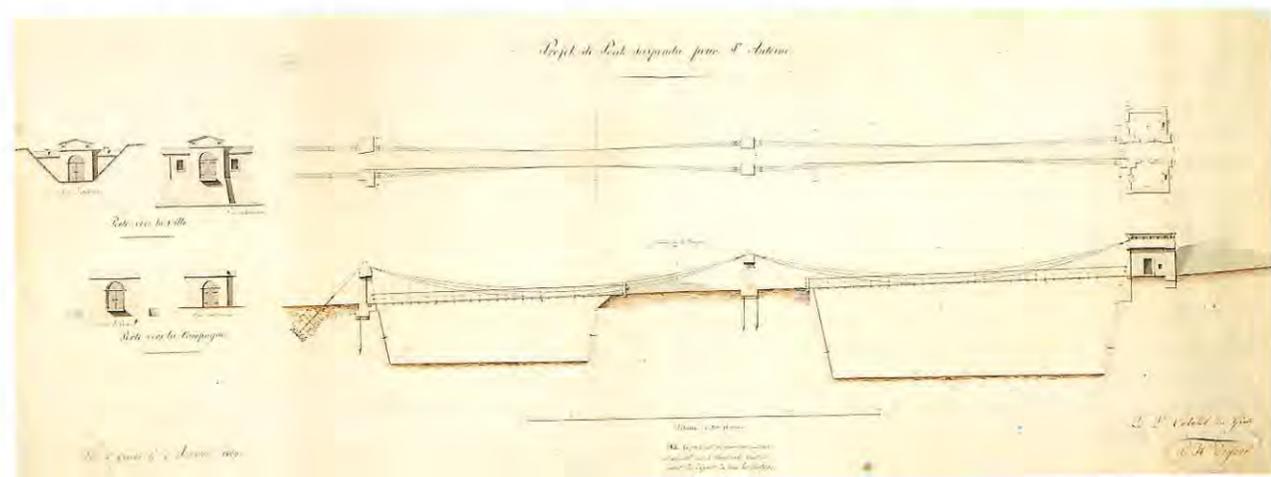
L'ouvrage franchit, entre le bastion du Pin et la place d'Armes opposée, deux fossés coupés par une contre-garde sur une distance de 81,95 mètres. Le plan de G.-H. Dufour est daté du 1^{er} janvier 1823, accompagné d'un descriptif manuscrit du 28 décembre 1822. Ce projet fait suite à des entretiens avec Marc Seguin qui présente un projet le 21 octobre 1822 comprenant un pont suspendu à fils de fer sur le fossé avec une ouverture de 37,5 mètres entre les points d'attache des câbles sur appuis. Dans son mémoire Dufour écrit: «c'est à MM. Seguin, d'Annonay, que nous devons la première idée d'appliquer des fils de fer à la construction de ponts suspendus». Marc Seguin et ses quatre frères ont construit chez eux, en été 1822, une passerelle expérimentale de ce type avec une portée de 18 mètres.

G.-H. Dufour déclare: «Mais il y a loin de la simple théorie à la pratique et du projet à l'exécution dans

les choses nouvelles» et il entreprend une série d'essais pour déterminer la résistance à la traction du fil de fer, l'allongement, la cassure, les effets de choc et de la température et étudie les plis, noeuds et ligatures. Le 20 février 1823, il présente une communication scientifique à ce sujet et exécute ensuite un pont d'essai de 12,60 mètres de portée avec une largeur de 1,00 mètre.

Le pont comprend deux portées de 40 mètres d'ouverture (portée théorique de 42 m), la pile intermédiaire étant établie sur le terre-plein de la contre-garde et une largeur utile de 2,00 mètres entre garde-corps. Les six câbles, composés chacun de 90 fils de 2,1 mm de diamètre, sont disposés par trois de chaque côté sous forme de guirlande, dans un plan horizontal sur les appuis (écartement 20 cm) et un plan vertical au milieu des portées au droit du tablier. Les suspentes du tablier en bois sont constituées par 12 fils de fer formant étrier sous l'entretoise.

L'exécution commence fin mars/début avril 1823 et se termine le 29 juillet. Les essais de charge ont lieu le 30 juillet et le pont est ouvert le 1^{er} août 1823. C'est ainsi que naît le premier pont suspendu avec des fils de fer pour être détruit vers 1860, lors de la démolition des fortifications des Tranchées.



Reproduction du plan original du 1^{er} janvier 1823, signé et daté. Plume, encre et lavis.



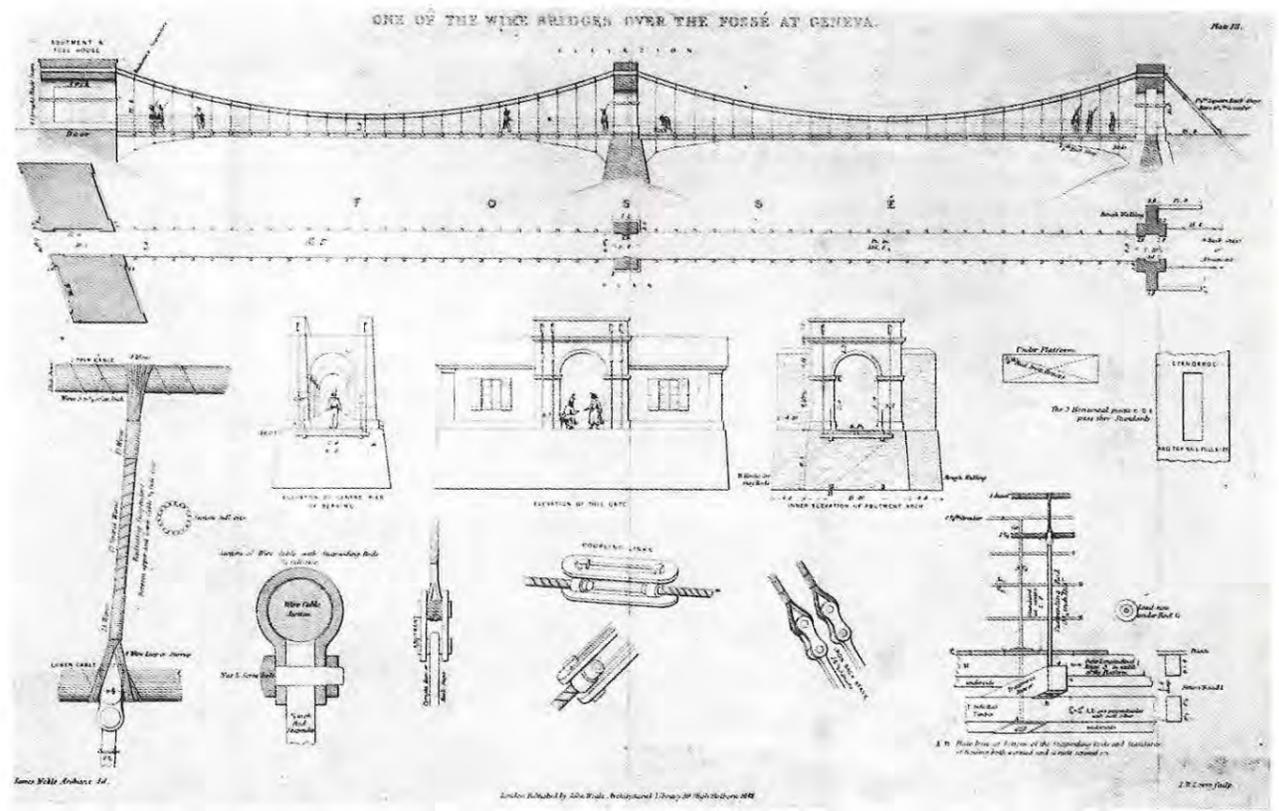
Vue générale de la Ville de Genève et de ses environs. Gouache de J.-L. Bleuler, environ 1840, 60 x 42 cm.

Le pont des Pâquis sur le Bastion du Cendrier.

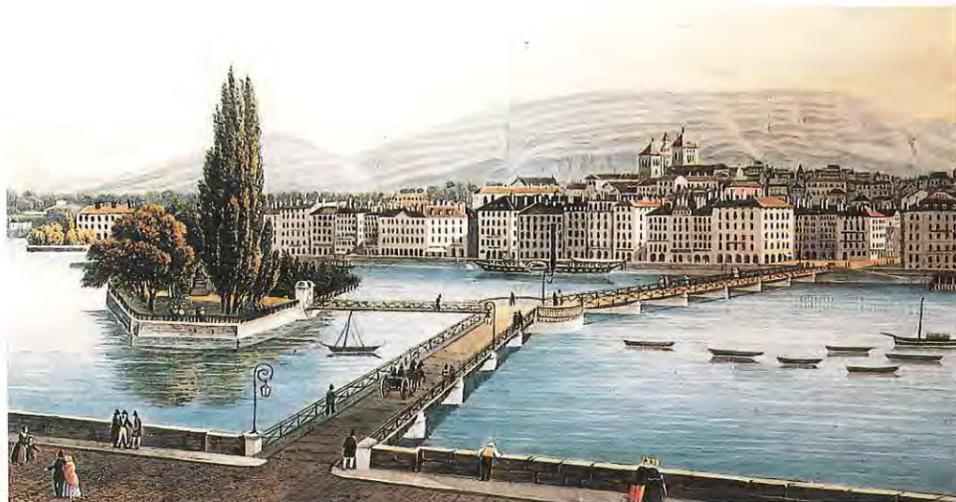
L'ouvrage est biais, formant un angle de 60,5° avec l'escarpe du bastion. Le projet est autorisé le 6 mai 1825 et l'exécution terminée à la fin de l'année. Il est ouvert le 1^{er} janvier 1826, après avoir subi des essais de charge.

Le pont comprend deux portées d'ouverture égale à 40 mètres, identique à celui des Tranchées (page 74) et a une largeur utile de 2,00 mètres entre garde-corps. G.-H. Dufour utilise les expériences faites lors de l'exécution de l'ouvrage précédent, en particulier pour la disposition des câbles, leur

ancrage terminal, ainsi que pour les suspentes du tablier en bois. Les quatre câbles, composés de 135 fils chacun, sont disposés par deux de chaque côté, en parallèle, et dans le même plan vertical. Ils sont reliés entre eux par des faisceaux de fils au droit des suspentes du tablier composées de barre en fer. L'ancrage terminal des câbles est constitué par un cône avec coin en fer, système utilisé 125 ans plus tard pour l'ancrage des câbles de la précontrainte. Le pont est détruit lors du démantèlement et comblement des fortifications, entre 1855 et 1860.



Reproduction de la planche concernant le plan des Pâquis selon John Weale, 1843.



Genève et le Mont-Blanc vers 1840. Auteur anonyme, aquarelle colorisée, 27,6 x 17,7 cm.

Le pont des Bergues sur le Rhône.

Le tracé de l'ouvrage est conçu selon une ligne brisée, partant à angle droit des quais et s'articulant sur une terrasse circulaire appelée rondeau. Selon G.-H. Dufour: «Le rondeau est comme un point central duquel partent trois ponts formant du côté du lac des angles à peu près égaux. ...L'espace à franchir étant de 220 mètres, on a destiné 19 mètres au rondeau et l'on a partagé le reste en douze intervalles, chacun de 16,75 mètres. Sept de ces intervalles sont pour le pont qui aboutit au quai du Rhône sur la rive gauche; les cinq autres pour celui du quai des Bergues, sur la rive droite.»

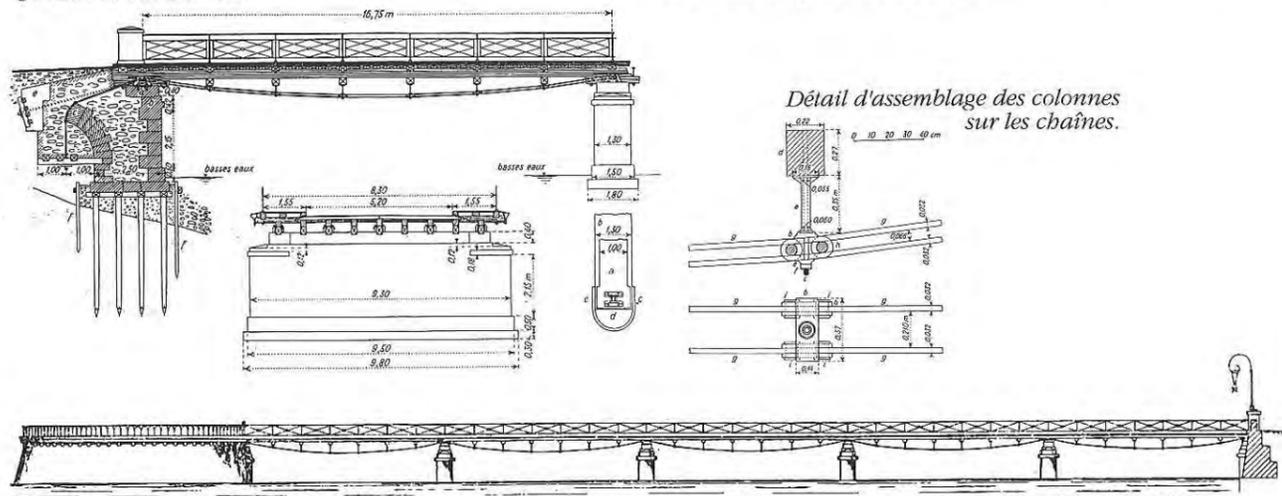
G.-H. Dufour établit trois projets pour le tablier. Le premier, daté du 21 mai 1830, comprend des arches cintrées et une charpente en bois (tablier inférieur). Le deuxième, daté du 26 décembre 1831, comprend des cintres en fer avec un platelage en bois (tablier inférieur). Le troisième enfin, définitivement approuvé le 9 janvier 1833 pour l'exécution, comprend des

travées en bois sous-tendues par des chaînes. A ce sujet, G.-H. Dufour écrit: «L'idée de faire porter le pont par des chaînes placées au-dessous, pour débarrasser les abords des piles et amarres qui les obstruent, n'est pas nouvelle. Elle doit être venue à tous les ingénieurs qui se sont occupés des ponts suspendus. Mais c'est à Genève qu'elle a été, pour la première fois, mise à exécution; du moins, je ne sache pas encore qu'elle l'ait été ailleurs.»

La largeur du pont est de 8,30 mètres entre barrières et comprend une chaussée de 5,20 mètres et deux trottoirs de 1,55 mètre. Chaque travée est supportée par cinq couples de chaînes, chacune composée de sept anneaux en fer carré de 32 mm de grosseur, assemblés par de petits anneaux jumelés de 24 mm de grosseur.

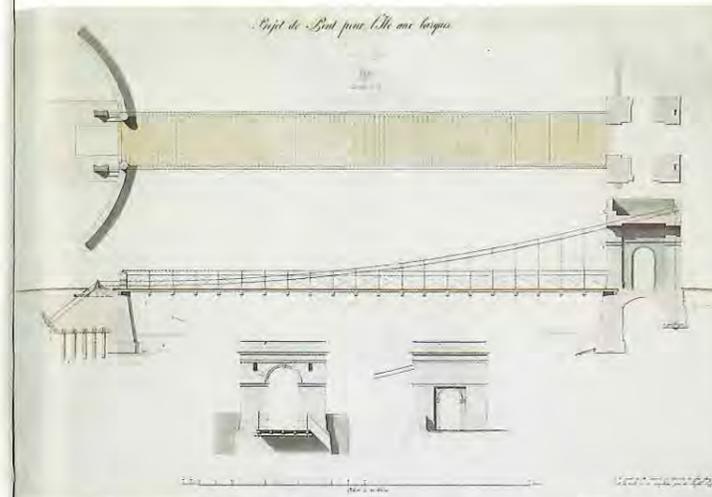
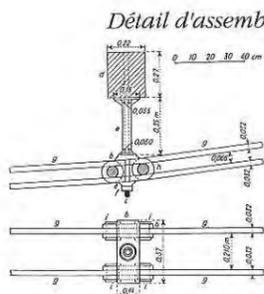
Les piles en maçonnerie sont exécutées en 1832. Le tablier est achevé à fin décembre 1833. Des essais de charge ont lieu le 30 décembre 1833 et provoquent la rupture de plusieurs chaînes. Les recherches, examens et essais entrepris permettent d'élucider la cause des ruptures qui réside dans la qualité des fers. La remise en état permet l'inauguration le 9 mai 1834. Le tablier est remplacé en 1879/1882 par une structure métallique due à A. Odier.

1. Élévation d'une travée et coupe d'une culée.
2. Coupe du pont entre la pile et le premier chapeau en avant des corbeaux.
3. Plan de l'avant-bec.



Vue de la partie du pont qui joint le quartier des Bergues au Rondeau.

Détail d'assemblage des colonnes sur les chaînes.



Reproduction du plan original; plume, encre et lavis, 97 x 66,5 cm.

Le pont de l'île aux Barques.

Pont suspendu asymétrique de 33,50 mètres de portée reliant le rondeau du pont des Bergues à l'île aux Barques. Cette île construite sur un affleurement naturel est fortifiée par N. Bogueret en 1583 pour former un bastion dans le système de défense du lac. L'île aux Barques devient île J.-J. Rousseau lors de l'inauguration de sa statue, due à J. Pradier, le 24 février 1835.

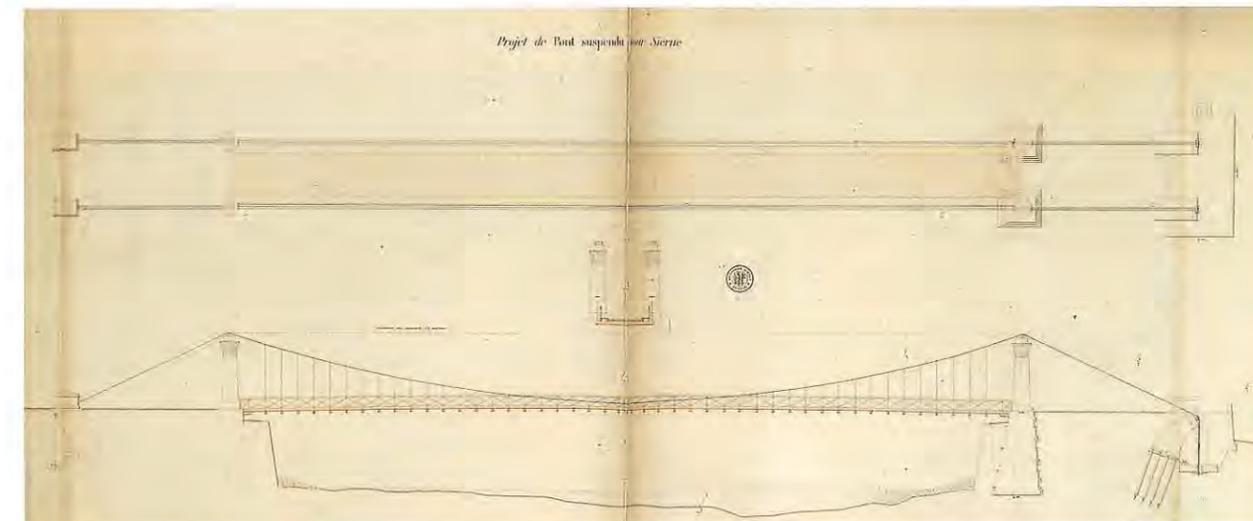
Le projet prévoit, à l'origine, des câbles en fils de fer selon le type du pont des Pâquis, ancrés dans le rondeau en passant sur un portique en forme d'arc de triomphe situé sur l'île. Lors de l'exécution, les fils de fer sont remplacés par des chaînes composées de «chaînes à une branche» et le portique est constitué par deux colonnes. Le plan original contient à droite en bas l'indication: «Ce pont a été exécuté en chaînes de fer forgé et la culée a été remplacée par de simples supports». L'ouvrage est reconstruit en 1879/1882 au moyen d'une structure en fer avec palées intermédiaires.



Le pont des Bergues et l'hôtel des Bergues vers 1840. Aquarelle, 28,5 x 20 cm, auteur anonyme.

Le pont de Sierne sur l'Arve.

Projet d'un pont suspendu établi le 25 janvier 1844 et illustré par un plan à l'échelle 1:100e comprenant la vue en plan, la coupe transversale et la coupe longitudinale, avec les ancrages clairement indiqués. La portée est de 74 mètres entre les portiques composés chacun de deux colonnes de style néo-égyptien sur lesquelles passent, sur un rouleau, les câbles paraboliques en fils de fer au nombre de quatre de chaque côté et situés dans la même nappe. Le tablier en bois comprend la chaussée et deux trottoirs, largeur 5,40 mètres entre garde-corps.



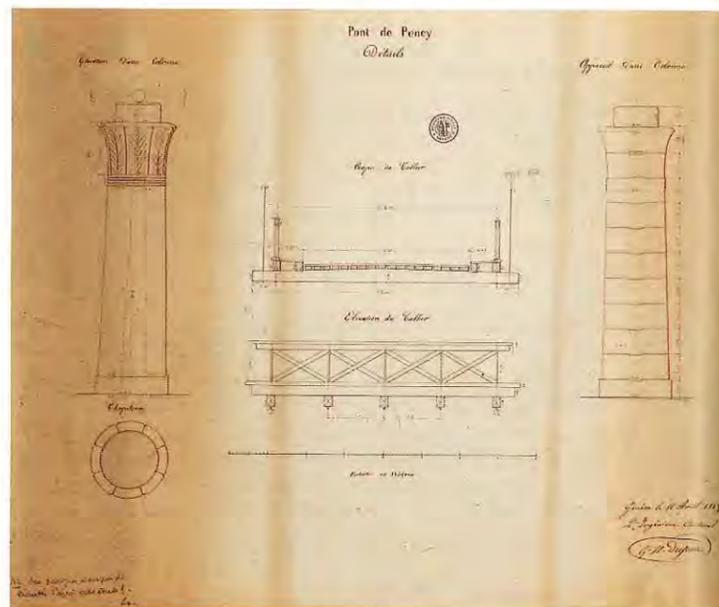
Reproduction du plan original du 25 janvier 1844; plume, encre et lavis, 135 x 64 cm.

Le pont de Peney sur le Rhône.

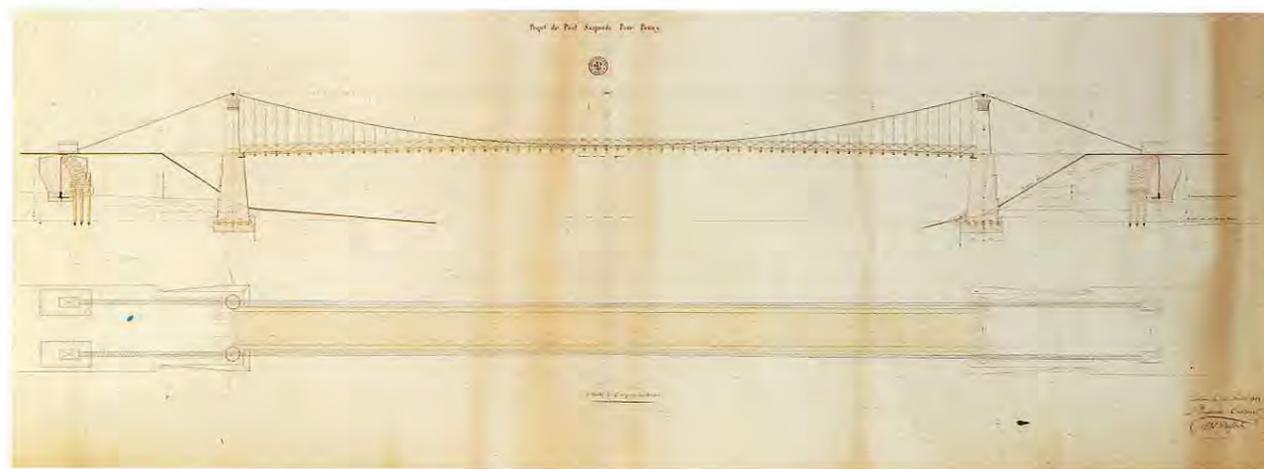
Projet d'un pont suspendu établi le 16 avril 1849 et illustré par deux plans dont le premier comprend la coupe longitudinale et la vue en plan, le second les détails: pylônes, section transversale et élévation du tablier.

La portée est de 100 mètres entre les portiques composés de deux colonnes de style néo-égyptien sur lesquelles un rouleau reçoit les câbles paraboliques en fils de fer. Le tablier en bois comprend une chaussée et deux trottoirs, largeur totale 5,80 mètres entre garde-corps.

Pour des raisons politiques, J. Fazy écarte le projet Dufour et fait exécuter un pont suspendu selon un projet de M. Hug, ingénieur allemand récemment sorti de l'Ecole de Karlsruhe. L'exécution de ce dernier commence le 3 avril 1851 et il est inauguré en avril 1852, après un premier essai de charge. L'ouvrage s'effondre le 27 mai 1853 pendant les essais de charge prescrits par le Conseil d'Etat, en présence de M. Hug et de la commission d'experts composée de MM. Dufour, Colladon, Darier, Rochat-Maury et Imperatori, faisant plusieurs morts et blessés.



Reproduction du plan original du 16 avril 1849. Détails, 71,3 x 56,3 cm.



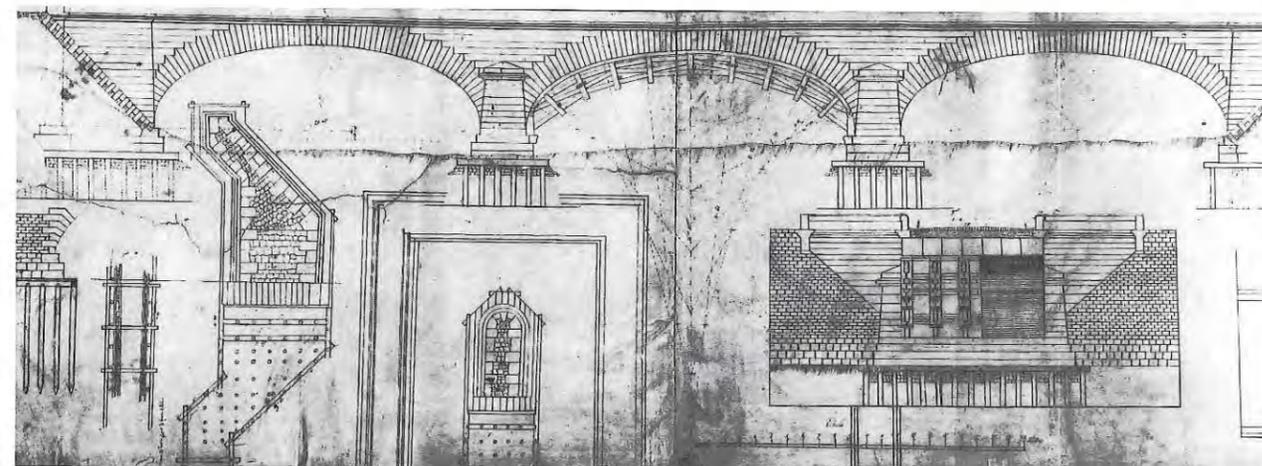
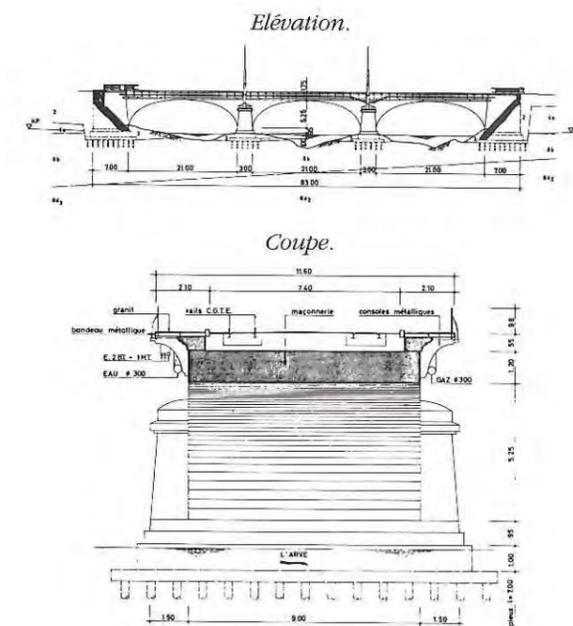
Reproduction du plan original du 16 avril 1849; plume, encre et lavis, 205 x 72 cm.

Les ponts du XIX^e siècle

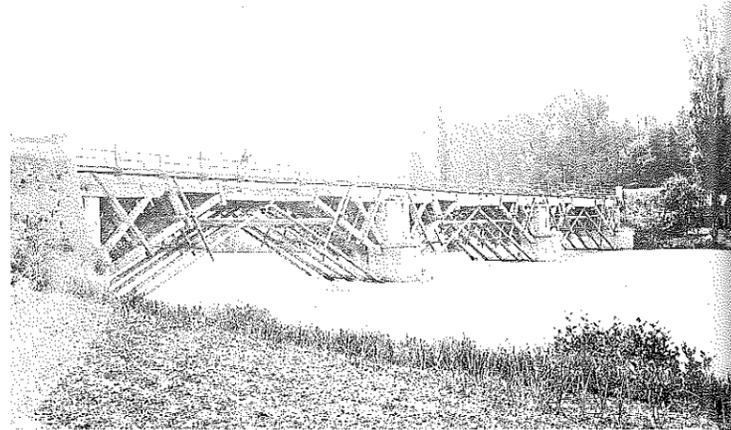
Pont-Neuf sur l'Arve

Lieu: avenue de la Praille - rue de Carouge, Carouge.
Maître de l'ouvrage: Ville de Genève - Ville de Carouge.
Ingénieur: N. Céard et L. Duval, adjoint.
Entreprise: A. Besson et J.-L. Broillet dès 1911.
Réalisation: 1808 à 1812; élargissement en 1816 et 1862.

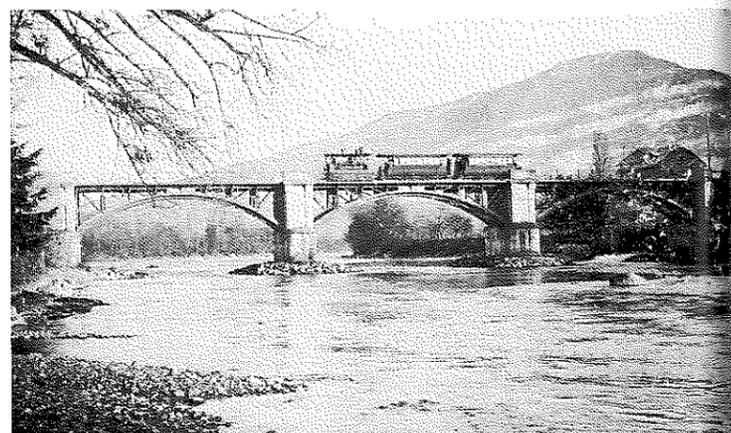
Description: ouvrage en maçonnerie appareillée composé de trois arches surbaissées de 21,00 m d'ouverture en anse de panier. Les piles ont 3,00 m d'épaisseur avec des becs en demi-cercle couronnés de chaperons. Longueur totale avec les culées 83,00 m et largeur initiale 9,00 m, aujourd'hui 11,60 m avec une chaussée de 7,40 m, y compris les voies du tram, et deux trottoirs de 2,10 m. L'ouvrage est caractéristique de l'école française, Ecole nationale des ponts et chaussées. Les voûtes des arches sont en calcaire de Thoiry et les fondations et piles en pierre dure de Meillerie. Le projet date de 1806 et l'adjudication de 1808. L'ouvrage est pratiquement terminé en 1812 et subit une tentative de destruction par les Autrichiens en 1814. Après la Restauration, le pont est achevé par G.-H. Dufour en 1816 qui écrit: «Les plans des ingénieurs français furent suivis; la largeur du pont fut seulement un peu augmentée en mettant en surplomb les bahuts, surplomb dont personne ne se douta et qui permit d'établir deux petits trottoirs». En 1862, un élargissement fut exécuté au moyen de consoles métalliques, ce qui entraîna le remplacement de la balustrade de pierre par une barrière en fonte, ceci pour le passage de la première ligne d'omnibus à chevaux entre la Place Neuve et le Rondeau de Carouge.



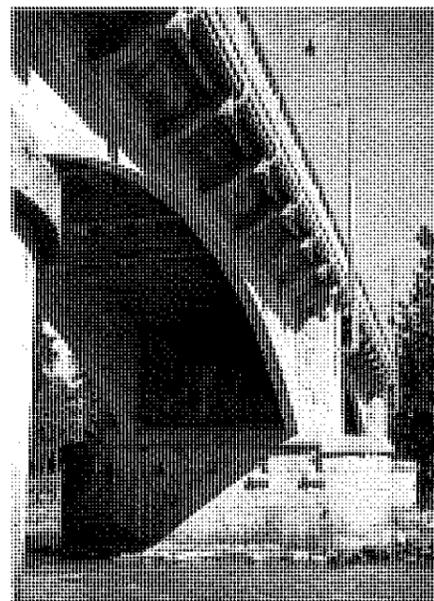
Reproduction du plan du projet original 1806 de Nicolas Céard et Louis Duval. Elévation, vues en plan des fondations, coupes transversale et longitudinales, indication du cintre de l'arche.



Pont en bois, 1844.



Pont 1887.
Structure métallique après renforcement pour le passage du chemin de fer Genève-Veyrier.



Pont 1945.
Structure métallique enrobée de béton armé selon système Melan.

Ponts de Sierne sur l'Arve

Lieu: route de Florissant - route du Pas-de-l'Échelle, à Sierne.

Réalisation: 1782 - 1788/1791 - 1822/1823 - 1844 - 1875 (?) - 1887 - 1945.

Description: le passage de l'Arve à Sierne constitue la liaison essentielle entre le réseau chablaisien et la grand'route Annecy-Chambéry et est en relation avec le développement de Carouge.

Un projet de pont en maçonnerie appareillée est établi par Francesco Luigi Garella (1735-1805) le 7 février 1778. Il comprend trois arches et relève de l'école française des ponts (page 71).

Le pont en bois, exécuté en vingt jours sur la base des plans de Vincenzo Manera (1751-1784), est ouvert en mai 1782 et devient inutilisable en 1787.

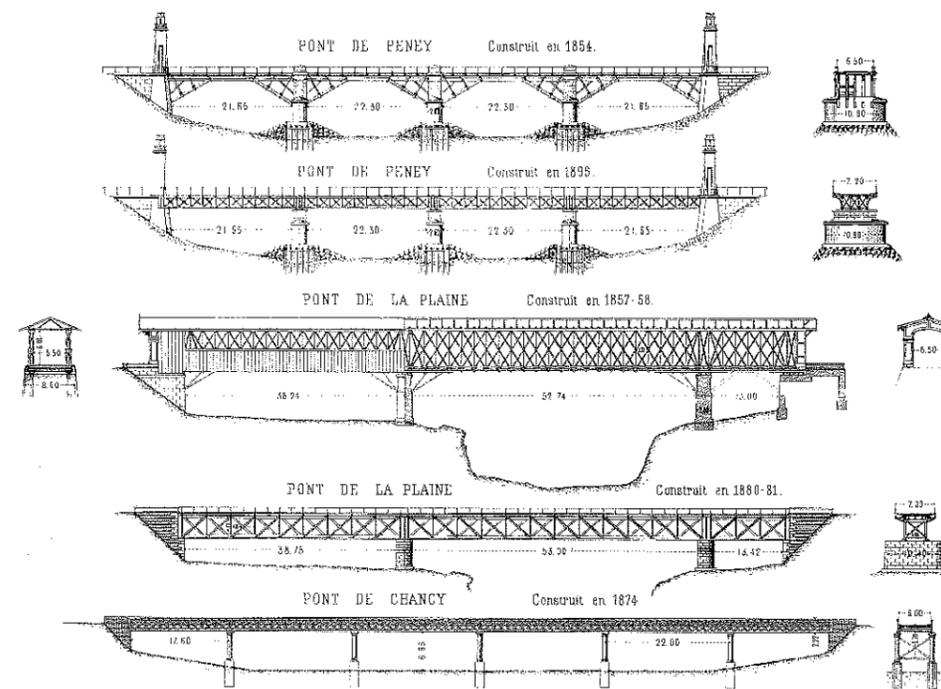
F. L. Garella reconstruit un pont en bois dès 1788 qui est ouvert en mai 1789. En 1791, on projette de le terminer sur la base du plan du même Garella daté du 14 mars 1791. L'ouvrage est détruit par les Autrichiens en 1814.

Dès 1822, des études sont entreprises pour une nouvelle construction et Dufour propose, en 1823, un pont en bois large de 17 pieds et supporté par des lignes intermédiaires de piquets et de poutres; exécution en 1823.

En 1843, l'ouvrage nécessite de profonds remaniements et Dufour établit un projet de pont suspendu daté du 25.01.1844 (voir page 77) avec une portée de 74 m entre portiques. Ce projet est jugé trop coûteux et Dufour propose un pont composé d'un tablier en bois de chêne reposant sur des piles en maçonnerie. Il écrit: "Je l'ai établi sur piles en pierre disposées de telle sorte qu'on peut remplacer la charpente par des arches en pierre, si jamais on songeait à cette amélioration. Dans ce cas, on trouverait sur les piles des crosses toutes prêtes à recevoir des arches surbaissées. Il songeait sans doute à un tablier composé d'arches en pierre du type proposé par Garella en 1778. L'ouvrage est exécuté en 1844 sous la supervision de Dufour et comprend trois travées de 19,00 + 20,00 + 19,00 m d'ouverture entre piles et culées, largeur entre garde-corps de 6,25 m.

La structure en bois est remplacée vers 1875 par une structure en métal sous la forme d'un arc à treillis. Celle-ci est renforcée en 1887 pour permettre le passage du "chemin de fer Genève-Veyrier".

En 1945, le pont est élargi et la structure métallique enrobée de béton armé se transforme en arches de béton selon un système imaginé par l'ingénieur austro-allemand Joseph Melan en 1892.



Pont de Peney sur le Rhône

Lieu: Aire-la-Ville / Peney-Dessous.

1849: projet de pont suspendu par G.-H. Dufour (page 78) de 100 m de portée.

1851-1853: exécution d'un pont suspendu selon le projet de l'ingénieur allemand H. Hug. L'ouvrage est inauguré en avril 1852 et s'effondre le 27 mai 1853, lors des essais de charge, provoquant plusieurs morts et blessés.

1854: reconstruction, entre les pylônes du pont effondré, d'un ouvrage à quatre travées $l = 21,65 + 22,30 + 22,30 + 21,65$ m composé de trois piles en rivière en maçonnerie et d'un tablier en bois, largeur 6,50 m. Le tablier en bois est du même type que celui proposé par Dufour en 1844 pour le pont de Sierne (page 80).

1895: remplacement de la structure en bois par une structure métallique à quatre poutres-maîtresses, sur les piles existantes, d'une largeur de 7,20 m. Travail réalisé par Ch. Schmidt, succ. Wartmann Vallette & Cie, Genève.

Pont de La Plaine sur le Rhône

Lieu: route Avully - La Plaine.

1857-1858: pont en bois avec couverture comprenant trois travées inégales $l = 38,24 + 52,74 + 13,00$ m, largeur 5,50 m, avec des tirants de fer.

1880-1881: pont métallique sur culées et piles nouvelles comprenant trois travées inégales $l = 38,75 + 53,00 + 13,42$ m avec deux poutres-maîtresses à treillis, largeur 7,00 m. Travail réalisé par l'entreprise Ch. Schmidt, succ. Wartmann Vallette & Cie, Genève.

Pont de Chancy sur le Rhône

Lieu: route de Chancy (GE) - Pougny (F).

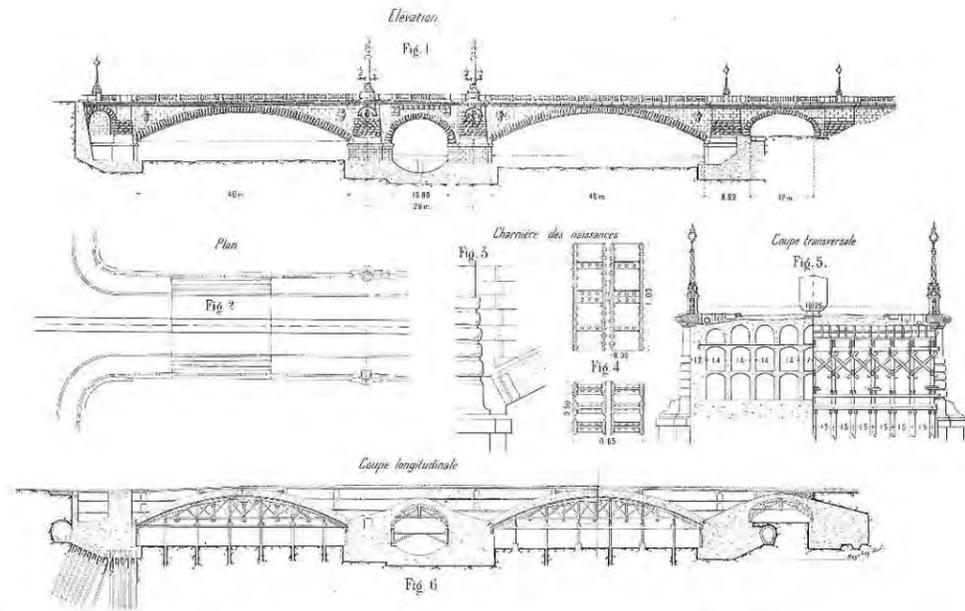
1857-1858: pont en bois avec couverture identique à celui de La Plaine.

1874: pont métallique construit à 300 m en aval du précédent à cause des conditions de fondation. Ouvrage comprenant six travées de 17,60 et 22,00 m de portée, avec deux poutres-maîtresses à treillis, largeur 6,00 m. Les poutres droites continues de 2,20 m de hauteur constituent le garde-corps et reposent sur des colonnes en fonte de 63,5 cm de diamètre posées chacune sur un tube en fer de 125 cm de diamètre, foncé à l'air comprimé à une profondeur de 6,00 m et rempli de béton. Travail réalisé par Ch. Schmidt, succ. Wartmann Vallette & Cie, Genève.

1906-1907: reconstruction complète du pont qui comprend trois travées indépendantes, portée 41,30 m, deux poutres-maîtresses en treillis à membrure supérieure parabolique reposant sur des culées et piles foncées en caisson à air comprimé. Tablier en béton sur fers «zozès», largeur 6,10 m.



Pont de Peney, 1895.



Pont de la Coulouvrenière sur les deux bras du Rhône

Lieu: Boulevard James-Fazy - Boulevard Georges-Favon.
 Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.
 Ingénieur: projet de Mollins, signé Vautier - projet définitif de C. Butticaz et J. Bois - élargissement: Tremblet & Cie SA.
 Entreprise: Induni & Cie SA.
 Réalisation: 1856-1857 et 1895-1896 - élargissement 1969-1971.

Ouvrage 1856-1857: composé de cinq poutres droites en tôle, supportées par des colonnes en fonte, portant chacune sur quatre pieux de chêne battus en rivière. Total: 11 travées, dont quatre pour le bras gauche et six pour le bras droit.

Ouvrage 1895-1896: en 1890, des négociations s'engagent pour utiliser le pont existant, qui relie les deux rives du Rhône dans l'axe de la ceinture des fortifications, au passage du chemin de fer à voie étroite. Les études faites pour consolider l'ouvrage amène la Ville à la conclusion de construire un nouveau pont à la place de l'ancien. C'est ainsi que plusieurs projets sont établis et présentés en 1893 et 1894, dont des ponts en maçonnerie, en métal et en «béton de ciment armé» selon les systèmes Hennebique et Monier, afin de relier par une voie ferrée l'emplacement de la future Exposition nationale suisse de 1896 avec la gare de Cornavin. Les projets sont soumis à l'examen d'un collège d'experts composé de W. Ritter, professeur à l'EPFZ, et de Ed. Elskes, ingénieur des ponts à la Cie du Jura-Simplon, qui rend son rapport le 8 janvier 1895. Les experts recommandent l'exécution du projet établi par le Service des eaux comprenant six arches. Ils reconnaissent l'excellence du projet dit Vautier et indiquent que, pour de grandes ouvertures (30 m et plus), c'est l'arc en béton qui s'impose. Pour le tablier du pont, ils préconisent l'utilisation du hourdis Hennebique.

Le projet définitivement adopté pour l'exécution comporte deux grandes arches de 40 m d'ouverture, franchissant les deux bras du Rhône et séparées par une troisième de 10,80 m servant de base à l'établissement d'un massif central décoratif; une quatrième arche de 12 m ménage le passage du quai Seujet. Les deux arches de 40 m sont des arcs voûtés en béton à trois articulations avec une flèche de 5,40 m. La largeur du pont est de 18,70 m entre tympans et comprend une chaussée de 11,00 m et deux trottoirs de 3,50 m, la longueur totale étant de 150 m.

La décoration est soigneusement étudiée par P. Bouvier, architecte de l'Exposition nationale. L'ouvrage est revêtu de pierres naturelles travaillées et de différentes provenances.
 L'ouvrage est élargi en 1969-1971 à 26,20 m et comprend une chaussée de 18,80 m et deux trottoirs de 3,70 m. Cet élargissement de 3,70 m de chaque côté est constitué par un encorbellement en béton léger armé et une plaque d'ancrage sous chaussée de 2,95 m.

Gravure du pont de 1856-1857.



Gravure du pont 1861-1862.



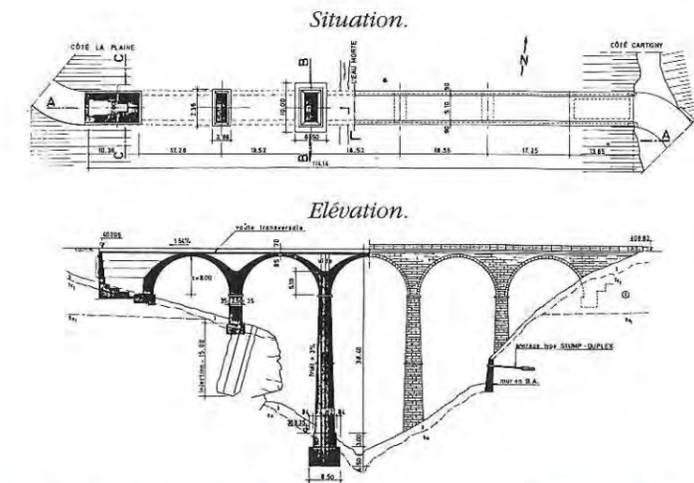
Pont du Mont-Blanc

Lieu: rue du Mont-Blanc - place du Port.
 Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.
 Ingénieur: L. Blonitzki et D. Chantre.
 Réalisation: 1861-1862.

Description: La construction du pont est décidée par le Conseil municipal, en 1861, pour relier entre les deux rives la nouvelle ceinture urbaine. La décision est prise après de longues délibérations et une certaine opposition de la part de quelques conseillers et d'une partie du public.

L'ouvrage comprend des poutres métalliques et un tablier en béton. Il étonne, à l'époque, par ses grandes dimensions: longueur 252 m, largeur 16 m. Les travées sont au nombre de 12 avec des portées de 19,70 et 20,20 m.

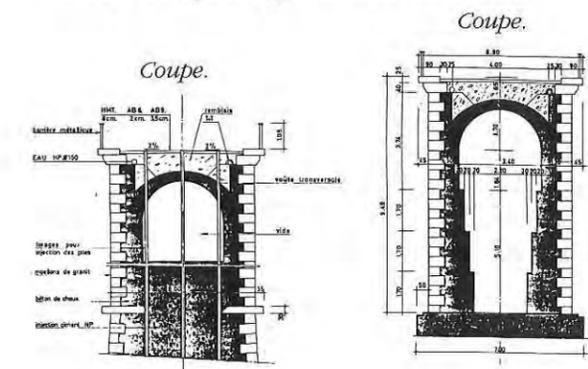
Les travaux, entrepris dès le mois de décembre 1861, sont poussés très activement pour être achevés en moins d'une année; ouverture en automne 1862. Le pont est reconstruit en 1903 (page 84).

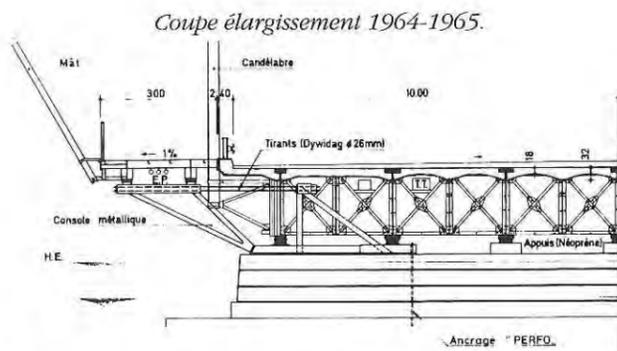


Viaduc de Cartigny ou viaduc du Nant-des-Cruces sur l'Eaumorte

Lieu: route de Cartigny - La Plaine.
 Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
 Ingénieur: B. Tronchet.
 Entreprise: B. Tronchet, sous la direction de J. Wurth, ingénieur cantonal.
 Réalisation: 1876.

Description: ouvrage en maçonnerie comprenant 5 arches de portées $l = 17,28 + 18,52 + 18,52 + 18,56 + 17,25$ m, longueur totale 114,14 m, largeur totale 6,90 m. Les arches circulaires dans le sens longitudinal ont un rayon intérieur de 8,0 m et celles dans le sens transversal de 1,70 m, constituant un vide sur piles et culées. La hauteur maximum depuis la fondation est de 45,90 m. La maçonnerie appareillée est constituée par des moellons en granit et le remplissage des piles et culées est en béton de chaux. Ce dernier a été consolidé en 1965 par des injections au mortier de ciment.





Les ponts de la première moitié du XX^e siècle

Pont du Mont-Blanc

Lieu: rue du Mont-Blanc / place du Port (à l'aval de la rade).

Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.

Ingénieurs: G. Autran (reconstruction) - Tremblet & Cie SA (élargissement).

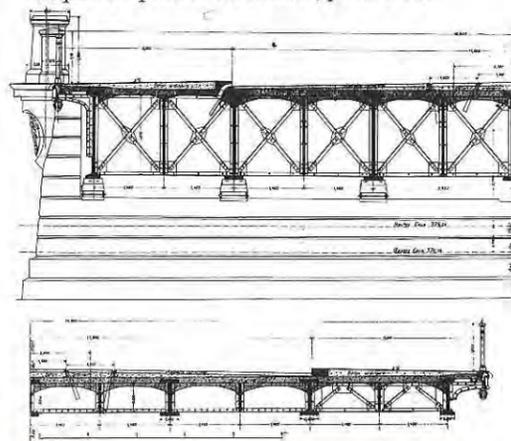
Entreprise: reconstruction en entreprise générale à forfait à l'auteur du projet G. Autran qui répartit en deux lots pour Wartmann et Vallette, constructeurs à Brugg (partie métallique) et Conrad Zschokke SA et J. Spinedi SA (maçonnerie et tablier).

Réalisation: reconstruction du 5 janvier 1903 au 31 octobre 1903 - élargissement de 1964 à 1965.

Description: dès 1900, le Conseil administratif de la Ville de Genève envisage la reconstruction de l'ouvrage de 1862. Divers projets sont présentés et l'administration se borne à dresser un programme commun pour permettre une comparaison entre les offres. Un collège d'experts est constitué à cette fin et comprend les professeurs W. Ritter et F. Schuttlé et l'ingénieur A. Vautier. Six projets sont en compétition: deux constructions en fer et quatre constructions en béton armé. Le rapport des experts de février 1902 conclut à l'exclusion de trois projets et au remaniement des trois autres qui sont: projet Autran à poutres continues métalliques de hauteur variable, un projet en béton armé selon système Hennebique et un projet en béton armé selon système Jaeger. Les nouvelles études donnent lieu à sept projets: un projet Autran à charpente métallique et six projets de divers constructeurs intéressés dans l'application du béton armé. Le rapport des experts de juin 1902 conclut à l'adoption du pont métallique selon projet de G. Autran, auquel est adjugé la construction en entreprise générale et à forfait. Il est cité dans ce contexte l'offre à forfait du 25 septembre 1901 de l'entrepreneur Ed. Cuénod pour une réfection.

Le nouveau pont est construit sur les piles existantes et a une longueur totale de 251,86 m, largeur totale de 19,00 m comprenant une chaussée de 11,80 m et deux trottoirs de 3,60 m. La section transversale comprend sept poutres principales en tôle, entre-axes 2,92 m et formant 12 travées continues (travées de rive de 19,66 m de portée, travées intermédiaires de 21,19 m). La hauteur des poutres varie de 65 cm au milieu des travées à 170 cm sur appui. Les liaisons transversales sont constituées par des entretoises correspondant aux consoles des trottoirs. Dans leurs intervalles sont disposés des longerons qui servent de support au tablier, dallage en béton armé système Jaeger, de 18 cm d'épaisseur sous chaussée et de 9 cm sous trottoir.

Coupes sur piles et en travées, pont 1903.

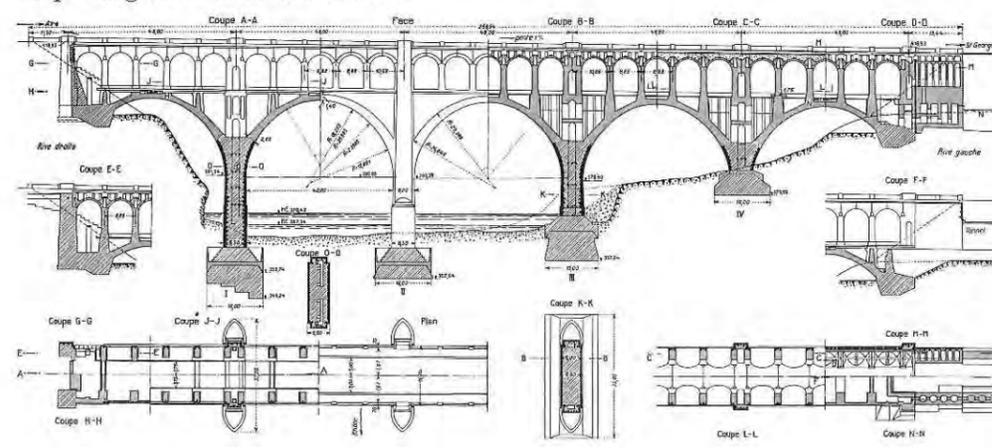


Vue 1907.

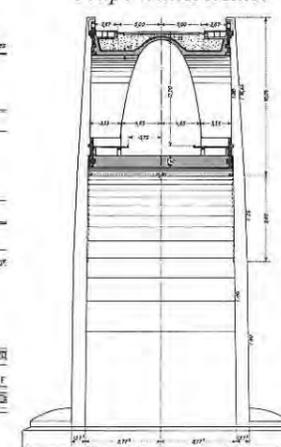
Les travaux de démolition de l'ancien pont commencent le 5 janvier 1903 et l'ouvrage est ouvert à la circulation le 31 octobre 1903.

Le pont est élargi à 26,80 m en 1964-1965 comprenant une chaussée de 20 m et deux trottoirs de 3,00 m au moyen d'encorbellements en construction métallique ancrés dans la structure initiale par des tirants précontraints (barres Dywidag, diamètre 26 mm). Les fondations des piles sont renforcées par une ceinture en béton armé avec ancrages; la maçonnerie est injectée par un coulis de ciment et une protection par enrochement est exécutée.

Coupes longitudinales et horizontales.



Coupe transversale.



Pont Butin sur le Rhône

Lieu: route du Pont-Butin - avenue de l'Ain.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: J. Bolliger, Zürich, en collaboration avec H. Garcin, architecte, Genève - élargissement: Tremblet & Cie SA.

Entreprise: mai 1916-1918, pile III, fondation: Entreprise Schaefer; janvier 1919-mars 1927: Conrad Zschokke SA avec cintres en bois de R. Coray; élargissement: Induni et Cie SA.

Description: l'ouvrage a pour origine un legs fait en mai 1913 par David Butin, ancien marchand de fer en l'île, à l'Etat de Genève et les projets de liaisons routière et ferroviaire. La condition est que la somme léguée de un million de francs soit consacrée à la construction d'un pont «en fer ou en granit», destiné à relier les plateaux d'Aire et de Saint-Georges, avec délai expirant fin mai 1918 pour l'achèvement de l'ouvrage. Le Grand Conseil accepte le legs par arrêté du 21 juin 1913. Le projet de raccordement ferroviaire Cornavin/Eaux-Vives adopté par le même conseil le 8 novembre 1913, prévoit le franchissement du Rhône au même endroit que la route. Les deux ouvrages, pont-rail et pont-route sont réunis en un seul et la convention du 20 novembre 1913 entre la Confédération, le Canton et les CFF incorpore le pont dans la ligne du "Raccordement".

Un concours d'idées est ouvert par le Département des Travaux Publics en automne 1914 et est rendu le 22 février 1915 avec 62 envois, dont sept sont retenus par le jury. Le projet des ingénieurs Bolliger & Cie, Zürich, Garcin & Bizot, architectes à Genève et Cuénod SA/Favre & Cie, entrepreneurs à Genève, primé en premier rang, est désigné pour l'exécution par le Conseil d'Etat.

Ce projet original donne l'impression d'un aqueduc romain à deux étages avec utilisation du béton armé et de parements de roche. Il comprend cinq arches principales de 48 m entre axes des piles, chacune surmontées de cinq arcades entre-axes 8,88 m. L'ouvrage de 267 m de longueur comprend, à l'étage supérieur, une route de 20 m de largeur (chaussée 13 m avec deux voies de tram et deux trottoirs de 3,50 m) et à l'étage inférieur, 13,15 m plus bas, une ligne de chemin de fer à deux voies, largeur libre entre arcades 10,65 m, largeur libre des voies 8,60 m.

Le projet d'exécution est modifié pour la superstructure du fait de l'abandon, dès 1923, de la ligne de chemin de fer. En effet, les nouvelles études des CFF envisagent le franchissement du Rhône près de la Jonction, 700 m à l'amont. L'accord du 19 février 1924 entre les trois participants au "Raccordement" conclut à la suppression du chemin de fer sur le pont. Cette décision élimine les éléments de construction destinés à soutenir les voies et conduit à réduire la largeur de la route à 15,34 m comprenant une chaussée de 10 m et deux trottoirs de 2,67 m. Le pont exécuté comporte cinq arches principales de 48 m entre axes des piles, ouverture 42 m, dont les portées des

voûtes sont $l = 40,00 + 48,00 + 48,00 + 48,00 + 43,00$ m, largeur 16,80 m avec revêtement de bandeaux en granit. Elles sont en béton légèrement armé avec une épaisseur à la clé de 140 cm et de 280 cm aux naissances. Des articulations provisoires sont disposées et elles travaillent comme arcs à trois rotules pour la charge permanente totale, et après clavage, comme arcs encastrés pour les charges de service. Elles sont bétonnées par rouleaux sur des cintres en bois de 42 m de portée. Les trois piles en rivière sont fondées sur des caissons à l'air comprimé (voir page 41). La pile rive gauche et les deux culées sont fondées sur des massifs exécutés à sec en fouille ouverte. Les piles en élévation de 6,00 m d'épaisseur sont en béton avec parement de granit du Mont-Blanc. La route est supportée par une voûte longitudinale surhaussée en béton armé qui règne sur toute la longueur de l'ouvrage. Elle est traversée au-dessous de chaque grande voûte par cinq voûtes transversales en béton armé également, dont l'intrados à la clé se trouve à 1,61 m au-dessous de l'intrados de la voûte longitudinale. Les parements des bandeaux de ces voûtes et des piles secondaires sont en granit et en pierre d'Arvel. L'étage inférieur donne une forte impression de croisées de voûtes. La hauteur maximum de l'ouvrage au-dessus du Rhône est d'environ 50 m, la profondeur jusqu'au niveau inférieur de la fondation est de 25 m, si bien que la hauteur maximum de l'ouvrage est d'environ 75 m.

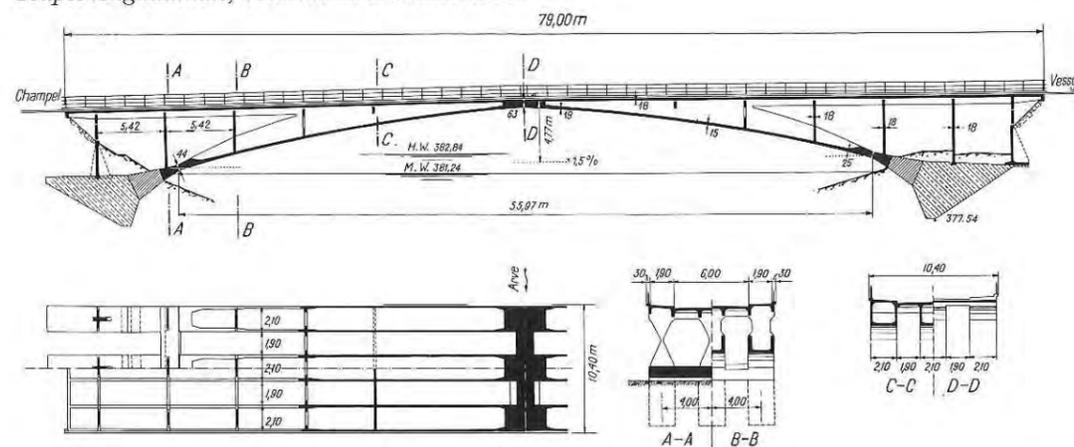
Les travaux débutent en mai 1916 par l'exécution de la fondation de la pile en rivière rive gauche au moyen d'un seul caisson à l'air comprimé de grande dimension. Le fonçage est arrêté le 26 octobre 1917 suite à de graves fissurations transversales et la fondation est terminée par une excavation en sous-œuvre. Les deux autres piles en rivière, fondées sur trois caissons à air comprimé chacune, sont exécutées dès le début de 1919 et terminées en février 1921. La superstructure de l'ouvrage est entreprise dès le printemps 1922 et l'inauguration a lieu le 5 mars 1927.

En 1968-1969, un élargissement du tablier est exécuté au moyen de deux encorbellements en béton armé. La largeur totale de 23,62 m comprend une chaussée de 19,00 m et deux trottoirs de 2,26 m.



Vue 1927 (vue 1988, page 41).

Coupes longitudinale, horizontale et transversales.



Vue générale, 1937.



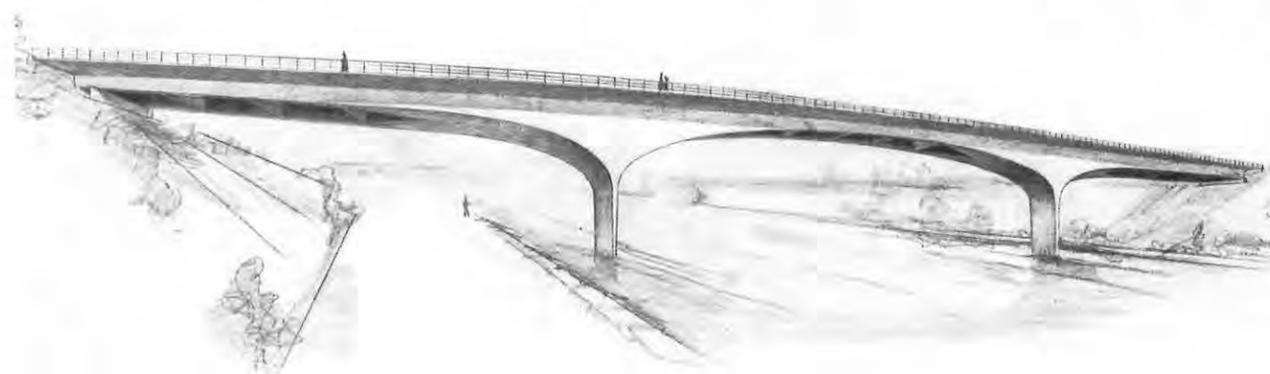
Vue des structures, 1937.

Pont de Vessy sur l'Arve

Lieu: route de Vessy / Le Bout-du-Monde, Vessy.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève - Ville de Genève.
Ingénieur: R. Maillart.
Entreprise: Ed. Favre (béton armé) - Bopp Frères, Versoix (cintres).
Réalisation: 1936-1937.

Description: ouvrage en béton armé sous la forme d'un arc à trois articulations type Maillart. La longueur totale est de 79,00 m et la largeur totale de 10,40 m comprenant une chaussée de 6,00 m et deux trottoirs de 1,90 m. L'arc brisé de 55,97 m de portée avec une flèche de 4,77 m (rapport $l/f = 11,7$) est composé de trois éléments en caisson ouvert et fermé d'une largeur de 210 cm chacun, entre-axes 4,10 m. (voir page 20 «essais de charge du pont de Vessy, les 20 et 21 juillet 1937» en présence de R. Maillart et du professeur M. Ros).

Pont de Peney sur le Rhône, projet R. Maillart, 1939. Vue perspective.



Pont de Peney sur le Rhône

Lieu: Aire-la-Ville - Peney-Dessous.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: Ch. Fatio.
Entreprise: Berteletti - Spinedi + Dumarest.
Réalisation: 1940-1942.

Description: La retenue du barrage/usine de Verbois exige la construction d'un nouveau pont sur le Rhône situé à l'amont du pont existant (page 81). Le projet dit «officiel» est un pont en béton armé établi par R. Maillart en 1939. Il comprend deux poutres principales de hauteur variable soutenues par deux piles minces avec des portées $l = 53,00 + 75,00 + 53,00$ m, longueur totale 187,00 m, et aménage une passe navigable de 54,00 m de largeur et 6,00 m de hauteur libre (page 86: vue perspective).

Les Services Industriels de Genève, agissant de concert avec le Département des Travaux Publics, ouvrent une soumission pour l'exécution. Les offres remises le 12 mai 1939 comprennent 11 propositions selon projet Maillart, cinq variantes en béton armé (deux ponts à poutre continue et trois ponts à arches) et trois variantes en acier. La «commission d'examen» mise en oeuvre propose pour l'exécution le projet le plus économique et le plus banal.

L'ouvrage est une poutre continue droite en béton armé à cinq travées $l = 29,40 + 38,50 + 38,50 + 38,50 + 29,40$ m, réservant deux passes navigables de 33,00 m, et supportée par des palées sous forme de cadres en béton armé, longueur totale 175,15 m, largeur totale 10,40 m (chaussée 7,00 et deux trottoirs de 1,50 m). La section transversale en forme de U renversé avec consoles comprend deux sommiers 42/295 cm reliés par une dalle de 20/25 cm d'épaisseur.

Pont-rail de la Jonction sur le Rhône et l'Arve

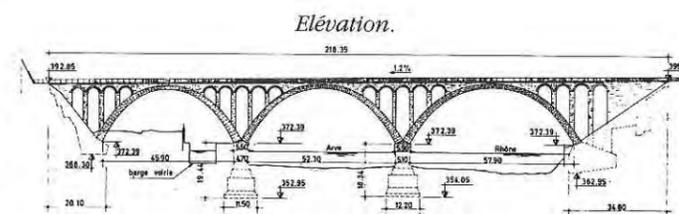
Lieu: Liaison CFF Cornavin - La Praille; Nant Cayla / Bois de la Bâtie.
Maître de l'ouvrage: Chemins de fer fédéraux, CFF.
Ingénieur: Bureau des ponts de la Direction générale des CFF.
Entreprise: Consortium Conrad Zschokke SA et Entreprises réunies H. & F. Pulver et V. Olivet SA - cintres en bois: Locher & Cie, Zürich.
Réalisation: novembre 1943 - avril 1946.

Description: après la renonciation de faire passer la ligne de «Raccordement» Cornavin/La Praille/Eaux-Vives par le pont Butin au profit d'un tracé plus court passant par un pont à la Jonction, les CFF établissent plusieurs variantes. Deux de ces projets sont étudiés pour l'exécution. Le premier est un viaduc en béton comportant trois voûtes principales en anse de panier, de portées croissant avec la hau-

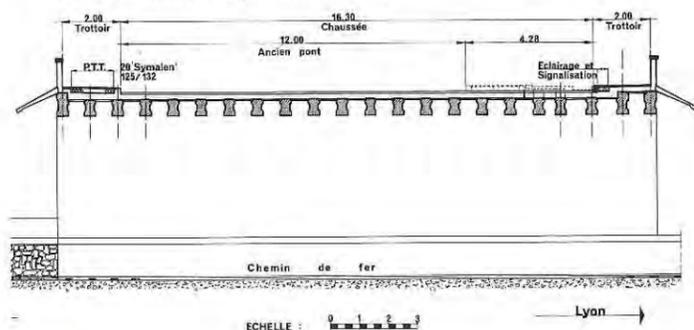
teur du tablier, des piliers secondaires et des voûtes d'élargissement supportant le tablier. Le deuxième est une charpente métallique à poutre continue droite et à âme pleine sur cinq appuis. Un concours est ouvert en décembre 1940 et 27 projets sont remis, dont quatre en charpente métallique et 23 en béton ou en béton armé. La tendance générale des concurrents est de franchir les deux cours d'eau par une seule arche d'une centaine de mètres de portée avec deux travées latérales d'accès ou par deux arcs d'environ 90 m d'ouverture. Le jury décide de poursuivre les études d'exécution en s'inspirant du projet classé en premier rang et du projet CFF.

Le projet définitivement adopté et exécuté reprend, en principe, l'idée du projet CFF dont l'esthétique est entièrement modifiée et améliorée suivant les propositions de l'architecte A. Lozeron. Il comprend trois voûtes de forme parabolique en béton non armé avec des portées théoriques de 48,00 + 54,75 + 60,50 m (ouvertures libres 45,90 + 52,30 + 57,90 m), flèches de 18,44 à 19,82 m, épaisseur à la clef 130 à 150 cm, épaisseur aux naissances 240 à 280 cm, largeur constante 7,80 m. Les voûtes reposent sur deux piles fondées sur des caissons à l'air comprimé et sur deux culées massives, aménageant l'écoulement du Rhône, de l'Arve et de la passe navigable rive gauche. La superstructure est constituée par 14 piles secondaires élancées, 18 voûtes d'élégissement de 4,20 à 5,00 m d'ouverture et un tablier en béton armé de 10 m de largeur comprenant un passage de 7,45 m pour deux voies et un passage piétonnier amont de 1,50 m reliant le chemin du Nant Cayla à celui du Bois de la Bâtie. La longueur totale de l'ouvrage est de 218,35 m et il s'élève à 25 m au-dessus du niveau de l'eau, la fondation la plus basse descendant à 16,35 m sous le niveau moyen. Les revêtements en pierre naturelle sont en granit d'Uri pour les piles, en moellonnage de gneiss du Tessin pour les voûtes et des moellons de calcaire d'Arvel (Villeneuve) pour les piles secondaires, les voûtes d'élégissement, les tympans et les murs de retour.

Les travaux commencent à fin novembre 1943 et le ferraillage du premier caisson de la pile rive gauche en mars 1944. La construction des grandes voûtes débute en juillet et se termine en décembre 1944. Le clavage de ces voûtes a lieu en février/mars 1945 et il est suivi par la construction immédiate de la superstructure. L'ouvrage est achevé en avril 1946.



Pont de l'Écu, coupe transversale.



Vue générale avec le viaduc de l'Écu.

Les ponts de l'Île sur le Rhône - Bras gauche et droit.

Lieu: place Bel-Air / place Saint-Gervais.

Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.

Ingénieur: J. Calame (fondations, culées, pile bras droit) - Bureau E. Schubiger, Zürich, (G. A. Steinmann, ingénieur principal) pour les tabliers bras gauche et bras droit.

Entreprise: Association Conrad Zschokke SA - Ed. Cuénod SA (fondations, culées, pile bras droit) - Conrad Zschokke SA, sous-traitant pour la précontrainte Stahlton SA, Zürich (tabliers bras gauche et bras droit).

Réalisation: octobre 1951 - août 1953.

Description: les ouvrages bras gauche et bras droit remplacent les constructions diverses dont les plus anciennes étaient antérieures à l'aménagement des Forces motrices de la Coulouvrenière et dataient du début de la construction métallique, âge moyen 70 ans. Sur le bras gauche: un très large pont appelé «le pont de l'Île» dont la disposition générale demeure inchangée pendant l'exécution de l'usine de la Coulouvrenière de 1884 à 1887. Sur le bras droit: deux ponts distincts, celui d'aval désigné par «pont des Frises» dont la disposition générale est modifiée à de nombreuses reprises et notamment complétée en 1886-1887 par un pont intermédiaire pour constituer finalement le large ensemble du «pont de Saint-Gervais». Les deux ouvrages comportent chacun deux piles en rivière, d'une largeur totale de 43 m et comprennent deux chaussées de 8 m séparées par une large place de stationnement.

Les ponts de la deuxième moitié du XX^e siècle

Pont de l'Écu

Lieu: route de Vernier, Châteline.

Maître de l'ouvrage: Chemins de fer fédéraux, CFF.

Ingénieur: H. Calame et A. Stévenin, en collaboration STAB SA pour la précontrainte - Mouchet, Dubois, Boissonnard SA, succ.

Entreprise: J. Gini, (fondations/culées); Losinger SA (tablier précontraint).

Réalisation: 1951-1952.

Description: passage supérieur de la tranchée du chemin de fer composé d'une travée de portée $l = 17,00$ m, largeur totale 20,70 m comprenant initialement une portée de 16,20 m (chaussée 12,00 m et deux trottoirs de 2,00 m) et une partie de 4,50 m pour la voie du tramway. Après enlèvement de ce dernier, la chaussée est élargie à 16,30 m en 1972.

La structure comprend 22 poutres préfabriquées, section en I avec une hauteur de 61 cm, précontraintes par six câbles Freyssinet de 26 tonnes chacun. La dalle de compression en béton armé de 16 cm est coulée sur des dalles de 3 cm entre les poutres. Les entretoises préfabriquées par segments entre poutres sont assemblées par une précontrainte transversale.

Mise en place d'une poutre préfabriquée.



Vue générale aval des ponts urbains sur le Rhône: successivement pont du Mont-Blanc, pont des Bergues, pont de la Machine, ponts de l'Île, pont de la Coulouvrenière, pont de Sous-Terre et pont-rail de la Jonction.



Pont bras gauche - les deux piles font l'objet d'une consolidation importante en 1935/1936 par un encoffrement des fondations dans une enceinte de palplanches métalliques et par enrobement des anciennes colonnes dans un massif en béton armé, constituant de ce fait une paroi continue. Les culées en maçonnerie sont jugées suffisantes également, si bien que le nouveau tablier comporte trois travées de portées moyennes $l = 14,60 + 14,00 + 14,00$ m. Sa largeur totale de 43,14 m est divisée en deux parties égales de 21,57 m séparées par un joint longitudinal afin de procéder à une exécution en deux étapes pour garantir un passage. Chaque partie comprend une aire de stationnement de 10,77 m de largeur, une chaussée de 8,00 m et un trottoir de 2,80 m.

Le tablier est une dalle massive en béton précontraint de 40 cm d'épaisseur et des goussets paraboliques de 80 cm sur l'axe des piles.

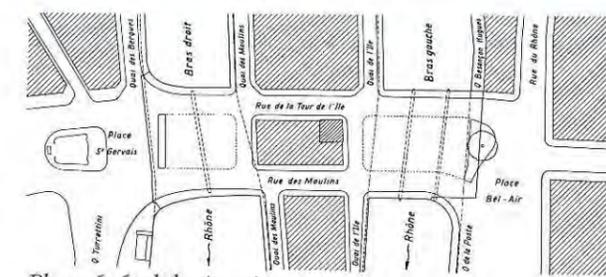
La précontrainte est appliquée par des câbles continus de 80 tonnes à 36 fils de 5 mm, selon système BBRV, dans le sens longitudinal et dans le sens transversal. Demi-pont amont: 37 câbles longitudinaux et 24 câbles transversaux. Demi-pont aval: 42 câbles longitudinaux et 24 câbles transversaux.

Pont bras droit. L'écoulement du Rhône a un tout autre caractère et les études montrent que les culées et les piles doivent être reconstruites afin de constituer un «guidage» du fleuve. Une seule pile médiane est prévue en forme de S. La semelle de fondation de celle-ci est constituée d'un rideau de palplanches et repose sur une forêt de pieux en bois de 10 à 12 m de profondeur.

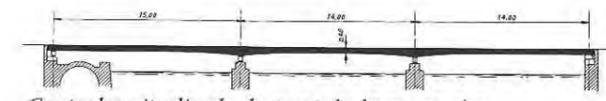
Le tablier comporte deux travées de portées variables de 19,30 m à 22,55 m, conséquence de la forme des culées et de la pile. La largeur varie de 21,84 m côté île à 26,30 m côté place Saint-Gervais, comportant une chaussée de 8 m, un trottoir de 2,95 m et une aire de stationnement, ceci pour chacune des moitiés constituant l'ouvrage, qui sont exécutées en deux étapes comme pour le bras gauche.

Le tablier est une dalle alvéolée en béton précontraint de hauteur constante 88 cm. L'intrados est une dalle de 12 cm d'épaisseur et l'extrados de 18 cm composé de dalles préfabriquées de 6 cm et d'une dalle de 12 cm. Les nervures de 28/36 cm de largeur sont distantes de 190 cm d'axe en axe. Des entretoises sont disposées sur les appuis et au milieu des travées.

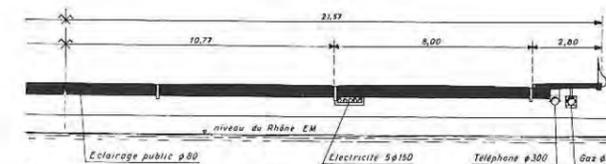
La précontrainte est assurée par les mêmes câbles de 80 tonnes à 36 fils de 5 mm du système BBRV, dans le sens longitudinal dans les nervures et dans le sens transversal dans les entretoises. Demi-pont amont: 49 câbles longitudinaux et 21 câbles transversaux. Demi-pont aval: 52 câbles longitudinaux et 21 câbles transversaux.



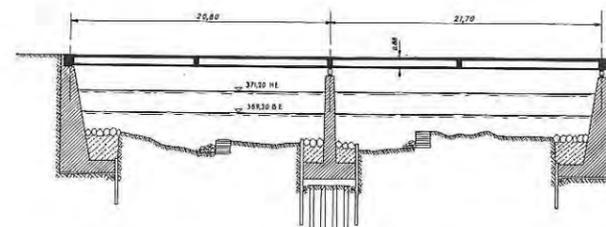
Plan général de situation.



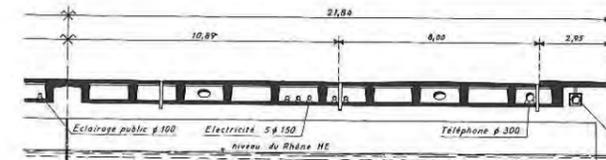
Coupe longitudinale du pont du bras gauche.



Demi-pont amont bras gauche, coupe transversale.

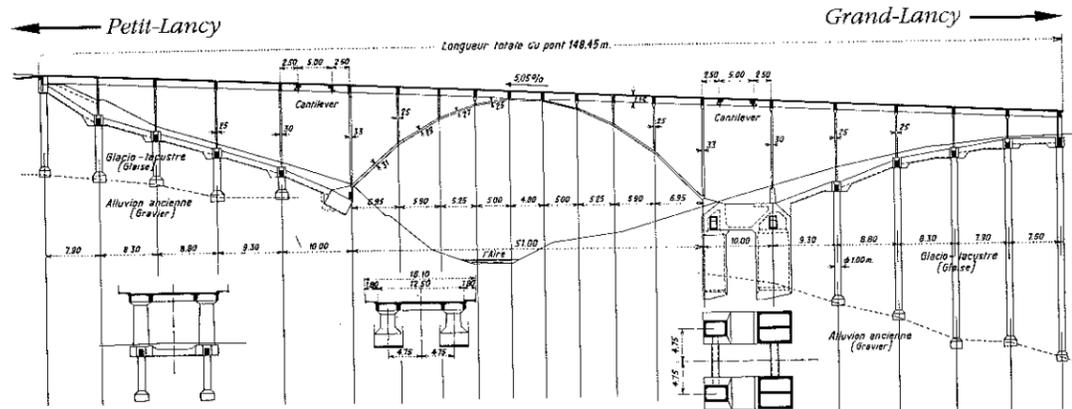


Coupe longitudinale du pont du bras droit.



Demi-pont amont bras droit, coupe transversale.

Coupes longitudinale et transversales.



Pont de Lancy sur l'Aire

Lieu: route du Pont-Butin, entre le Grand-Lancy et le Petit-Lancy.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

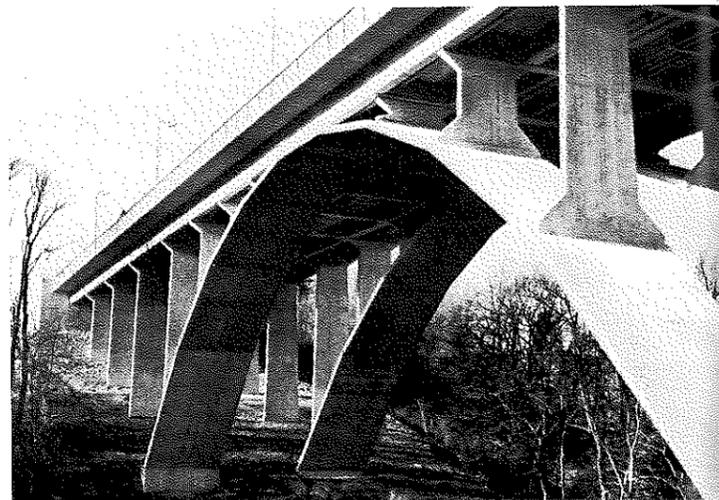
Ingénieur: P. Tremblat, succ. de R. Maillart - L. Meisser.

Entreprise: J. Spinedi SA; A. Coray, cintre en bois.

Réalisation: 1953-1954 (ouverture le 15.11.1954).

Description: ouvrage en béton armé sous la forme d'un arc raidi type Maillart et travées d'accès. Un premier projet établi en 1936 par R. Maillart pour une chaussée de 9,00 m, de style très pur et différencié, a pour caractéristique des palées en forme de X, deux longerons de hauteur variable et deux arcs de largeur variable. L. Meisser reprend le projet en 1947 et apporte quelques changements et des simplifications constructives. Les études pour l'exécution sont poursuivies, dès 1950, par P. Tremblat.

La largeur totale de 16,10 m comprend une chaussée de 12,50 m et deux trottoirs de 1,80 m, longueur totale de l'ouvrage 148,45 m (accès Grand-Lancy 52,40 m, arc 51,00 m - accès Petit-Lancy 44,95 m). L'élargissement de la chaussée conduit à adopter quatre longerons de hauteur constante de 115 cm avec un platelage de 25 cm. L'arc jumeau d'une portée de 51,00 m avec une flèche de 13,63 m (rapport $l/f = 3,74$) a un tracé polygonal et les deux plaques de 470 cm chacune de longueur, entre-axes 9,50 m, ont des épaisseurs variables de 25 à 31 cm. Les fondations sont des puits et des caissons en béton armé descendant jusqu'au niveau de l'alluvion ancienne.



Vue 1954.

cune quatre colonnes en fonte. Lors de l'installation des tramways, une passerelle est accolée du côté aval portant la largeur totale à 12 m, la chaussée demeurant égale à 5 m. Un nouveau pont d'Arve appelé «pont des Acacias» parce qu'axé dans le prolongement de la rue du même nom est inauguré le 18 juillet 1909. Il comprend une chaussée de 13 m et deux trottoirs constitués par une charpente métallique à poutres continues de longueur variable sur trois travées, avec un tablier en béton sur fers «zorès». Les crues catastrophiques de 1888 incitent les constructeurs de l'époque à édifier deux piles en rivière seulement, en maçonnerie appareillée sur des fondations en caisson à l'air comprimé. Les portées $l = 24,00 + 31,00 + 24,00$ m sont relativement grandes pour l'époque (pont du Mont-Blanc 1903: $l = 21,20$ m).

L'ouvrage comprend trois travées $l = 24,35 + 31,70 + 24,00$ m avec une largeur au milieu de 26,40 m (chaussée 18,80 m et deux trottoirs de 3,60 m utile) et comprend de larges raccords sur les quais en forme de clothoïde qui porte la largeur totale à 34,00 m.

Les deux piles en rivière sont parfaitement fondées en 1909 sur des caissons de 26,00 m de longueur et elles sont allongées à l'aval de 1,55 m (pile rive gauche) et de 2,50 m (pile rive droite), allongements exécutés à l'intérieur d'une enceinte de palplanches incorporées à l'ouvrage et fonçage de pieux à l'intérieur. Les deux culées ne sont pas fondées à un niveau suffisamment profond. La culée rive gauche est complètement reconstruite avec passage d'un nouvel

Pont des Acacias sur l'Arve

Lieu: route des Acacias / boulevard du Pont-d'Arve.

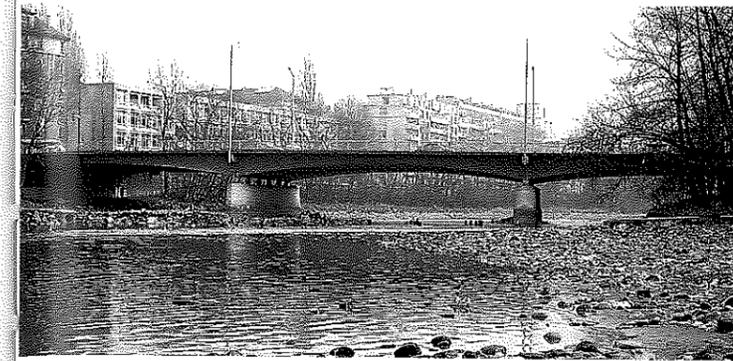
Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.

Ingénieur: Bureau d'études de Conrad Zschokke SA (G. A. Steinmann, chef étude).

Entreprise: Conrad Zschokke SA - sous-traitant pour la précontrainte: Stahlton SA.

Réalisation: octobre 55 - juillet 57; inauguration, 21 septembre 1957.

Description: le franchissement de l'Arve dans ce secteur a toujours été important pour Genève, car le «pont d'Arve» est la porte de la cité ouverte sur la Savoie. L'histoire fort intéressante de ce passage commence par les droits de pontonnage au Moyen Age, la reconstruction en bois en 1408, la fortification avec pont-levis au seizième siècle, la construction en bois du dix-septième siècle à l'aval, le remplacement de celle-ci en 1840 exécuté par une société privée pour le passage destiné aux voitures, puis en 1875 un nouveau pont métallique à poutres droites, supportées par cinq palées comprenant cha-



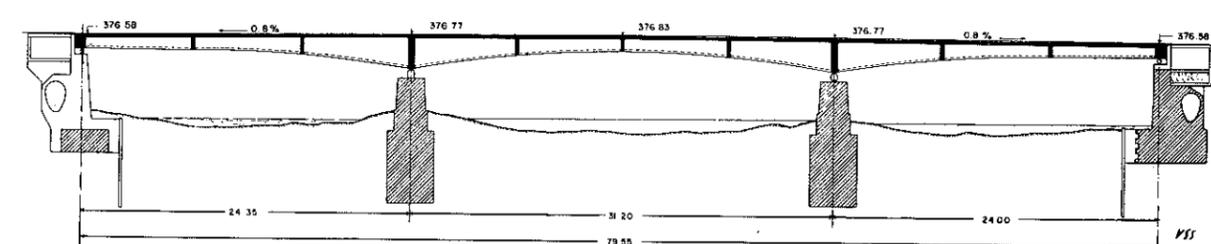
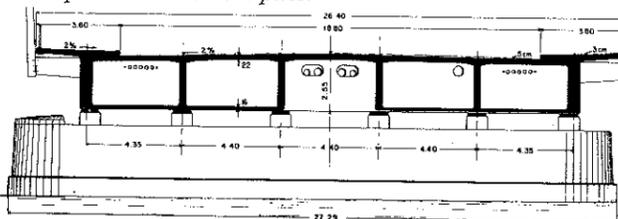
Coupe transversale en travée.

égout et protection par une enceinte de palplanches incorporée à l'ouvrage. La culée rive droite est élargie côté rivière et également protégée par un rideau de palplanches.

Le tablier est une poutre-caisson à quatre alvéoles, respectivement six alvéoles dans les travées de rive suite à l'élargissement des raccords aux quais, continue et de hauteur variable en béton précontraint. L'intrados a une épaisseur de 16 cm, l'extrados de 22 cm. Les joues ont une épaisseur de 30 cm, respectivement 54 cm, hauteur de construction dans l'axe de l'ouvrage 255 cm sur pile, 120 cm au milieu de la travée centrale et 105 cm sur culée. La précontrainte longitudinale de 2910 tonnes est appliquée par des câbles de 91 tonnes BBRV (42 fils de 5 mm) et la précontrainte transversale de 2960 tonnes est appliquée par des câbles de 56 tonnes BBRV (26 fils de 5 mm).

L'ouvrage est exécuté en deux étapes avec un joint de clavage dans l'axe, bétonné après un temps d'attente, puis solidarisation des deux moitiés par précontrainte transversale. Etape aval: octobre 1955 - août 1956; étape amont: septembre 1956 - juin 1957; clavage et précontrainte transversale: août 1957.

Coupe transversale sur piles.



Coupe longitudinale.

Pont-rail sur la route du Grand-Lancy

Lieu: La Praille - route du Grand-Lancy.

Maître de l'ouvrage: Chemins de fer fédéraux, CFF.

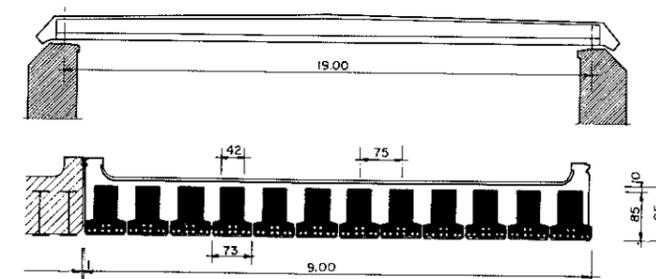
Ingénieur: Bureau d'études de Conrad Zschokke SA (G. A. Steinmann, chef étude).

Entreprise: Consortium du-Tunnel de Châteline, Zschokke-Spinedi-Losinger.

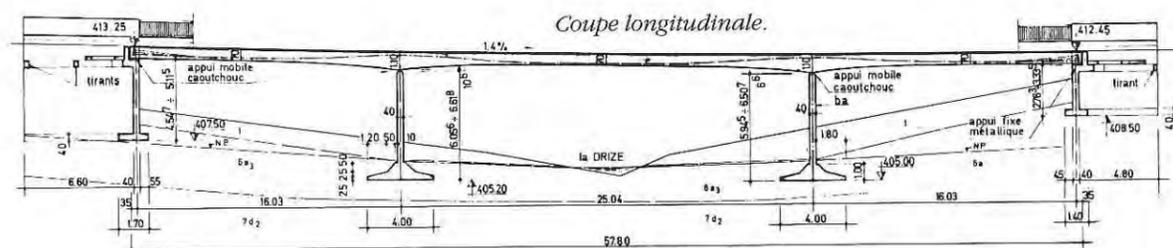
Réalisation: 1956.

Description: passage supérieur pour deux voies CFF sur la route du Grand-Lancy, entre la gare de la Praille et le tunnel de Châteline, composé d'une travée d'une longueur de 19,00 m, largeur 9,00 m, accolé à un passage existant en profilés métalliques enrobés de béton, exécuté en 1948.

La structure comprend 12 poutres préfabriquées et précontraintes d'une hauteur de 85 cm au milieu, section en T renversé, poids 20 tonnes, mises en place côte à côte par une grue sur rail. Un béton de qualité avec armatures est coulé et l'ouvrage est une dalle massive sous les charges de service. La précontrainte longitudinale est appliquée par huit câbles Freyssinet de 50 tonnes par poutre.



Coupes longitudinale et transversale.



Pont de Drize sur la Drize

Lieu: route de Drize - route d'Anney.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

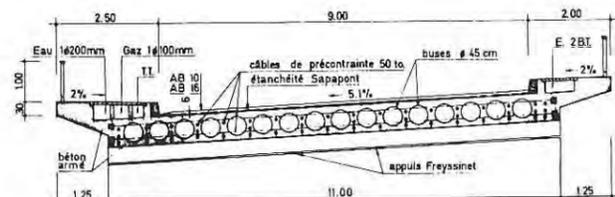
Ingénieur: M. Humbert, J.-J. Seiler, succ.

Entreprise: Conrad Zschokke SA, (sous-traitant: Précontrainte SA).

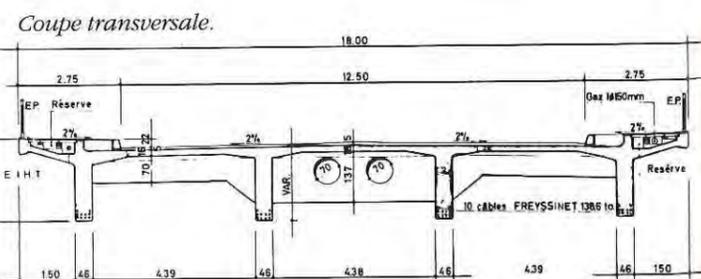
Réalisation: 1957-1958 (mise en service, été 1958).

Description: ouvrage en courbe «clothoïde» sur trois travées $l = 16,03 + 25,04 + 16,03$, longueur totale 57,80 m, largeur totale 13,50 m, comprenant une chaussée de 9,00 m et deux trottoirs de 2,50 et 2,00 m. Dalle évidée continue en béton précontraint d'épaisseur variable de 70 à 110 cm sur les palées.

La section transversale est une dalle de 11,00 m de largeur, avec deux encorbellements de 1,25 m, évidée au moyen de fûts métalliques diamètre 45 cm, entre-axes 63 cm. La précontrainte transversale est appliquée par 48 câbles Freyssinet continus de 50 tonnes chacun et la précontrainte transversale par 62 câbles Freyssinet de 50 tonnes.



Coupe transversale.



Coupe transversale.

Pont du Val-d'Arve sur l'Arve

Lieu: route de Veyrier / route de Vessy.

Maître de l'ouvrage: Ville de Carouge et Ville de Genève.

Ingénieur: E. Aberson et R. Epars, succ. Epars et Devaud SA.

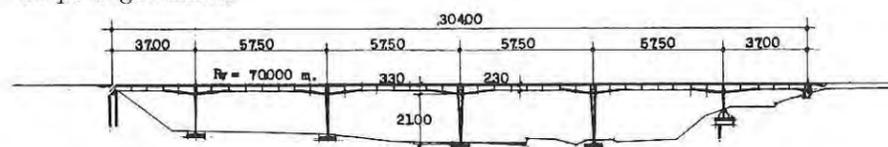
Entreprise: V. Olivet SA (sous-traitant pour la précontrainte STUP SA).

Réalisation: 1959-1960.

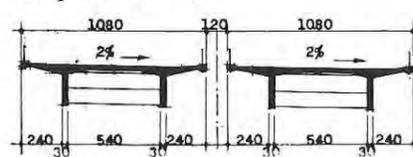
Description: ouvrage comprenant trois travées $l = 28,00 + 52,00 + 28,00$ m, longueur totale 112,40 m, largeur totale 18,00 m avec une chaussée de 12,50 m et deux trottoirs de 2,75 m. Poutre continue à quatre sommiers de hauteur variable en béton précontraint. La section transversale est composée d'un platelage de 16-18 cm d'épaisseur avec goussets droits et de sommiers entre-axes 485 cm, largeur 46 cm, hauteur totale 360 cm sur pile, 200 cm au centre de la travée médiane et 120 cm sur culée. Précontrainte longitudinale par 40 câbles système Freyssinet à torons de 138 tonnes chacun, dix par sommier, total de la précontrainte 5500 tonnes environ.

Les fondations sont constituées par des semelles en béton armé reposant, pour les deux piles, sur des zones consolidées par injection de ciment et pour les deux culées sur des pieux système MV, pieux métalliques tubulaires battus et injectés.

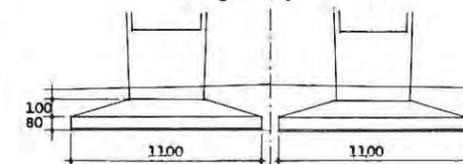
Coupe longitudinale.



Coupe transversale.



Coupe sur fondations.



Viaduc de la Versoix

Lieu: autoroute RN1 Genève-Lausanne, franchissement de la Versoix.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: P. Tremblet, succ. Tremblet & Cie SA.

Entreprise: Conrad Zschokke SA, J. Spinedi SA, (précontrainte: Stahlton SA).

Réalisation: printemps 1961 - octobre 1963.

Description: ouvrage autoroutier en courbe composé de deux ponts jumelés à six travées $l = 37,00 + 57,50 + 57,50 + 57,50 + 57,50 + 37,00$ m, longueur totale 304,00 m, largeur par pont 10,80 m, comprenant une chaussée de 8,00 m et deux dégagements de 1,00 m encadrés de deux bordures de 0,40 m, hauteur maximum sur fondation 21,00 m. Cadre continu à inertie variable en béton précontraint.

Section transversale composée de deux poutres de 30 cm de largeur, hauteur 230 cm en travée, 330 cm sur pile, entre-axes 570 cm, dalle de compression sur pile, platelage de 16 cm avec goussets droits, encorbellement de 240 cm. Précontrainte longitudinale appliquée par des câbles BBRV, force totale variable de 1520 à 2140 tonnes.



Pont-rail du Vengeron

Lieu: Vengeron - Bellevue, sur autoroute.

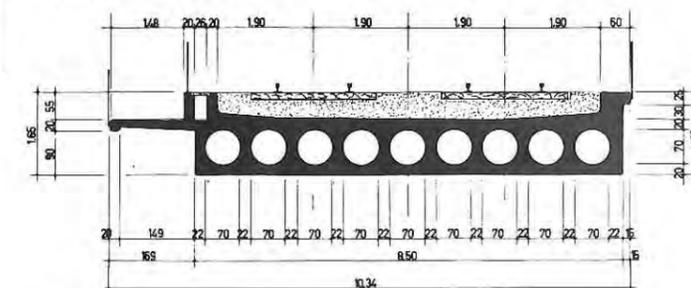
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: J. Baaty.

Entreprise: Consortium Conrad Zschokke SA - J. Spinedi SA.

Réalisation: 1963.

Description: passage supérieur des voies CFF sur l'autoroute N1 en biais (env. 58°) composé de deux travées $l = 21,00 + 21,00 = 42,00$ m, avec une largeur totale de 10,34 m. Dalle continue évidée en béton armé, section transversale de 110 cm de hauteur et de 850 cm de largeur, évidée au moyen de 9 cylindres en tôle de 70 cm de diamètre.



Coupe transversale.



Viaduc du Vengeron

Lieu: autoroute RN1 Genève-Lausanne, Vengeron.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: G.I.P.E.R.P. (Groupement P. Froidevaux - R. Perreten et P. Milleret - C. Fol et A. Duchemin).

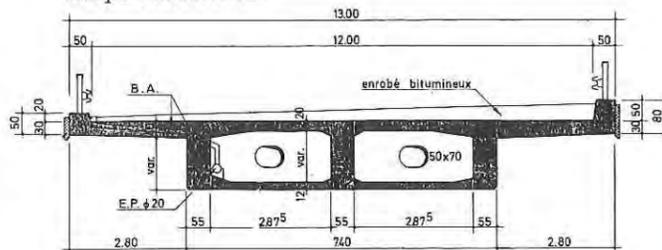
Entreprise: Conrad Zschokke SA, J. Spinedi SA, (sous-traitant précontrainte: Stahlton SA).

Réalisation: 1963-1965, mise en service mars 1966.

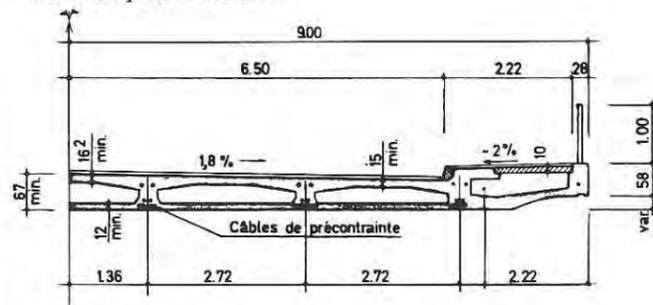
Description: ouvrage autoroutier en courbe comprenant sept travées $l = 18,00 + 24,00 + 30,00 + 36,00 + 42,00 + 54,00 + 52,00$ m, longueur totale 246,00 m, largeur totale 13,00 m avec une chaussée de 8,00 m et une voie d'arrêt de 3,00 m. Poutre droite continue en béton précontraint. Section transversale en caissons à deux alvéoles, largeur 7,40 m et deux encorbellements de 2,80 m, intrados 12 cm d'épaisseur, extrados 20/30 cm avec goussets, largeur des trois sommiers 55 cm, hauteur variable de 75 à 160 cm.

Fondations sur semelles et piles oblongues en béton armé, allongées après exécution du tablier afin de modifier leur centre de gravité suite à des efforts supplémentaires de torsion. Précontrainte longitudinale appliquée par câbles BBRV.

Coupe transversale.



Demi-coupe transversale.



Ponts Saint-Victor

Lieu: rue Saint-Victor, franchissement des boulevards Jaques-Dalcroze et Helvétique.

Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.

Ingénieur: Bourquin & Stencek SA.

Entreprise: Ed. Cuénod SA, (précontrainte: STUP SA).

Réalisation: 1962-1964.

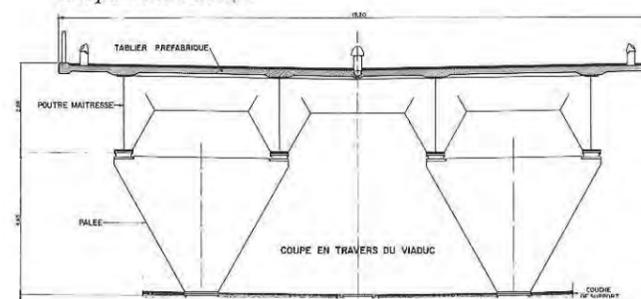
Description: les deux ouvrages constituent les passages supérieurs de la rue Saint-Victor sur le boulevard Jaques-Dalcroze et le boulevard Helvétique et remplacent les ponts à structure métallique et poteaux intermédiaires. Les mêmes ouvrages sont exécutés en 1975-1976 pour les passages de la rue Charles-Galland. La portée du passage boulevard Jaques-Dalcroze est de 25,40 m, ouverture 24,75 m et celle du boulevard Helvétique 32,50 m, ouverture 31,80 m. La largeur totale de 18,00 comprend une chaussée de 13,00 m et deux trottoirs de 2,50 m. Cadre simple articulé à inertie variable avec tirant en béton précontraint.

Section transversale de la traverse composée d'un caisson à sept alvéoles, hauteur 67 cm en travée, 125 cm sur appui, intrados 12 cm, extrados 15/16 cm, entre-axes des nervures 272 cm. Les deux montants sont évidés, hauteur 7,50 m/8,00 m avec une articulation à la base, et reposent sur des semelles de fondation. La poussée du cadre est reprise par un tirant au niveau de la semelle. La précontrainte est appliquée par des câbles Freyssinet de 42 tonnes dans les nervures de la traverse, l'extrados des montants et le tirant sous boulevard.

Simplification remarquable des sections de la traverse et des montants pour l'exécution des ponts Charles-Galland en utilisant des câbles plus puissants de 145 tonnes du type BBRV à 42 fils de 6 mm. La traverse est constituée d'un caisson, largeur 960/1070 cm, à une alvéole avec encorbellement et les huit câbles au lieu de 26 pièces sont placés dans les deux nervures de bord. Les montants sont des parois à double T dans lesquels sont logés les quatre câbles, le tirant comprend deux poutres avec un seul câble situé dans l'axe des T.



Coupe transversale.



Viaduc de la route des Jeunes

Lieu: voie centrale - La Praille.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: Société Générale pour l'Industrie SGI.

Entreprise: Zwahlen & Mayr SA (construction métallique) - Conrad Zschokke SA (béton armé).

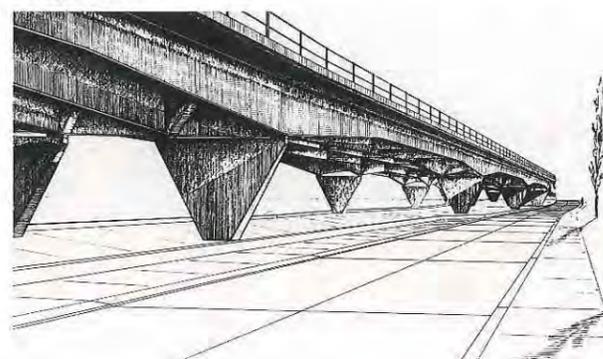
Réalisation: 1964-1967, mise en service novembre 1967.

Description: ouvrage constituant une voie express dite «voie centrale surélevée» à tracé rectiligne comprenant 14 travées $l = 38,25 \times 13 + 51,00$ m, les trois dernières travées côté route de Saint-Julien étant le raccord sud avec élargissement, longueur totale 742,00 m, largeur totale 19,20 m avec deux chaussées à deux pistes de 7,25 m, une bande médiane de 1,70 m et deux accotements de 1,50 m.

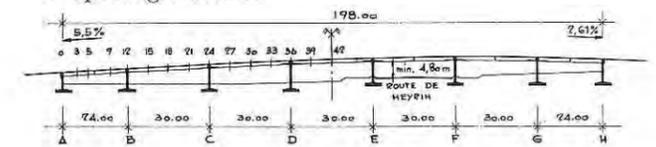
Poutre continue mixte acier-béton avec un joint de dilatation sensiblement au milieu de la longueur, en cantilever à proximité d'une pile. Section transversale composée de quatre poutres maîtresses en acier, à inertie variable avec goussets droits, liées à un tablier constitué par des dalles en béton préfabriquées en usine et précontraintes dans le sens longitudinal et transversal après pose et solidarisées avec la structure métallique. Les poutres-maîtresses ont une hauteur de 244 cm sur pile et 140 cm en travées. Les dalles préfabriquées couvrent la moitié de la largeur du tablier, dimensions 960 x 203 cm, épaisseur 18 cm avec raidissement de bord et épaisseur sur appui (poutre métallique). Elles contiennent des câbles de précontrainte, quatre câbles transversaux de 55 tonnes et quatre câbles longitudinaux de 170 tonnes + quatre câbles longitudinaux de 340 tonnes.

Les palées sont des voiles de forme trapézoïdale en béton armé avec raidisseurs de bord. Les fondations sont constituées par des caisses de havage de forme cylindrique, diamètre extérieur 1120 cm, épaisseur 120 cm, en béton armé, hauteur variable de 480 cm à 790 cm.

Vue perspective.



Coupe longitudinale.



Viaduc du Pailly

Lieu: Balexert - Vernier - Avenue du Pailly.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: H. Naïmi, succ. Y. Tournier, G. Guschetti, J. Wälchli.

Entreprise: Conrad Zschokke SA (sous-traitant précontrainte: Stahlton SA).

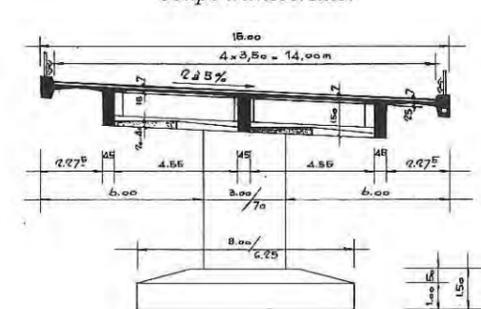
Réalisation: juillet 1966 - décembre 1967.

Description: ouvrage en courbe de rayon 250,00 m comprenant sept travées $l = 24,00 + 30,00 + 30,00 + 30,00 + 30,00 + 30,00 + 24,00$ m = 198,00 m avec une largeur totale de 15 m. Cadre multiple sans joint en béton précontraint.

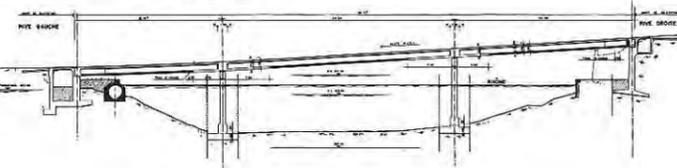
Section transversale composée de 3 poutres de hauteur constante 150 cm et d'épaisseur variable de 45 à 80 cm, et d'une dalle de 18 cm, avec une dalle de compression au droit des piles.

Précontrainte longitudinale par 3 x 5 câbles BBRV de 235 tonnes et précontrainte transversale des entretoises sur piles 6 x 6 câbles BBRV de 235 tonnes chacun.

Coupe transversale.



Coupe longitudinale.



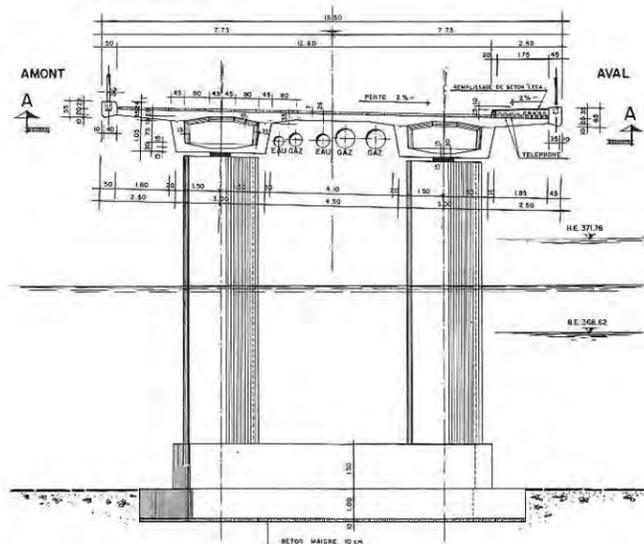
Pont de Sous-Terre sur le Rhône (première étape)

Lieu: rue des Deux-Ponts / rue de Sous-Terre.
 Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.
 Ingénieur: Bureau d'études de Conrad Zschokke SA.
 Entreprise: J. Spinedi SA.
 Réalisation: août 1967 - novembre 1969.

Description: ouvrage rectiligne biais en pente de 6% à trois travées l = 23,50 + 38,00 + 29,00 m, longueur totale 90,50 m, largeur totale 15,50 m comprenant une chaussée de 12,60 m et un trottoir aval de 2,40 m. Poutre continue droite en béton précontraint. Section transversale composée de deux caissons, largeur à la base 300 cm, entre-axes 750 cm, hauteur constante 140 cm, dalle inférieure 15 à 30 cm d'épaisseur, parement incliné des quatre nervures, épaisseur 35 cm, dalle supérieure épaisseur 26 à 35 cm avec encorbellement de 230 cm. Précontrainte longitudinale 4 x 4 câbles système PZ de 225 tonnes chacun.

Les fondations sont constituées par des semelles en béton armé avec ceinturage au moyen d'un rideau de palplanches incorporé pour les piles en rivière. Ces dernières comprennent deux poteaux en béton armé dans l'axe des caissons de forme en hexagone irrégulier, grand axe 250 cm, petit axe 90 cm.

Coupe transversale.



Pont des Bergues et passerelle de l'île Rousseau sur le Rhône

Lieu: place des Bergues - place du Rhône, Rotonde - Ile Rousseau.
 Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.
 Ingénieur: Bourquin & Stencek SA.
 Entreprise: Induni & Cie SA, (sous-traitant préfabrication: Igeco SA; précontrainte: Précontrainte SA).
 Réalisation: 1969.

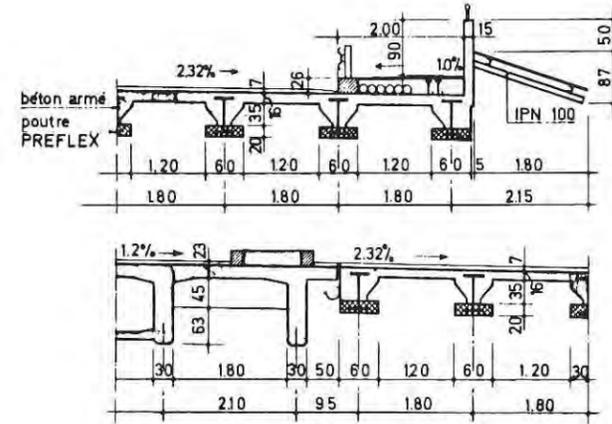
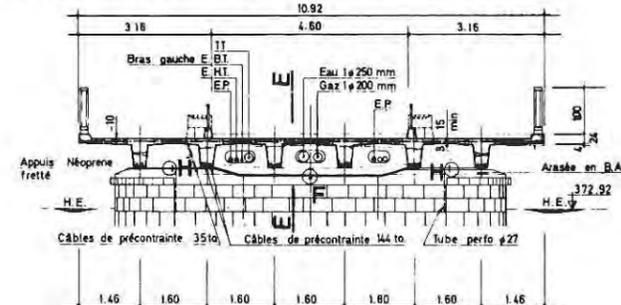
Description: les trois ouvrages remplacent les structures métalliques exécutées en 1879/1882 suite à la démolition des tabliers sous-tendus et suspendus construits par G.-H. Dufour en 1832-1833 (voir pages 76 et 77).

Pont des Bergues. L'ouvrage est construit sur les culées et les piles existantes. Il comprend sept travées sur le bras gauche, portée 15,65 m, longueur totale 109,60 m; cinq travées sur le bras droit, portée 16,70 m, longueur totale 83,65 m. La largeur totale est de 10,92 m avec une chaussée de 4,60 m et deux trottoirs de 3,16 m.

La section transversale est composée d'éléments préfabriqués en poutre simple en béton précontraint avec six sommiers, entre-axes 160 cm, encorbellement 146 cm, et une dalle de compression de 15 cm d'épaisseur minimum. Précontrainte longitudinale par 2 x 6 câbles VSL de 144 tonnes chacun. Précontrainte transversale des entretoises et de la dalle par des câbles VSL de 35 tonnes chacun.

Passerelle de l'île Rousseau. Les deux piles sont reconstruites en béton armé sur une semelle fondée sur des pieux en bois. Le tablier comprend trois travées en poutre simple; travée de rive portée 9,30 m, travée centrale portée 11,00 m, longueur totale 29,60 m, largeur totale 4,22 m. La section transversale est composée d'éléments préfabriqués en béton armé à deux sommiers, entre-axes 252 cm et d'une dalle de compression de 17 cm.

Coupe transversale du pont.



Coupes transversales.
 béton armé 1945 | élargissement 1969-1970

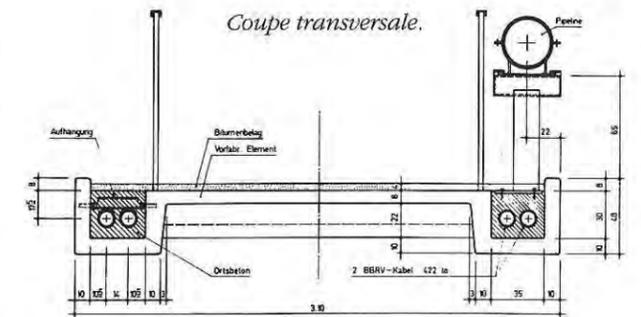
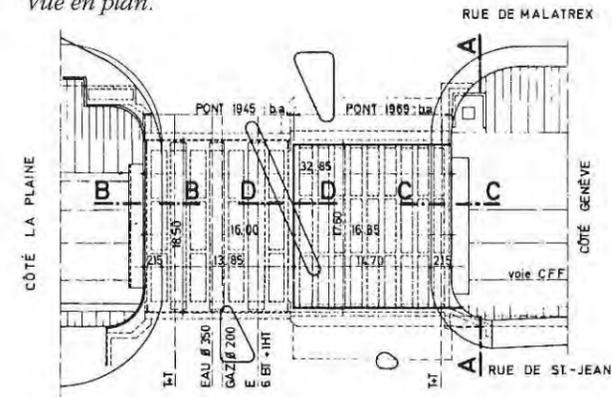
Pont des Délices (élargissement)

Lieu: rue de Saint-Jean - rues Malatrex, des Délices, des Charmilles et des Tilleuls.
 Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.
 Ingénieur: A. Stévenin - P.-L. Mouchet, succ. Mouchet, Dubois, Boissonnard SA.
 Entreprise: Rampini & Cie SA.
 Réalisation: 1969-1970.

Description: l'ouvrage est un passage supérieur sur les voies CFF et constitue un élargissement à 16,85 m (chaussée 14,70 m + un trottoir de 2,15 m, largeur utile 2,00 m) de celui en béton armé exécuté par les CFF en 1945.

Poutre mixte acier-béton d'une portée de 17,30 m. La section transversale est composée de dix poutres système Preflex pré-flechies et préfabriquées en acier 52, hauteur 55 cm (profilé HEB 550), entre-axes 180 cm, enrobées de béton armé avec un platelage de 16 cm. La poutre Preflex est munie d'un talon en béton de 60 cm de largeur et de 20 cm d'épaisseur. Les deux entretoises sur culées sont précontraintes par des câbles VSL de 30 tonnes.

Vue en plan.



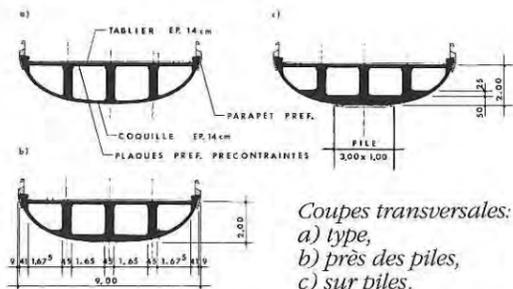
Passerelle du Lignon sur le Rhône

Lieu: Lignon - Loëx.
 Maître de l'ouvrage: SAPRO - Société anonyme des pipelines à produits pétroliers sur territoire genevois.
 Ingénieur: H. Weisz et O. Wenaweser + R. Wolfensberger, Zürich - P. et C. Dériaz (géotechnique).
 Entreprise: Induni & Cie, (Stahlton SA: préfabrication et précontrainte).
 Réalisation: 1971.

Description: l'ouvrage est un passage pour piétons et pour l'oléoduc (pipeline). Il est constitué par une bande tendue ou ruban tendu précontraint par câbles de 136,00 m de portée et de 5,50 m de flèche, largeur totale 3,10 m (largeur utile pour piétons 2,00 m).

Les fondations sont deux culées d'about comprenant deux jambes de force (compression-traction) et ancrées par précontrainte dans la molasse saine, au moyen de 24, respectivement 16 câbles BBRV de 110 tonnes chacun, longueur d'ancrage 20,00 + 25,00 m. Le ruban est tendu par quatre câbles BBRV de 422 tonnes chacun. Le tablier est constitué par 74 plaques préfabriquées en béton armé de 8 cm d'épaisseur et d'un poids de deux tonnes, posées à l'avancement en l'espace de huit jours. Le jointoyage et le remplissage des alvéoles contenant les câbles sont suivis par la mise en précontrainte de ces derniers.





Coupes transversales:
a) type,
b) près des piles,
c) sur piles.



Viaduc de l'Écu

Lieu: avenue de l'Ain / avenue du Pailly.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: H. Naïmi, succ. Y. Tournier, G. Guscetti, J. Wälchli.

Entreprise: Conrad Zschokke SA, (sous-traitant pour la précontrainte: Stahlton SA).

Réalisation: 1971-1973.

Description: ouvrage dans l'axe en forme de S composé de quatre clothoïdes et comprenant six travées $l = 48,00 + 60,00 + 60,00 + 60,00 + 60,00 + 48,00$ m, longueur totale 336,00 m, largeur totale 9,00 m avec deux voies de 4,00 m. Poutre-caisson continue en béton précontraint appuyée sur piles pendulaires et une pile fixe au centre.

Section transversale de forme semi-elliptique en coquille fermée à quatre alvéoles, forme choisie pour sa grande rigidité à la torsion, hauteur 200 cm. L'extrados a une épaisseur de 14 cm, les trois sommiers ont une épaisseur de 45 cm et le tablier de 19 cm est composé de dallettes de coffrage en béton précontraint de 5 cm et une dalle de 14 cm.

Précontrainte longitudinale par 3×4 câbles BBRV de 480 tonnes chacun (quatre câbles par sommier) et précontrainte transversale des entretoises sur les cinq piles par six câbles BBRV de 240 tonnes chacun.



Pont-rail du Nant-d'Avril

Lieu: route du Nant-d'Avril, Meyrin.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: U. Zimmermann et B. Schutzlé.

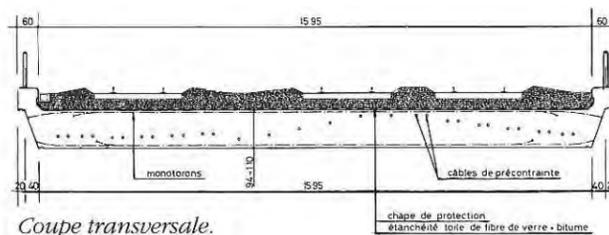
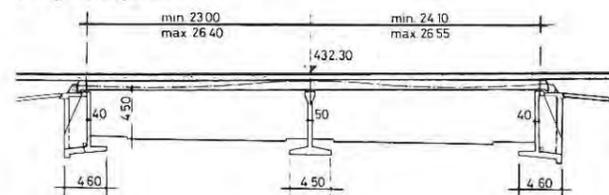
Entreprise: Conrad Zschokke SA, (sous-traitant: Précontrainte SA).

Réalisation: 1977-1978.

Description: passage supérieur pour trois voies CFF sur la route du Nant-d'Avril (zone industrielle Meyrin-Satigny) en biais (variable de 22° à 27°) composé de deux travées $l = 23,00/26,40 + 24,10/26,55$ m, largeur totale 17,15 m. Dalle massive en béton précontraint continue sur trois lignes d'appui et formant un parallélogramme dont la grande diagonale mesure 88,00 m, épaisseur variable de 94 cm sur culée à 110 cm sur pile.

La précontrainte est appliquée dans le sens longitudinal (parallèle aux côtés libres) par 18 câbles VSL de 161 tonnes et 12 câbles VSL de 215 tonnes. La précontrainte transversale (perpendiculaire aux côtés libres) est composée de monotorons rectilignes répartis à l'intrados et à l'extrados de la plaque par 200 monotorons VSL de 10,8 tonnes et 204 monotorons VSL de 17,0 tonnes.

Coupe longitudinale.



Coupe transversale.



Pont de Sierne sur l'Arve

Lieu: Sierne - Thônex - Veyrier.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

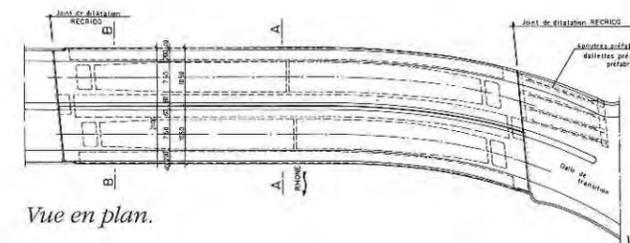
Ingénieur: H. Naïmi, succ. Y. Tournier, G. Guscetti, J. Wälchli.

Entreprise: R. Ambrosetti.

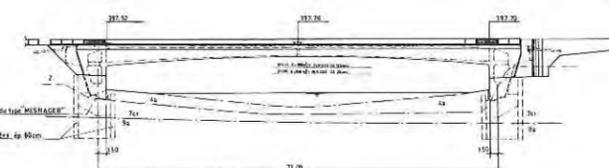
Réalisation: 1980-1983, 2 étapes.

Description: ouvrage composé de deux ponts accolés de 10,50 m de largeur chacun, exécutés en deux étapes pour des raisons de maintien de la circulation sur le pont existant (page 80), comprenant une portée de 73,00 m et une largeur totale de 21,00 m.

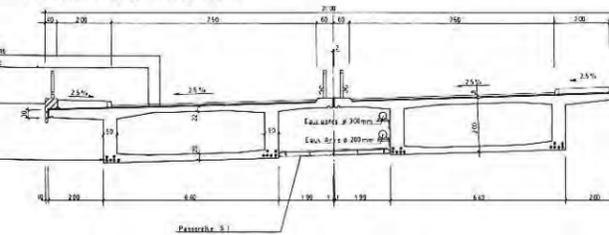
Cadre simple à deux articulations du type «Mesnager» en béton précontraint. Les montants du cadre de 6,50 m de hauteur entre articulation et intrados sont précontraints par neuf câbles BBRV de 467 tonnes chacun. La traverse du cadre est constituée par un caisson de 640 cm de largeur à intrados parabolique avec une hauteur variable de 200 à 350 cm. Elle est précontrainte par 2×6 câbles BBRV de 467 tonnes chacun.



Vue en plan.



Coupe longitudinale.



Coupe transversale en travée.



Pont d'Aigues-Vertes sur le Rhône

Lieu: Vernier - Chèvres, Autoroute.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: Association R. Barthassat - F. Lachenal - A. Fontaine, coll. R. Haldi et L. Tappolet.

Entreprise: R. Ambrosetti, (sous-traitant travaux spéciaux: Conrad Zschokke SA).

Réalisation: 1985-1987, deux étapes.

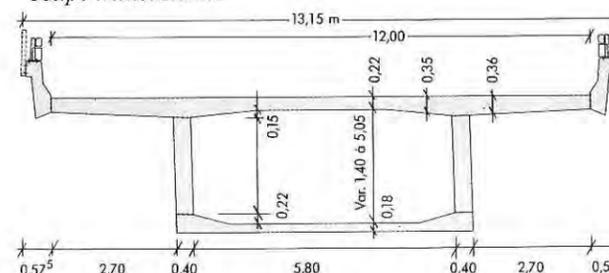
Description: ouvrage en courbe constituant le franchissement du Rhône par l'autoroute RN1a se composant de deux tabliers séparés, choisi le 9 mars 1982 à l'issue d'un concours de sept projets remis le 30 octobre 1981. Chaque tablier comprend cinq travées $l = 54,00 + 85,00 + 54,00 + 35,00 + 23,00$ m, longueur totale 251,00 m, largeur totale 23,15 m avec une chaussée de 12,00 m (deux voies de circulation, une voie d'arrêt d'urgence). La travée de 85,00 m garantit une passe navigable utile de 80,00 m.

Poutre-caisson à une alvéole continue en béton précontraint appuyée sur des piles fondées sur pieux forés, une culée rive gauche fondée par semelle sur caillots morainique et une culée rive droite fondée sur pieux forés. Les piles en rivière sont composées de deux piliers 180/280 cm et les deux autres piles d'un seul pilier 240/150 cm. Le caisson à inertie variable a une hauteur maximum de 500 cm sur les piles en rivière et de 220 cm au milieu de la travée centrale, hauteur sur culée rive droite 179 cm. La largeur constante est de 580 cm avec encorbellements de 270 cm, épaisseur des joues verticales 40 cm, épaisseur de l'intrados 18 cm avec goussets, épaisseur de l'extrados 22 cm avec goussets. La section transversale est raidie par des entretoises sur piles et les parapets sont constitués par des éléments préfabriqués en béton armé avec filière métallique de protection et éclairage, sur lesquels peuvent être ancrés les équipements antibruit.

Le tablier est bétonné sur cintre pour les travées latérales et exécuté par encorbellement à l'avancement au moyen d'un chariot pour la travée centrale de 85 m, par éléments (voussoirs) de 325 cm de long.

La précontrainte est assurée au moyen du système Freyssinet à torons et comprend: la précontrainte longitudinale d'encorbellement, quatre câbles de 142 tonnes par étape; la précontrainte longitudinale de continuité et de solidarisation de quatre à huit câbles par poutre de 142 et 190 tonnes chacun; la précontrainte transversale de la dalle supérieure du caisson par des câbles de 49 tonnes espacés de 75 cm.

Coupe transversale.



Les ponts du futur

Pont suspendu sur la rade

Lieu: parc Mon-Repos / Port Noir.

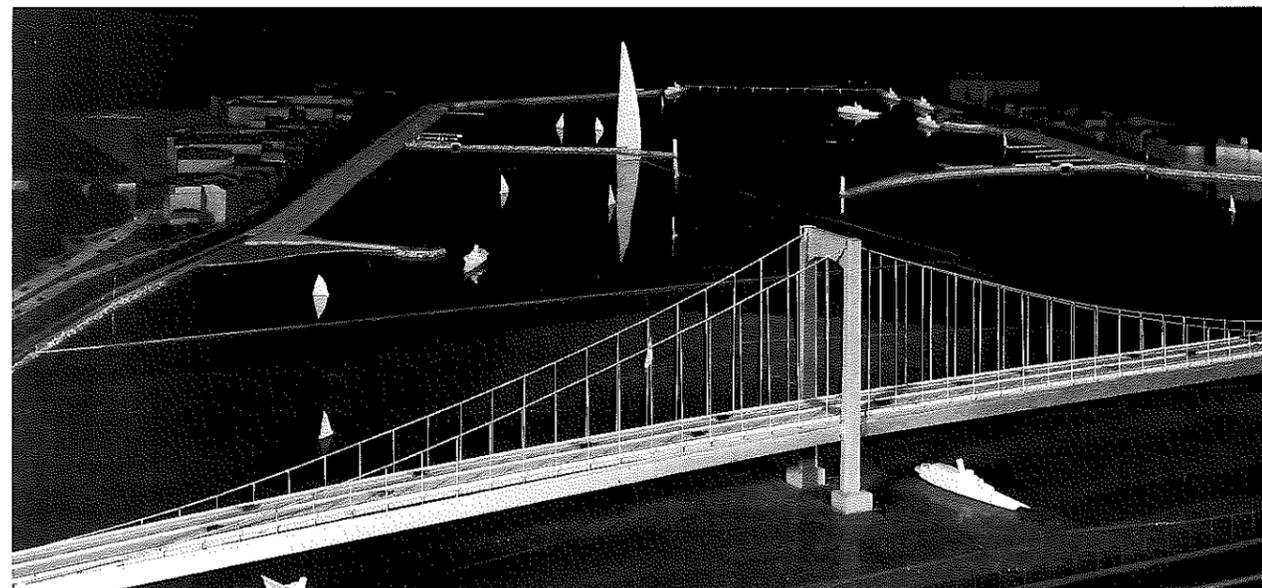
Maître de l'ouvrage: Département des Travaux Publics, Genève.

Ingénieur: Ammann & Whitney (New York), P. Tremblet - Société Générale pour l'Industrie (fondations) - P. et C. Dériaz (géotechnique).

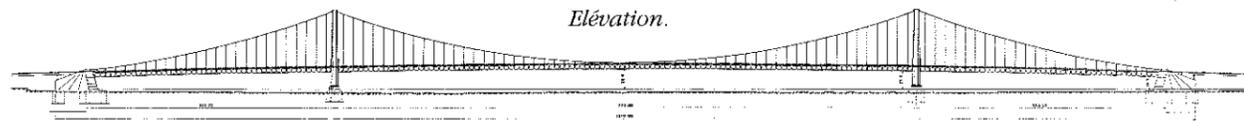
Projet: 1963.

Description: projet d'un pont suspendu pour la traversée de la rade selon le tracé dit «amont». L'ouvrage comprend deux pylônes et trois portées de $330,00 + 770,00 + 330,00 = 1430,00$ m, longueur totale y compris culées $1510,00$ m. Les pylônes de $106,00$ m de hauteur au-dessus de l'eau sont des cadres dont les montants sont constitués par des caissons métalliques en forme de T, section à la base $8,40 \times 5,25$ m, au sommet $6,30 \times 4,20$ m. La structure du tablier en acier, hauteur totale $7,00$ m, comprend deux poutres principales longitudinales de type Vierendeel, entre-axes $30,60$ m, suspendues tous les $13,25$ m, des cadres transversaux à trois cellules disposés tous les $13,25$ m,

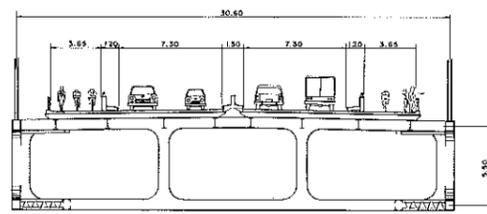
Photo de la maquette.



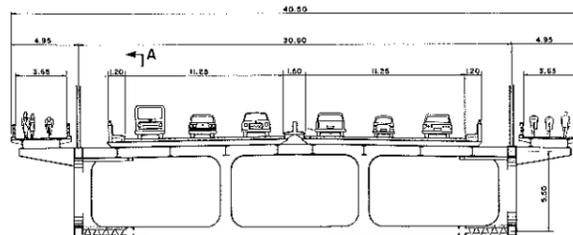
Elévation.



Coupes transversales:



a) phase initiale.



b) phase finale.

huit poutres longitudinales en profilés métalliques de 69 cm de hauteur encastrées dans la membrure supérieure des cadres transversaux et des poutrelles transversales en profilés métalliques, hauteur 46 cm soutenant la dalle de chaussée en béton armé, épaisseur 18 cm. Les deux câbles porteurs, entre-axes $30,60$ m, de 74 cm de diamètre, sont composés chacun de 37 faisceaux de 480 fils parallèles, total 17760 fils de 5 mm de diamètre.

Dans la phase initiale, la chaussée comprend deux voies de circulation de $7,30$ m dans chaque sens et deux pistes cyclables/trottoirs de $3,65$ m. Dans la phase finale, le pont a une largeur totale de $40,50$ m comprenant trois voies de circulation dans chaque sens, largeur $11,25$ m et deux pistes cyclables/trottoirs de $3,65$ m disposées sur des consoles amont/aval à l'extérieur des suspentes.

La hauteur libre de navigation est de $26,00$ m au centre de la travée médiane, de $23,20$ m au droit des pylônes et de $16,50$ m devant les culées.

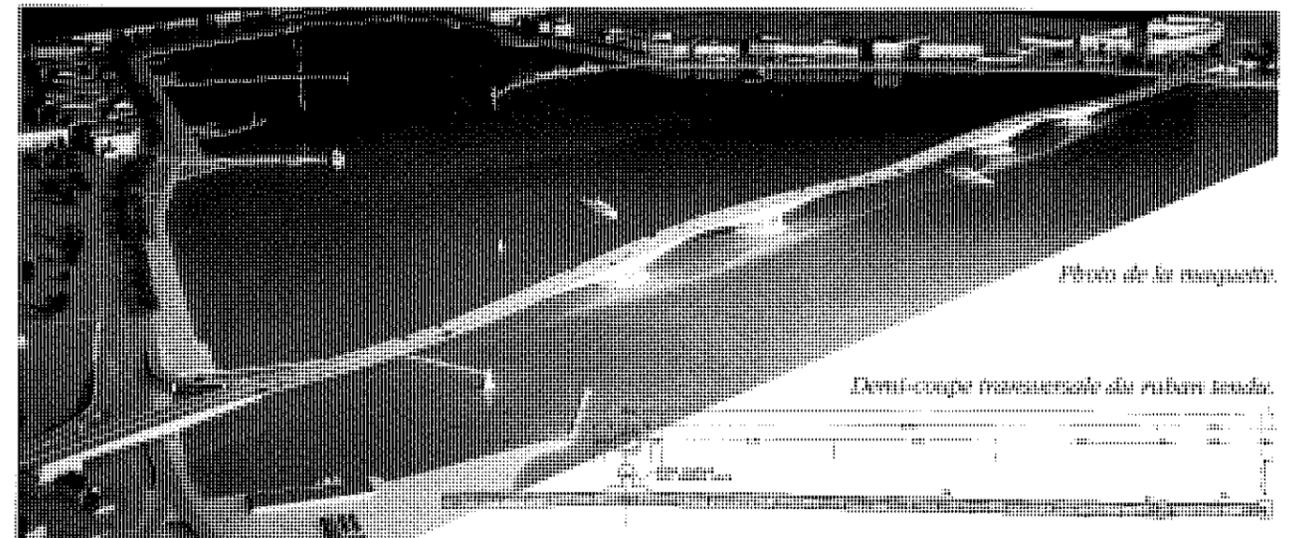


Photo de la maquette.

Demi-coupe transversale du ruban tendu.

Pont tendu sur la rade

Lieu: parc Mon-Repos / Port Noir

Maître de l'ouvrage: Département des Travaux Publics, Genève.

Ingénieur: U. Finsterwalder, Dyckerhoff & Widmann SA (Münich), A. Altheer.

Projet: 21 février et 9 juin 1964.

Description: projet d'un pont tendu en béton précontraint pour la traversée de la rade selon le tracé dit «amont». L'ouvrage a une largeur totale de $28,00$ m comprenant une berme centrale de $1,50$ m, deux chaussées de $10,75$ m à trois voies dans chaque sens et deux trottoirs, largeur utile $2,00$ m. Le ruban précontraint de $22,5$ cm d'épaisseur est tendu entre les culées et il est soutenu par deux structures intermédiaires en béton précontraint. Celles-ci sont composées de deux groupes de piles avec une travée centrale et deux encorbellements. Leur section transversale est en caisson de $23,68$ m de largeur à cinq alvéoles avec une hauteur variable. Le ruban tendu est précontraint par des barres Dywidag, diamètre 26 mm, en acier dur spécial à haute résistance, à raison de quatre couches, total 80 barres par mètre courant.

Le projet du 21 février 1964 a une longueur totale avec les culées de $1943,00$ m et la longueur du ruban tendu est de $1605,00$ m. Les structures de soutien ont une longueur de $396,00$ m (travée centrale $198,00$ m, encorbellements $99,00$ m). Les portées entre axe des piles et les culées sont, depuis la rive droite: $453,00 + 198,00 + 438,00 + 198,00 + 426,00$ m. Trois passes navigables sont aménagées avec une hauteur libre de $13,70$ m: une de $280,00$ m de et deux de $80,00$ m.

La variante du 9 juin 1964 est établie sur un tracé amont modifié au bas de l'avenue de France. Elle comprend une longueur totale avec culées de $1616,00$ m et la longueur du ruban tendu est de $1268,00$ m. Les structures de soutien ont une longueur de $345,00$ m (travée centrale $173,00$ m, encorbellements $86,00$ m). Les portées entre axe des piles et les culées sont, depuis la rive droite: $285,00 + 173,00 + 460,00 + 173,00 + 285,00$ m. Quatre passes navigables sont aménagées, hauteur libre de $13,70$ m: deux de $140,00$ m et deux de $214,00$ m de largeur.

L'ouvrage est analogue à celui proposé en 1958 pour le franchissement du Bosphore, à Istanbul, au moyen de trois travées de $450,00 + 600,00 + 450,00$ m.

Pont d'Aigues-Vertes sur le Rhône

Lieu: RN1a / Chèvres - Vernier.

Maître de l'ouvrage: Département des Travaux Publics, Genève.

Ingénieur: Tremblet & Cie SA.

Projet: 1981.

Description: projet de pont établi lors du concours 1981 organisé par le Département des Travaux Publics pour le franchissement du Rhône par la RN1a. L'ouvrage comprend une seule structure porteuse pour les deux tabliers comprenant chacun deux voies de circulation et une voie d'arrêt. Il comporte trois travées de portée $l = 50,40 + 172,80 + 50,40$ m. La longueur totale est de $295,10$ m. La caractéristique du projet est la disposition de tirants supérieurs inclinés en béton précontraint avec un mât central de $8,60$ m de hauteur. La section transversale est constituée par un caisson à une alvéole avec parois verticales d'une hauteur constante de 360 cm et une largeur variable minimum de 730 cm. Les encorbellements latéraux de 960 cm sont soutenus en tête par des jambes de force inclinées distantes de 720 cm, les parapets étant porteurs. Le caisson est en béton précontraint et constitue un cadre avec les piles composées de lames inclinées en béton armé.

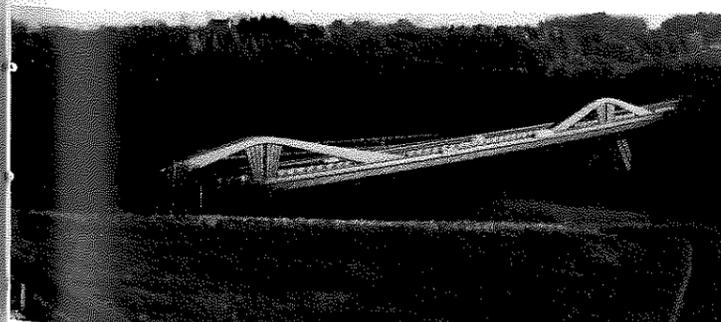
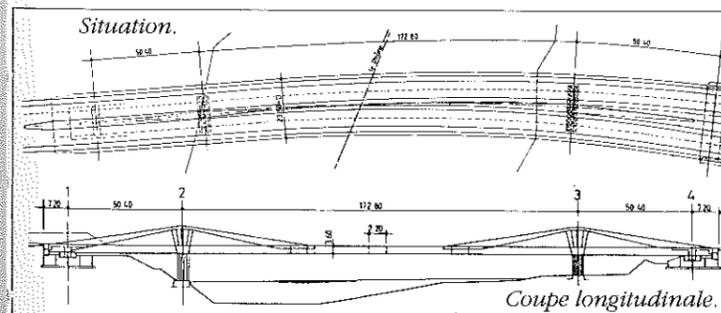
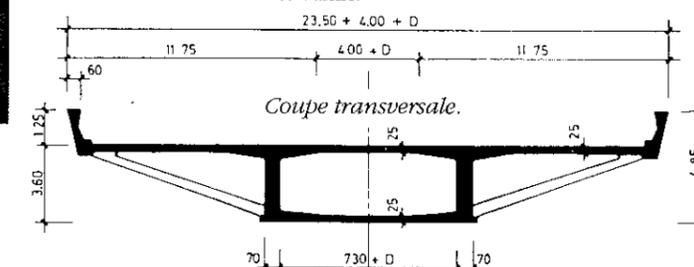


Photo de la maquette.



Pont haubané sur la rade

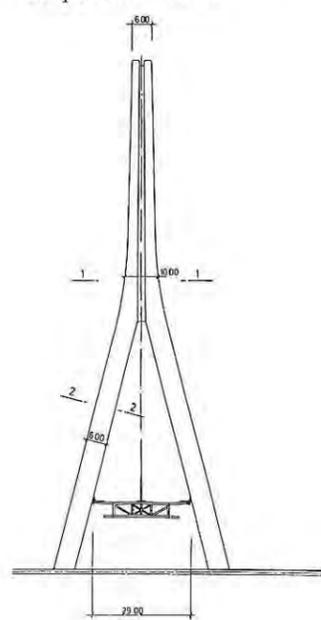
Lieu: avenue de France - quai Gustave-Ador.

Ingénieur: H. Naïmi et G. A. Steinmann.

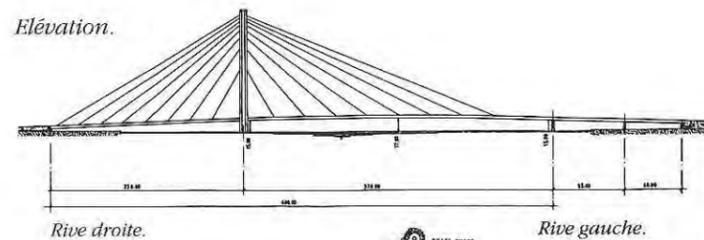
Projet: 1987.

Description: projet d'un pont haubané pour la traversée de la rade, selon le projet d'aménagement de cette dernière établi par l'architecte J.-M. Ellenberger, reliant le bas de l'avenue de France au quai Gustave-Ador au droit du Port Noir. L'ouvrage franchit le plan d'eau au moyen d'un seul mât en Y de 130,00 m de hauteur au-dessus du tablier par deux travées de portée $L = 230,00 + 370,00$ m. Les haubans sont situés dans une seule nappe à cause de la vue sous différents angles et sont disposés à des distances relativement grandes en semi-harpe. Le tablier est en acier avec dalle orthotrope ou en béton léger précontraint teinté dans la masse avec système réticulé et plaque et a une hauteur constante de 4,30 m. Il comprend quatre voies de circulation de 3,50 m, deux pistes cyclables de 2,00 m et deux trottoirs de 4,00 m et a une largeur totale de 29,00 m. Sous les encorbellements d'extrémité, un gabarit est réservé pour l'aménagement d'un monorail. La hauteur libre sous tablier varie de 15,00 m à 17,00 m. L'accès à l'ouvrage est réalisé par deux viaducs de 300 m de longueur.

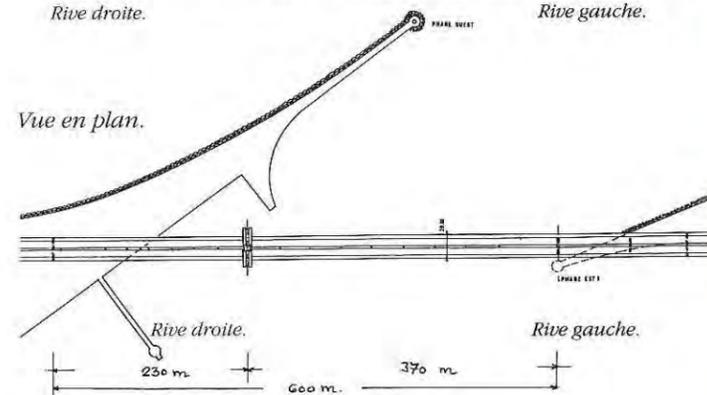
Coupe transversale.



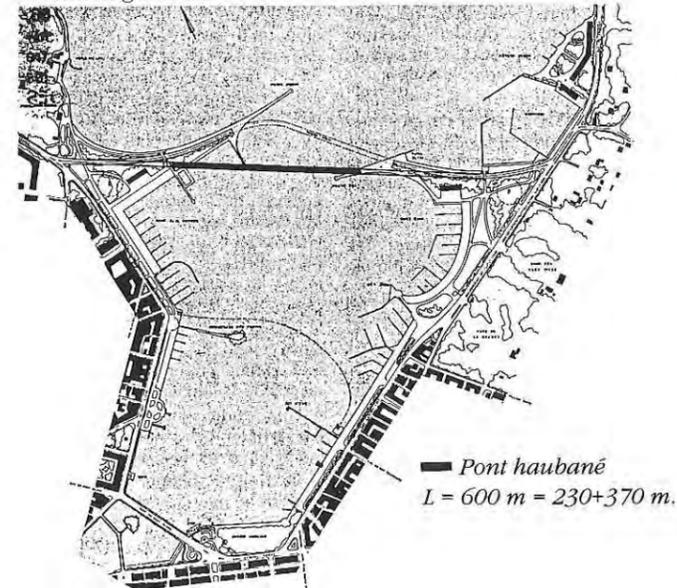
Élévation.



Vue en plan.



Situation générale.



3.3 Les bâtiments

Les bâtiments d'habitation

De quelques milliers d'habitants au Moyen Age, la population de Genève passe à 400'000 environ, aujourd'hui, ce qui ne manque pas d'avoir une influence considérable sur la surface bâtie de la ville et du canton de Genève. Cette augmentation ne se produit pas de façon lente et continue, mais par «à-coups».

Au dix-septième siècle, la révocation de l'Edit de Nantes (1685) provoque l'exil massif de protestants français à Genève. Encerclée de fortifications, la ville a peu de surfaces constructibles, si ce n'est les cours et les jardins des maisons. Pour pallier à la pénurie de logements, la seule solution consiste à surélever les maisons existantes de un à deux étages. Cette modification de l'habitat donne à la Vieille Ville son caractère typique avec ses bâtiments hauts où sont visibles les étages inférieurs constitués de murs massifs en pierre de taille ou de murs de boulets séparés par un cordon de pierre; les façades des étages supérieurs sont réalisées avec des matériaux légers pour éviter de surcharger les fondations et les murs.

Maison Tavel

Lieu: rue du Puits-Saint-Pierre.

Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.

Ingénieur: R. de Chambrier.

Architecte: A. Galeras.

Entreprise: Consortium E. Rey SA - Ed. Cuénod SA.

Réalisation: rénovation de 1980 à 1986.

Description: centre culturel de 3 étages sur rez et 3 sous-sols; 3230 m² de planchers; 13'050 m³ SIA; structure béton armé, métallique et bois.

Particularités: reprise en sous-œuvre par puits de la façade jardin sur env. 10 m de profondeur et sur 2 sous-sols de l'escalier Calandrini; renforcement des planchers des étages par incorporation de barres d'armature en acier dans les solives et leur solidarisation avec résine synthétique.



Maison Tavel.



Mur de soutènement en maçonnerie devant les immeubles de la rue des Granges (Rampe de la Treille).



Bel exemple de bâtiment en maçonnerie. Place du Marché, Carouge.



Immeuble de style national suisse, 1903-1904.



Ensemble architectural remarquable de la Corraterie, 1827-1834.



Du milieu du dix-neuvième siècle au milieu du vingtième, l'ère industrielle entraîne la mécanisation de la production. Un afflux de population de la campagne vers les villes se produit en Europe et Genève n'échappe pas à ce transfert. Les fortifications entravant l'extension de la ville sont démolies pour faire place à de nouveaux quartiers périphériques. Parallèlement, des usines s'implantent aux abords immédiats de la cité. La guerre de 1939-45 stoppe l'expansion démographique de Genève, notamment par suite de disparition ou de réduction d'activité des institutions internationales.

Durant cette période, les bâtiments sont construits avec des planchers en bois et des murs en maçonnerie traditionnelle. Les murs de boulets sont remplacés par des constructions en plots de ciment ou en briques. Dès les années 1920, le béton armé commence à remplacer les planchers en bois. Ce nouveau matériau est constitué par le mélange de ciment Portland, de sable, de gravier et d'eau et présente l'avantage de résister au feu, ce qui limite l'ampleur des incendies. Son utilisation comme succédané des poutres et des planchers en bois n'a pas d'influence importante sur l'architecture extérieure des bâtiments.

Villa P. A. Camoletti

Lieu: chemin du Château, Collonge-Bellerive.
Maître de l'ouvrage: P. A. Camoletti.
Ingénieur: H. Isler, Burgdorf; Perreten et Milleret SA, Genève.
Architecte: P. A. Camoletti.
Entreprise: Bösiger AG, Langenthal.
Réalisation: 1970.
Description: villa d'un niveau avec sous-sol; 350 m² de planchers; 1540 m³ SIA; structure en béton armé.
Particularités: toiture exécutée en voile mince (2 paraboloïdes hyperboliques sur plan carré 11,00 x 11,00 m), portée libre entre appuis env. 15,00 m; tirant en béton précontraint.



Cité Nouvelle

Lieu: Onex.
Maître de l'ouvrage: Fondation Cité Nouvelle.
Ingénieur: H. Weisz, en collaboration avec le C.T.B.
Architecte: Coordination Technique du Bâtiment C.T.B.
Entreprise: Induni & Cie SA et Ed. Cuénod SA.
Réalisation: 1960-1970.
Description: bâtiments d'habitation de 8 à 15 étages sur rez comprenant 2100 logements et garages souterrains + centre commercial et écoles.
Particularités: une des premières préfabrication foraine lourde en béton armé en Suisse Romande.



Cité satellite de Meyrin.



Cité satellite du Lignon.

Dès 1950, l'exode vers la ville s'accélère jusqu'en 1974, pour atteindre, parfois, une augmentation annuelle de 10'000 unités. Dès 1975, elle se stabilise entre 2'000 et 4'000 habitants.

Depuis 1950, une grave pénurie de logements persiste malgré la construction de nombreux appartements. Plus de 70'000 logements sont réalisés dans les HLM, HCM, HBM, en immeubles à loyers libres ou en villas. Ces constructions sont implantées en dehors de la ville dans des cités «satellites», telles Onex, Le Lignon, Meyrin, l'Avanchet, La Gradelle, Lancy, etc. Elles sont édifiées selon les théories urbanistiques à la mode à cette époque, soit la séparation de l'habitat et des activités. Il faut relever, que cette séparation a pour conséquence l'augmentation des mouvements pendulaires des habitants.

La construction d'un nombre aussi important d'appartements aurait dû supprimer la pénurie, mais ce n'est pas le cas pour de nombreuses raisons, dont quelques-unes sont mentionnées ci-après:

- les nouvelles générations quittent le foyer familial de plus en plus vite;
- les divorces augmentent;
- les locataires des immeubles anciens ou subventionnés (dont les loyers sont sévèrement surveillés) n'ont aucun intérêt à adapter le nombre de pièces de leur logement à leurs besoins réels puisque, dans un immeuble



Immeuble «Les Schtrumpfs»

Lieu: rue Louis-Favre.
 Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.
 Ingénieur: Jehéber + Sansonnens ICA SA.
 Architecte: R. Frei, Ch. Hunziker, G. Berthoud (coll. J.-P. Stefani), N. Beroda.
 Entreprise: Consortium Scrasa SA et Arn & Wüthrich SA.
 Réalisation: 1984.
 Description: immeuble d'habitation de 7 étages sur rez et 1 sous-sol; 8600 m² de planchers; 27'600 m³ SIA; structure en béton armé.
 Particularités: les murs porteurs des étages en briques sont repris au rez-de-chaussée par des «voûtes» en béton armé; les balcons sont réalisés en préfabrication foraine au gré de la fantaisie des ouvriers.



- neuf, ils payent un loyer plus cher pour un appartement plus petit;
- le rendement bas des immeubles anciens incite les propriétaires à transformer des appartements en bureaux plus rémunérateurs et aux loyers indexés;
- mal entretenus durant des décennies, des immeubles vétustes et peu rentables sont démolis afin de réaliser des prises de bénéfices parfois spéculatives et remplacés par des bâtiments administratifs ou partiellement commerciaux plus rentables.

Du point de vue technique, de nombreuses modifications et améliorations sont apportées, durant cette période, pour standardiser la construction et augmenter le confort des appartements. Les plus importantes sont les suivantes:

- le béton armé remplace complètement le bois pour les planchers et les structures porteuses;
- les briques de terre cuite ou de ciment se substituent à la maçonnerie de pierre;
- les toitures plates des bâtiments sont étanchéisées avec des multicouches bitumineuses ou plastiques;

Tours de Carouge

Lieu: avenue Vibert, Carouge.
 Maître de l'ouvrage: Fondation HLM de la Ville de Carouge.
 Ingénieur: R. Perreten, A. Stévenin, P. Tremblet.
 Architecte: L. Archinard, G. Brera, A. Damay, J.-J. Mégevand, R. Schwertz, P. Waltenspühl, E. Barro.
 Entreprise: J.-F. Perret & Cie, E.-J. Belloni.
 Réalisation: 1958-1965.
 Description: 5 immeubles d'habitation de 12 étages + attique, 1 immeuble de 20 étages + attique; 1 sous-sol; structure en béton armé.
 Particularités: murs porteurs en béton et briques; pignon de la tour de 20 étages en préfabriqué avec la structure isolée.



Tours Cérésole (Tours de Lancy)

Lieu: chemin de la Vendée, Petit-Lancy.
 Maître de l'ouvrage: Brollet SA.
 Ingénieur: Bourquin & Stencek SA.
 Architecte: J.-M. Lamunière.
 Entreprise: R. Ambrosetti + Ed. Cuénod SA.
 Réalisation: 1962-1963.
 Description: immeubles d'habitation de 13 étages sur rez et 2 sous-sols; 615 m² de planchers par étage; structure en béton armé traditionnel + préfabriqués.
 Particularités: préfabrication «in situ» par superposition des éléments des dalles planchers (5,25 x 5,25 m); liaisons métalliques soudées pour blocage dalles-poteaux.



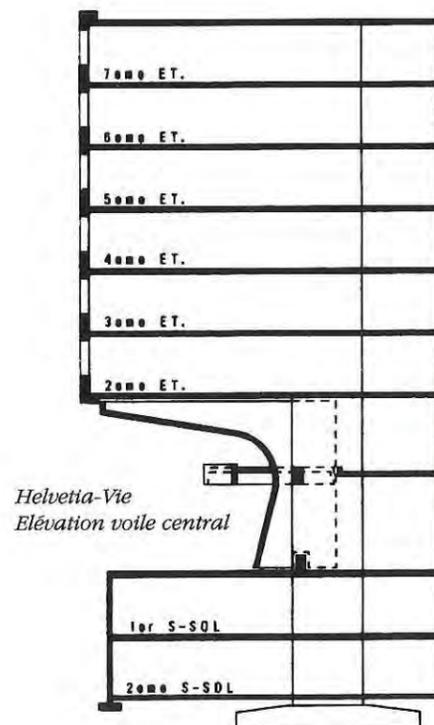
Tour Hogarlan

Lieu: route de Chancy, Petit-Lancy.
 Maître de l'ouvrage: Fondation Hogarlan.
 Ingénieur: R. Perreten et P. Milleret, C. Fol & A. Duchemin.
 Architecte: A. Bordigoni, R. Fleury, P. Collin.
 Entreprise: G. Riondel.
 Réalisation: 1963-1965.
 Description: immeubles d'habitation de 22 étages sur rez et 2 sous-sols; structure en béton armé.
 Particularités: des essais en soufflerie ont été effectués à Emmen afin d'apprécier les efforts dus aux vents sur la tour de 22 étages, en tenant compte de l'environnement bâti.

- les façades de maçonnerie avec fenêtres sont remplacées par des éléments préfabriqués en béton ou en aluminium avec des vitrages occupant totalement ou partiellement la façade, ce qui modifie complètement l'architecture des bâtiments;
- la préfabrication foraine, ou en usine, d'éléments de béton de 20 à 30 m² s'étend aux planchers, aux murs porteurs de façade et de refend;
- lors de la réalisation de grands ensembles, des coffrages sont utilisés pour les murs et les dalles (coffrage tunnel) afin de diminuer la main-d'œuvre nécessitée par les coffrages traditionnels en bois;
- le nombre d'étages en ville, traditionnellement de 5 à 6, augmente à 8, voire 15, et dans quelques immeubles-tours jusqu'à 30; le béton armé permet de réaliser des structures porteuses peu volumineuses malgré les charges importantes des multiples étages; les fondations de ces bâtiments sont, en général, des radiers, c'est-à-dire une dalle épaisse d'environ un mètre qui répartit le poids de l'immeuble sur toute sa surface;
- le second œuvre subit aussi de nombreuses modifications pour le confort des habitants. Sans entrer dans le détail de ces améliorations qui sortent du cadre de cette publication, citons le chauffage central par immeuble, par îlot ou à distance, les ascenseurs, les installations sanitaires par appartement avec eau chaude et eau froide, l'électricité pour les appareils ménagers, la ventilation mécanique des cuisines et locaux sanitaires, la moquette qui se substitue aux parquets, le téléphone, la télévision, etc.;

– par suite du choc pétrolier de 1974, l'isolation thermique est mieux prise en considération pour l'enveloppe des bâtiments (murs, vitrages et toiture) entraînant deux améliorations: la réduction des frais de chauffage et la diminution du bruit dans les appartements.

A la fin de cet exposé concernant les bâtiments locatifs, il est bon de faire une petite digression pour souligner le poids que représente le loyer dans le budget familial. Il y a cent ans et plus, le loyer d'un appartement sans confort moderne représentait les 30 à 35% des dépenses d'un ménage moyen. Il est actuellement de 15%. Nos contemporains ne doivent pas oublier que cette réduction massive de moitié est le fruit des études de perfectionnement et de rationalisation de toutes les professions du bâtiment.



Immeuble-tour à Vermont

Lieu: rue de Vermont 42.
Maître de l'ouvrage: S.I. Vermont T.
Ingénieur: J. Bauty, coll. R. Liechti; Bureau d'études de Conrad Zschokke SA (G. A. Steinmann, chef études).
Architecte: A. Bordigoni, J. Gros, A. de Saussure, R. Fleury.
Entreprise: Conrad Zschokke SA et G. Riondel.
Réalisation: 1954-1957.

Description: immeuble d'habitation de 15 étages sur rez et 1 sous-sol; env. 10'800 m² de planchers; env. 35'100 m³ SIA; hauteur 50 m; structure en béton armé.

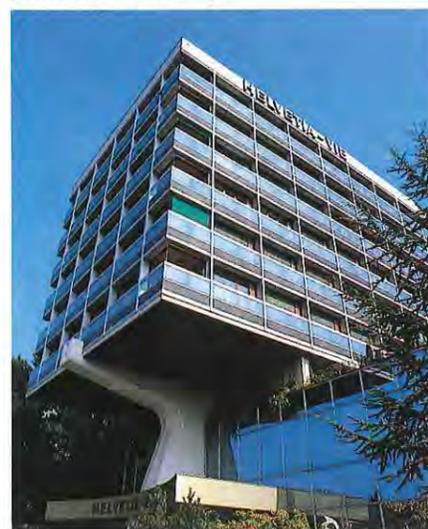
Particularités: première tour d'habitation exécutée à Genève; structure avec dalles nervées portant, au moyen d'articulations, sur les piliers de façade préfabriqués; contreventement assuré par les murs de refend.

Assurance Helvetia

Lieu: avenue du Bouchet 2-4.
Maître de l'ouvrage: Assurance Helvetia-Vie.
Ingénieur: R. Perreten + P. Milleret.
Architecte: M. Acatos et Cl. Zollikofer.
Entreprise: Consortium Ed. Cuénod SA, Conrad Zschokke SA, Rampini & Cie SA.
Réalisation: 1976-1978.

Description: immeuble administratif de 8 étages sur rez et 2 sous-sols; structure en béton armé.

Particularités: blindage des terrassements par mur d'enceinte préfabriqué et étayé provisoirement; porte-à-faux d'extrémités de 11,00 m de portée du 3^e au 8^e étages.



Caisse d'Epargne

Lieu: rue de la Corraterie 4.
Maître de l'ouvrage: Caisse d'Epargne de Genève.
Ingénieur: R. Perreten et P. Milleret.
Architecte: J. Camoletti, L. Hermès, R. Schwertz.
Entreprise: J. Olivet SA.
Réalisation: 1969-1970.

Description: immeuble administratif (siège central) de 5 étages sur rez et 7 sous-sols; structure en béton armé et métallique.

Particularités: terrassement des 7 sous-sols à l'abri d'une paroi moulée étayée par les dalles de l'infrastructure exécutées au fur et à mesure de l'excavation; le système porteur vertical (paroi moulée - colonnes sur pieux), préalablement mis en œuvre a été conçu pour permettre l'exécution simultanée des sous-sols et des étages.



Siège de la Compagnie d'assurances La Genevoise

Lieu: avenue Eugène-Pittard.
Maître de l'ouvrage: La Genevoise.
Ingénieur: Bourquin et Stencek SA.
Architecte: H. + M. Reinhard, Bern et A.S.S.
Entreprise: Conrad Zschokke SA, Induni & Cie SA, J. Spinedi SA.
Réalisation: 1971-1973.

Description: bâtiment administratif de 4 étages sur rez + mezzanine et attique; 3 sous-sols dont 1 partiel; 16'621 m² de planchers + 13'461 m² en sous-sol; 113'600 m³ SIA; structure en béton armé.

Particularités: dalles plates sur poteaux, entre-axes 10,00 m; façades et coursives aux étages en acier «corten»; façades préfabriquées béton au rez.

Les bâtiments administratifs

Jusqu'au dix-neuvième siècle, les bâtiments administratifs sont essentiellement destinés à la gestion des royaumes, états, provinces, villes. Leur technique de construction est semblable à celle des habitations, mais leur architecture est plus raffinée et élaborée. Les palais et hôtels de ville ont deux fonctions: l'une utilitaire, abritant les bureaux administratifs proprement dits, et l'autre représentative, étalant la richesse et la puissance des princes, des municipalités, des corporations. L'activité tertiaire est très réduite dans une population vouée à 80% à l'agriculture.

A partir du dix-neuvième siècle, l'administration des états, des sociétés internationales, des services (banques, assurances, commerces) nécessite de plus en plus de personnel qu'il faut loger dans des locaux fonctionnels. Sans négliger le côté représentatif du bâtiment, les préoccupations majeures sont le confort des employés et l'adéquation des locaux aux activités.

Les sociétés internationales: Croix Rouge, SDN, BIT, marquent le début du développement de l'activité des institutions internationales avant la seconde guerre mondiale. Dès 1950, l'activité tertiaire s'amplifie très rapidement, au point de fournir des emplois à près de 50% de la population active genevoise.

Les bâtiments des sociétés étatiques internationales, ONU, BIT, OMS, AELE, entraînent la construction de missions diplomatiques et l'implantation du centre européen de nombreuses sociétés multinationales dont les lieux de production sont répartis à travers le continent. Par l'importance du volume construit, le nombre d'étages, la grandeur des façades préfabriquées

vitrées, leur architecture exprime leur puissance financière et industrielle. Parallèlement, les banques, les assurances et les hôtels, pour ne citer que les plus importantes activités tertiaires, connaissent une expansion très importante qui se traduit, dans les faits, par la construction de bâtiments dont l'architecture a les mêmes caractéristiques que celles citées ci-dessus.

Agrandissement du Palais des Nations

Lieu: route de Pregny.
Maître de l'ouvrage: Organisation des Nations Unies, ONU.
Ingénieur: Ed. Bourquin et G. Stencek.
Architecte: E. Beaudouin, A. Lozeron, A. Gaillard et F. Bouvier.
Entreprise: Guffanti SA+Printal SA, Zwahlen & Mayr SA, Geilinger SA.
Réalisation: 1968-1972.

Description: bâtiment administratif et de conférences de 9 étages + centrale de climatisation en attique pour la partie bureaux et de 4 étages pour la partie conférences; 1 à 3 sous-sols; garages souterrains et tunnel de liaison à 2 niveaux avec Palais des Nations + cafeteria sous cour d'honneur; env. 110'000 m² de planchers et 420'000 m³ SIA (sans liaison et cafeteria); structure: ouvrage enterré en béton armé, ouvrage en élévation charpente métallique supportant un plancher mixte tôle profilé-béton.

Particularités: les 9 niveaux du bâtiment de bureau sont supportés sur toute la longueur de celui-ci par 2 poutres métalliques caissonnées appuyées tous les 16,80 m afin de permettre l'installation de petites salles de conférences sous le niveau de l'entrée principale du bâtiment; les coupoles recouvrant les 2 grandes salles de conférences ont un diamètre de 44,00 m.



Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle

Lieu: Chemin des Colombettes, place des Nations.
Maître de l'ouvrage: O.M.P.I.
Ingénieur: G. A. Steinmann.
Architecte: P. Braillard.
Entreprise: Ed. Cuénod SA (béton armé); Fehlmann Travaux Hydrauliques SA (parois moulées).
Réalisation: 1972-1975 (structures), inauguration le 11.9.1978.
Description: immeuble administratif de 12 étages sur rez inférieur et supérieur; 1 entresol et 4 sous-sols; 1 superstructure pour installations techniques; env. 90'000 m³ SIA; structure en béton armé et béton précontraint.

Particularités: les sous-sols ont été exécutés à l'abri d'une enceinte en parois moulées de 60 cm d'épaisseur, ancrées dans le sol par trois rangées d'ancrages précontraints; la toiture de la salle de conférence de 27,40 x 20,20 m est en béton léger armé de type Leca-hade de 55 cm d'épaisseur.

Bâtiment de service principal Gare CFF Genève-La Praille

Lieu: route des Jeunes 6.
Maître de l'ouvrage: Chemins de fer fédéraux CFF.
Ingénieur: J. Bauty.
Architecte: E. Martin.
Entreprise: Rampini & Cie SA.
Réalisation: 1964-1966.

Description: bâtiment administratif de 9 étages sur rez et 1 sous-sol; 9900 m² de planchers; 38'500 m³ SIA; structure en béton armé.

Particularités: toutes les façades sont porteuses et faites d'éléments préfabriqués en béton armé assemblés sur place; les 7 étages de la tour prennent appui par l'intermédiaire d'un étage de consoles en béton précontraint sur les 3 étages inférieurs en retrait.



Bâtiment d'exploitation postale à Montbrillant

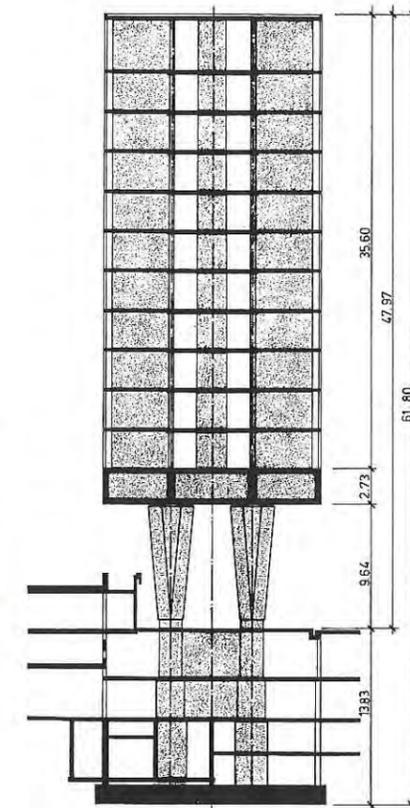
Lieu: rue de Montbrillant 14.
Maître de l'ouvrage: Direction générale des PTT.
Ingénieur: Bourquin & Stencek SA.
Architecte: J.-M. Ellenberger et Suter + Suter SA.
Entreprise: Induni & Cie SA, J. E. Belloni, R. Ambrosetti.
Réalisation: 1978-1980.
Description: bâtiment administratif de 4 étages sur rez et 2 sous-sols; 130'000 m² de planchers; 710'000 m³ SIA; structure en béton armé, toiture métallique.
Particularités: préfabrication de 17'000 caissons composant un plancher à nervures orthogonales d'environ 100'000 m².



Organisation Mondiale de la Santé

Lieu: avenue Appia 20.
Maître de l'ouvrage: Organisation Mondiale de la Santé, OMS.
Ingénieur: P. Tremblat et S.T.U.P. SA.
Architecte: A. Tschumi et P. Bonnard.
Réalisation: 1963.
Description: bâtiment administratif de 8 étages sur rez et 2 sous-sols; 33'000 m² de planchers; 135'000 m³ SIA; structure en béton armé et béton précontraint.

Particularités: les planchers des étages sont constitués par des poutres transversales précontraintes en porte-à-faux reposant sur 2 sommiers longitudinaux précontraints prenant appui sur 2 rangées de piliers bordant le couloir central.



Bureau International du Travail, siège international

Lieu: route des Morillons, Grand-Saconnex.
Maître de l'ouvrage: Bureau International du Travail, BIT.
Ingénieur: G. A. Steinmann.
Architecte: E. Beaudouin, A. Camenzind, P. L. Nervi.
Entreprise: Consortium du Grand-Morillon: Ed. Cuénod SA, Losinger SA, Vaucher & Rey SA, Schwarz-Hautmont SA.
Réalisation: 1969-1972 (structures), inauguration le 12.11.1974.
Description: bâtiment administratif de 11 étages sur 2 rez et 4 sous-sols; 1 hall principal; 1 étage technique; 100'100 m² de planchers; 595'000 m³ SIA; structure en béton armé et béton précontraint.

Particularités: le bâtiment du secrétariat d'une longueur de 200 m, avec 2 joints de dilatation, repose sur des cadres composés de piliers en béton armé de ciment blanc et d'agrégats de Carrare (hauteur 9,65 m) et d'une traverse en béton précontraint réalisée en caissons multiples (hauteur 2,75 m); la couverture de la grande salle comprend des poutres précontraintes de 32,80 m de portée (hauteur 2,00 m); des essais sur maquettes ont permis de déterminer les pressions dues au vent et les efforts et déformations dus aux séismes.



Les bâtiments industriels

Genève n'est pas une ville industrielle, au vrai sens du mot. Dès le dix-neuvième siècle, l'horlogerie et la bijouterie forment un artisanat important, développé jusqu'à la manufacture pour certaines entreprises dynamiques.

Au début du vingtième siècle, l'industrie des machines, de l'équipement électrique, de la chimie, etc., vit un certain essor qui se ralentit progressivement après la guerre de 1939-45. Le développement de la chimie se poursuit de façon importante alors que de grandes usines de mécanique disparaissent ou réduisent leurs activités par la suppression de certains départements de production. Ces grandes entreprises sont remplacées par de plus petites exerçant leur activité dans l'horlogerie, l'automobile, la mécanique de précision plus ou moins informatisée, le tabac, les produits laitiers, etc. Ces industries nécessitent des équipements spéciaux de toutes sortes et de forte capacité: électricité, eau, télécommunications, égouts, entre autres. Des zones industrielles, avec ou sans raccordement ferroviaire, leur sont réservées, dont La Praille-Acacias, Châtelaine, Meyrin, Satigny, Plan-les-Ouates, Vernier.



Centre de traitement du linge des institutions universitaires de psychiatrie

Lieu: avenue de Bel-Air, Chêne-Bourg.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: Jeheber et Sansonnens, ICA SA.
Architecte: C. Kleinert et P. M. Vulliety.
Entreprise: Construction Perret SA.
Réalisation: 1984.
Description: bâtiment industriel d'un étage et 1 sous-sol; 2800 m² de planchers; 30'000m³ SIA; structure en béton armé.
Particularités: la toiture est constituée de sheds préfabriqués en béton armé et précontraint.

Ateliers de Sécheron

Lieu: avenue de Sécheron 14.
Maître de l'ouvrage: Sécheron SA.
Ingénieur: P. Tremblat & Cie SA.
Architecte: Suter + Suter SA.
Entreprise: E. Conti (béton armé), Zwahlen & Mayr SA (construction métallique).
Réalisation: 1978.
Description: bâtiment industriel de 65'000 m³; structure en béton armé et métallique.
Particularités: la halle 11 a 108,00 x 24,00 m; la halle 12 a 88,00 x 18,00 m; les deux halles ont une hauteur hors tout de 15,00 m; les charpentes métalliques sont constituées par des poutres triangulées dont les piliers supportent cinq ponts roulants de 6 à 65 tonnes.



British American Tobacco (haut de la photo)

Lieu: route des Acacias 43.
Maître de l'ouvrage: British American Tobacco.
Ingénieur: L. Meisser et P. Tremblat.
Architecte: J. Erb.
Entreprise: J. Gini.
Réalisation: 1948.
Description: bâtiment industriel avec structure en béton armé.
Particularités: sheds cylindriques en béton armé.

Halles Sicli (bas de la photo)

Lieu: route des Acacias 45.
Maître de l'ouvrage: Sicli matériel incendies SA.
Ingénieur: H. Isler, Burgdorf.
Architecte: C. Hilberer.
Entreprise: Bösigler AG (superstructure), Conrad Zschokke SA (infrastructure).
Réalisation: 1969.
Particularités: surface des voiles en béton armé 1732 m²; épaisseur minimum 7 cm; portée maximum 50,00 m.



Usine Tarex SA

Lieu: chemin Louis-Hubert 2, Petit-Lancy.
Maître de l'ouvrage: Tarex SA.
Ingénieur: Bureau d'étude de Conrad Zschokke SA (G. A. Steinmann, chef études).
Architecte: G. Brera et P. Waltenspühl.
Entreprise: Conrad Zschokke SA.
Réalisation: 1961-1962.
Description: bâtiment administratif de 3 étages sur rez et bâtiment industriel d'un rez; 1 sous-sol; hauteur libre de la halle de fabrication 6,00 m; surface couverte du hall industriel 4600 m²; structure en béton armé et béton précontraint.
Particularités: halle industrielle couverte par des unités de 6 sheds prismatiques sur 16,00 m, largeur 267 cm, hauteur 160 cm, épaisseur 6 cm, encastrés élastiquement dans des poutres-voiles en béton précontraint; contrôle des calculs par un essai sur maquette en ciment armé, échelle 1:10e, au Laboratoire central d'essais des matériaux de Madrid.

Les bâtiments publics

Dans cette catégorie sont classés les bâtiments religieux, culturels, scolaires, universitaires, sportifs, hospitaliers, militaires, etc., constructions ayant existé de tout temps. Leurs formes et dimensions varient dans le monde entier en raison des conditions locales que les constructeurs doivent respecter: matériaux à disposition, degré d'aptitude technique, système politique, richesse du maître d'ouvrage, nombre d'habitants à protéger des intempéries, etc. De façon générale, la technique de leur construction est identique à celle des habitations. A titre d'exemple, le béton armé utilisé pour les habitations se retrouve aussi dans les églises de style moderne, les grands stades sportifs, les écoles et les universités avec leurs grands auditoriums, les hôpitaux, les prisons.



Groupes scolaires du Cycle d'orientation (16) et groupes scolaires apparentés (8)

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: Bourquin & Stencek SA.

Architecte: 16 bureaux se sont succédés.

Entreprise: Induni & Cie SA et Prelco SA.

Réalisation: de 1964 à 1986.

Description: groupes scolaires avec structure en béton armé préfabriquée.

Particularités: 16 groupes scolaires composés de pavillons, halles de gymnastique, aulais, bâtiments de classes courts et longs, bas et hauts; bâtiments construits sur un même principe structurel basé sur une préfabrication totale.



Aula du Centre d'enseignement professionnel pour l'Industrie et l'Artisanat de Genève (CEPIA)

Lieu: chemin Gérard-de-Ternier 18, Petit-Lancy.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: P.-L. Mouchet, Mouchet-Dubois-Boissonnard SA, succ.

Architecte: L. Archinard, E. & A. Billaud, P. Tréand, J. Zuber, M. Hirschi.

Entreprise: Atelier Genevois de Constructions Métalliques AGCM, Genève; Zwahlen & Mayr SA, Aigle.

Réalisation: 1969-1971.

Particularités: toiture de l'aula sur un plan carré orthogonal de 36,40 de côté; nappe en treillis tridimensionnel constituée par des tubes en acier 37 et 52 assemblés par des sphères embouties à la presse; diamètre du tube 76 et 108 mm; diamètre des sphères 210 mm; hauteur de la nappe de 2,80 m; porteurs périphériques en façade espacés de 2,80 m.

Extension du Collège Calvin

Lieu: angle rue Ferdinand-Hodler et boulevard Jaques-Dalcroze.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: Realini, Bader et Associés SA, C. Bigar et J. Urner.

Architecte: A.S.S.

Entreprise: Beton Bau SA.

Réalisation: 1983-1987.

Description: bâtiment écoles de 4 étages sur rez et 2 sous-sols; 15'800 m² de planchers; 65'670 m³ SIA; structure en béton armé et béton précontraint, toitures métalliques.

Particularités: les structures de l'immeuble reprennent les poussées des terres de l'ordre de 15'000 KN; les étages sont construits au-dessus de 3 salles de gymnastique; façades en éléments sandwich préfabriqués.



Ecole Geisendorf

Lieu: rues de Lyon, de la Poterie, Liotard.

Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.

Ingénieur: P. Waltenspühl, coll. C. Kleiner.

Architecte: G. Brera et P. Waltenspühl, coll. C. Kleiner.

Entreprise: Zwahlen & Mayr, AGCM, Mabilia & Cie.

Réalisation: 1953-1968.

Description: bâtiment scolaire et public de 2 étages sur rez et 1 sous-sol; structure en béton armé.

Particularités: structure profils acier soudés avec hourdis en aggloméré de brique remplissage en béton armé.

Ecole de Commerce de Saint-Jean

Lieu: rue de Saint-Jean 62.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: P. Tremblet.

Architecte: G. Addor.

Entreprise: Ed. Cuénod SA.

Réalisation: 1963.

Description: école de 4 étages sur rez et 2 sous-sols; 17'500 m² de planchers; 70'000 m³ SIA; structure en béton armé.

Particularités: des parois de béton armé portent les étages en encorbellement; les classes et l'aula sous le rez-de-chaussée servent de socle aux bâtiments fondés sur un radier.

Sciences II et III

Lieu: quai Ernest-Ansermet 20.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: Tremblet & Cie SA.

Architecte: A. Billaud, M. Hirschi, P. Comé.

Entreprise: R. Clerget, Conrad Zschokke SA, Vaucher & Rey SA.

Réalisation: 1968-1969.

Description: bâtiments universitaires de 5 étages sur rez et 2 sous-sols; 42'000 m² de planchers; 180'000 m³ SIA; structure en béton armé.

Particularités: bâtiments universitaires avec forte densité d'équipements techniques, auditories et bâtiment de laboratoires; dalles avec grandes portées.

UNI II

Lieu: rue Général-Dufour 24.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: H. Naïmi, succ. Y. Tournier, G. Guscetti, J. Wälchli.

Architecte: W. Francesco, G. Paux, J. Vicari.

Entreprise: Conrad Zschokke SA, Ed. Cuénod SA.

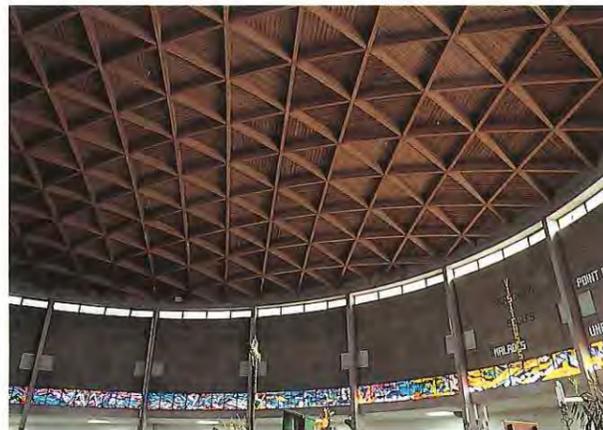
Réalisation: 1970-1974.

Description: bâtiment universitaire de 4 étages sur rez et 5 sous-sols; 100'000 m³ SIA; structure en béton armé et béton précontraint.

Particularités: les sous-sols 3 à 5, réalisés de haut en bas, ont été affouillés à l'abri d'une enceinte moulée et bétonnés sur le sol excavé.

Eglise d'Onex

Lieu: route de Chancy, Onex.
Ingénieur: R. Perreten + P. Milleret.
Architecte: V. A. Malnati.
Entreprise: Meier-Bacchetta & Cie (maçonnerie), Barro & Cie (charpente en bois).
Réalisation: 1964.
Description: bâtiment public de culte; structure en bois.
Particularités: charpente en bois, portée de 27,20 m, flèche de 2,50 m, composée de solives en lamellé collé portant dans les 3 directions principales et formant un angle de 60° entre elles; un sommier en béton armé prend les efforts horizontaux sous forme de tirant.



Eglise Sainte-Jeanne de Chantal

Lieu: avenue d'Aire 3.
Maître de l'ouvrage: Société catholique romaine Sainte-Jeanne de Chantal.
Ingénieur: P. Tremblet.
Architecte: J.-M. Ellenberger.
Entreprise: Induni & Cie SA (béton armé), Barro & Cie (charpente en bois).
Réalisation: 1966.
Description: église avec structure en béton armé et bois.
Particularités: murs de béton armé coulés dans un coffrage de béton préfabriqué; l'implantation des murs est une spirale et les murs sont inclinés; charpente en bois, en poutres croisées et à double courbure suspendue aux murs périphériques.



Centre paroissial de Montbrillant

Lieu: rue Beaulacre 14-16.
Maître de l'ouvrage: Eglise nationale protestante.
Ingénieur: J. Calame et A. Tissot.
Architecte: R. Breitenbücher et G. Châtelain.
Entreprise: J. Vaucher.
Réalisation: 1958.
Description: temple; 441 m² de planchers; 4400 m³ SIA; structure en béton armé.
Particularités: toiture en béton armé en forme de paraboloïde hyperbolique.



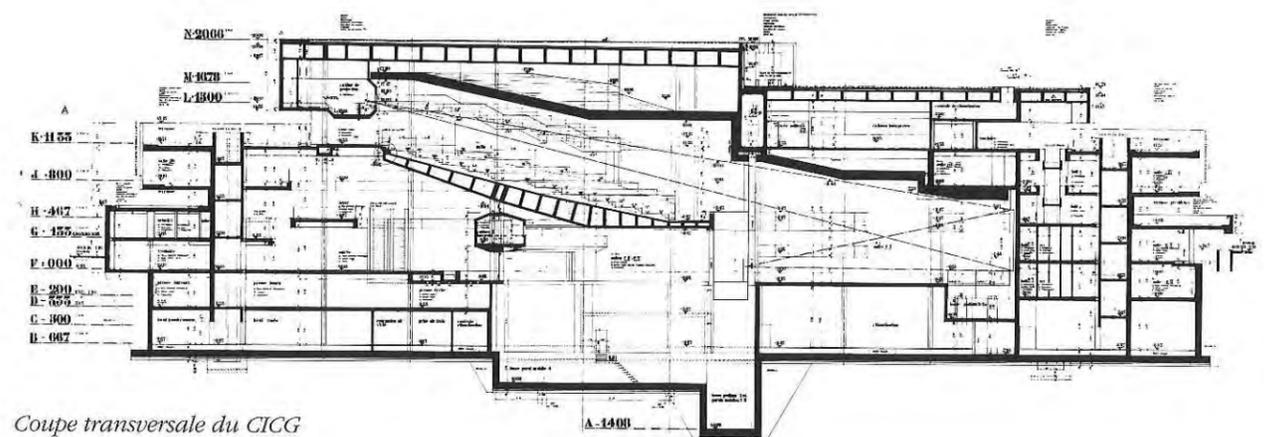
Temple de Châtelaine

Lieu: avenue de Châtelaine 86.
Maître de l'ouvrage: Eglise nationale protestante.
Ingénieur: Bourquin & Stencek SA.
Architecte: A. Gaillard.
Réalisation: 1959.
Entreprise: Ed. Cuénod SA.
Particularités: couverture en voile plissé de béton armé.



Confédération-Centre

Lieu: rue de la Confédération 6-30.
Maître de l'ouvrage: UBS, Union de Banques Suisses.
Ingénieur: Société Générale pour l'Industrie SGI, Bureau d'étude Conrad Zschokke SA, P. et C. Dériaz & Cie SA (géotechnique).
Architecte: R. Favre et A. Guth, architectes associés.
Entreprise: Conrad Zschokke SA, Losinger SA, Fehlmann Travaux Hydroliques SA.
Réalisation: 1979-1985.
Description: immeubles commerciaux et grands magasins de 6 étages sur rez et 6 sous-sols; structure en béton armé.
Particularités: les immeubles mitoyens et l'asymétrie des poussées provoquées par la colline de la Vieille-Ville ont nécessité le découpage du chantier en 9 fouilles indépendantes, exécutées successivement.



Coupe transversale du CICG

CICG, Centre International de Conférences de Genève

Lieu: rue Varembe 15.
Maître de l'ouvrage: F.I.P.O.I., Fondation des Immeubles pour les Organisations Internationales.
Ingénieur: G. A. Steinmann.
Architecte: A. & F. Gaillard et A. Camenzind.
Entreprise: Consortium des entreprises E. Conti et Rampini & Cie SA.
Réalisation: 1969-1970 (structures), inauguration le 5.4.1973.
Description: bâtiment pour congrès, administration et communication; env. 23'530 m² de planchers; env. 150'000 m³ SIA; structure en béton armé coloré et traité par piquage et bouchardage.
Particularités: bâtiment de 85,00 x 85,00 m sans joints; la structure de la grande salle est une dalle alvéolée en béton armé d'épaisseur variable dont les portées sont de 24,65 m et 18,85 m avec des encorbellements de 10,50 m; les calculs statiques et les déformations ont été vérifiés par un essai sur maquette au Laboratoire de l'EPFL.



Grand Casino

Lieu: quai du Mont-Blanc.
Maître de l'ouvrage: Aprofim SA.
Ingénieur: E. Lygdopoulos.
Architecte: R. Favre, A. Gaillard, J. Hentsch, H. J. Stampfli.
Entreprise: Spycher SA, L. Maulini & Fils, Rampini & Cie SA, Fortis & Cie, Marti SA, Conrad Zschokke SA, Geilinger SA.
Réalisation: 1975-1980.

Description: bâtiment pour théâtre, hôtel et garage souterrain de 9 étages sur rez et 4 sous-sols; 55'000 m² de planchers; 180'000 m³ SIA; structure en béton armé et métal.
Particularités: réalisation de l'excavation de 82'000 m³ (65,00 x 90,00 m, profondeur 14,00 m) à l'abri d'une enceinte moulée, étayée par une dalle couronne, coulée sur le sol après un prêtreissement de 4,00 m et reposant sur des porteurs préfondés; les piliers métalliques de la terrasse, tramés de 11,60 x 11,60 m, portent la superstructure par l'intermédiaire de 4 bras articulés, placés selon les arêtes d'une pyramide renversée.



Centre commercial de Balexert

Lieu: avenue Louis-Casaï 27.
Maître de l'ouvrage: Centre Balexert SA.
Ingénieur: Emch + Berger SA, R. Henauer SA, Jeheber + Sansonnens, ICA SA.
Architecte: S + M Architectes SA.
Entreprise: Murer SA, Element AG Vilmergen.
Réalisation: 1971.

Description: centre commercial comprenant 2 niveaux de parking de 47'200 m² de planchers et 1 niveau de vente avec mezzanine de 33'300 m² de planchers, dont 27'200 m² utiles de vente; 380'000 m³ SIA; structure en béton armé.
Particularités: à l'exception des abris et des fondations, le bâtiment est conçu et réalisé en préfabrication totale.



Aula des collèges Calvin et de Candolle

Lieu: rue de la Vallée.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: A. Jorand & A. Roget SA.
Architecte: O. Archambault, F. Barthassat et E. Prati, O. Gurdogan.
Entreprise: Bariatti SA.
Réalisation: 1987-1988.

Description: école de 5 étages sur rez; profondeur du sous-sol 10,50 m; 800 m² de planchers; 10'000 m³ SIA; structure en béton armé.
Particularités: fouille profonde entre constructions existantes; utilisation de plusieurs techniques particulières: cloutage d'un mur-poids en maçonnerie; escopage de maçonnerie et bétonnage à l'avancement d'un voile en béton armé cloué; paroi moulée à la bentonite; sous-oeuvre par procédé Terrajet; sous-oeuvre en berlinoise à l'avancement; ancrage des blindages; étayage des angles par profilés métalliques mis en charge par vérins plats; profondeur de la fouille, max. 15,00 m à l'amont, min. 4,00 m à l'aval.



Grand Théâtre

Lieu: Place Neuve.
Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.
Ingénieur: P. Froidevaux et W. Weber; J. Stryjenski, plafond et rideaux métalliques.
Architecte: C. Schopfer et M. Zavelani-Rossi.
Entreprise: R. Ambrosetti.
Réalisation: 1874-1879; scène et salle reconstruites en 1962.
Particularités: couverture en béton armé sous forme d'un caisson à grandes dimensions destiné à recevoir la machinerie.



Hôtel Cornavin et Cinéma Rialto

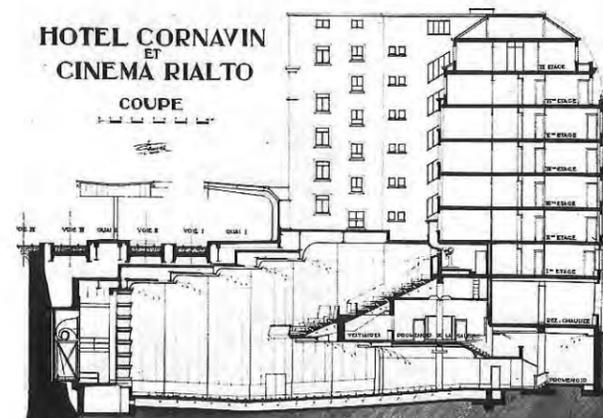
Lieu: place Cornavin.
Maître de l'ouvrage: P. Brigger.
Ingénieur: J. Calame.
Architecte: J. Camoletti.
Entreprise: Association J. Spinedi SA et Oyex-Chessex & Cie SA (maçonnerie + béton armé); Ateliers de constructions mécaniques Vevey SA (construction métallique).
Réalisation: 1931.
Description/Particularités: ordre d'exécution verbal, sans contrat ni correspondance, donné en mai 1931; démolition dès le 20 juillet 31; exécution continue jour et nuit, avec 3 équipes; inauguration de l'hôtel le 1er janvier 1932; inauguration du cinéma le 9 mars 1932.



Grands magasins La Placette

Lieu: rue Grenus.
Maître de l'ouvrage: Maus Frères SA.
Ingénieur: E. Aberson et R. Epars, succ. Epars & Devaud SA.
Architecte: P. Braillard.
Entreprise: Ed. Cuénod SA, SIF-Groutbor, Consortium Giovanola - Zwahlen & Mayr SA - Ateliers mécaniques de Vevey SA.
Réalisation: 1963-1966.
Description: grands magasins d'une longueur de 100,00 m; largeur maximale de 74,00 m; hauteur hors sol de 28,00 m.

Particularités: charpente métallique sur poteaux pleins de 30 cm chargés à 1700 tonnes et distants de 12,50 m; sommiers en HEA 800; solives en IPE 450 écartées de 2,05 m; poids total de la charpente 7500 tonnes; plancher pour surcharges de 500 kg/m² en béton de 10 cm d'épaisseur solidaire d'une tôle de 38 mm à nervures distantes de 152 mm; la charpente et la tôle ont été entièrement montées sur des pieux de fondation provisoires simultanément à l'exécution des sous-sols; la pose des tôles de toiture s'est faite en même temps que l'exécution des murs du 6e sous-sol ce qui a permis de gagner une année sur le programme initial des travaux; les façades sont construites en grands panneaux préfabriqués en béton avec des agrégats en argile expansé revêtus de plaques de marbre.



Hôtel Warwick

Lieu: rue de Lausanne 14.

Maître de l'ouvrage: Hôtel Warwick.

Ingénieur: Realini, Bader et Associés SA.

Architecte: M. Fornallaz.

Entreprise: J. Spinedi SA.

Réalisation: 1970-1973.

Description: hôtel de 8 étages sur rez et 2 sous-sols; 8500 m² de planchers; 32'900 m³ SIA; structure en béton armé.

Particularités: la superstructure est entièrement construite en éléments préfabriqués; reprise des 7 étages de la superstructure par une dalle précontrainte de 60 cm d'épaisseur et de portée de 10 à 20 m.



Piscine des Vernets

Lieu: rue Hans-Wilsdorf 4-6.

Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.

Ingénieur: P. Tremblet.

Architecte: A. Cingria, F. Maurice, J.-P. Dom.

Entreprise: Ed. Cuénod SA (béton armé), Conrad Zschokke SA, L. Thibault (construction métallique).

Réalisation: 1965.

Description: halle de sport avec structure en béton armé et métal.

Particularités: le bassin olympique de 50,00 x 22,00 m est précontraint pour diminuer les efforts du retrait, du fluage et des variations de température; la charpente métallique de 60,00 x 47,00 m, constituée par des poutres triangulées, repose sur 4 appuis en forme de pyramide inversée.



Patinoire des Vernets

Lieu: rue Hans-Wilsdorf 4-6.

Maître de l'ouvrage: Ville de Genève.

Ingénieur: P. Tremblet.

Architecte: A. Cingria, F. Maurice, J. Duret.

Entreprise: Ed. Cuénod SA (béton armé), Conrad Zschokke SA (charpente métallique).

Réalisation: 1958.

Description: halle de sport avec structure en béton armé et métallique.

Particularités: la toiture de 7500 m² est portée par des cadres dissymétriques de portées 70,00 et 10,00 m; ce sont des poutres à âme pleine de section variable avec tirant passif à l'extrémité de la petite portée; les pannes de 12,00 m de portée et la tôle pliée de la couverture sont en aluminium.



Hôpital cantonal

Lieu: rue Micheli-du-Crest 24.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: Tremblet & Cie SA, J. Bauty, C. Fischer.

Architecte: A. Hoechel, S. Erb, A. Lozeron, P. Nierlé, J.-P. Grand, R. Praplan.

Entreprise: R. Ambrosetti, Induni & Cie SA, Beaume & Cie SA, Miazza Frères SA, E.-J. Belloni, C. Vaucher SA, F. Cuénod, Conrad Zschokke SA.

Réalisation: 1949-1989.

Description: bâtiments hospitaliers de 6 à 13 étages sur rez et de 1 à 4 sous-sols; 820'000 m³; structure en béton armé.

Particularités: complexe de bâtiments élevés en béton armé fondés sur des radiers; des enceintes moulées ancrées ont permis la réalisation des sous-sols profonds.



Halle de fret

Lieu: aéroport de Genève-Cointrin.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: E. Lygdopoulos.

Architecte: M. Fornallaz, A. Gaillard, J. Hentsch.

Entreprise: R. Ambrosetti, Conrad Zschokke SA, Zwahlen & Mayr SA, Geilinger SA, Mabilia & Cie.

Réalisation: 1983-1988.

Description: bâtiment administratif et halle de stockage d'un étage sur rez et 1 sous-sol; 60'000 m² de planchers; 320'000 m³ SIA; structure en béton armé et métal.

Particularités: la partie administrative de 20'000 m² est logée dans la hauteur (5,50 m) de la charpente métallique triangulée formant la toiture de la halle, portée par des poteaux en béton armé tramés de 27,00 x 27,00 m; les poteaux absorbent également les efforts horizontaux, d'où l'absence de tout contreventement traditionnel.

Les bâtiments spécialisés

La civilisation moderne crée des besoins spécifiques à son mode de vie.

La voiture nécessite des parkings souterrains que nos spécialistes de la circulation veulent, pendant des décennies, construire en dehors des villes, alors que les usagers les désirent près de leur lieu de travail.

Il en résulte le problème actuel du stationnement des véhicules dans les villes. Pourtant la technique des caissons et, surtout, des parois moulées permet d'enterrer quatre à six niveaux de stationnement, voire davantage.

Les trains ont leurs gares; les avions leurs aéroports où le trafic des passagers et des marchandises nécessite de grandes halles, des entrepôts importants et des hangars gigantesques pour l'entretien des avions grands courriers.

Le commerce local fait se multiplier les grandes surfaces de vente qui se déplacent progressivement du centre ville vers les zones périphériques plus accessibles aux voitures. Le commerce international promouvait les grandes foires se déroulant annuellement dans de vastes halles où sont exposés tous les produits de l'industrie. Ces constructions sont presque toutes des réalisations où le béton armé est utilisé pour les dalles et les structures, alors que l'acier est le matériau des superstructures et surtout des toitures.

Station de réalimentation de la nappe souterraine

Lieu: usine de Vessy.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: Bourquin & Stencek SA.
Architecte: F. Mentha.
Entreprise: Construction Perret SA, Induni & Cie SA, Beaume & Cie SA, J. Drivet.
Réalisation: 1977-1978.

Description: station pour rétablir un niveau utilisable de la nappe dans le but d'augmenter les prélèvements d'eau; structure en béton armé.
Particularités: l'eau, prélevée dans l'Arve, est traitée dans une station de filtration et injectée dans la nappe par un réseau de 5000 ml de drains horizontaux placés à 2,00 m de profondeur; installations dimensionnées pour 50'000 m³/jour. Ce type d'injection est unique en Suisse.



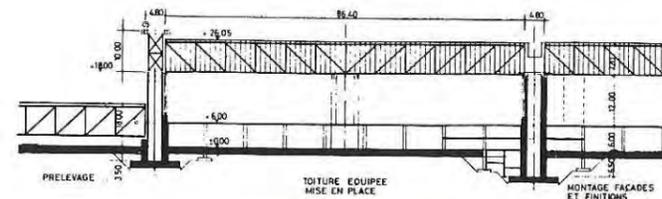
Usine des résidus ménagers et industriels des Cheneviers

Lieu: Aire-la-Ville.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: E. Pigeon + R. Perreten (1ère étape), Société Générale pour l'Industrie SGI (2e étape).
Architecte: E. Guex + J. Kirchoff (1ère et 2e étapes).
Entreprise: Conrad Zschokke SA (1ère étape et 2e étape).
Réalisation 1ère étape: 1963-1966.
Description: l'usine des Cheneviers construite en 2 étapes permet l'élimination non seulement des résidus ménagers, mais aussi de divers résidus provenant de l'industrie et de l'artisanat; capacité de traitement prévue: 220'000 tonnes/an.
Particularités: installations portuaires pour le transport fluvial des résidus ménagers; cheminée conique d'une hauteur de 100 m environ.
Réalisation 2e étape: 1976-1979.
Particularités: toiture métallique de la halle des fours construite intégralement au niveau +8,00 m puis montée par treuils à son niveau définitif +30,00 m; cheminée de 100 m sur fondation en béton précontraint.



Dépôt, ateliers et bâtiment administratif des TPG

Lieu: Bachet-de-Pesay, route de Saint-Julien.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: M. Buffo, P. Amsler (géotechnique).
Architecte: P. Marti et W. Rohner.
Entreprise: Induni & Cie SA (terrassement); C. Zschokke SA-Bariatti-Fehlmann (parois moulées, ancrages); Cochet-SIF Groutbor-Forasol (pieux, ancrages); Entreprises réunies Induni-Belloni-Ambrosetti (béton armé); Zwahlen & Mayr-Mabilia-Hess (charpentes métalliques); Auberson-Scrasa (dallages, béton bitumineux).
Réalisation: 1984-1991.
Description: bâtiment de 4 étages sur rez et 2 sous-sols; 60'000 m² de planchers; 450'000 m³ SIA.
Particularités: structure en béton armé sur pieux et dalle du niveau dépôt en béton armé de 30'000 m² sans joints pour les sous-sols et parking; dalle en béton armé à caissons préfabriqués et précontrainte par bande d'appui pour le niveau ateliers; sheds avec ponts-roulants, ossature métallique et planchers mixtes pour les ateliers et le bâtiment administratif.



Palexpo, Palais des Expositions et des Congrès

Lieu: Grand-Saconnex.
Maître de l'ouvrage: Société du Palais des Expositions.
Ingénieur: P. Tremblat & Cie SA, Solfor SA.
Architecte: J.-M. Ellenberger, G. Brera, J.-J. Gerber, A. Leman, B. Mollin.
Entreprise: Consortium Induni-Zschokke-Scrasa-Rampini-Jaquet (béton armé); Consortium Zwahlen & Mayr-Geilinger-Zschokke-Mabilia-Hess-Realmetallic-Koller (construction métallique); V.S.L. International (levage charpente).
Réalisation: 1981-83.

Description: bâtiment d'expositions d'une surface de planchers de 100'000 m²; 2'000'000 de m³ SIA; structure en béton armé et métallique.

Particularités: le nouveau Palais des Expositions comprend 4 halles de 85,00 x 170,00 m, soit 4 x 14'500 m², recouvertes par des charpentes métalliques triangulées sans pilier intermédiaire; les charpentes, la toiture, les vitrages et tous les équipements techniques ont été réalisés au niveau du sol; le levage de chaque toiture a été effectué avec des vérins placés au sommet des tours d'appui.

Gare CFF de Genève-Aéroport

Lieu: Cointrin, Grand-Saconnex.
Maître de l'ouvrage: CFF, 1er arrondissement.
Ingénieur: Realini, Bader & Associés SA, Liechti & Serex SA.
Architecte: G. Brera & Associés, Steiger + Partners.
Entreprise: Rampini & Cie SA.
Description: gare du raccordement ferroviaire de Cornavin à Cointrin; liaisons directes avec l'aéroport de Zürich-Kloten par le train, les TPG (Transports publics genevois), les halls «Départ» et «Arrivée» de l'aéroport, Palexpo; passage direct des bagages du train à l'avion; gare en sous-sol surmontée des services et d'une galerie marchande.
Particularités: travaux préliminaires pour déviation du réseau routier et des réseaux fluides; 400'000 m³ de terrassements et 14'000 m² de blindage; 120'000 m³ de béton armé et précontraint; charpente métallique et travaux d'étanchéité; restitution du réseau routier.

Halle tri-bagages

Lieu: aéroport de Genève-Cointrin.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: Honegger SA.
Architecte: P. Camoletti, E. Guex, J. Kirchoff.
Entreprise: Consortium Rampini-Scrasa-Fortis & Hogg (béton armé); Consortium Geilinger-Mabilia-Realmetallic (construction métallique).
Réalisation: 1985-1989.
Description: bâtiment pour le tri des bagages de l'aéroport de 5 étages sur rez et 4 sous-sols; 6500 m² de planchers par étage; 265'000 m³ SIA; structure en béton armé pour les sous-sols et les cages d'escaliers; structure métallique pour le rez et les étages.



Grand hangar pour avions

Lieu: aéroport de Genève-Cointrin.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: Conrad Zschokke SA, Döttingen.

Architecte: A. Lozeron.

Entreprise: Conrad Zschokke SA.

Réalisation: 1946-1948.

Description: hangar pour avions de 240,00 x 50,00 m; 12'000 m² de planchers; structure en béton armé pour les fondations et les parois; structure métallique pour le toit du hangar et les portes coulissantes; hauteur des portes 15,00 m.

Particularités: charpente triangulée classique en acier, portée 80,00 et 50,00 m.

Radio-goniomètre de la Dôle

Lieu: La Dôle (VD).

Maître de l'ouvrage: Radio-Suisse SA.

Ingénieur: A. Jorand & A. Roget SA.

Entreprise: Ch. Chabry, serrurier-constructeur.

Réalisation: 1978.

Description: structure métallique et fibre de verre; hauteur totale 18,50 m; diamètre du fût 800 mm; accès par l'intérieur; diamètre de la plate-forme 4500 mm; diamètre du radôme 7,00 m; vitesse du vent 200 km/h.

Particularités: construction en atelier et montage par hélicoptère d'un bâti pour recevoir un radio-goniomètre, à l'intérieur d'un radôme en fibre de verre.



Tunnel routier sous la piste de l'aéroport

Lieu: route de Ferney.

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.

Ingénieur: P. Tremblat.

Entreprise: V. Olivet SA.

Réalisation: 1960.

Particularités: ce tunnel routier exécuté sous la piste d'aviation de Genève-Cointrin mesure 430,00 m de long et 26,00 m de large; une paroi intermédiaire sépare les 4 voies principales des 2 voies reliant l'aéroport à la France; la dalle toiture précontrainte mesure 55 cm d'épaisseur et résiste au choc lors de l'atterrissage de Jumbo-Jets; les extrémités du tunnel sont prolongées par des brise-soleil.

Le domaine du génie civil proprement dit touche un secteur important de l'activité de l'ingénieur. L'ingénieur a l'habitude de faire une distinction entre les ouvrages pour lesquels il intervient au niveau de la structure essentiellement (bâtiments locatifs, administratifs, publics ou industriels) et ceux pour lesquels il joue un rôle primordial (ponts, tunnels, parkings, travaux d'assainissement). En effet, dans le premier cas, l'homme orchestre est l'architecte, alors que l'ingénieur est le représentant direct du maître de l'ouvrage lorsqu'il s'agit de travaux de génie civil.

Quelques ouvrages propres au génie civil (réalisations les plus caractéristiques de Genève) sont cités ci-après et accompagnés de quelques commentaires. Ce chapitre est divisé en trois spécialités, à savoir:

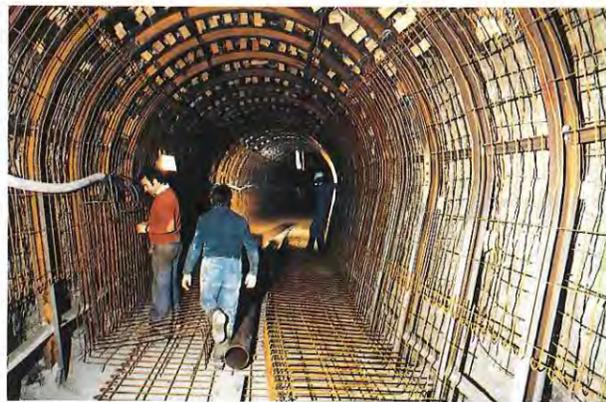
- les tunnels, galeries ou tranchées;
- les parkings;
- les ouvrages relatifs, plus particulièrement, aux voies de communication.

Les tunnels, galeries et tranchées

Ce type d'ouvrages est relativement récent à Genève. En effet, l'explosion démographique des années 1960 pose le problème de l'équipement du canton en infrastructures sous des aspects entièrement nouveaux. Les besoins deviennent considérables.

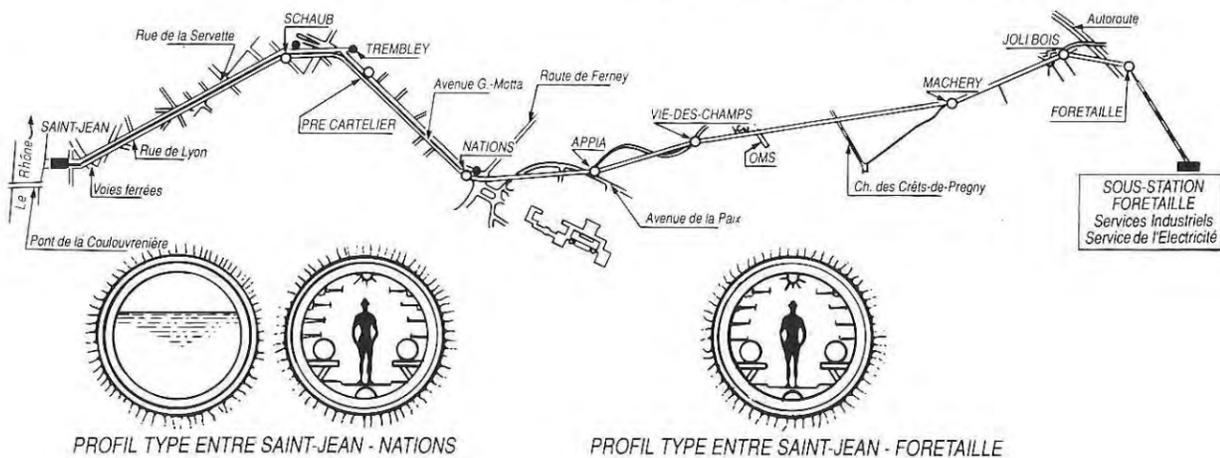
Le développement économique, lié au taux de motorisation exceptionnel de Genève, implique des solutions nouvelles et dynamiques afin de répondre à ces exigences. L'agrandissement de l'aéroport, avec la prolongation de la piste de quatre kilomètres, conduit tout naturellement à la couverture de la route de Ferney (1960).

La distribution de l'énergie électrique sur tout le territoire du canton exige la construction de galeries importantes permettant les liaisons indispensables entre les grandes stations électriques qui entourent la ville.



Galerie technique Saint-Jean/Foretaille

Lieu: du Bois de Foretaille au Jardin de Saint-Jean.
Maître de l'ouvrage: Service Protection civile de la Ville de Genève et Entreprise des Téléphones.
Ingénieur: P.-L. Mouchet & C. Dubois; Mouchet, Dubois, Boissonnard SA, succ.
Entreprise: Murer SA.
Réalisation: 1969-1974.
Particularités: galerie souterraine profonde de 4600 m de longueur en terrain quaternaire (1200 ml) et molasse (3400 ml); pousse-tube de 130 ml dans dépôt quaternaire pour câbles électriques (130 et 18 KV), câbles téléphoniques et conduites d'eau (500 mm); section excavée 8,55 m²; section utile 6,20 m²; revêtement béton dans terrain quaternaire; revêtement «gunité» dans molasse; 6 puits d'accès et sorties de canalisation; 5 forages pour sorties câbles électriques et téléphone; 5 forages pour sorties conduites d'eau.



Galerie Saint-Jean - Poste

Lieu: du Jardin de Saint-Jean au quai de la Poste.
Maître de l'ouvrage: Services Industriels de Genève.
Ingénieur: P. & C. Dériaz & Cie SA.
Entreprise: Association Zschokke-Losinger-Murer-Spinedi.
Réalisation: 1984-1988.



Galerie Renfile - chemin de l'Etang

Maître de l'ouvrage: Services Industriels de Genève.
Ingénieur: P. & C. Dériaz & Cie SA.
Entreprise: Association Rampini-Nibbio, (sous-traitant pour travaux de galerie: Walo Bertschinger).
Réalisation: 1984-1986.



L'Aire, galerie de décharge au Rhône

Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: P.-L. Mouchet & C. Dubois; Mouchet, Dubois, Boissonnard SA, succ.
Entreprise: Consortium Galerie de l'Aire: Zschokke-Losinger-Murer-Spinedi.
Réalisation: 1982-1985.
Particularités: galerie d'évacuation des crues de l'Aire; longueur de 2170 m, dont 135 m à l'air libre et 2035 m en galerie en dépôt quaternaire et molasse; capacité d'évacuation de 60 m³/sec.; section utile 8,00 m²; aménagement comprenant la dérivation du cours naturel de l'Aire, un ouvrage prise d'eau (saut de ski) et un ouvrage de restitution au Rhône avec déflecteur destructeur d'énergie, en béton de forme conique.

Autre conséquence du développement de la circulation, l'exécution du contournement autoroutier par l'ouest, décidé lors d'une votation populaire en 1980. Cette réalisation comporte des ouvrages très importants à l'échelle de Genève, notamment la construction de deux tunnels autoroutiers: celui de Vernier destiné à éviter le passage sur la presqu'île de Loex et celui de Confignon permettant de protéger les populations environnantes.

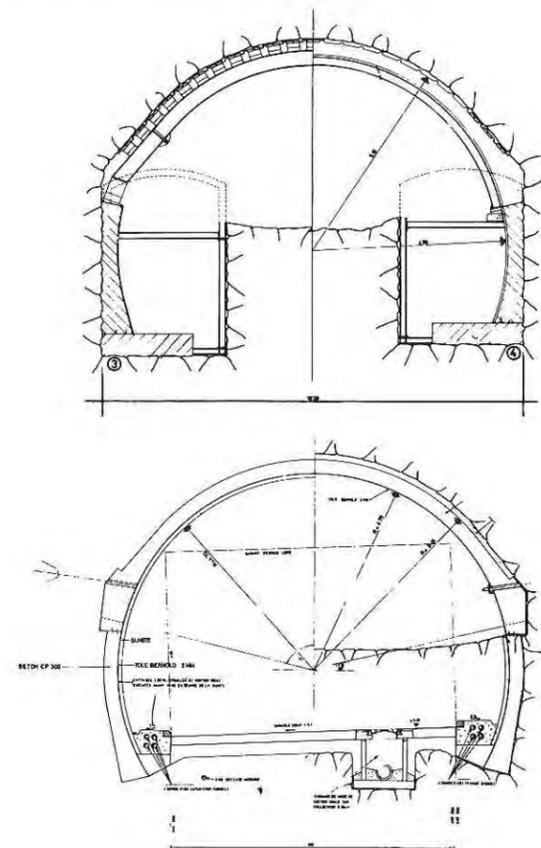
Dans le même esprit, la tranchée couverte de Chèvres protège le hameau du même nom contre les nuisances de l'autoroute.



Portail ouest.



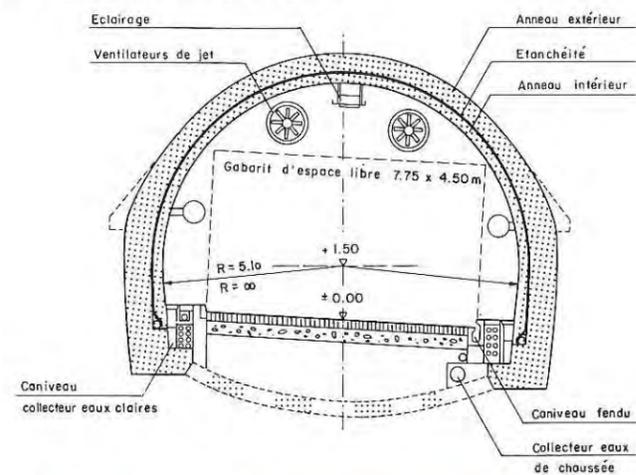
Vue du chantier avant remblayage.



Tunnel routier de Carouge

Lieu: route du Val-d'Arve, Carouge.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: Solfor SA, P. & C. Dériaz & Cie SA, Société Générale pour l'Industrie SGI.
Entreprise: Consortium Zschokke-Cuénod-Losinger-Murer-Spinedi.
Réalisation: 1977-1980.
Particularités: tunnel routier de 550,00 m de long.

Section transversale d'un tube.



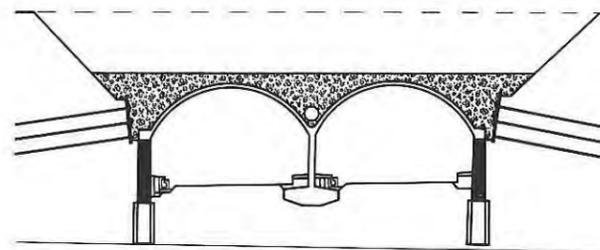
Tunnel autoroutier de Vernier

Lieu: autoroute RN1a, évitement de Genève.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: Association P. & C. Dériaz & Cie SA + P. Amsler.
Entreprise: Association Zschokke-Losinger-Prader-Murer-Spinedi-Rothpletz, Lienhard-Schmalz.
Réalisation: 1986-1991.
Particularités: tube Rhône de 1860 m de long; tube Jura de 1781 m.



Tranchées couvertes d'Aigues-Vertes

Lieu: autoroute RN1a, Chèvres.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: Association Perreten & Milleret SA + P. Erbécia - J.-L. Bouchardy.
Entreprise: Consortium Zschokke-Spinedi-Fehlmann Travaux hydrauliques.
Réalisation: 1986-1988.
Particularités: tunnel autoroutier de 400 m de long.



Parking circulaire de Montchoisy-Vollandes

Lieu: rue de Montchoisy, rue des Vollandes.

Ingénieur: A. Jorand et A. Roget SA.

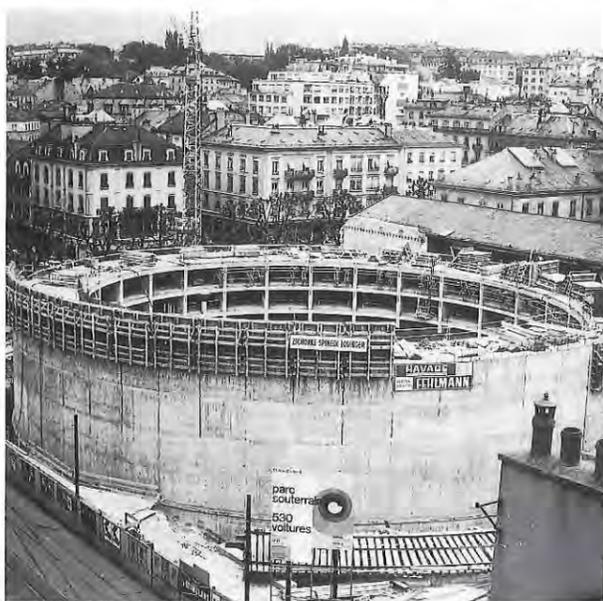
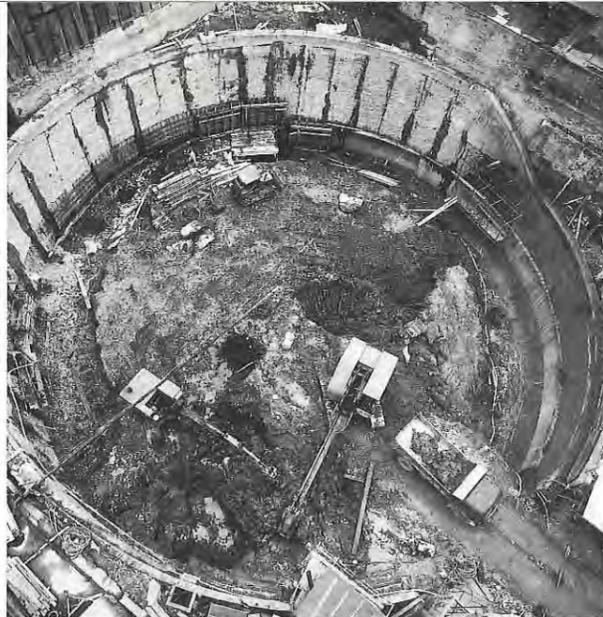
Architecte: J. Cerutti.

Entreprise: Injectobohr.

Réalisation: 1972.

Description: parking circulaire de 5 niveaux sous bâtiments commerciaux et logements.

Particularités: fouille cylindrique dans paroi moulée sans étayage; paroi moulée de 60 cm d'épaisseur, 40,00 m de diamètre à l'axe, 19,00 m de profond dont 5,50 m de fiche; sommier de raidissement au sommet, anneau intérieur au 4e sous-sol; terrain de limon argileux sur alluvion ancienne; nappe phréatique artésienne maîtrisée par injection de silicates et puits de décharge; remise en pression naturellement pour soulager le poids de la construction.



Garage Rive-Centre

Lieu: boulevard Helvétique 31-33.

Maître de l'ouvrage: Bureau d'Etudes Financières et Immobilières.

Ingénieur: Kündig & Frey, Zürich, coll. P. Vajda.

Architecte: F. Jenny.

Entreprise: Conrad Zschokke SA.

Réalisation: 1960-1963.

Description: garage souterrain de 530 places comprenant une rampe hélicoïdale de 22,00 m de largeur avec circulation centrale à double sens et places de stationnement perpendiculaires sur les deux côtés; cylindre de 57,00 m de diamètre comportant 6,3 spires.

Particularités: construction par havage d'un caisson à ciel ouvert constitué d'une paroi cylindrique raidie par les cloisons et les dalles des boxes extérieurs; construction en béton armé réalisée en 2 étapes; début de l'enfoncement dès la fin de la 1ère étape, soit la demi-hauteur de l'ouvrage; bétonnage de la 2e étape parallèlement au havage; poids maximum du caisson 13'000 tonnes; course du havage 24,20 m; durée 11 mois; profondeur finale du couteau du caisson 28,00 m; après le havage, bétonnage d'un radier général et construction normale de la partie centrale; le garage cylindrique est surmonté d'un groupe d'immeubles de 8 étages implantés dans un quadrilatère circonscrit.

Les parkings

Le développement spectaculaire du trafic automobile conduit aussi, tout naturellement, à la construction de places de parcage.

Certaines de ces constructions sont particulièrement spectaculaires, telles le garage de Rive-Centre (1960) réalisé par havage d'un caisson de 57 m de diamètre exécuté à ciel ouvert. Le parking sous-lacustre (1969) est construit dans la petite rade, sous une profondeur d'eau variant de 2,50 à 4 mètres. Le parking du Département des Travaux Publics, rue David-Dufour, est réalisé en partie dans la molasse. Le parking P1 de l'aérogare de Cointrin comporte 3000 places et mesure 350 mètres de longueur. Cet ouvrage de six niveaux est surmonté d'un viaduc sur toute sa longueur.

Le parking du Prieuré, avec ses 76 places sur quatre niveaux, sert de support à la station de traitement des eaux (1987-88).

Le parking circulaire de Montchoisy-Vollandes est exécuté à l'aide de parois moulées, sans étayage; il comprend cinq sous-sols et mesure 40 mètres de diamètre.

A signaler aussi, la réalisation d'un parking «Rotopark» à l'aéroport, système électro-mécanique de stockage des voitures.

Parking P1 de l'aérogare de Cointrin

Lieu: aéroport de Genève-Cointrin.

Maître de l'ouvrage: Fondation pour l'exploitation de parkings.

Projet: Ingénieur: Realini, Bader & Associés SA.

Architecte: G. Brera, B. Mocellin, P. Boecklin.

Exécution: Ingénieur: C. Fischer, collaborateur B. Fisch.

Entreprise: Consortium Zschokke-Induni-Ambrosetti-Spinedi.

Réalisation: 1983-1985.

Description: parking accolé à la gare CFF de Cointrin au nord-ouest et confiné à l'autoroute au sud-est; capacité de 3000 places.

Particularités: cet ouvrage de 350 m de long et de 6 niveaux est surmonté d'un viaduc sur toute sa longueur; les accès sont situés aux 2 extrémités sous forme de rampes hélicoïdales; terrassement effectué à l'abri d'un blindage (paroi moulée ou épinglée); ensemble cloué au terrain par des ancrages; les ancrages ont été détendus après l'exécution de l'ouvrage et les dalles du parking reprennent les poussées; structure composée de piliers articulés à la base avec champignons incorporés en tête (entièrement préfabriqués) et de dalles de 20 cm pour les parkings et de 38 cm pour la dalle couverture; stabilité générale assurée par les dalles et les murs d'enceinte.



Parking du Mont-Blanc

Lieu: pont du Mont-Blanc, quai Général-Guisan.

Maître de l'ouvrage: Parking du Pont du Mont-Blanc SA.

Projet: Conrad Zschokke SA + General Parking SA.

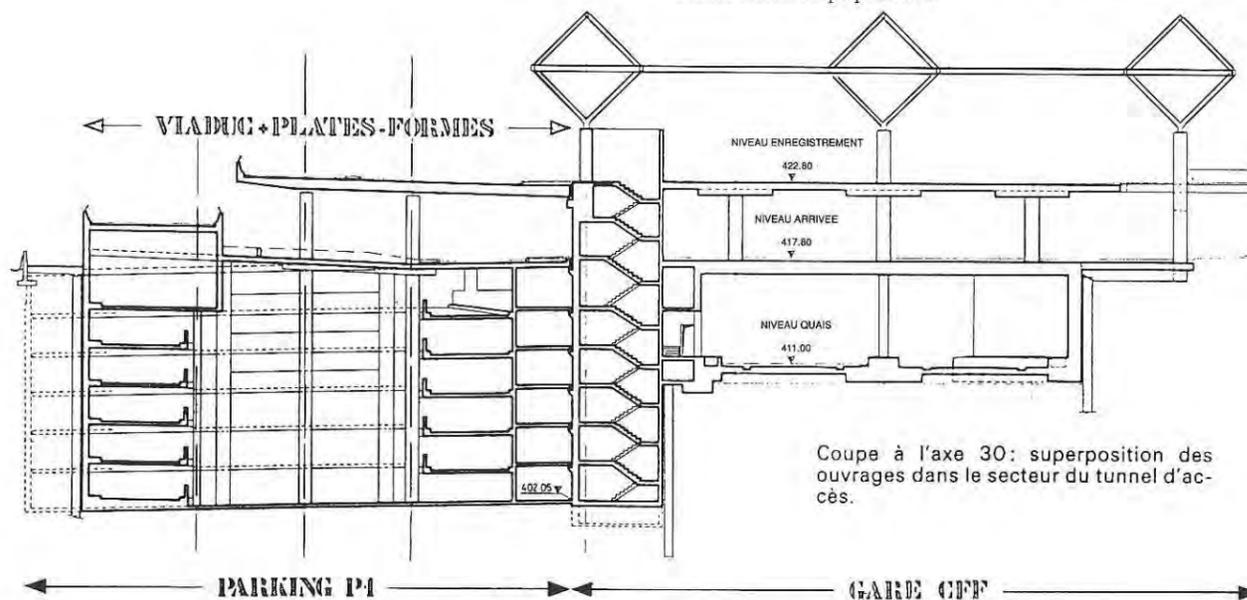
Ingénieur: Conrad Zschokke SA, C. Bigar + J. Urner, Géotechnique appliquée P. & C. Dériaz SA.

Entreprise: Conrad Zschokke SA.

Réalisation: 1969-1972.

Description: parking immergé de 1450 places réparties sur 4 niveaux semblables reliés entre eux par des rampes droites; situé dans la petite rade, entre le pont du Mont-Blanc et le pont des Bergues, il ne modifie pratiquement pas l'aspect des lieux.

Particularités: les charges importantes dues aux 2,50 à 4,00 m d'eau supportées par la dalle en béton armé de la couverture sont transmises par des piliers et par le mur d'enceinte à un radier général; le mur d'enceinte est exécuté en paroi moulée; les trois dalles intermédiaires reposent sur les piliers et sur des corbeaux de pourtour; les déformations dues aux variations de température sont limitées dans les dalles d'étages grâce à un système de joints de dilatation et d'appuis "néoprène"; les conditions hydrologiques des eaux du Rhône ont permis d'entreprendre ces travaux à sec, sur toute l'aire de construction, à l'abri d'un batardeau formé d'un double rideau de palplanches.



Vue d'ensemble de la Zone industrielle de La Praille-Acacias



Les voies de communication

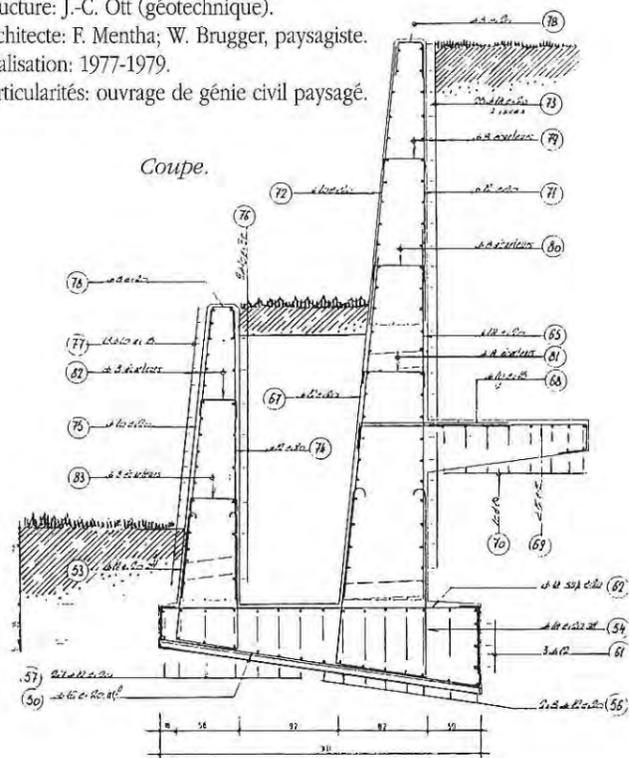
L'ingénieur civil apporte aussi une large contribution à l'étude et à la planification des grandes voies de communication. Notamment pour l'autoroute, mais aussi pour de nombreuses routes cantonales et communales.

L'intégration des ouvrages routiers dans le site ou dans l'environnement bâti et l'aménagement paysager deviennent des facteurs clés dont l'ingénieur doit largement tenir compte. A titre d'exemple, les murs de soutènement de la rampe de Vésenaz.



Rampe de Vésenaz - murs de soutènement

Lieu: route de Thonon.
Maître de l'ouvrage: Etat de Genève.
Ingénieur: C. Huguenin.
Structure: J.-C. Ott (géotechnique).
Architecte: F. Mentha; W. Brugger, paysagiste.
Réalisation: 1977-1979.
Particularités: ouvrage de génie civil paysagé.



De même, l'ingénieur civil est mandaté pour l'aménagement et la réalisation de tous les équipements nécessaires aux zones industrielles entourant la ville. A relever, parmi les plus importantes, les zones de La Praille-Acacias, Meyrin-Satigny et Plan-les-Ouates, sans oublier celles directement gérées par les CFF.

La réalisation de la liaison ferroviaire Cornavin-Cointrin nécessite la construction de nombreux ouvrages d'art. En premier lieu, la nouvelle gare de Cointrin avec toutes les difficultés que comporte son intégration dans un site déjà fortement grevé par d'autres activités. Ensuite, cette opération entraîne la modification de la liaison La Plaine-Cornavin et la réalisation d'un ouvrage assez particulier dit «saut-de-mouton». Le développement de l'aéroport implique la réalisation de halles importantes, déjà citées, mais aussi le renforcement des pistes d'envol et d'atterrissage. Ce travail exécuté de nuit exige la mise en œuvre de moyens exceptionnels. La nouvelle tour de contrôle, dont l'esthétique est remarquable, est également à mentionner.



Réfection de la piste principale de l'Aéroport.

Lieu: Genève-Cointrin.
Maître de l'ouvrage: Aéroport de Genève-Cointrin.
Entreprise: Consortium Conrad Zschokke SA - Induni & Cie SA.
Réalisation: dès 1977.

Particularités: cette réfection s'opère avec des dalles préfabriquées ayant fait l'objet d'études complètes de mise en œuvre nécessitées par des conditions draconiennes de sécurité; travail réalisé dans un laps de temps comprimé dans des limites extrêmes, soit entre 0 h. 00 et 5 h. 00.



Tour de contrôle de Cointrin

Lieu: aéroport de Genève-Cointrin.
Maître de l'ouvrage: Office fédéral de l'aviation civile représentant l'Office des constructions fédérales, arrondissement I, Lausanne.
Ingénieur: Tremblat & Cie SA.
Architecte: J.-M. Ellenberger, J.-J. Gerber, F. Mentha.
Entreprise: J.-M. Raviglione (maçonnerie); Geilinger SA (constructions métalliques).
Réalisation: 1984.

Description: tour de contrôle pour le trafic aérien; Prix européen de la construction métallique 1987.

Particularités: les étages sont situés entre 20,00 et 34,00 m; d'une envergure maximum de 22,00 m, ils sont portés par un noyau en béton armé de 6,00 x 6,00 m et 4 colonnes métalliques; la structure des planchers des étages est mixte; les poutres métalliques forment un double réseau orthogonal pour obtenir la rigidité maximum pour une hauteur de construction minimum.

Liste des membres de l'Association Genevoise des Ingénieurs

Pierre Amsler
31, rue de Chêne-Bougeries,
1224 Chêne-Bougeries

François Bapst
138, route de l'Etraz, 1290 Versoix

B.M.S. Barde-Mantilleri-Schwarz SA
4, boulevard des Promenades, 1227 Carouge

René Barthassat
14, avenue Vibert, 1227 Carouge

Jacques Bauty
13, Champ-des-Bois, 1234 Vessy

BG Bonnard & Gardel SA
81b, avenue de Châtelaine, 1219 Châtelaine

Bigard & Urner
6, avenue de Frontenex, 1211 Genève 6

Boesch - Zanini
36, avenue Ernest-Pictet, 1203 Genève

Bourquin & Stencek SA
8, chemin Rieu, 1208 Genève

Michel Buffo
23, rue Lamartine, 1203 Genève

Luc Camen & Jean Rutschi
12, rue Schaub, 1202 Genève

Roger de Chambrier
1, rue du Cloître, 1204 Genève

Michel Châtelain
19, Pont-du-Centenaire, 1213 Onex

Conti & Hermann SA
Case postale 428, 1290 Versoix

Cosmetatos & Bagattini
90, rue de Saint-Jean, 1201 Genève

Blaise Dériaz
35, boulevard de la Cluse, 1205 Genève

Epars & Devaud SA
14, chemin des Clochettes, 1206 Genève

Pierre Erbeia & Jean-Luc Bouchardy
3, rue Vautier, 1227 Carouge

Claude Fischer SA
112, route de Florissant, 1206 Genève

Claude Fol & Alex Duchemin
11, rue Sillem, 1207 Genève

Antoine Fontaine
14, avenue Vibert, 1227 Carouge

Fortis & Aegerter SA
26, rue des Charmilles, 1203 Genève

Gallay & Jufer SA
1, ch. Plein-Vent, Arare, 1228 Plan-les-Ouates

Louis Gay
81, avenue Louis-Casaï, 1216 Cointrin

GEOS Ingénieurs Conseils SA
37, quai Wilson, 1201 Genève

Géotechnique Appliquée
P. & C. Dériaz & Cie SA
10, rue Blavignac, 1227 Carouge

M. P. Giannakopoulos
99, route d'Hermance, 1245 Collonge-Bellerive

Haldi Robert
2, boulevard des Promenades, 1227 Carouge

Herrera Fernando
1, rue Pedro-Meylan, 1208 Genève

Honegger SA
62, route de Frontenex, 1211 Genève 6

Huguenin Claude-E.
31, chemin du Ruisseau, 1216 Cointrin

Jeheber + Sansonnens ICA SA
12, chemin Colladon, C.P. 136, 1211 Genève 19

Joran A. + Roget A. SA
26, avenue Vibert, 1227 Carouge

Klemm Pierre-Richard
13, avenue Helvétique, 1225 Chêne-Bourg

Liechti & Serex SA
70, route du Pont-Butin, 1213 Petit-Lancy

Errico Lygdopoulos
10, rue de la Croix-d'Or, 1204 Genève

Massey & Ingénieurs Associés SA
58, rue de la Terrassière, 1207 Genève

Jean-Pierre Morhardt
26, chemin Colladon, 1209 Genève

Pierre Moser
29, route de Chêne, 1208 Genève

Raymond-E. Moser
2-4, rue des Grand-Portes, 1213 Onex

Mouchet-Dubois-Boissonnard SA
27, chemin de la Vendée, 1213 Petit-Lancy

R. Noel
1, rue Pedro-Meylan, 1206 Genève



Nouvelles motrices TPG

Caractéristiques: tramway articulé à plancher surbaissé pour les Transports Publics Genevois; hauteur du plancher 48 cm; longueur totale 21,90 m; largeur 2,30 m; 48 places assises et 132 places debout; poids total en service 27 tonnes.

Constructeurs: Ateliers de constructions mécaniques de Vevey SA; BBC SA, Baden; Duewag SA, Düsseldorf (D).

Le monorail type Von Roll est un train aérien composé d'un nombre variable de wagons, dix au maximum, conduit manuellement depuis une centrale, et circulant sur une poutre-caisson supportée par des poteaux distants de 25 à 35 m, hauteur moyenne sous poutre de 5,50 m, rayon de courbure minimum de 20 m, pente maximum de 6%. La capacité de transport est de 15'000 personnes par heure, avec un nombre de personnes par train de 250 et une vitesse de 60 km/h.

Un projet pour la zone aéroportuaire de Cointrin a été établi en 1986/1987 par les architectes B. Erbeia - Honegger SA et les ingénieurs G. U. Ventouras - Zimmermann & Schuttlé afin de relier entre eux tous les bâtiments entre Air Center/Jumbo et Du Pont de Nemours International, ainsi que les parkings. Ce projet comprend 19 stations pour un réseau de 7,3 km de long, embranchement prévu pour les organisations internationales.

H. Naïmi et G. A. Steinmann ont prévu dans le projet de pont sur la rade (voir «Les ponts du futur», page 102), le passage d'un monorail dans le tablier à l'amont et à l'aval, dans l'idée de l'extension de ce dernier aux organisations internationales et à la descente sur les quais (tour de la rade).



Frank Otten
23, rue de la Fontenette, 1227 Carouge

M. Paquet
9, rue du Photographe, 1207 Genève

Perreten & Milleret SA
21, rue Jacques-Grosselin, 1227 Carouge

Perrin & Spaeth
27, avenue Louis-Favre, 1201 Genève

Polak-Froidevaux & Cie SA
2, Carrefour de Rive, 1207 Genève

P. E. G. SA
2-4, rue du Lièvre, 1211 Genève 24

C. Racouillet
5, ruelle des Templiers, 1207 Genève

Realini-Bader & Associés SA
15, avenue du Bois-de-la-Chapelle, 1213 Onex

Rigot-Rieben SA
48, route des Acacias, 1227 Carouge

Jean-Pierre Sage
16, rue Vautier, 1227 Carouge

Karl Schäfer
4, route du Grand-Lancy, 1227 Acacias

Schindelholz & Dénériaz Genève SA
36, avenue Ernest-Pictet, 1203 Genève

Pierre Schweizer
8, rue Frédéric-Amiel, 1203 Genève

Jean-Jacques Seiler
4, rue Chantepoulet, 1201 Genève

L. Simon
110, rue de Lyon, 1203 Genève

SGI Société Générale pour l'Industrie
71, avenue Louis-Casali, 1216 Cointrin

Solfor SA
12, chemin Pré-Bois, 1216 Cointrin

A. Spycher
15, route de Chêne, 1207 Genève

Georges A. Steinmann
20, chemin David-Munier, 1223 Cologny

André Sumi & Babel
11, avenue Sainte-Clotilde, 1205 Genève

Tournier, Guscetti, Wälchli; succ. H. Naïmi
14bis, avenue Dumas, 1206 Genève

Tremblet & Cie SA
27, rue Montbrillant, 1201 Genève

Pierre Tremblet
14, quai du Seujet, 1201 Genève

Heinz Weisz
32, avenue de Frontenex, 1207 Genève

Karl Wintsch
39, rue Peillonex, 1207 Genève

Jean-Marie Yokoyama
70, route du Pont-Butin, 1213 Petit-Lancy

Zimmermann & Schuttlé SA
2, rue des Grand-Portes, 1213 Onex

Crédit des illustrations

Département des Travaux Publics: p. 68: pont du Mont-Blanc 1900 – p. 79: coupe et élévation du pont Neuf – p. 80: pont de Sierne en bois, 1844; pont 1945 – p. 83: situation, élévation et coupes du viaduc de Cartigny – p. 84: coupe sur piles et travées, pont 1903; coupe élargissement 1964-1965 – p. 85: coupe transversale du pont Butin – p. 87: élévation du pont-rail de la Jonction – p. 91: coupes longitudinale et transversale du pont-rail du Grand-Lancy – p. 92: coupe longitudinale et transversale du pont de Drize; coupe transversale du pont du Val-d'Arve – p. 94: coupe transversale du viaduc du Vengeron; coupe transversale du pont Saint-Victor – p. 96: coupe transversale du pont des Bergues – p. 97: coupes transversales et vue en plan du pont des Délices – p. 99: photo et coupe transversale du pont d'Aigues-Vertes – p. 100: photo de la maquette, coupe transversale et élévation du pont suspendu sur la rade – p. 101: photo de la maquette et coupe transversale du pont tendu sur la rade; photo de la maquette du pont d'Aigues-Vertes – p. 131: coupe des tranchées couvertes d'Aigues-Vertes.

Archives de l'Etat: p. 77: plan de l'île aux Barques; plan du 25.1.1844 – p. 78: plan du 16.4.89 – détails du 16.4.89.

Musée du Vieux-Genève: p. 19: Ancien Palais des Expositions – p. 52: locomotive à vapeur (coll. iconographique du Vieux-Genève).

Services Industriels de Genève: p. 26: réservoirs de Jussy et de Bossy – p. 27: coupe de la station de pompage de Soral – p. 30: photo et plan de l'usine à vapeur – p. 31: usine de pompage à vapeur – p. 60: bâtiment des Forces Motrices, 1883-1889; usine hydroélectrique de Chancy-Pougny, 1925; usine hydroélectrique de Chèvres, 1892; usine hydroélectrique de Verbois, 1943 – p. 122: station de réalimentation de la nappe souterraine – p. 126: galerie technique Saint-Jean/Foretaille – p. 128 (gauche): galerie technique des Rues Basses.

Office du Tourisme de Genève: p. 117: photo du bâtiment du Centre International de Conférences de Genève, CICG.

Conrad Zschokke SA: p. 96: coupes longitudinale et transversale du pont de Sous-Terre – p. 113: usine Tarex SA – p. 128 (droit): galerie technique des Rues Basses – p. 129: photo du puits Vortex – p. 132: garage de Rive-Centre – p. 133: parking du Mont-Blanc – p. 135: réfection de la piste de l'aéroport.

Association suisse des fabricants de chaux et ciments: p. 24: façade préfabriquée Prix béton.

Géotechnique Appliquée P. & C. Dériaz & Cie SA (photos Michel Odier): p. 127: galerie Saint-Jean/Poste; galerie Renfile/chemin de l'Étang.

Jean Spinedi SA: p. 51: ancienne goudronneuse.

ABB Sécheron SA: p. 112: halles 11 et 12.

Mabilia & Cie: p. 6: camion-grue.

Perreten et Milleret SA: p. 12: halle des fêtes de l'Exposition Nationale; plan du hangar de carénage – p. 31: extrait du plan directeur des égouts de Carouge – p. 36: champs de moments fléchissants (programme MAPS); plan de coffrage – p. 45: coupe d'un élément type de préfabriqué – p. 53: alignements et courbes de routes; graphique des chaussées et autoroutes – p. 108: porte-à-faux du bâtiment de l'Helvetia – p. 134: coupe de la rampe de Vésénaz.

L. Mouchet: p. 20: essais de charge du pont de Vessy; MM. Maillart et Ros – p. 40: enceinte batardeau du Seujet – p. 64: l'Aire, tronçon canalisé et en amont du pont du Centenaire – p. 65: Nant du Gobé; la Seymaz; Nant des Châtaigniers, avant et après les travaux – p. 127: l'Aire, galerie de décharge au Rhône.

G. A. Steinmann: p. 54: étayage intérieur d'immeubles – p. 69: Genève 1863 – p. 70: les ponts de l'île brûlant le 18.1.1670 – p. 82: gravure du pont de 1856-1857 – p. 83: gravure du pont 1861-1862 – p. 88: coupe transversale du pont de l'Ecu – p. 101: situation et coupes longitudinale et transversale du pont d'Aigues-Vertes – p. 102: coupe transversale, élévation, vue en plan et situation du pont haubané sur la rade – p. 111: coupe du BIT – p. 117: coupe transversale du CICG.

A. et G. Zimmermann: p. 28: anciens moulins de la Coulouvrenière (coll. privée); la Coulouvrenière en 1880 (coll. BPU Genève) – p. 50: déchargement des moellons de Meillerie (coll. privée) – p. 59: bâtiment du pont de la Machine, XXe siècle (coll. privée); pont de la Machine en 1868 (coll. BPU Genève) – p. 63: ancien jet d'eau de la Coulouvrenière (coll. privée) – p. 74: plan original du 1.1.1823; pont de Saint-Antoine de J. Du Bois (coll. BPU Genève) – p. 77: le pont et l'hôtel des Bergues (coll. BPU Genève).

Len Sirman Press: p. 7: viaducs de Chillon – p. 63 et 89: jet d'eau et ponts de Genève – liseuse: cathédrale et rade de Genève.

Studio de photographie Gérard Chardonens: p. 6: la Tulipe – p. 7: Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle – p. 8: fontaines des tours de Carouge – p. 10: plan-relief de Genève – p. 11: mairie de Vernier – p. 13: ferme genevoise; mur de la Treille – p. 14 et liseuse: mairie de Vernier; Hôtel de Ville; église Notre-Dame – p. 15: temple de la Fusterie – p. 16: Nant des Crues; détail de la nef de la cathédrale; Hôtel des Postes – p. 17: pont du Mont-Blanc – p. 18: patinoire des Vernets – p. 19: colonne en fonte – p. 20/21: bâtiment Sicli – p. 32: station d'épuration d'Aire – p. 40: quai du Seujet – p. 41: pont Butin – p. 45: la Gradelle – p. 46: centre sportif de Carouge; Cendrier-Centre – p. 47: Laiteries Réunies – p. 51: autoroute de contournement; gare CFF de la Praille – p. 52: transport des ordures par barges; complexe de l'aéroport de Genève-Cointrin – p. 54: maison Bonnet – p. 55: immeubles place Cornavin; ancienne école du Grütli – p. 79: Pont-Neuf – p. 82: pont de la Coulouvrenière – p. 83: viaduc de Cartigny – p. 84: pont du Mont-Blanc – p. 87: pont de Peney; pont-rail de la Jonction – p. 88: viaduc de l'Ecu – p. 91: pont des Acacias – p. 92: pont du Val-d'Arve – p. 93: viaduc de la Versoix – p. 94: viaduc du Vengeron; ponts Saint-Victor – p. 95: viaduc du Pailly – p. 96: pont des Bergues – p. 97: passerelle du Lignon – p. 98: viaduc de l'Ecu – p. 99: pont de Sierne – p. 103: maison Tavel; mur de soutènement à la Treille; immeuble place du Marché à Carouge – p. 104: immeuble de style national; Corratierie – p. 105: Cité Nouvelle, Onex; cité satellite Meyrin; cité satellite du Lignon – p. 106: les Schtroumpfs; tours de Carouge – p. 107: tours Cérésolle; tour Hogarlan – p. 108: immeuble-tour à Vermont – p. 109: Caisse d'Épargne; la Genevoise – p. 110: OMPI; Palais des nations; gare CFF de la Praille – p. 111: BIT – p. 112: centre de traitement du linge – p. 114: groupes scolaires; extension du collège Calvin – p. 115: Ecole de Commerce; Sciences II et III – p. 116: église d'Onex; église Sainte-Jeanne-de-Chantal; centre paroissial de Montbrillant; temple de Châtelaine – p. 117: Confédération-Centre – p. 118: Grand Casino; Balexert; aula des collèges Calvin et Candolle – p. 119: Grand Théâtre; La Placette – p. 120: hôtel Warwick; piscine des Vernets; patinoire des Vernets – p. 121: Hôpital cantonal; halle de fret – p. 122: les Cheneviers; bâtiment TPG – p. 123: Palexpo; gare CFF Genève-Aéroport; halle tri-bagages – p. 124: hangar pour avions – p. 125: tunnel routier sous l'aéroport – p. 130: tunnel routier de Carouge – p. 131: tunnel autoroutier de Vernier – tranchées couvertes d'Aigues-Vertes – p. 134: rampe de Vésénaz – p. 135 et liseuse: tour de contrôle de l'aéroport – p. 136: nouvelles motrices TPG.

Remerciements

Pour écrire et illustrer «L'ingénieur civil à Genève», nous avons eu recours à des organismes publics et privés et à des personnes qui ont aimablement mis à notre disposition des documents, des photographies, des plans, des coupes, des dossiers et nous ont autorisés à consulter leurs archives. Nous les remercions vivement de leur amabilité et de leur disponibilité.

Nous avons eu notamment recours aux sources suivantes:

le Département des Travaux Publics, en particulier M. le conseiller d'Etat Christian Grobet et M. Arthur Harmann, ingénieur cantonal, ainsi que les collaborateurs du Service des ponts;
les Archives de l'Etat;
les Archives de la Ville de Genève;
les Services Industriels de Genève;
la Bibliothèque universitaire;
le Musée du Vieux-Genève.

Il faut aussi mentionner l'aide financière que les organismes et entreprises suivantes nous ont apportée et sans laquelle nous n'aurions pu éditer cet ouvrage:

Département des Travaux Publics de la République et Canton de Genève;
Département municipal des Constructions et de la Voirie de la Ville de Genève;
Services Industriels de Genève;
AGI, Association Genevoise des Ingénieurs;
SIA, Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, Section de Genève;
ainsi que les entreprises:
– R. Ambrosetti;
– Geilinger SA;
– Induni & Cie SA;
– J. Mabilia & Cie;
– Murer SA;
– Rampini & Cie SA;
– J. Spinedi SA;
– Conrad Zschokke SA;
– Zwahlen & Mayr SA.

