

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 110 (1984)
Heft: 17

Sonstiges

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.07.2025

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

A l'unanimité, notre groupe a apporté son soutien aux thèses de notre confrère qui ont été, en plus, discutées et approuvées par notre délégation à l'assemblée des délégués lors de la réunion préparatoire du 13 courant.

En examinant la terminologie utilisée dans les nouveaux règlements d'honoraires de la SIA, nous avons fait une constatation surprenante:

Prenons tout d'abord, par exemple, l'article 4 du règlement 102, article intitulé dans la version française: «Description des prestations». Cet article, qui s'étend sur neuf pages, énumère les prestations ordinaires et les prestations supplémentaires appartenant aux diverses phases d'étude et de réalisation. Ainsi, sous 4.11 (analyse du problème dans la phase de l'avant-projet), on trouve quatre prestations ordinaires et quatre prestations supplémentaires.

Jusque-là, rien à dire.

Mais, ce qui surprend si l'on examine d'autres parties du texte et si, par exemple, on remonte à l'art. 3.2., c'est de lire ceci: «Les prestations partielles se composent de prestations ordinaires et de prestations supplémentaires.» Là, nous ne comprenons plus: comment un certain nombre de prestations ordinaires (entières donc) peuvent-elles devenir, en s'additionnant, une prestation partielle?

Il y a là une offense à la logique, c'est-à-dire à cette rectitude de jugement à laquelle tiennent essentiellement les lecteurs de langue française.

La faute provient-elle des traducteurs? Pas nécessairement; on la trouve dans la version allemande où les «Teilleistungen» se décomposent en «Leistungen». Il est probable que l'allemand, langue riche de sous-entendus et qui voit clair dans le brouillard, puisse accepter une telle formulation. Mais le français, qui est nécessairement explicite et logique, ne le peut pas.

Ces remarques ne s'appliquent pas seulement au règlement 102. Voyons le règlement 103. Considérons, page 41 et suivantes, les exemples de calcul d'honoraires. Les symboles c, d, e, f, etc., correspondent à des «prestations partielles», qui, au sens de 4.11, page 7, comprennent chacune un grand nombre de «prestations» (tout court).

En conclusion, il nous paraît indispensable, par respect de la langue française, que les éditions ultérieures des règlements d'honoraires ne parlent plus de «prestations partielles» mais, par exemple, de «groupes de prestations», ce qui serait logique.

Nous ne voulons pas retomber dans l'inutile polémique sur la faiblesse linguistique d'un «français fédéral». Notre

suggestion se veut constructive et positive et va encore une fois plus loin dans la recherche d'une clarté conceptuelle.

Nous proposons que le Comité central examine, en plus du changement des termes «prestations partielles = groupe de prestations», la possibilité de réactiver la Commission de traductions afin qu'elle procède dans les meilleurs délais à l'élaboration d'un *Glossaire trilingue* (allemand, français, italien), complétant la collection des normes SIA et contenant une équivalence logique et précise s'adaptant à l'usage professionnel propre à chacune des trois langues nationales. Pour illustrer la nécessité d'approfondir et de clarifier notre terminologie professionnelle, nous citerons un des premiers planificateurs modernes, *Carlo Cattaneo*, qui écrivait en 1825:

«La langue allemande désigne par le même terme l'art de bâtir et l'art de cultiver; le terme désignant l'agriculture («Ackerbau») ne renvoie pas à la culture, mais à la construction; le colon est un bâtisseur («Bauer»)... Le peuple germanique doit construire ses champs, comme ses villes.»

La clairvoyance de l'analyse de Cattaneo à propos de nos problèmes est évidente.

Comité de Groupe
des architectes de la SIA
Section genevoise

Industrie et technique

Levage de la gare centrale d'Anvers en vue des travaux de construction du pré-métro

La gare centrale d'Anvers, récemment classée monument national, est l'une des constructions les plus imposantes de la grande cité belge. Elle a récemment pris appui sur 148 vérins hydrauliques haute pression pendant que les ingénieurs réalisaient la jonction de deux lignes du nouveau pré-métro sous une partie des fondations de la gare.

C'était une opération parfaitement orchestrée, exécutée de main de maître au moyen des techniques et des équipements les plus modernes. Et désormais,

cette gare de 70 m de haut, construite au début du siècle et formant un ouvrage de quelque 160 000 m³, repose aussi fermement sur son nouveau sous-œuvre que pendant les 80 années écoulées sur ses fondations initiales.

Comme la plupart des centres urbains dans le monde, Anvers connaît des problèmes croissants d'engorgement de la circulation. Et comme beaucoup d'autres cités historiques se prêtant mal à l'élargissement des routes, elle a dû recourir à la solution du métro souterrain pour assurer les transports publics, ceci pour endiguer la croissance constante du volume des transports privés attirés

par ses rues animées mais pas trop étroites.

Cependant, sous terre les entrepreneurs ont dû faire face à de nombreux problèmes. Bien qu'Anvers repose sur un profond lit d'argile, il fut décidé de construire le nouveau métro à la profondeur minimale qui s'avérerait pratique. Ce qui signifiait qu'il fallait percer des tunnels dans la couche de surface, épaisse de 30 m et formée de sable très humide.

Avec le matériel approprié, le creusement de tunnels dans un tel matériau est une opération relativement simple, mais des difficultés surviennent quand il est nécessaire de supporter les constructions sous lesquelles passent les tunnels. Une solution pour éviter ce problème consiste bien entendu à creuser les tunnels exactement sous les grandes artères de la ville, évitant ainsi le poids direct imposé par les constructions. Cependant, ceci augmente considérablement la longueur des tunnels, faisant monter les coûts de construction et d'exploitation du métro de manière substantielle.

Les tunnels pour les lignes de métro passant dans les zones peu encombrées de la ville ont été construits à ciel ouvert. Mais les coûts immenses d'expropriation en plus de la gêne considérable pour le trafic ont bien entendu empêché l'utilisation de cette méthode dans le centre de la ville. Là, les préférences sont allées vers la méthode *Hydroshield*, une innovation très importante dans le creusement de tunnels.

Creusement par la méthode *Slurry Shield* (écran de coulis)

L'une des principales difficultés du creusement de tunnels dans une telle couche de surface consiste à maintenir le front de taille sous contrôle. Difficulté qui est considérablement accrue lorsque les niveaux où se fait le travail se situent au-dessous de la nappe phréatique, ce qui était le cas à Anvers. Cependant, la difficulté fut surmontée par l'emploi de l'équipement *Hydroshield* et de coulis de bentonite pour maintenir le front de taille sous contrôle et pour évacuer le matériau excavé.

Cet équipement suit principalement le modèle d'autres machines de creusement de tunnels, en ce sens qu'il est constitué d'un cylindre horizontal en acier, mesurant 6,5 m de diamètre et 6,2 de long, pourvu d'une tête de coupe rotative frontale. La principale différence réside, comme le montre la vue éclatée (fig. 3) de l'écran de coulis et du matériel auxiliaire, dans le fait qu'il comporte une chambre à coulis, un séparateur et des réservoirs de stockage, une pompe, un circuit et un système pneumatique supplémentaire.

La machine est formée de trois parties principales. La partie antérieure abrite la tête de coupe à sept rais qui tourne dans un bouclier circulaire. En fait, ce bouclier, ou membrane, est une cuve en acier peu profonde qui maintient le coulis de bentonite sous pression contre le front de taille. Le coulis thixotropique, qui reste à l'état liquide lorsqu'il est en



Fig. 1. — L'imposante Gare centrale d'Anvers et le matériel de l'entreprise sur le chantier des travaux souterrains.

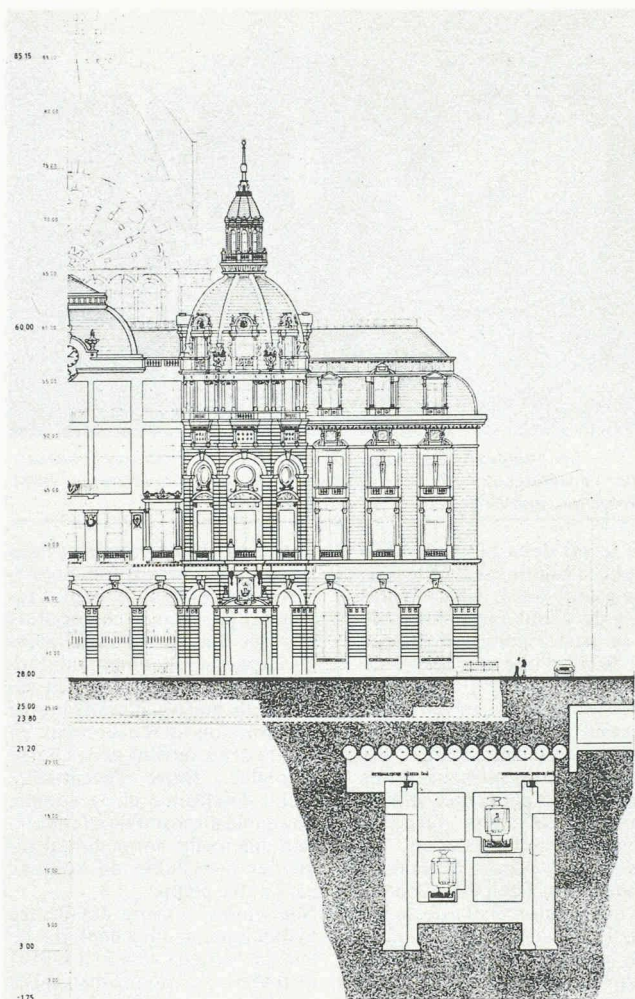


Fig. 2. — Coupe partielle de la Gare centrale montrant les niveaux relatifs du nouveau tunnel et la position des vérins hydrauliques supports. Comme on peut le constater dans l'esquisse, les trams existants seront utilisés pendant la phase initiale du métro, connue sous la désignation Pré-métro d'Anvers.

mouvement et qui revient à l'état solide au repos, équilibre les pressions et favorise la cohésion du front de taille sablonneux. A mesure que la tête rotative attaque le front de taille à une cadence atteignant 2 tours par minute, le coulis — qui est désormais un mélange de bentonite et de sable — est aspiré vers le réservoir de séparation où la bentonite est récupérée au moyen d'hydrocyclones, puis renvoyée au bouclier. Il est à noter qu'à ce jour, l'opération de creusement du métro d'Anvers représente le plus grand chantier d'Europe à utiliser la technique de l'écran de coulis. Le mouvement de progression de la machine, à mesure que l'excavation du matériau se poursuit, est assuré par 14 béliers développant une force totale de 25 000 kN. Placés sur la périphérie de la chambre pneumatique centrale, ces béliers prennent appui sur le revêtement en béton du tunnel et les anneaux d'appui, qui sont progressivement mis en place derrière la machine à creuser. Chacun des huit segments en béton préfabriqué formant un anneau complet mesurant 1,1 m de large pour 0,35 m d'épaisseur est positionné avec précision et verrouillé au moyen d'un constructeur à commande hydraulique. A mesure que chaque anneau est mis en place, des joints en néo-

prène sont collés dans les fentes entre les éléments afin de les étanchéifier, et du mortier est injecté dans l'espace situé derrière les anneaux pour empêcher tout tassement et pour assurer un alignement précis. Dans les zones des stations du nouveau métro et sous les constructions, il était cependant nécessaire de construire des voûtes d'une très grande résistance, ce qui fut réalisé par la méthode de poussée dirigée des dalles de voûte.

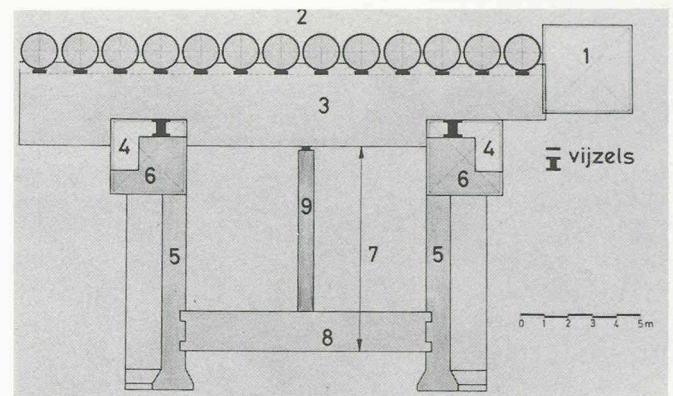


Fig. 4. — Vue en coupe de la Gare centrale montrant l'évolution des travaux : 1. Excavation des galeries longitudinales et transversales de mise en place des conduits. 2. Enfoncement des conduits longitudinaux. 3. Dalle voûtière avec éléments primaires et secondaires. 4. Galeries longitudinales et positionnement des vérins hydrauliques supports. 5. Galeries stratifiées en forme de T. 6. Piliers supports pour vérins prévus à l'opération 4. 7. Excavation avec étayage temporaire. 8. Coulage du béton de la dalle inférieure. 9. Construction du mur intermédiaire.

Poussée dirigée des dalles de voûte

Cette méthode de construction des dalles de voûte des stations de métro, qui s'utilise également pour supporter les grandes constructions telles que la Gare centrale, constitue un autre progrès significatif des techniques de construction souterraine. Faisant sa première apparition dans cette entreprise anversoise, elle permet l'exécution de nombreux travaux près de la surface avec un minimum d'interruptions du trafic et du commerce local. En principe, la méthode est étonnamment simple, bien que son exécution fasse appel à un grand éventail de techniques de creusement de tunnels, depuis le simple travail manuel à la pelle en position accroupie jusqu'aux méthodes d'alignement ultra-modernes par laser. Les travaux souterrains dans les abords immédiats de la Gare centrale portent sur une jonction de tunnels en forme de Y incurvé (fig. 5) de quelque 275 m de long qui relie la première et la seconde étape de la construction avec la station de correspondance Reine Astrid. Rien que dans cette zone, un total de 2200 m de conduits en ciment à base d'amiante ont été poussés en place afin de couvrir la surface nécessaire en dalles de voûte.

De ce total, plus de 1000 m de conduits servent à supporter les fondations de la Gare centrale et des immeubles voisins. L'emplacement de ces conduits renforcés dans le plan général est représenté dans la vue en coupe du tunnel (fig. 2), au-dessous de la coupe verticale partielle de la station. Ce dessin montre également, entre les parois du tunnel à deux niveaux et les dalles de voûte, la position relative des deux séries de vérins hydrauliques haute pression Enerpac qui supportent les fondations de la gare et corrigent tout affaissement éventuel. Un aspect intéressant de ce nouveau type de construction souterraine est qu'il inverse l'ordre normal des constructions de surface, étant donné que la voûte est mise en place avant la construction des parois. Dans le cas particulier de cette section du métro, les travaux ont débuté par l'enfoncement d'un conduit d'accès de 8 x 8 m et par l'excavation de 4 galeries pour la mise en place dirigée des conduits, chacune ayant une hauteur sous plafond de 2,5 m et une longueur de 222 m. L'ensemble de ces travaux représentait un déplacement de 9000 m³ de terre, à faire à la main, le travail d'excavation progressant à une cadence légèrement inférieure à deux mètres linéaires par journée de deux équipes.

Dès que les galeries se trouvant directement sous la Gare centrale étaient terminées, les conduits en ciment à l'amiante de 38 m de long étaient poussés en place l'un après l'autre au moyen de quatre vérins, chacun d'une course de 1 m et d'une capacité de 100 tonnes. Ces éléments de conduits, dont les dimensions intérieure et extérieure étaient respectivement de 1,4 et 1,2 m, étaient pourvus d'un patin de coupe côté insertion. Cependant, malgré la grande force de poussée et l'utilisation de faisceaux laser afin de régler l'alignement de chaque élément de conduit, la réussite de la mise en place dépendait, chose étonnante, des seuls efforts d'un homme accroupi utilisant une simple pelle. Son travail consistait à creuser en avant du conduit

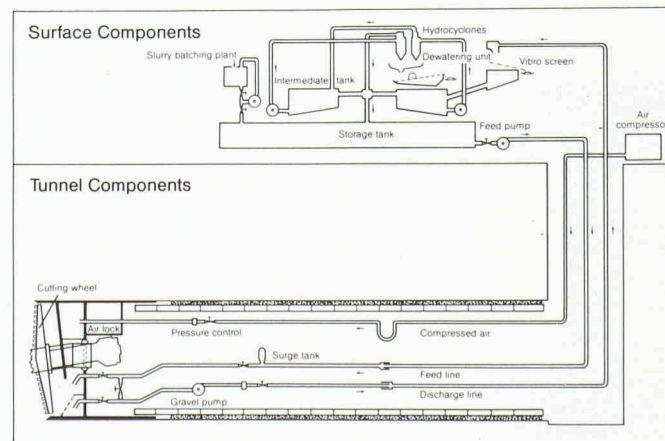


Fig. 3. — Schéma d'agencement souterrain et en surface des éléments du système de creusement de tunnels Hydroschild (illustration Mecoma).

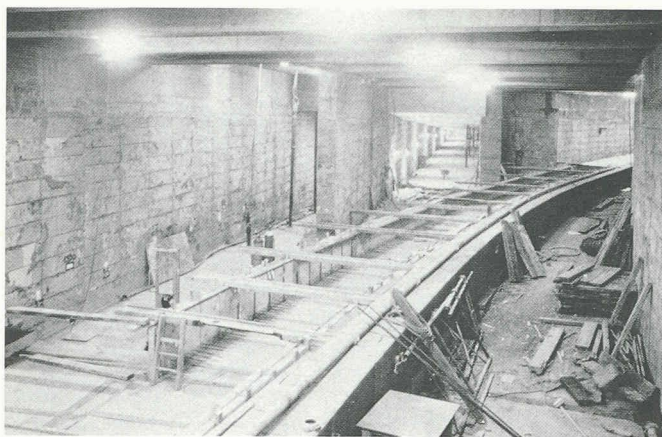


Fig. 5. — Vue des travaux souterrains dans le voisinage immédiat de la Gare centrale: jonction en forme de Y de deux tunnels.

pour évacuer les matériaux foisonnés vers l'arrière à l'aide d'un petit chariot. Par cette combinaison de techniques anciennes et modernes, il fut possible de maintenir une cadence de mise en place des éléments de conduits atteignant 8 mètres par 24 heures.

A mesure que chaque conduit était mis en place devant l'élément précédent, du ciment était injecté dans l'espace intermédiaire de 10 à 20 cm, et des cages de renforcement étaient insérées sur toute la longueur des conduits, puis les espaces étaient comblés de béton. Dès que l'ensemble de la structure latérale formée de conduits renforcés était en place, les travaux d'excavation débutaient au-dessous de cette structure en vue de la construction de la dalle de voûte finale supportant les poutres, ainsi que les parois et la base du tunnel et de la zone de la station. La séquence complète de cette phase de la construction est représentée par les coupes successives et la liste de références de la figure 4.

Pour se rendre compte de l'étendue des travaux requis par cette séquence, il faut noter quelques faits et chiffres. A titre d'exemple, les travaux d'excavation pour la construction des parois extérieures, qui ont tous été faits à la main, ont nécessité le déplacement de 12 500 m³ de matériau. De plus, 37 000 m³ ont été extraits de la zone du tunnel par des machines de terrassement. La quan-

tité de béton utilisée pour la construction de la voûte, y compris la dalle de 3 m de la station et les bouchons de renforcement dans les conduits, représentait plus de 9300 m³. Et l'ensemble de l'entreprise dans ce secteur a nécessité un total de 30 000 m³ de béton et quelque 3600 tonnes d'acier.

Les éléments capitaux de cette phase de la construction, qui apparaissent entre la dalle voûtière et les piliers supports latéraux dans la coupe de la figure 4, étaient les deux séries de vérins hydrauliques haute pression destinés à supporter les fondations des immeubles de surface et à veiller à tout affaissement éventuel.

Levage de la Gare centrale

Les fondations de la célèbre Gare centrale d'Anvers imposaient une charge de 30 tonnes par m², exactement sur l'axe du tunnel et sur la station souterraine. Bien entendu, il était vital de protéger ces fondations des effets destructeurs d'un éventuel affaissement qui aurait pu être causé par le creusement du tunnel et les autres travaux d'excavation.

Cette protection du bâtiment fut réalisée au moyen de 148 vérins hydrauliques haute pression Enerpac, des modèles CLL-2502 pour applications lourdes, d'une capacité de levage de 250 tonnes et d'une course de 50 mm. Ces puissants vérins hydrauliques furent placés à intervalles rapprochés, comme le montre la fi-

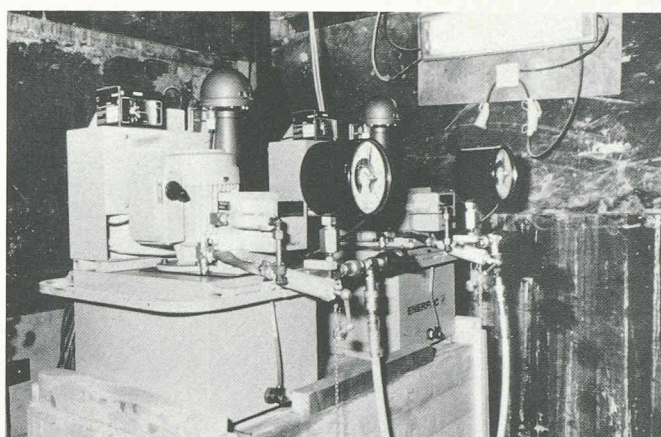


Fig. 7. — Les pompes hydrauliques Enerpac BPE-30343 utilisées pour alimenter l'ensemble des 148 vérins supports. On aperçoit clairement leurs manomètres, minuterics et alarmes acoustiques.

gure 6, sur deux rangées: 83 le long de la galerie est et 65 le long de la galerie ouest. Chacune des séries de vérins était alimentée par sa propre pompe électrique BPE-30343, d'une pression nominale de 700 bars.

A mesure que les travaux progressaient, les vérins supports hydrauliques étaient installés par groupes de huit ou neuf et mis sous pression par étapes afin de compenser les effets croissants de l'extraction du matériau.

Lorsque les travaux d'excavation débutèrent le 4 mai 1983, la pression des vérins n'était que de 100 bars. Deux semaines plus tard, cette pression avait été portée progressivement à 520 bars et plus tard à 605 bars, niveau qui fut maintenu jusqu'à la mi-novembre lorsque les parois et les fondations du tunnel furent terminées. La pression des vérins fut maintenue à cette valeur afin de compenser tout tassement final du sol.

Chaque groupe de huit ou neuf vérins était équipé d'un manomètre, représenté à la figure 6, qui était contrôlé à intervalles réguliers en vue de déceler la moindre chute de pression dans les circuits. Tout élément faisant preuve de la moindre défaillance pouvait dès lors être instantanément isolé du circuit sans affecter les autres.

Parmi les autres éléments de sécurité inclus dans le système figuraient une valve de sécurité de 650 bars et une bague de blocage de course sur chacun des vérins.

Un contrôle journalier de chaque bague individuelle permettait de s'assurer qu'elle restait dans la tolérance préconisée de 0,3 mm. De plus, une série de tiges d'acier spéciales montées le long de ces séries de vérins permettait des contrôles réguliers au micromètre de tout déplacement mesurable de la dalle de voûte ou des supports des vérins.

Les pompes Enerpac extrêmement compactes alimentant les 148 vérins de levage étaient toutes deux logées côte à côte dans une cabine protectrice située à l'extrémité des deux séries. Chacune était pourvue d'une commande de pression mécanique et d'un manomètre à contacts électriques maintenant la pression préalablement tarée à 700 bars.

Des minuterics incorporées limitaient les périodes de fonctionnement à une minute pour l'appoint de pression du circuit, alors que des horloges enregistraient les temps de fonctionnement totaux respectifs. Chacun des vérins était pourvu d'un dispositif d'alarme sonore fonctionnant en cas de dépassement de la course préréglée. Dans l'éventualité d'une défaillance de la pompe, un simple dispositif de commutation manuelle permettait d'alimenter l'ensemble du système par l'autre pompe.

Néanmoins, aucune défaillance hydraulique ne fut à déplorer. Le fait que les deux vérins CLL-2502 de réserve ne furent jamais mis à contribution pendant toute la durée des opérations est sans nul doute une preuve évidente de l'exceptionnelle fiabilité du matériel Enerpac.

Les travaux ont débuté en mars 1979, moins de cinq mois après l'appel d'offres émis par la MIVA — Maatschappij voor het Intercommunale Vervoer te Antwerpen — la fin des travaux étant prévue pour le 12 mars 1984. Il est évident que la réalisation d'un travail d'une telle envergure sur une période de cinq ans a été considérablement facilitée par l'utilisation des techniques modernes telles que la mise en place dirigée des conduits et le support hydraulique des constructions, technique utilisée par le maître de l'ouvrage, Compagnie Francoise d'Entreprise, à Bruxelles.

Bibliographie

Ouvrages reçus

Berge auf Wanderschaft. Sind Seeverhandlungen ein Mass für den Gebirgsabtrag? par A. Lambert. NZZ, Zurich, 2.11.1983.

Strömungsdynamische Untersuchungen im Zürich- und im Luganersee, par K. Hutter. Schweiz. Z. Hydrol. 45, 1 (1983), Bâle.

Schichtungs- und Strömungsprobleme in Seen, par J. Trösch, ibid.

Ausbreitung eines Abwasserauftriebsstrahls in einem See. Verifikation eines mathematischen Modells in der Natur, par K. Taus, ibid.

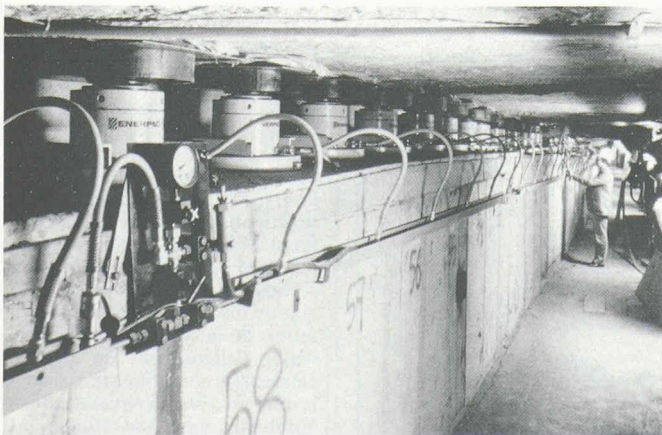


Fig. 6. — L'une des séries de vérins hydrauliques supports Enerpac avec panneaux à commandes groupées et manomètre à l'avant-plan.