

# Objectif gare

Construire, agrandir et développer les gares – Juin 2014



De nombreuses gares suisses atteindront leurs limites de capacité. Souvent, l'unique solution pour étendre les gares est de construire en sous-sol.

## Opération à cœur ouvert

De nombreuses gares suisses atteindront leurs limites de capacité dans les années à venir. Dans les centres-villes densément construits, étendre les gares n'est désormais plus possible qu'en sous-sol.

Construire au cœur d'une gare en exploitation s'apparente à une opération chirurgicale.

### La gare du futur est souterraine

Une gare est continuellement en effervescence: les pendulaires se précipitent dans les passages souterrains, les groupes d'écoliers se réunissent pour leur course d'école et les chariots à bagages se fraient un che-

min au milieu de la cohue. Les gares concentrent de nombreuses activités: elles servent de point de rencontre et de lieu de conférence, de centre commercial et concentrent des services. Elles constituent surtout des plaques tournantes en plein centre des villes. Le trafic ferroviaire devrait croître de 60% en Suisse d'ici 2030 et les gares des grandes villes suisses auront atteint leurs limites de capacité au plus tard à cette échéance. Les travaux d'agrandissement doivent donc être entrepris dès à présent. Mais où créer de l'espace pour des quais plus larges, de nouveaux passages souterrains et de nouveaux espaces de services dans un centre-ville densément

Suite en page 2 →

### Editorial

Chères lectrices, chers lecteurs, Lausanne, Berne, Bâle, Genève, Lucerne: des projets de gare sont planifiés dans presque toutes les grandes villes de Suisse. Le développement du rail confronte les grands centres économiques à plusieurs défis: comment augmenter la capacité de la gare dans un espace restreint? Où créer de l'espace pour accueillir d'autres services? Comment mieux intégrer la gare dans la ville? Les gares et leurs abords sont un enjeu majeur pour les entreprises ferroviaires et les villes. Nous travaillons dans ce domaine depuis des décennies. Mi-juin débute l'exploitation de la gare souterraine de Zurich, un de nos grands projets. Les projets de gares comptent parmi les plus exigeants sur le plan de la conception, de l'organisation et de la technique de construction. Rares sont les projets qui impliquent autant de participants, qui mobilisent autant de disciplines et dont la construction a lieu dans des conditions aussi difficiles, à savoir au milieu du trafic ferroviaire, d'un nombre important de personnes et d'infrastructures sensibles. Autant de bonnes raisons pour consacrer une série de brochures thématiques aux gares. Chaque édition éclairera un aspect du «système gare», de la conception jusqu'à la construction. Et pour commencer: comment construit-on en ville une nouvelle gare souterraine? La question est simple, la réponse nettement moins.

Ralph Bächli  
Expert responsable gare  
Basler & Hofmann SA, Zurich

**Dans nos prochaines éditions :**  
Construction et exploitation / Interactions avec la ville

À gauche : Construire au milieu de la Sihl : derrière les deux batardeaux, les ouvriers s'affairent, tandis qu'à gauche et à droite de ceux-ci, le fleuve continue de s'écouler vers l'Argovie. Le pont provisoire qui enjambe le cours d'eau accueille les conteneurs de chantier et les matériaux transbordés.

À droite : Derrière les batardeaux obstruant la Sihl, les voies reposent sur des ponts provisoires tandis qu'en dessous de ceux-ci, les ouvriers bétonnent la dalle de couverture de la future gare.



Suite de la page 1 →

construit ? L'unique solution est de construire en sous-sol. Actuellement, cette évolution se dessine un peu partout. Avec la mise en service de la gare de la Löwenstrasse en 2014, Zurich dispose désormais de deux gares souterraines. A Berne, Lucerne, Bâle, Lausanne et Genève, des extensions souterraines sont aussi en cours de planification.

## Projets de gare actuels de Basler & Hofmann

- Gare de Zurich, nouvelle gare souterraine de la Löwenstrasse : étude, avant-projet, mise à l'enquête / projet de l'ouvrage, appel d'offres, projet d'exécution, direction des travaux
- Gare de Berne, gare souterraine RBS : étude de faisabilité, avant-projet, mandat de planificateur général depuis la mise à l'enquête / le projet de l'ouvrage jusqu'à la mise en service
- Gare de Berne, extension des installations d'accueil : étude, avant-projet, mandat de planificateur général depuis la mise à l'enquête / le projet de l'ouvrage jusqu'à la mise en service
- Gare de Lausanne, allongement des quais avec aménagement de 3 nouveaux passages souterrains et de surfaces de services : avant-projet, mise à l'enquête / projet de l'ouvrage
- Gare de Lucerne, nouvelle gare souterraine : étude de faisabilité, avant-projet
- Gare de Genève-Cornavin, nouvelle gare souterraine : expertise avec conception du projet, y compris voies d'accès

Les projets ont été ou sont traités au sein de différents groupements d'ingénieurs.

### Une intervention complexe

L'agrandissement d'une gare en souterrain en plein centre-ville est l'une des tâches les plus complexes auxquelles une équipe d'ingénieurs et de planificateurs peut être confrontée. Construire dans une gare fortement fréquentée, c'est intervenir dans un système vivant, ayant déjà atteint ses limites et dont l'exploitation ne peut être interrompue. La comparaison avec une opération à cœur ouvert n'est par conséquent pas dénuée de fondement. Une telle opération n'a été réalisée à grande échelle que deux fois en Suisse : pour la construction des deux gares souterraines sous la gare centrale de Zurich, celle de la Museumstrasse, inaugurée en 1990, et celle de la Löwenstrasse.

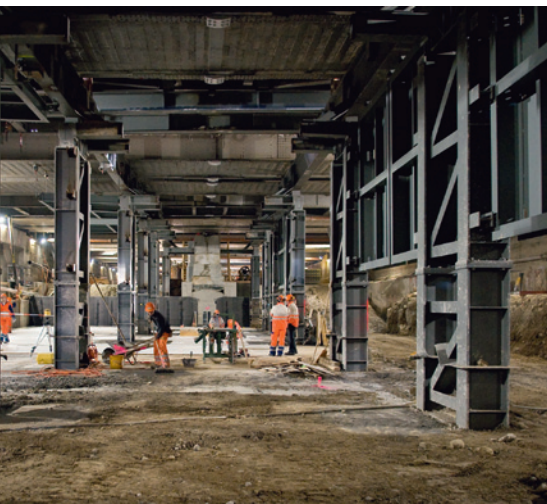
### Priorité au trafic ferroviaire

La gare de Zurich est la plus grande gare de Suisse. Elle accueille chaque jour quelque 400 000 passagers et en moyenne, un train y arrive ou la quitte toutes les 25 secondes. La nouvelle gare souterraine de la Löwenstrasse et la galerie marchande ont été construites entre 2007 à 2014 sans interrompre l'exploitation. Pendant la construction d'une gare, la priorité est accordée à la sécurité des usagers et au trafic ferroviaire, deux paramètres qui déterminent toute la planification des travaux, des phases jusqu'aux méthodes de construction. Pendant cette période, aucune voie n'a pu être interdite et la circulation des voyageurs a dû être assurée en permanence à proximité du chantier. Par ailleurs, un grand chantier possède aussi ses exigences propres : alors que l'espace est déjà rare au centre-ville, il faut de la place pour les machines et le matériel ainsi que pour l'approvisionnement et l'évacuation. Il faut toutefois parvenir à concilier ces deux systèmes presque incompatibles.

### Rendre l'impossible possible

La gare souterraine de la Löwenstrasse se trouve 16 m en dessous de six voies aériennes sur lesquelles circulent des trains avec une cadence à la minute et franchit la Sihl par en dessous. Comment réalise-t-on un chantier aussi colossal sans interrompre l'exploitation ? Il existe plusieurs manières de procéder qui sont souvent combinées :

- Construire par étapes : pour construire sous une artère importante, qu'il s'agisse d'une voie ferrée, d'une rue ou d'un cours d'eau, l'on n'interdit qu'une seule section à la fois. Tandis que l'on construit dans cette section, les autres peuvent être utilisées comme d'habitude. Cela permet d'éviter des fermetures complètes.
- Structures porteuses provisoires : les voies, routes, passages souterrains pour piétons et bâtiments reposent sur des ponts provisoires ou sont repris en sous-œuvre pour pouvoir démolir les structures situées en dessous et construire les nouveaux ouvrages.
- Méthode en taube : cette méthode de construction n'occupe de la place en surface que pendant un court laps de temps. Une fois la dalle de couverture réalisée, l'ensemble du processus de construction se déroule en sous-sol à l'abri de la dalle, tandis qu'en surface, la vie retrouve déjà son cours normal.
- Méthode d'excavation en souterrain : la construction se déroule uniquement en sous-sol. Seul un puits est nécessaire pour débiter l'excavation à la pelle mécanique, à l'explosif, voire au tunnelier. Dans une gare, la couverture est souvent trop faible pour cette méthode de construction, à moins de construire la nouvelle gare plus en profondeur, avec des répercussions sur les coûts, les délais de construction, les correspondances et le confort d'utilisation.



# Logistique selon l'horaire

L'acheminement des matériaux constitue en quelque sorte le flux sanguin d'un chantier. Sans livraison et évacuation des marchandises, le chantier est paralysé. Lorsque l'espace au centre-ville est restreint et que le réseau routier est déjà surchargé, la logistique devient un défi et un facteur de réussite déterminant en vue de respecter les délais serrés.

## Passer par étapes sous la Sihl

Un cours d'eau ne peut pas être simplement « mis hors service » et l'exemple du passage sous la Sihl à Zurich est la parfaite illustration des environnements particulièrement complexes au sein desquels les méthodes de construction décrites ci-contre sont déployées. La Sihl s'écoule sous la gare actuelle par cinq ouvertures et la nouvelle gare devait être construite en dessous du cours d'eau. Pour ce faire, deux ouvertures ont été fermées successivement à l'aide de batardeaux pour pouvoir y procéder à la construction des parois latérales sous la forme de parois moulées et y bétonner la dalle de couverture de la future gare. L'écoulement de la Sihl est ensuite rétabli dans chaque ouverture, tandis que, protégé par la nouvelle dalle, le hall de la gare a été excavé. Le même procédé est utilisé pour passer en dessous des routes et des voies de tram.

## Considérer le système dans son ensemble

Choisir la « bonne » méthode de construction dépend de nombreux paramètres. Quelle est la géologie du sous-sol ? Y'a-t-il des nappes phréatiques ? Combien de temps et avec quelle intensité peut-on intervenir en surface ? Quels sont les impacts de la méthode de construction sur les coûts, les délais et l'entretien futur ? Ne risque-t-elle pas de nuire à certaines activités environnantes ? Dans le cadre de l'extension de la gare souterraine RBS de Berne, il était initialement prévu d'excaver les cavernes à l'explosif, L'Institut de Physique de l'Université de Berne se trouve à proximité directe de la gare et réalise en permanence des essais au moyen d'appareils de mesure très sensibles : il a donc finalement été décidé de réaliser les travaux d'excavation au moyen d'une haveuse. L'extension d'une gare doit donc faire l'objet d'une approche globale pour le bien de l'ensemble du système.

Chaque chantier génère des transports de matériaux importants. C'est notamment le cas pour un ouvrage réalisé totalement en sous-sol, dont le volume doit au préalable être excavé et évacué. Ainsi, l'excavation de la gare de la Löwenstrasse a généré 300 000 m<sup>3</sup> de déblais, ce qui correspond à une pyramide de 90 m de haut et de 100 m de côté. Pendant que l'on procède aux travaux de démolition d'un côté, la construction débute déjà de l'autre. Et tandis que l'on évacue les matériaux excavés, des dizaines de milliers de tonnes d'engins de chantier, d'acier et de béton doivent être livrés. Une telle logistique demande beaucoup d'espace – espace qui précisément manque au centre-ville.

## Créer de l'espace là où il n'y en a pas

Sur tous les chantiers de gare, chaque mètre carré de surface d'installation est précieux. Pendant la construction de la Ligne Diamétrale entre 2007 et 2014, la gare centrale de Zurich était encerclée de plates-formes temporaires, créant au-dessus du trafic une zone pour les conteneurs de chantier et les dépôts de matériel. De telles plates-formes ne peuvent toutefois pas être placées n'importe où : les charges importantes qu'elles supportent doivent aussi pouvoir être reportées sur les fonda-

tions dans le sous-sol, ce qui n'est pas toujours possible, si ce dernier abrite déjà d'autres constructions. Chaque surface d'installation doit disposer d'une liaison vers le chantier, que ce soit par grue, par une voie de transport spéciale, une galerie d'approvisionnement ou des bandes transporteuses. Dans la gare centrale de Zurich, le béton a été pompé dans des tuyaux de 125 mm de diamètre jusqu'au chantier parfois distant de 400 m de la zone d'installation. Pour économiser des surfaces d'entreposage, les matériaux peuvent aussi être livrés « just in time ». Cela nécessite toutefois d'aménager hors de la ville, dans des lieux favorables du point de vue du trafic, des zones d'attente pour les camions.

## La logistique détermine l'avancement

Pour le transport des produits en vrac de et vers la zone d'installation, le rail a la priorité pour des raisons environnementales, pour ménager les riverains et pour ne pas surcharger davantage le réseau routier local. A proximité des gares, les infrastructures ferroviaires sont cependant déjà fortement sollicitées. Pour la construction du tunnel du Weinberg, la vitesse d'avancement a dû être adaptée aux horaires de train : chaque jour, sept créneaux horaires étaient réservés au chantier en vue de l'évacuation des matériaux excavés. Les trains de marchandises devaient être chargés et quitter le chantier pendant ces périodes. Les expériences acquises sur d'autres chantiers ont permis de réaliser une installation de transbordement permettant de charger un train en 30 minutes. Une enveloppe a dû être construite autour de l'installation qui a de plus été isolée phoniquement car elle se situait en plein milieu d'une zone de logements.

Encerclée de plates-formes temporaires : la gare centrale de Zurich pendant la construction de la Ligne Diamétrale.



# Un parking souterrain sur le tracé du tunnel

**Construire une gare souterraine ne suffit pas. Il faut encore la relier grâce à des voies d'accès en pleine zone urbaine. Les constructeurs de tunnels doivent faire face à de nombreux défis : terrains de couverture de faible épaisseur, quartiers densément peuplés, activités sensibles en surface ou encore aménagements existants dans le sous-sol.**

Le tunnel de base du Zimmerberg et le tunnel du Weinberg comptent parmi les projets de tunnels ferroviaires urbains les plus complexes de Suisse. Le tunnel de base du Zimmerberg, inauguré en 2004, relie Zurich à Thalwil. Le tunnel du Weinberg mène de la nouvelle gare souterraine de la Löwenstrasse à Zurich au quartier d'Oerlikon. Sa mise en service est prévue en juin 2014. Certains tronçons des deux tunnels traversent des terrains meubles sous le

niveau des nappes phréatiques et passent sous des routes très fréquentées et des bâtiments sensibles avec une couverture de quelques mètres seulement.

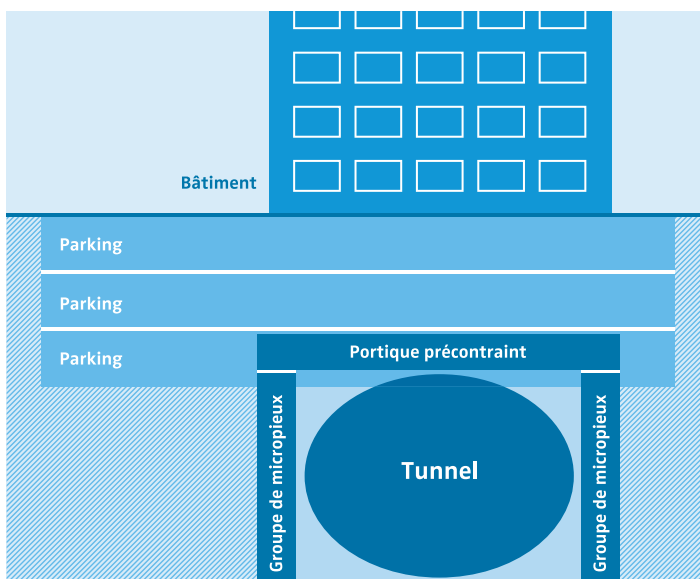
## Sécurité maximale au centre-ville

Pour le tunnel du Weinberg, le principal défi concernait les 300 derniers mètres qui passent en dessous de la Limmat et de la place de la gare, l'un des principaux nœuds de Zurich, avant de déboucher dans le puits face à la gare centrale de Zurich. Des exigences de sécurité très strictes ont été définies pour ce tronçon. Afin que le tunnelier puisse traverser les terrains meubles sous la nappe phréatique en toute sécurité, de nombreuses mesures de stabilisation ont été nécessaires. Une voûte-parapluie de 140 m de long a été construite sous la place de la gare et sous la Limmat. Depuis celle-ci, les terrains ont ensuite été consolidés au moyen d'injections. Protégé par cette

voûte, le tunnelier est passé juste en dessous de la Limmat pour rejoindre le puits d'arrivée en toute sécurité en novembre 2010.

## Un niveau de parking sur le tracé du tunnel

En milieu urbain, il n'est pas rare que le tracé d'un tunnel rencontre les fondations profondes d'un bâtiment ou des niveaux de caves. Ce fut le cas lors de la construction du tunnel de base du Zimmerberg. Le niveau inférieur d'un parking souterrain d'un immeuble de bureaux de six étages se trouvait sur le tracé planifié, ce qui a contraint les ingénieurs à recourir à une méthode de construction très complexe : des engins de chantier ont démolé l'étage de parking, tandis que des travaux se déroulaient dans les étages supérieurs. L'immeuble de 120 000 tonnes a ensuite dû être posé sur une nouvelle fondation, sans déformation et sans perturber l'exploitation. Pour cela, de lourds portiques en béton armé ont été installés pour reprendre les charges du bâtiment et les reporter sur une nouvelle fondation sur pieux profonde de 18 m de part et d'autre du tracé du tunnel. Le bâtiment a été reposé sur sa nouvelle fondation à l'aide de vérins hydrauliques. A la fin des travaux, la faîte du tunnel n'était séparée des portiques supportant le bâtiment que de 20 cm. Comme les voies du tunnel reposent sur un système masse-ressort, les occupants du bâtiment ne ressentent rien du trafic ferroviaire intense sous leurs pieds.



Représentation schématique de la nouvelle fondation sur pieux d'un immeuble de bureaux traversé par le tunnel de base du Zimmerberg

## Mentions légales

Veillez communiquer tout changement d'adresse à :  
loredana.curcillo@baslerhofmann.ch

**Editeur :** Basler & Hofmann AG, [www.baslerhofmann.ch](http://www.baslerhofmann.ch)  
**Rédaction :** Dorothee Braun **Création :** Caroline Aebi

**Tirage :** 1500