

Le tunnel de l'aéroport de Zurich-Kloten

Autor(en): **Hasenfratz, Jakob**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **106 (1980)**

Heft 21

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73985>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Le tunnel de l'aéroport de Zurich-Kloten

par Jakob Hasenfrazz, Zurich

Tracé et nivellement

Le tracé et le nivellement de ce tunnel de 1600 m de long, construit à ciel ouvert, ont été déterminés par des contraintes extérieures, comme l'ont été aussi les plans de la gare de l'aéroport. Au sud, le terrain disponible était limité par la station d'épuration d'Opfikon-Glattbrugg et par d'autres constructions; dans la zone de l'aéroport proprement dit, il s'agissait principalement d'éviter les installations électroniques de l'ILS (Instrument Landing System). L'altitude des voies dans la gare de l'aéroport (cote 413.00) constituait un des points fixes pour le nivellement du tracé. En direction du sud, la ligne devait nécessairement passer en tunnel sous les aires de circulation et d'atterrissage de l'aéroport. Le tunnel devait à son tour passer sous différentes canalisations souterraines, ce qui détermina le point le plus bas de la ligne (cote 411.57). Le viaduc sur la Glatt constituait un autre point de passage obligé. Pour franchir la dénivellation entre ces deux derniers points, il a fallu poser la ligne en rampe de 22 pour mille sur une longueur de 430 mètres. Un croisement routier situé aux abords de ce tronçon a dû être abaissé de deux mètres et demi.

Conditions géologiques

La structure géologique du terrain change d'aspect vers le milieu du souterrain. Ce dernier fut dès lors construit selon deux méthodes distinctes, les travaux étant de ce fait adjugés en deux lots. Dans la partie nord, adjacente à la gare de l'aéroport, le terrain est formé d'abord de sédiments sablonneux, argilo-limoneux et tourbeux, d'environ quatre mètres d'épaisseur, puis d'une couche graveleuse comprise entre un et deux mètres. Plus bas, des dépôts lacustres non surconsolidés de nature argilo-limoneuse descendent d'abord jusqu'à 25 mètres; cette profondeur décroît vers le sud. La nappe phréatique affleure presque à la surface.

Dans le lot sud, qui s'étend jusqu'à la Glatt, le radier du tunnel est situé en majeure partie dans une moraine latérale de structure et de consistance variables, recouverte d'une mince couche de sable graveleux et de limon argileux.

Cette moraine latérale repose sur une moraine de fond avec inclusions de cailloutis d'origine glaciaire, qui constituent un bassin aquifère de nature artésienne. Dans la fouille, les venues d'eau se sont limitées au tapis superficiel.

Conception technique de l'ouvrage

Le mode d'exécution du tunnel a été déterminé non seulement par le tracé choisi, par la nature du sous-sol et par le niveau de la nappe phréatique, mais aussi par les nécessités de l'exploitation de l'aéroport.

Il fallait en effet réserver pour l'avenir la possibilité de tracer des systèmes de pistes sans subir d'entraves de la part du chemin de fer. Pour tenir compte de l'évolution de la technique aéronautique, les calculs devaient par ailleurs se fonder sur l'hypothèse d'avions de 1000 tonnes (Jumbo-Jet B 747: 365 t).

La section adoptée pour le tunnel sur proposition de l'entrepreneur (fig. 1) ne répond pas au profil classique. La hauteur du sommet de la voûte est déterminée par la position des conduites souterraines que l'ouvrage doit croiser.

Bien que de telles contraintes n'aient pas existé au-dessous du radier, le coût des fouilles profondes a conduit au choix d'un profil le plus bas possible.

La juxtaposition de courbes de différents rayons a permis d'abaisser sensiblement le sommet de la voûte, tout en ménageant assez d'espace pour la suspension caténaire. L'épaisseur de la voûte varie d'abord entre 35 et 38 cm pour atteindre 70 cm dans les culées au niveau de la dalle. Cette dernière mesure entre 90 et 100 cm d'épaisseur au milieu et 70 cm au bord. Tous les 40 m, des refuges sont pratiqués dans les deux parois latérales. Pour protéger la ligne de contact, une double couche isolante en tissu bitumé est appliquée sur la partie supérieure de la voûte; elle descend jusqu'au joint horizontal de reprise, entre paroi et voûte, où elle forme un raccordement étanche avec le béton.

Pour limiter le nombre des joints de reprise dans le béton étanche du radier, les culées et les dalles de fond furent bétonnées d'une seule traite. Dans le sens longitudinal du tunnel, on renonça à disposer des joints de dilatation à de courts intervalles. On n'en établit qu'à la limite des deux lots ainsi qu'aux points où la section du tunnel change de comportement statique; leur espacement est dès lors compris entre 80 et 120 m dans le secteur sud; dans la partie nord, sujette aux tassements, les joints de dilatation sont identiques aux joints de contraction et de tassement placés tous les 120 m. Ces derniers, d'une largeur d'un mètre, ne furent fermés qu'après le comblement de la fouille et la fin du tassement.

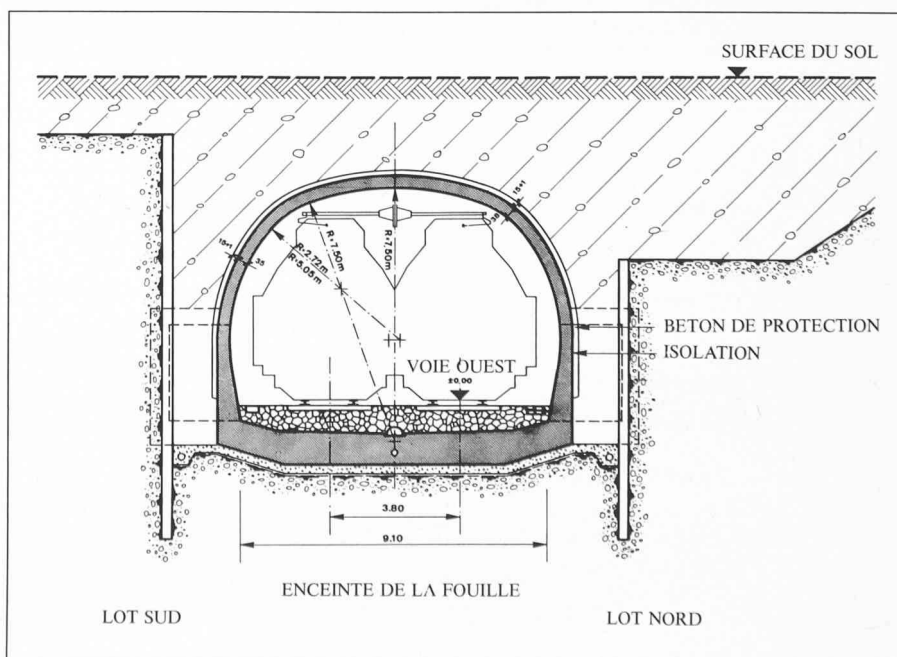


Fig. 1. — Profil normal.



Fig. 2. — Lot sud. Vue aérienne en direction du sud-ouest.

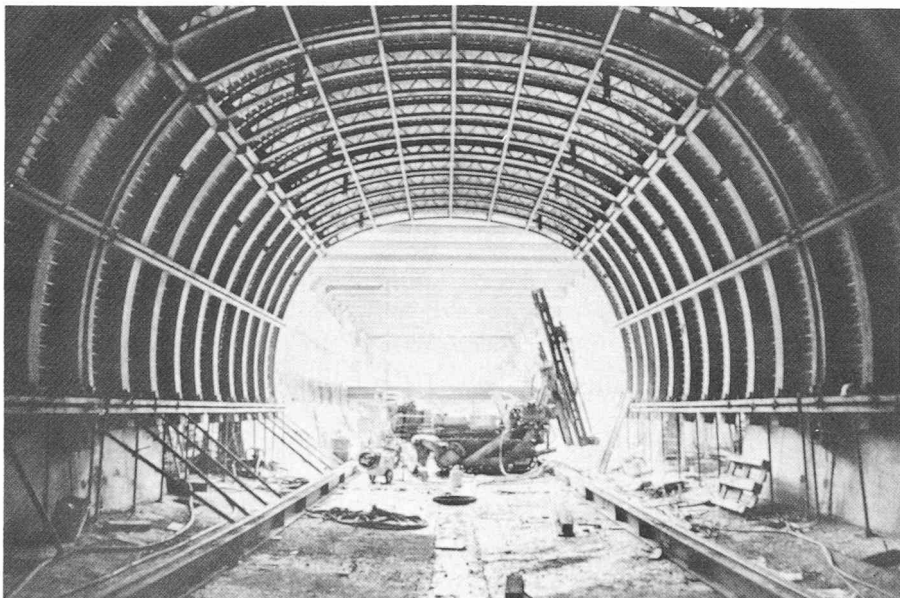


Fig. 3. — Lot sud. Cintrage de la voûte et fouille.

Exécution des travaux

Pour mener les travaux à ciel ouvert, à travers les emprises de l'aéroport, il a fallu respecter une quantité de prescriptions relatives à la sécurité du trafic aérien. Les travaux furent adjugés en deux lots pour des raisons géologiques, d'une part, et pour des raisons d'organisation, de l'autre (une moitié du chantier étant située à l'intérieur de la clôture de l'aéroport).

Dans le lot sud, les deux types de fouilles fondamentalement différents furent choisis en fonction des contraintes extérieures (nature du sol, constructions existantes). Sur le premier tronçon de 350 m, situé dans la moraine latérale et en rase campagne, la fouille, dont la profondeur atteignait 12 m par endroits, put être creusée avec des parois en talus (fig. 2). Ailleurs, sur une longueur de 200 m, le tunnel dut être construit dans une fouille étayée, pour des raisons de place. Les supports HEB 600 pour parois « Rühl » (profilés en acier de 12 m de longueur et de 60 cm de hauteur) furent mis en place dans des tours forés. D'une largeur de 13 m 20 et d'une profondeur de 10 m, la fouille fut étayée à l'aide de profilés HEB 300; la voûte entière fut bétonnée au-dessous des étais supérieurs (fig. 3).

La partie nord dut être établie presque entièrement dans un terrain de nature défavorable, et dans une zone où les installations de sécurité du trafic aérien risquaient d'être endommagées. Aux abords des antennes, pas le moindre tassement ne pouvait être toléré. Une fouille à ciel ouvert était admise, mais ne devait avoir qu'une largeur réduite. L'usage des machines de chantiers était soumis à de sévères limitations: en été, rien ne devait émerger à plus de 4 m du niveau du sol; en hiver, eu égard à la nécessité d'un fonctionnement absolument sûr de l'installation ILS, tout engagement de l'espace aérien était même catégoriquement interdit. Dans ces

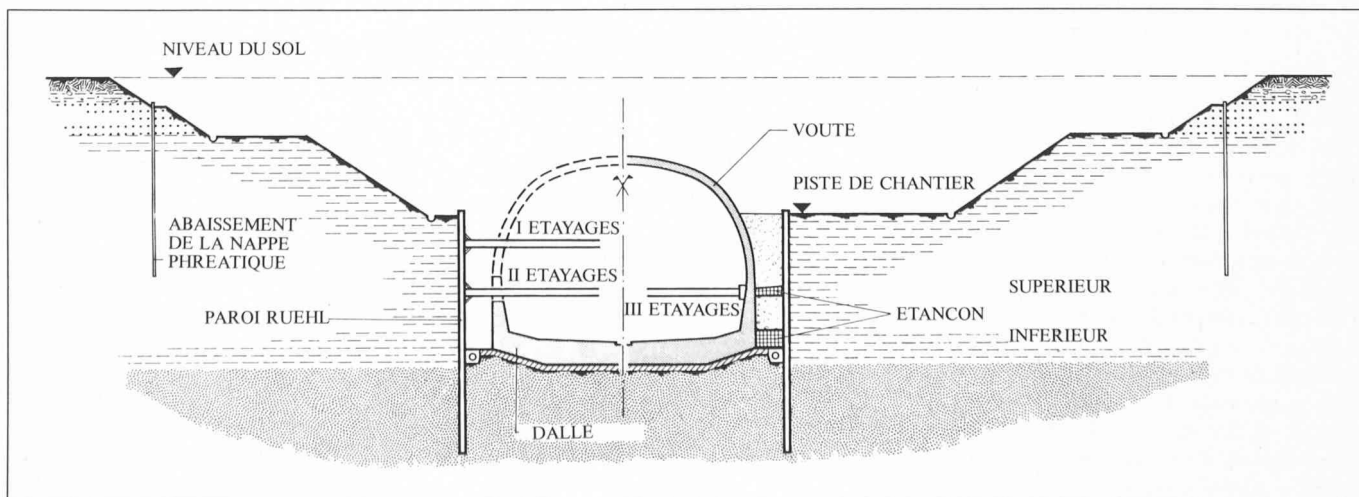


Fig. 5. — Profil en travers. Phase de travail.

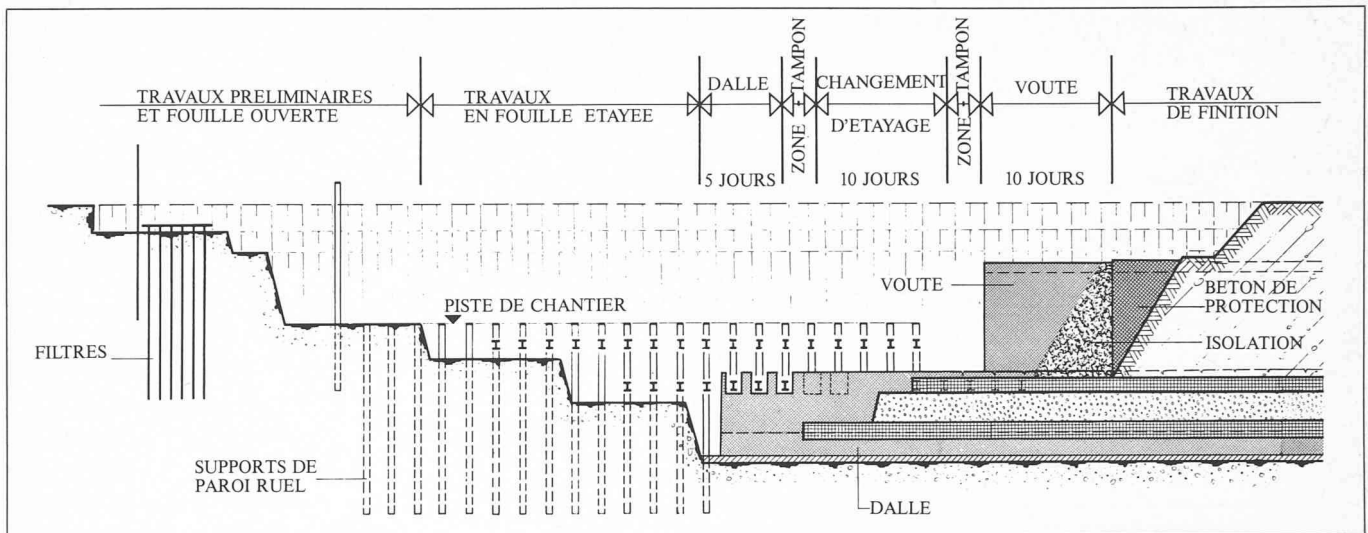


Fig. 6. — Schéma longitudinal des phases de travail.

conditions, on creusa d'abord une tranchée préliminaire d'environ 6 m de profondeur dans l'axe de la ligne. Depuis ce niveau, on creusa ensuite la fouille du tunnel, assurée par des parois « Rühl » pourvues d'un étayage. Les travaux furent exécutés selon une cadence programmée, qui permit de respecter les contraintes (fig. 4-6). Les couches superficielles du terrain, au-dessus des limons argileux, furent asséchées au moyen de filtres Wellpoint.

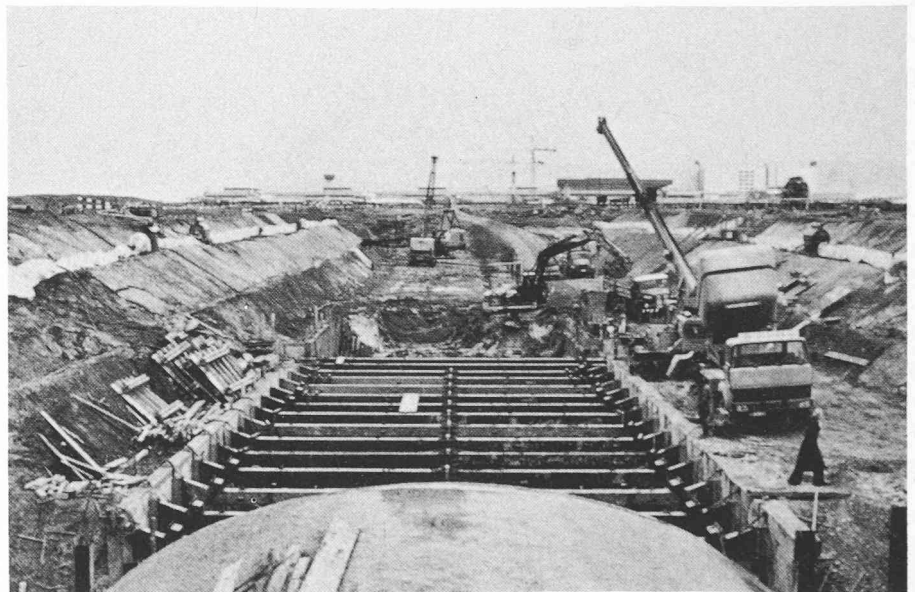


Fig. 4. — Lot nord. Vue d'ensemble de la fouille.

Adresse de l'auteur:

Jakob Hasenfratz
Ingénieur diplômé
Directeur
de l'entreprise Locher & Cie SA
Pelikanplatz 5, 8001 Zurich

Le tunnel du Hagenholz

par Ede Andraskay, Zurich

La partie orientale de la ligne de l'aéroport, entre la gare souterraine et le point de jonction avec l'ancienne ligne de Kloten, comprend le tunnel du Hagenholz, d'une longueur de 2,8 km, et un tronçon à ciel ouvert de 600 m. Construit selon la méthode du bouclier, le tunnel constitue un des ouvrages majeurs de la nouvelle ligne. Il passe sous trois collines (Butzenbüel, Holberg et Hagenholz) à une profondeur variant entre 30 et 45 m, sauf sous la tranchée de l'autoroute et sous l'ancienne ligne CFF de Kloten, où l'épaisseur du terrain couvrant la voûte n'est que de 8,5 et 12 m respectivement. D'ouest en est, le tunnel s'élève en rampe régulière de 10,4 pour mille.

Conditions géologiques et hydrologiques

Le souterrain est situé entièrement dans un terrain meuble surconsolidé, c'est-à-dire compact. Il traverse trois genres de terrains d'origine glaciaire: alluvions, moraines et dépôts lacustres. La couche inférieure de moraine ainsi que les sédiments lacustres sont pour ainsi dire imperméables et présentent une surface accidentée, qui subdivise en plusieurs bassins distincts les alluvions aquifères situés au-dessus. Le niveau de la nappe phréatique domine de 6 à 14 m le radier du tunnel (voir fig. 1).

Abaissement de la nappe phréatique

Durant le percement des couches aquifères, le principal problème a consisté dans le drainage du terrain. Pour abaisser le niveau de l'eau, il a fallu creuser 22 puits filtrants de 60 ou 90 cm de diamètre extérieur. Certains d'entre eux furent forés à 9 m de l'axe du tunnel; d'autres furent établis dans le terrain perméable au point le plus profond des bassins, parfois à une distance considérable de l'ouvrage (jusqu'à 230 m). La profondeur moyenne des puits fut de 45 m; le plus profond d'entre eux descendit à 65 m de la surface. Durant la phase d'assèchement, les puits débitèrent en moyenne mille litres à la minute. Une fois que le niveau de l'eau fut descendu au-dessous de celui du radier, il a suffi de maintenir en service un nombre restreint de puits, dont le débit varia généralement entre 60 et 200 litres à la minute.