

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 105 (1979)
Heft: 15

Artikel: Pont CFF du Nant d'Avril à Vernier, Genève
Autor: Légeret, François
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73842>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 22.05.2025

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

Pont CFF du Nant d'Avril à Vernier, Genève

par François Légeret, Onex (Genève)

La construction du pont CFF du Nant d'Avril s'insère dans l'aménagement de la future zone industrielle de Meyrin-Satigny, entre Genève et le CERN. C'est en 1971 que le Grand Conseil genevois vota les crédits nécessaires à la création d'un réseau routier devant desservir les futures industries qui s'implanteront dans la région.

La principale artère du réseau est la route du Nant d'Avril. Son tracé croise la ligne CFF Genève-La Plaine en passage inférieur, à quelque 300 mètres de l'actuelle halte de Vieux-Bureau. (Fig. 1.)

Le pont CFF est destiné à supporter les deux voies existantes plus une future voie de desserte pour le trafic ferroviaire de la zone industrielle de Meyrin-Satigny (ZIMEYSA).

1. Conception de l'ouvrage

Les dimensions principales de l'ouvrage sont définies géométriquement par la nécessité de supporter trois voies au-dessus d'une route de 20 m de largeur, faisant avec celle-ci un angle fermé de 22 degrés seulement.

La conception de l'ouvrage est avant tout basée sur l'aspect général.

En d'autres termes, les décisions de construction et de formes ont été prises en considérant l'esthétique en grand : il faut qu'un observateur placé à bonne distance du pont ait devant lui un ouvrage dont les formes soient clairement exprimées, tout en étant discrètes.

A première vue, le fait de construire un tablier de 1,10 m d'épaisseur avec en plus des bordures de 65 cm de hauteur,

allait à l'encontre de ce souhait. Pour pallier le risque de voir le tablier trop épais par rapport à la portée libre, il fut décidé de façonner la partie supérieure des murs de retour selon le même dessin que les flancs du pont (fig. 2).

Ajoutons que les murs de retour permettent un éclairage naturel sous le tablier plus favorable que des murs de soutènement dans le prolongement des culées.

2. Description de l'ouvrage

2.1 Géologie et hydrologie

La campagne géotechnique relative à l'ouvrage a consisté à exécuter six forages tubés de 9 à 12 m de profondeur.

On peut dire qu'à part un terrain de couverture constitué principalement par des dépôts de ruissellement et par des remblais dont l'existence est en relation avec les talus CFF, ce sont essentiellement des atterrissements glaciaires relevant de la glaciation du Würmien que les forages ont traversés.

Ces atterrissements glaciaires y sont représentés par une moraine limono-sableuse très compacte, à cailloux et blocs alpins et par les puissantes assises des cailloutis morainiques profonds, appelées aussi alluvion ancienne. Le pont repose donc sur un excellent terrain de fondation.

2.2 Infrastructure

Elle consiste en deux culées implantées le long des trottoirs de la route du Nant d'Avril et d'une série de cinq palées alignées sur l'axe de la double chaussée.

Chaque culée est un mur de soutènement de 40 m de longueur et de 6,3 m de hauteur sur fondation, aux extrémités desquelles les murs de retour, longs de 12 à 15 m, sont orientés dans la direction longitudinale du tablier.

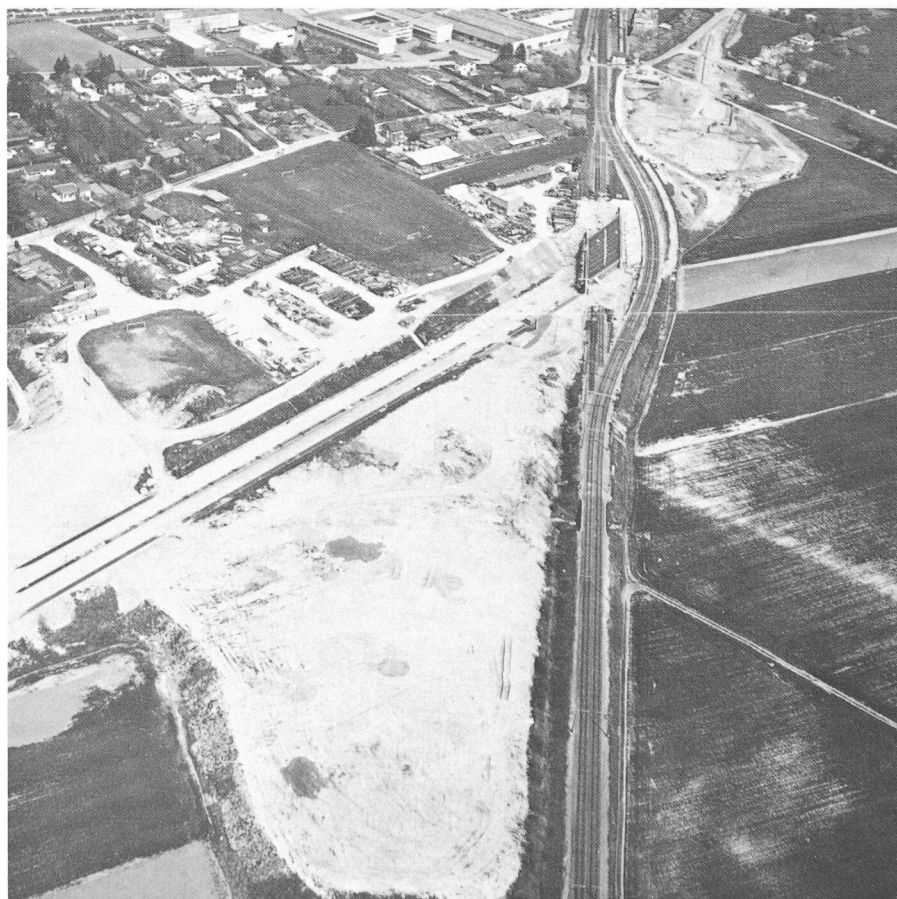


Fig. 1. — Situation générale. Près du bord supérieur de la photographie (direction Genève), on distingue la halte ferroviaire du Vieux-Bureau (photo Klemm).

Maître de l'ouvrage :

Département des travaux publics du Canton de Genève, Section des ponts.

Auteur du projet :

Bureau d'ingénieurs Zimmermann & Schutze, Onex/Genève.

Collaborateur : François Légeret, ing. dipl. EPFL.

Précontrainte système VSL

Précontrainte SA, Lausanne

Caractéristiques :

Système statique : dalle pleine fortement biaise (22 degrés), en béton précontraint, continue sur trois lignes d'appuis.

Dalle : épaisseur variable de 94 à 110 cm ; largeur : 17 m, longueur de la grande diagonale : 88 m ; béton : mise en place par pompage continu sur 24 heures (1012 m³).



Fig. 2. — Murs de retour côté Genève.

Afin de lutter contre les effets du retrait, il a été prévu des joints provisoires, qui furent clavés 60 jours après le dernier bétonnage.

Le parement des culées est raidi par des tympans espacés de 8 m ; avec la fondation, inclinée pour améliorer la résistance au glissement, le tout forme un monolithe sollicité par la poussée des terres et par les réactions d'appuis. Les cinq palées, constituant l'appui intermédiaire du tablier, reposent sur une fondation commune. Leurs dimensions sont dictées par les grandeurs des appareils d'appui et leur forme par le souci de l'esthétique (fig. 3).

2.3 Superstructure

La superstructure est une dalle pleine fortement biaise, en béton précontraint, continue sur trois lignes d'appuis.

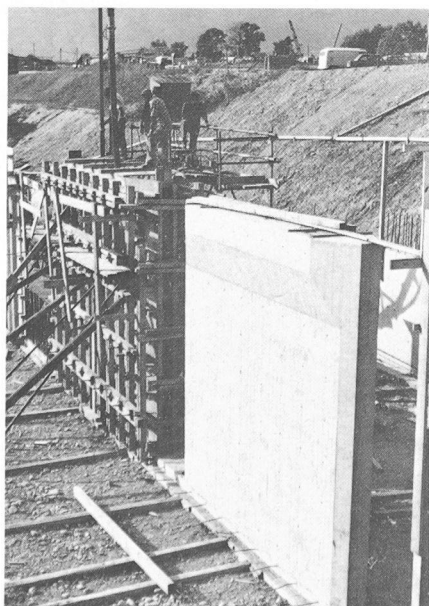


Fig. 3. — Vue d'une palée décoffrée et d'une autre en cours de montage.

La face inférieure du tablier est plane, la face supérieure est en toit dont l'arête est située au droit des palées.

La dalle, en forme de losange irrégulier, présente les caractéristiques géométriques suivantes :

- surface : 1000 m²
- épaisseur : de 94 à 110 cm
- largeur : 17 m
- angle biais : 22° et 27°
- grande diagonale : 88 m

Les bordures retenant le ballast et recevant les barrières ne participent pas à la résistance d'ensemble ; dans ce but, elles sont jointoyées tous les deux mètres.

Le tablier repose sur 33 appareils du type appuis-pots. 30 appuis sont mobiles et permettent librement au pont de s'allonger radialement à partir du point fixe constitué par les trois appuis posés au centre géométrique de la plaque ; pour éviter que celle-ci ne tourne dans son plan (effort de freinage, poussée des terres contre le tablier), deux des 30 appuis sont à butées transversales.

Ajoutons que la distance entre la dalle et l'infrastructure est partout de 15 cm, ce qui permet, le cas échéant, de vériner le tablier (fig. 4).

3. Calculs statiques

La détermination des efforts et des déformations du tablier est basée sur un modèle réduit en aluminium (échelle de réduction 1 : 60).

Les points caractéristiques de la plaque sont repérés à partir d'un réseau de 9 lignes longitudinales parallèles aux bords libres et de 11 lignes « biaisées » parallèles aux lignes d'appuis.

La surface totale est ainsi divisée en 80 éléments en forme de losange.

Pour des raisons pratiques de calcul, 6 des 9 lignes longitudinales correspondent à la position des rails des 3 voies.

3.1 Charges

Chaque cas de charge est considéré séparément et combiné de façon à obtenir les valeurs extrêmes.

Pour le tablier, les cas de charges sont :

- le poids propre
- les surcharges permanentes
- les remontées et bordures
- la précontrainte
- les convois
- les tassements différentiels d'une ligne d'appui par rapport à une autre
- les torsions d'une ligne d'appui par rapport à une autre

3.2 Efforts

En un point donné, et pour un cas de charge défini, les efforts de flexion et les surfaces d'influence de ceux-ci ont été mesurés dans 4 directions x , y , u , v , orthogonales 2 à 2 déphasées de 45°, à partir desquelles les efforts principaux d'inertie sont déterminés en grandeur et en direction.

Les cas du poids propre et des surcharges permanentes ont été considérés comme des charges non uniformément réparties, du fait de l'épaisseur variable de la dalle.

La précontrainte a été traitée par le biais des efforts de déviation et des forces normales.

3.4 Armature et câblage

Les armatures et les câbles de précontrainte sont disposés selon une trame orthogonale, dont les directions sont parallèles, respectivement perpendiculaires, au bord libre du tablier.

Les câbles longitudinaux sont une succession de paraboles quadratiques, alors que les câbles transversaux sont rectilignes et posés dans les nappes de l'armature passive (fig. 5).

4. Exécution

La construction du pont devait bien entendu se faire sans perturber l'exploitation de la ligne CFF, utilisée en grande partie par le trafic international.

Cela a été rendu possible par la déviation provisoire des voies en dehors de l'emprise du chantier (fig. 1).

Longue de 500 m, cette déviation fut exécutée d'avril à mi-juillet 1977.

Les travaux de l'ouvrage proprement dit débutèrent le 18 juillet 1977. Ils ont consisté tout d'abord en des travaux de terrassement général, de canalisations et de fondation de chaussée.

Puis l'infrastructure du pont a vu la mise en œuvre de 840 m³ de béton et de 134 tonnes d'acier.

Au mois de décembre 1977, l'infrastructure était terminée, prête à recevoir les appareils d'appui.

Outre les travaux de coffrage et d'armature, les travaux de la superstructure ont été marqués par le bétonnage du tablier. Cette importante étape a consisté à mettre en place par pompage 1012 m³

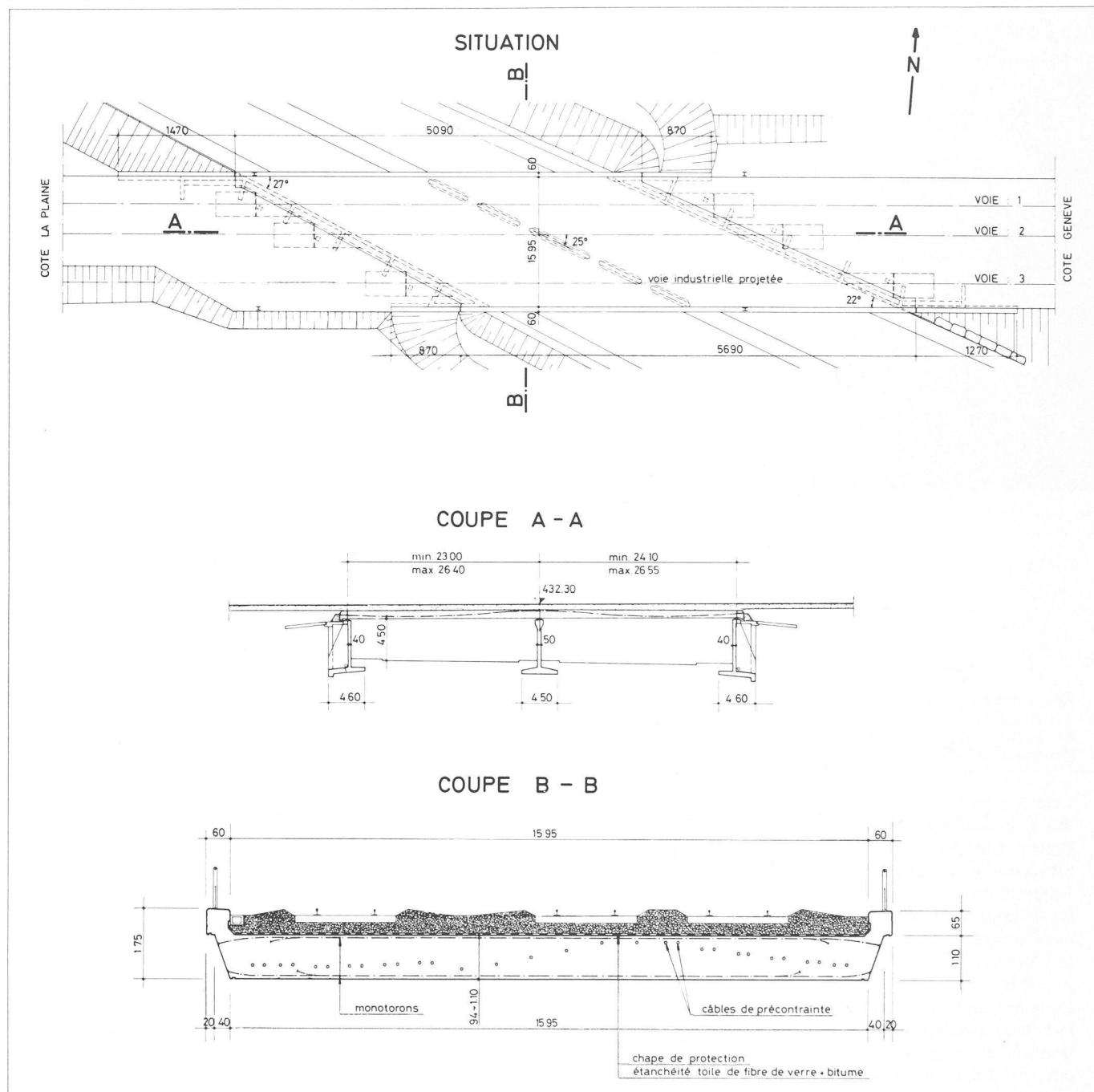


Fig. 4. — Situation et coupes.

de béton sans interruption. Durée du bétonnage : 24 heures.

Le béton utilisé, dont la qualité et la mise en place ont été choisies par des essais préliminaires, présente les caractéristiques suivantes :

- granulométrie BS 0-30
- dosage CP 350
- $E/C = 0,40$
- retard de prise et superfluidification à l'aide d'un seul adjuvant
- résistances minimum demandées à 28 jours : 400 kg/cm^2

Les avantages d'un béton superfluidifié et retardé sont nombreux :

- Le béton coule partout facilement, ce qui convient bien pour les zones frettées dans les trois directions de l'espace.
- Les résistances initiales et finales sont élevées (voir tableau I).

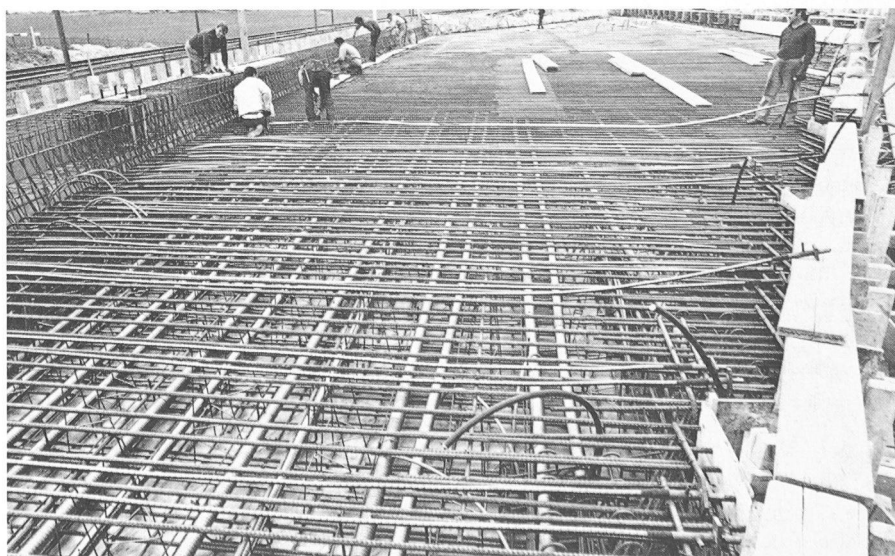


Fig. 5. — Vue de l'armature avant le bétonnage (photo Zschokke).



Fig. 6. — Vue partielle du tablier pendant le bétonnage (photo Zschokke).

TABEAU I : Résistances du béton

	Com- pression sur cubes kg/cm ²	Trac- tion sur primes kg/cm ²
Résistance à 3 jours	320	58
Résistance à 7 jours	440	77
Résistance à 14 jours	500	88
Résistance à 28 jours	530	100

Cela a permis d'appliquer le 100 % de la précontrainte à 14 jours et de gagner ainsi deux semaines sur les prévisions d'avancement.

- Rapidité de mise en place.
- La fissuration du béton due au tassement du cintre est évitée.
- Les densités en place sont élevées : $\gamma = 2,48 \text{ t/m}^3$.
- La teneur en eau du gâchage est bien inférieure à celle d'un béton conventionnel : Le rapport E/C est resté inférieur à 0,40. A ce propos, il était essentiel de contrôler sur le chantier la valeur de E/C. Cet essai, fait par brûlage, est de loin plus important que les essais sur cubes.

5. Essai des matériaux et contrôle de chantier

Un des éléments essentiels à la bonne marche d'un chantier est le contrôle permanent de la qualité des matériaux. Ainsi, au cours de la réalisation du pont du Nant d'Avril, il a été procédé à de nombreuses vérifications ayant trait à la résistance.

5.1 Essais des bétons

Avant le début des travaux, il a été établi un protocole d'essais indiquant le type et la qualité des mesures à effectuer ainsi que les valeurs admissibles.

Ces essais ont permis de définir les résistances du béton à 7 et 28 jours, la teneur en eau du béton frais et son module d'élasticité.

5.2 Essais des aciers

Etant donné l'importance de cet ouvrage, la direction des travaux, avec l'appui de la division des travaux de la direction

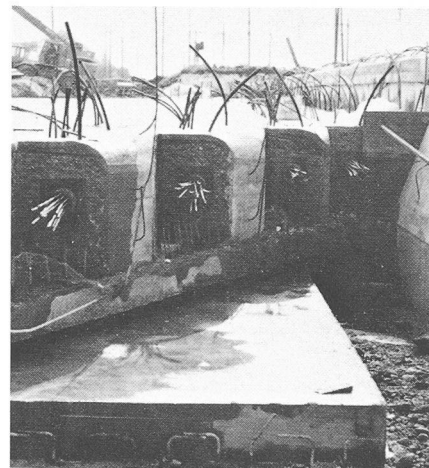


Fig. 7. — Vue partielle des têtes d'ancrage, côté La Plaine. En bas : la dalle de transition.

générale des CFF et du service des ponts du Département des travaux publics du canton de Genève, a fait procéder à des essais de fatigue sur les aciers du tablier livrés sur le chantier.

Les résultats de ces essais, effectués au Laboratoire des matériaux de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, n'ont pas donné entière satisfaction. Les diamètres qui ne répondaient pas à la directive 14 de la norme SIA 162 ont été écartés, si bien qu'il a été nécessaire de modifier les diamètres de certaines barres au dernier moment.

Une fois le tablier bétonné et mis sous précontrainte, l'ensemble des travaux confiés à l'entrepreneur a pu être terminé dans les délais.

Les CFF ont eu alors tout loisir de monter les rails et les lignes de contact sur l'ouvrage, pour mettre ensuite hors service la déviation.

Le 14 juillet 1978, soit une année après l'ouverture du chantier, le premier train empruntait l'ouvrage.

5.3 Essais de charge

L'essai de charge a eu lieu dans la nuit du 9 au 10 août, donc après la mise en service. Il a consisté à mesurer les déformations verticales de la dalle sous l'effet des charges de six locomotives représentant un poids total de 640 tonnes.

Les locomotives furent placées sur les deux voies de la ligne Genève-La Plaine, la troisième voie n'étant pas encore en service.

L'ordre de grandeur des déformations maximales mesurées est de 2 mm (max. 2,2 mm), tout comme l'ordre de grandeur des déformations calculées (max. 1,9 mm).

Ainsi l'ouvrage s'est comporté de manière tout à fait satisfaisante pour des charges que l'on peut qualifier de très grandes et voisines des charges maximales de service.

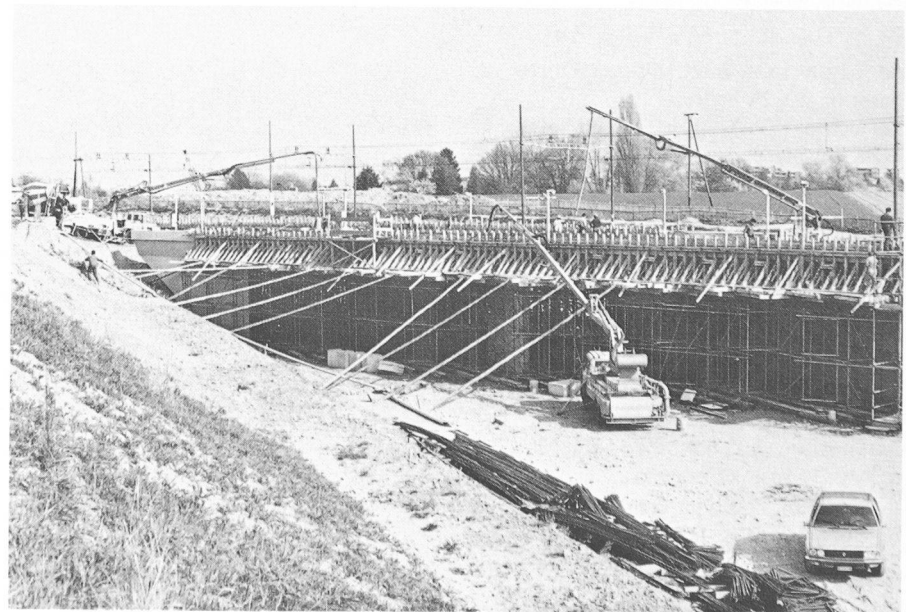


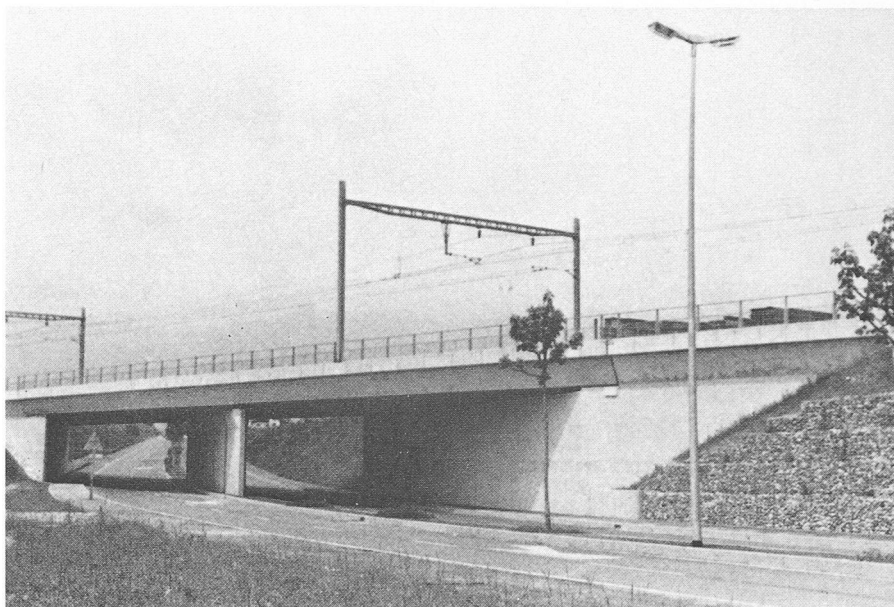
Fig. 8. — Autre vue du bétonnage. On distingue à l'arrière-plan les voies déviées.

Pour terminer, on peut dire que la réalisation du pont CFF sur la route du Nant d'Avril s'est faite grâce à la collaboration étroite et efficace entre la section des ponts du Département des travaux publics du canton de Genève, aux sections des ponts, des voies et des lignes de contact du 1^{er} arrondissement des CFF, ainsi qu'avec l'entreprise de gros œuvre et ses principaux sous-traitants (précontrainte, appuis, barrières, éanchéité) et le bureau d'ingénieurs.

Fig. 9. — Ci-contre, l'ouvrage terminé (photo Précontrainte SA, Crissier).

Adresse de l'auteur :

François Légeret, ingénieur civil EPFL
c/o Bureau Zimmerman & Schutze
ingénieurs civils EPFZ/SIA
Avenue du Bois-de-la-Chapelle 15
1213 Onex (Genève)



Traitements physico-chimiques dans l'épuration des eaux résiduaires urbaines

par Jacques Bernard, Vevey

Depuis une quinzaine d'années, la mise en œuvre de traitements physico-chimiques dans l'épuration des eaux usées a fait l'objet d'un nombre considérable d'études et d'essais-pilotes ainsi que d'un certain nombre de réalisations. Cette mise en œuvre n'a pas toujours le même objectif et, de ce fait, les quiproquos sont nombreux sur l'intérêt de telles techniques.

Leur renouveau est lié aux premières études lancées aux U.S.A. sous le terme de « Advance Treatment », qui, au départ, avaient pour but de compléter l'épuration biologique et de s'attaquer ainsi à la pollution résiduelle correspondante. Il s'agit alors essentiellement d'éliminer ou de réduire les matières en suspension, les agents nutritifs (tels que le phosphore) et la pollution non biodégradable. Le but recherché est une meilleure protection du milieu récepteur et peut aller jusqu'au recyclage total de l'eau usée vers la consommation humaine. Les exemples ayant fait l'objet de la plus intense publicité sont ceux des installations du Lac Tahoe (USA) et de Windhoek (Afrique du Sud) qui ont maintenant plus de dix ans. A la suite de ce mouvement technologique, l'intérêt envers les procédés physico-chimiques s'est étendu, sur des bases plus ou moins rationnelles, à leur utilisation en combinaison ou en absence d'épuration biologique. A ce sujet, on notera que les possibilités des traitements directs de floculation-décantation d'eaux résiduaires urbaines, sans épuration biologique, avaient déjà été abordées il y a trois quarts de siècle (Dr Calmette, 1905).

1. Modes d'utilisation des procédés physico-chimiques

Les procédés physico-chimiques disponibles sont extrêmement variés et comprennent essentiellement :

- la filtration ou le microtamisage ;
- la floculation (suivie d'une phase de séparation) ;

- la décarbonisation et la recarbonisation ;
 - l'adsorption (essentiellement sur charbon actif) ;
 - la déminéralisation (par osmose inverse ou échange d'ions) ;
 - le stripping (pour dégazage et après ajustement éventuel de pH) ;
- auxquels on peut ajouter éventuellement les agents oxydants (chlore, ozone, etc.)

ou les rayonnements (ultra-violet, irradiations) à des fins de désinfection.

1 a) Traitements tertiaires :

Il s'agit de traitements physico-chimiques mis en œuvre après épuration biologique. Leur but est de réduire les matières en suspension (en particulier les colloïdales), phosphates, C.O.T.¹ L'élimination de l'azote est envisageable par stripping ou échange d'ions (mais avec des rendements partiels et/ou certaines difficultés d'exploitation). Dans le cas d'une réutilisation à des fins de production d'eau potable, la déminéralisation sera indispensable, si l'on ne dispose pas d'une autre source d'eau douce, pour ramener la salinité du mélange dans les limites acceptables.

1 b) Traitements combinés :

L'exemple le plus symptomatique est celui de la déphosphatation simultanée par laquelle l'ajout de réactifs dans la liqueur de boues activées permet la précipitation des phosphates et leur élimination dans les boues en excès. Cette méthode, très répandue en Suisse, s'est révélée être la méthode de déphosphatation la plus simple, mais elle peut s'avérer insuffisante pour des éliminations de phosphates très poussées (supérieures à environ 95 %). Dans ce cas, un véritable traitement tertiaire de déphosphatation est à mettre en jeu avec la floculation associée à une séparation (filtration ou décantation).

Une autre application est celle prévoyant la mise en œuvre discontinue de la floculation au stade de la décantation primaire d'une station d'épuration biologique. Elle a pour but, dans des stations à régime variable, d'écarter les pointes de pollution avant épuration biologique, lors des périodes saisonnières de forte charge.

¹ Carbone organique total.