

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 131 (2005)
Heft: 19: Implanter AlpTransit

Artikel: Système de guidage pour tunneliers
Autor: Deicke, Reinhard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99415>

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: 30.03.2025

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

Système de guidage pour tunneliers

STEN
TUNNELS

Le conducteur d'un tunnelier doit en tout temps disposer d'informations sur la position effective et l'orientation de sa machine. Le système de guidage des TBM (Tunnel Boring Machine) de Bodio¹, fournit en permanence à leur conducteur la position exacte de l'axe du tunnelier, les écarts par rapport à l'axe théorique du tunnel et les tendances de la machine à s'écarter de ce dernier. Le système permet en outre à la direction de chantier de visualiser à distance le travail du front d'attaque et de suivre l'avancement du chantier.

De nos jours, les vitesses de forage des TBM atteignent plusieurs centimètres par minute et le conducteur doit pouvoir instantanément mesurer l'impact de ses décisions sur le suivi de l'axe théorique imposé. Les exigences à satisfaire par un système de guidage sont ainsi clairement définies :

- guidage du tunnelier en permanence,
- affichage permanent de sa position par rapport à l'axe théorique,
- mise à jour permanente des informations (p. ex. l'inclinaison du tunnelier),
- affichage de l'état réel d'avancement,
- contrôle automatique de la direction d'avancement.

Le guidage est également tributaire d'un certain nombre de facteurs extérieurs comme :

- les ressources humaines,
- les machines de chantier mobiles (p. ex. excavateur),
- l'atmosphère chargée de poussière (p. ex. travaux de béton projeté),
- les travaux sur le radier.

A Bodio, le système doit en outre intégrer des caractéristiques propres au tunnelier :

- les fortes vibrations liées au fonctionnement de la machine,
- les éléments du tunnelier : *gripper* (patins radiaux rétractables), poussoirs, train suiveur,
- l'absence de visibilité permanente jusqu'au bouclier pour le faisceau laser,

- une fenêtre laser supérieure dont la portée est limitée à 40 mètres derrière la tête de forage,
- une fenêtre laser inférieure très étroite,
- un nombre limité de périodes de stationnement stables pendant le percement.

Dans les systèmes de guidage généralement utilisés, l'ensemble des éléments *hardware* sont réunis dans une seule fenêtre-laser². Pour les deux TBM engagés sur le tronçon de Bodio, la conception des tunneliers (disposition des éléments) n'a pas permis de définir une seule fenêtre capable d'assurer les mesures nécessaires à leur guidage. Il a donc fallu imaginer un nouveau système basé sur l'utilisation de deux fenêtres-laser (fig. 1), ce système devant en outre pouvoir travailler dans des systèmes de coordonnées rattachés aux divers éléments du tunnelier, tout en intégrant les zones de rétrécissement et les vibrations.

Le système de guidage

Systèmes de coordonnées dans le tunnel

Au début d'un projet de tunnel, l'axe de l'ouvrage est défini dans un système de coordonnées global. L'axe est ensuite implanté dans le tunnel au fur et à mesure de l'avancement des travaux, pour définir la direction à suivre. Concrètement, ce système se matérialise par un ensemble de repères stables - implantés sur les parois par le géomètre du chantier - auxquels se réfère le système de guidage. De leur côté, les pilotes des tunneliers s'intéressent principalement à la position et à l'orientation (horizontale et verticale) en divers points de leur machine, ainsi qu'au roulis et au tangage par rapport au tracé théorique.

Par ailleurs, pour le géomètre, le tunnelier ne constitue pas un objet unique et rigide : il se compose d'un ensemble d'éléments comprenant la tête de forage, le dispositif d'ancrage, les vérins-poussoirs et le train-suiveur. Chacun de ces élé-

¹ Un système similaire existe sur les TBM de Amsteg

² Une fenêtre-laser est un espace qui ne contient aucun autre objet que ceux liés au fonctionnement du laser, afin d'y garantir une visibilité permanente.

ments possède son propre système de coordonnées. De plus, l'utilisation forcée de deux fenêtres-laser impose de connecter entre eux différents systèmes de coordonnées, ce qui augmente notablement le nombre des éléments du système de guidage.

Il faut enfin souligner que pour le rattachement au réseau de repères mis en place par le géomètre du chantier, seuls les points fixés sur les parois au voisinage de la calotte peuvent être considérés comme stables : les points situés près du sol ne le restent qu'à court terme, le radier étant construit directement à l'intérieur du train suiveur.

Eléments du système de guidage

Les divers éléments du système de guidage sont visibles sur les figures 2 et 3. La fenêtre-laser supérieure abrite le repère de rattachement supérieur de la paroi, la station murale (fig. 4) et les quatre prismes des deux composants du système d'avancement. Ces divers éléments assurent le transfert des points de repère aux systèmes de poussage (vérins). Grâce à des inclinomètres et diverses précautions de montage, les coordonnées du repère de rattachement inférieur et de la station laser du tunnelier (fig. 5) - qui comprend un distancemètre - sont transmises au dispositif de poussage avant. Ces deux éléments se trouvent dans la deuxième fenêtre-laser. L'ultime élément appartenant à la fenêtre inférieure est le dispositif de visée situé dans la zone du bouclier. Les systèmes de guidage traditionnels utilisent comme dispositif de visée une cible électronique, qui permet de déterminer horizontalement et verticalement le point d'impact du rayon-laser à l'avant de la machine. Toutefois, pour les tunneliers de Bodio, l'importance des vibrations a imposé de remplacer la cible électronique par deux prismes à diaphragme et un inclinomètre.

Les mouvements de roulis et de tangage du bouclier sont mesurés avec un inclinomètre à deux axes. La tendance du bouclier à s'écarter horizontalement de l'axe est alors déduite de l'angle d'incidence du rayon-laser par rapport à l'axe de la cible.

Les éléments du dispositif géodésique sont complétés par divers composants : alimentation, convertisseurs, connecteurs, éléments pour le stockage des données, et naturellement un PC dans le poste de commande du tunnelier.

Le cycle de mesure

Avant la mise en route, on contrôle la direction en visant le repère de rattachement supérieur (2) à partir de la station murale (1) (fig. 3). Les coordonnées de la station murale et du prisme de rattachement sont définies dans le système

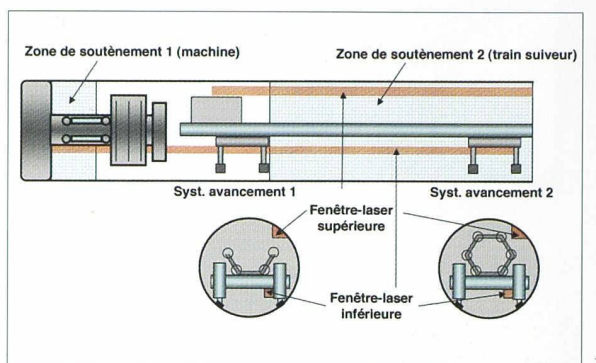
Fig. 1 : Schéma du TBM avec les deux fenêtres-laser

Fig. 2 : Représentation des divers éléments du système de mesure

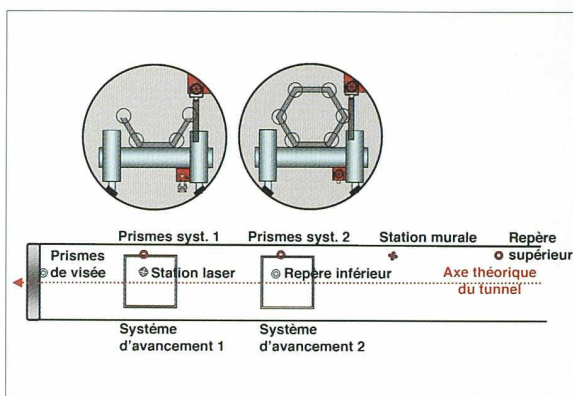
Fig. 3 : Schéma d'un cycle de mesure

Fig. 4 : Station murale du système de mesure

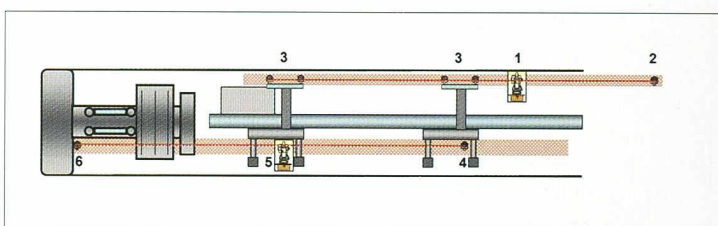
Fig. 5 : Station laser de la fenêtre inférieure



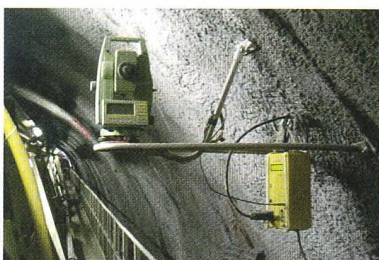
1



2



3



4

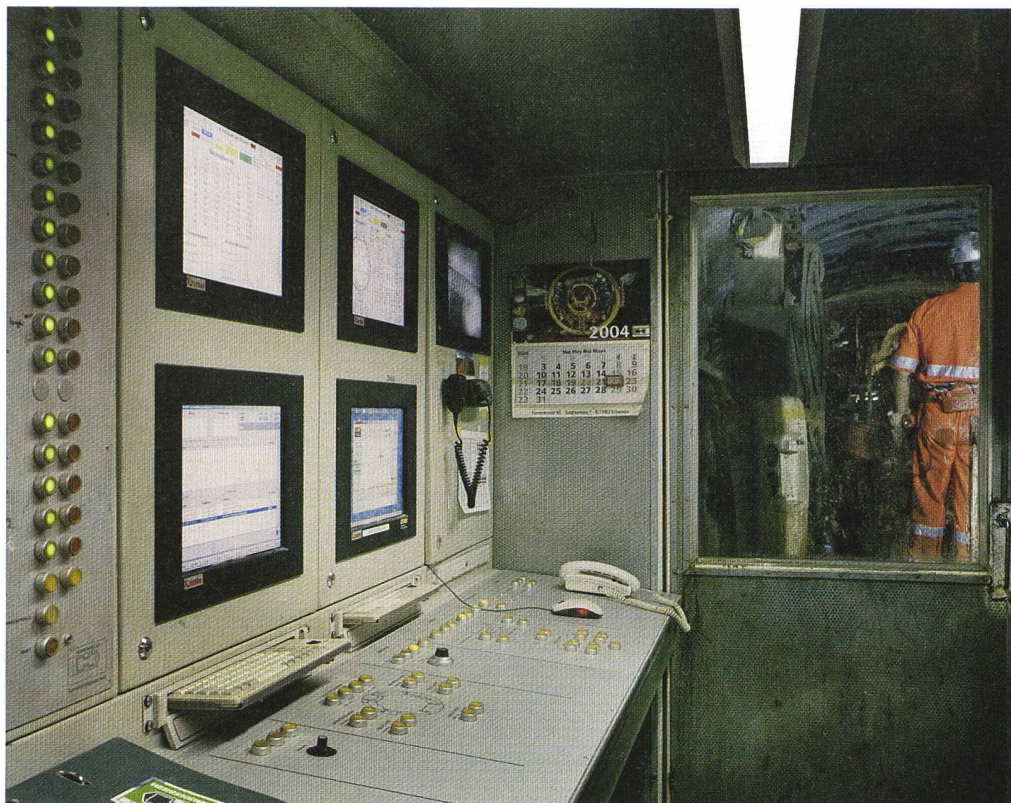


5

Fig. 6 : Poste de commande du tunnelier de Bodio (Photo Milo Keller)

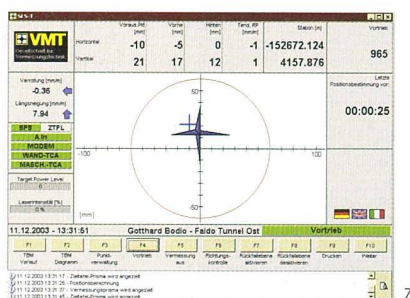
Fig. 7 : Ecran de visualisation de la position du tunnelier

(Sauf mention, tous les documents illustrant cet article ont été fournis par l'auteur)



6

global de coordonnées avant la mise en place des divers éléments du système de guidage. Une fonction de recherche automatique (FRA) identifie les prismes situés sur les vérins-poussoirs (3) et les mesure avec précision (la visée doit être possible pendant au moins trois minutes). La position des vérins permet ensuite de déterminer les coordonnées globales des éléments situés dans la fenêtre inférieure, à savoir le distancemètre (5) fixé sur les vérins et le repère de rattachement inférieur (4). Le roulis et le tangage sont mesurés simultanément par des inclinomètres pour être pris en compte. Le distancemètre (5) s'oriente alors sur le repère de rattachement (4) et vise les prismes situés sur le bouclier (6). Connaissant la position et les inclinaisons du tunnelier, il est alors possible de calculer toutes les données nécessaires pour la conduite du tunnelier ou de produire les informations dont la direction des travaux souhaite disposer.



7

Le logiciel du système de guidage

Le logiciel du système de guidage constitue évidemment le cœur du système, puisqu'il reçoit et traite des informations des divers éléments qui lui sont connectés. Il en déduit alors la position instantanée du tunnelier pour la décrire directement sous forme graphique et numérique dans le poste de pilotage du tunnelier (fig. 6 et 7).

La visualisation de la position du tunnelier n'indique pas seulement la position (écarts ou tendance) du tunnelier par rapport à l'axe, mais elle permet aussi au conducteur de s'assurer du bon fonctionnement du système de guidage. Supposons en effet qu'un obstacle empêche le distancemètre d'effectuer ses mesures : la position de la machine ne peut plus être calculée, et le conducteur doit immédiatement agir en conséquence.

Finalement, un modem intégré au PC transmet les informations relatives à l'avancement au bureau du chef de chantier. Ce dernier peut donc suivre l'avancement depuis l'extérieur du tunnel, et grâce à la banque de données intégrée, avoir une vision globale du déroulement des travaux. On peut en outre consulter en tout temps les données d'avancement depuis l'extérieur ou obtenir une représentation globale du comportement du tunnelier.

Reinhard Deicke, ing. géomètre
Consortio TAT, Tunnel AlpTransit-Ticino, CH - 6742 Pollegio

Texte original en allemand, traduction par Hubert Dupraz