

# Tunnel sous la Manche

## comment positionner en temps réel une machine, au millimètre, sur des portées de 150 mètres

Pierre Dubreuil - Ingénieur ESTP



Machine de pose de voies RND 92

Le tunnel sous la Manche, baptisé "le chantier du siècle", a par ses contraintes d'environnement, de précision et de rendement amené différents constructeurs à développer de nouvelles technologies.

Le système que nous allons décrire dans cet article se nomme T.D.S. (Théodolite Driving System). Il a été développé par la société LEICA (Constructeur de matériel de topographie) pour permettre le guidage, en temps réel et sans contact, de la machine qui positionne la voie ferrée avant bétonnage.

### DESCRIPTION DU CHANTIER

Le tunnel sous la manche représente en fait 3 tunnels de 50 km chacun. Seulement deux nécessitaient un réglage de précision, le troisième étant un tunnel de service. 100 km de voies devaient donc être réglées. La précision de positionnement des voies après bétonnage devaient être de  $\pm 3$  mm aussi bien en planimétrie qu'en altimétrie.

Deux machines se sont partagées le travail, une côté Anglais et une côté Français.

La voie comporte des gabarits de réglage tous les 1,8 m, soit sur 100 km un total de 55556 réglages en pla-

nimétrie et altimètre devaient être effectués !

Les cadences demandées étaient de 360 m (200 gabarits) de voie réglée par poste de travail, et ceci 7 jours sur 7.

Des points connus en coordonnées tous les 150 mètres devaient servir de références absolues.

### SOLUTIONS ENVISAGÉES

#### Solution mécanique :

Dans un premier temps implanter et mesurer des points au droit de chaque gabarit. Puis dans un second temps la machine se positionne par rapport au point grâce à un bras palpeur travaillant en deux dimensions (planimétrie et altimétrie)

Le coût du matériel et de la mise en œuvre (55556 points à installer) de cette méthode étaient beaucoup trop élevés. D'autre part, le positionnement du bras palpeur sur le point au droit de chaque gabarit n'est pas très aisé, la machine supportant le bras mesurant 15 m de long sur 3 m de large et 2,5 de haut.

#### Solution laser :

On place sur un point connu en coordonnées un



Prismes montés sur la machine

émetteur laser, puis on l'oriente suivant un gisement précis. D'autre part on installe sur la machine une cible active permettant d'exprimer des décalages du faisceau laser par rapport à deux directions perpendiculaires.

La précision demandée au système de positionnement ( $\pm 1$  mm), aurait obligé, si cette méthode avait été choisie, à

faire des portées très courtes pour minimiser les problèmes de perturbations atmosphériques (poussières, gradients thermiques) auxquelles le laser est particulièrement sensible.

D'autre part l'axe théorique de la voie est une courbe mathématique dans l'espace, il aurait donc fallu réorienter le laser pratiquement à chaque visée pour que celui-ci ne sorte pas de la cible active de la machine.

#### Solution topographique manuelle :

Cela consistait à placer un théodolite et un distancemètre de haute précision sur un point connu en coordonnées, puis un opérateur visait la machine et calculait les valeurs de décalage de la machine par rapport à des valeurs théoriques.

En fait cette solution aurait impliqué plusieurs opérateurs géomètres par poste de travail, vue les cadences et les précisions demandées.

#### Solution topographique automatique :

C'est celle qui a finalement été choisie. L'opérateur géomètre de la solution précédente est remplacé par un théodolite motorisé avec caméra vidéo intégrée, capable de mesurer 24H/24H et ceci avec une précision et une fiabilité maximum.

### DESCRIPTION DU SYSTEME T.D.S.

#### Principe de la mesure d'un point :

Pour mesurer un point, on utilise la station automatique de mesure TM 3000 V/D équipée d'un Distomat.

Ce théodolite motorisé projette une lumière infrarouge à travers la lunette et détecte son impact sur un réflecteur (prisme en verre de 50 mm de diamètre) grâce à une caméra vidéo intégrée dans le télescope.

Cette détection lui donne un angle vertical et un angle horizontal. Il mesure ensuite la distance au point grâce à un distancemètre infrarouge.

On détermine ainsi les coordonnées sphériques du point que l'on transforme en coordonnées cartésiennes suivant un référentiel déterminé.

#### Caractéristiques de la mesure d'un point :

- Portée supérieure à 500 mètres.
- Temps de mesure d'un point inférieur à 8 secondes.
- Ecart type sur les coordonnées du point : 1 mm à 100 m (0.1 mm à 10 m).

#### Principe du guidage automatique :

Un "bloc mesure" comprenant le théodolite motorisé TM 3000 V/D couplé à un ordinateur est installé sur un point connu. Un système radio assure la transmission des données entre l'ordinateur du "bloc mesure" et l'ordinateur qui gère les asservissements de la machine.

Un protocole de communication a été mis au point avec le constructeur de la machine pour coordonner les mouvements et les mesures.

#### Séquence de réglage automatique :

Le pilote de la machine demande une première mesure.

Le système topographique mesure la position, calcule les écarts par rapport au théorique et les renvoie vers la machine.

La machine se positionne précisément (asservissement).

Le pilote demande une mesure de contrôle.

Le système topographique mesure la nouvelle position, contrôle si elle se trouve dans les tolérances fixées, puis renvoie les écarts résiduels avec un drapeau d'avancement.

Si la machine n'est pas dans les tolérances, le pilote redemande une mesure avec asservissement.

Si la machine est dans les tolérances, le pilote peut passer à la position suivante et pendant ce temps la station topographique remesure ses points de références.

Un cycle de réglage dure moins de deux minutes.

#### Avantages du système :

Ce système est beaucoup plus simple de mise en place qu'un système de guidage par laser. Car le théodolite étant motorisé, il va suivre les mouvements de la machine. Il n'est donc plus nécessaire de placer l'appareil dans l'alignement de la trajectoire.

Le théodolite va se retourner pour remesurer périodiquement un ou plusieurs points fixes. Cela permet de s'assurer de la stabilité de système de guidage et donc du guidage lui-même. On en déduit ainsi un écart type du "retour sur référence" qui sera une sorte de critère de qualité des mesures effectuées.

Le théodolite mesure 2 prismes indépendants sur la machine, le second servant de contrôle après asservissement.

### CONCLUSION

L'importance d'un chantier tel que "le tunnel sous la Manche" a permis de faire un pas important dans le domaine de la mesure dimensionnelle en temps réel et sans contact.

Grâce à ce chantier on a pu éprouver la fiabilité du matériel et déjà de nouvelles applications se présentent dans des domaines tels que l'auscultation ou la trajectographie.