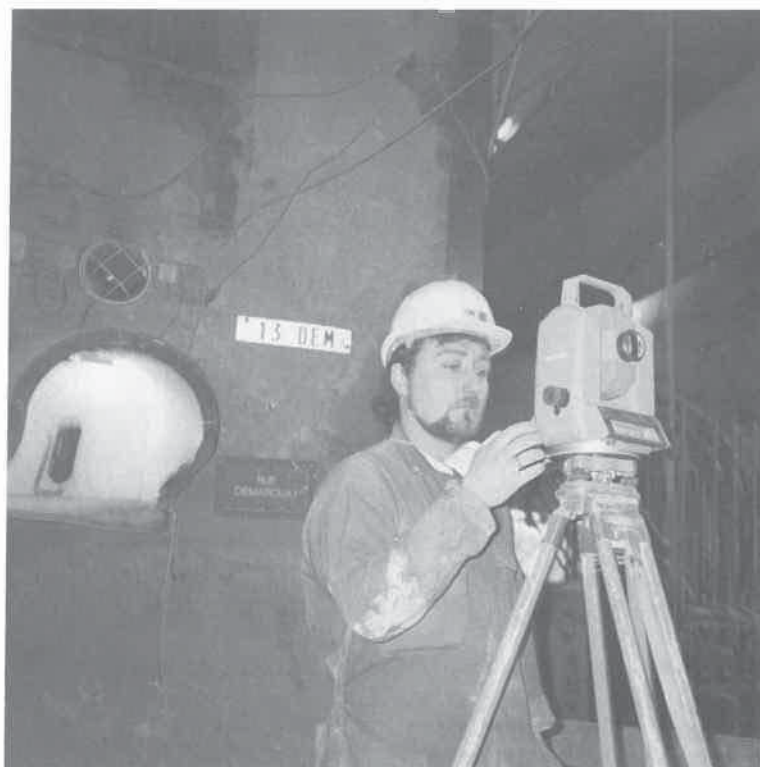


Le rôle du géomètre et les instruments de mesure et de contrôle sur chantier EOLE METEOR LIGNE D du RER



Mesure de convergence avec le tachéomètre WILD TC2002 de LEICA (cabinet Veillard) - Chantier EOLE - Photo LEICA

Michel CADET (TPI) et Jacques REYMOND (Chantiers Modernes)

Les travaux de creusement des chantiers Eole, Météor et Ligne D du RER nécessitent la réalisation de mesures et de contrôles réguliers. En effet, qu'il s'agisse de guidage traditionnel ou par tunnelier, un impératif doit être respecté : assurer le bon suivi du tracé par rapport au projet. C'est la raison pour laquelle les géomètres dirigent un travail minutieux d'implantation et de contrôle à l'aide des instruments de topographie les mieux adaptés.

A - Pour garantir que l'axe réel du chantier suive effectivement l'axe théorique, le géomètre intervient tout au long de l'ouvrage. Auparavant, il doit cependant entreprendre un travail préliminaire indispensable : *définir des points de référence en sous-sol*, à partir de points localisés en surface dont les coordonnées sont connues du système Lambert ou du système local. Pour «descendre» ces points, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. **Nous en développons deux ci-dessous :**

1. la méthode des « **fils à plomb lesté** », ces derniers étant glissés à l'intérieur d'un puits creusé à cet effet.

2. la méthode du « **plomb optique** » qui, grâce à des visées verticales réalisées dans le puits par une lunette zénithale de type WILD ZNL permet de définir avec précision les coordonnées X,Y,Z des points qui serviront de référence dans la galerie.

La méthode par laser classique n'est ici pas réalisable compte-tenu des précisions requises.

Une fois réalisé ce premier travail, le géomètre peut alors suivre et contrôler l'évolution du chantier, qu'il s'agisse d'un guidage traditionnel ou d'un guidage par tunnelier.

B - En guidage traditionnel, le géomètre contrôle l'avancement des travaux à l'aide d'un instrument de topographie coaxial servant à mesurer les angles et les

Cet article décrit la mission des géomètres sur les chantiers EOLE, METEOR et Ligne D du RER, aussi bien pour l'implantation que pour le contrôle et l'impact. Sont décrits les différents types d'appareils de mesure et les méthodes nécessaires à ce travail.

distances des points contrôlés. Sur la plupart des lots sont utilisés des tachéomètres de type WILD TC1010 (précision 3"/3mm+2ppm), WILD TC1610 (précision 1,5"/2mm+2ppm) ou encore WILD TC2002 (précision 0,5"/1mm+1ppm). **Trois méthodes d'implantation et de contrôle sont possibles avec ces instruments :**

1. la méthode par « **consoles** »: le tachéomètre est mis en station sur une console déterminée en X, Y et Z -le choix de la position de la console étant définie par le géomètre. Cette position est connue et calculée par rapport à la position de la console précédente. Ces consoles constituent la polygonale qui se construit tout au long de l'avancement du tunnel. La console se compose d'une plaque scellée à la paroi sur laquelle se trouve une vis dont le pas sert à fixer l'embase du tachéomètre. Une fois le tachéomètre en place, le géomètre peut implanter et contrôler les différents éléments qui constituent le tunnel (cintres, parois en béton projeté...) et ainsi corriger et recentrer l'axe du tracé.



2. la méthode par **"lunette zénithale"** : ici, la polygone est matérialisée par des points de référence situés sur la voûte du tunnel. Ces points sont stationnés par visée verticale grâce à la lunette zénithale. Dès qu'un point est stationné, le géomètre retire la lunette de l'embase pour la remplacer par le tachéomètre. Il est alors en mesure d'implanter et de contrôler les différents éléments qui constituent le tunnel et ainsi corriger et recentrer l'axe du tracé.

3. la méthode par **"relèvement"** : idéale pour éviter que les consoles ne gênent les pelles, haveuses ou fraises en travail, cette méthode consiste à définir virtuellement un point de référence par rapport à d'autres points matérialisés et connus autour de lui. Là encore, ce point de référence temporaire permettra au géomètre d'implanter et de contrôler les différents éléments qui constituent le tunnel et ainsi corriger et recentrer l'axe du tracé.

L'espace de manœuvre étant assez restreint sur Eole, Météor et ligne D du RER, les matériaux utilisés doivent prendre le moins de place possible, tout en respectant les contraintes de budget et de faisabilité. C'est la raison pour laquelle les prismes traditionnels posés sur consoles sont de plus en plus souvent remplacés par des réflecteurs d'un type nouveau : les **"cibles rétro réfléchissantes"**. Ces dernières sont composées d'alvéoles qui réfléchissent l'onde du distancemètre et protégées par une surface plastifiée sur laquelle est dessinée une cible. Certaines entreprises, comme le cabinet de Géomètres-Experts Veillard, utilisent ces cibles rétro réfléchissantes, grâce à des techniques parfois brevetées, pour optimiser leurs opérations de relèvement et d'auscultation.

C- En guidage par tunnelier, le géomètre doit tout d'abord vérifier que l'axe du tunnelier est conforme à l'axe du projet. Il réalise ce contrôle lorsque le tunnelier est encore en surface en mesurant les coordonnées de cibles placées à l'intérieur du tunnelier. Ces dernières serviront de points de référence pour déterminer la position de l'axe du tunnelier une fois sous terre. Cette vérification terminée, **deux méthodes de guidage**

s'offrent au géomètre :

1. la méthode **"traditionnelle"** : lorsque le tunnelier est à l'arrêt, le géomètre se sert de l'une des trois méthodes citées ci-dessus. Il contrôle la position de l'axe réel par rapport à l'axe du projet en mesurant, à l'aide du tachéomètre, la distance et l'angle des cibles placées à l'intérieur du tunnelier, tout en tenant compte de l'unité de mesure de l'avancement (point métrique, point kilométrique ou anneau). Les résultats de ces mesures permettent alors au pilote du tunnelier de moduler la pression des différents verrins qui propulsent la machine afin de la redresser par rapport au projet.

2. la méthode par **"système de guidage"** : le géomètre dispose là d'un système qui permet de calculer en temps réel la position du tunnelier. Ce système est composé des instruments suivants :

- un théodolite de type WILD T1010/1610/2002 ou encore T2 de Leica destiné à déterminer la position angulaire V et Hz du point mesuré ;

- un distancemètre de type WILD Di1001/1600/2002 permettant de déterminer et de calculer la distance et donc la position en X, Y et Z du point mesuré ;

- un oculaire à diode laser de type WILD GL02 ou DL2 placé sur le théodolite, qui rend visible les points de mesure grâce à son rayon laser destiné à percuter une cible active ;

- une cible active qui réagit immédiatement au laser de l'oculaire en indiquant ainsi la conformité ou non de la position du tunnelier. Si le laser ne tape pas dans la cible, cela signifie que le tunnelier a subi une déviation.

- un inclinomètre qui permet de connaître à la seconde près l'inclinaison (tangage) et le roulis de la machine.

Les données apportées par l'ensemble de ces instruments sont analysées par le logiciel intégré au système, qui les diffuse alors sur l'écran de contrôle situé dans la cabine du pilote. Là, une alternative est possible : soit le tunnelier est asservi au logiciel et réagit directement à ces informations, soit le tunnelier n'est pas asservi au logiciel et c'est le pilote qui agit sur les verrins.

La productivité imposée aux tunneliers étant de plus en plus haute, il est préférable de disposer de systèmes de guidage avec outils topographiques intégrés. C'est le cas du système de guidage Leica/Dywidag pour fonçage, tunneliers et micro-tunneliers qui résout ainsi les problèmes, longs et fastidieux, de transfert et de communication entre les différents instruments et logiciels du système. Flexible, il offre de plus la possibilité de choisir la configuration la mieux adaptée au chantier et au budget ! Enfin, il faut noter que le logiciel du système Leica/Dywidag sait recalculer la trajectoire de rattrapage en cas de déviation.

D - Une autre des opérations régulièrement effectuées par le géomètre consiste à comparer le profil réel du tunnel au profil projeté. Pour ce faire, le géomètre utilise un instrument appelé **"profilomètre"** sur lequel est monté un distancemètre de type WILD Di3002S. Le distancemètre effectue une rotation de 360° perpendicu-

lairement à l'axe et relève l'ensemble des points nécessaires à l'établissement du profil. Le logiciel intégré au profilomètre compare ce levé au profil projeté. La visualisation des écarts sort sur listing sous forme de coupe.

E - La mission d'implantation et de contrôle du géomètre, bien que mal connue, est primordiale sur les chantiers de type Eole, Météor et ligne D du RER. Mais elle ne s'arrête pas là. Des travaux annexes tout aussi importants relèvent également des fonctions du géomètre. C'est le cas, notamment, de l'*auscultation* : c'est à dire le contrôle de l'existant environnant le chantier.

Ici, le géomètre, équipé d'un niveau de précision de type WILD NA2/GPM3, WILD N3, WILD NA2002/3003 (de précision allant du 10ème au 100ème de millimètre), détermine, par des mesures de cotes altimétriques successives, des points caractéristiques d'ouvrages d'art ou d'immeubles autour du chantier. Il est ainsi en mesure de définir les mouvements (soulèvements ou tassements) du terrain en fonction de l'avancement du chantier - mouvements constatés en

surface lors de l'excavation ou de l'injection de béton dans le tunnel. La fréquence de ces auscultations est liée aux déformations mesurées.

Dans le cas de déformations importantes, le géomètre a la possibilité de louer un système automatique et indépendant, appelé AUTOSURV, permettant un contrôle plus rapproché en temps quasi-réel. Ce dernier est composé d'un logiciel qui pilote un théodolite motorisé équipé d'une caméra-vidéo intégrée, le WILD TM3000 V/D et d'un distancemètre précis ($\pm 1\text{mm}$ pour 1km) : le WILD Di2002. Le logiciel du système AUTOSURV reconnaît les points par un procédé de recherche automatique de cible et fait exécuter la mesure en fonction de la fréquence définie par le géomètre. Les résultats peuvent être édités à tout moment. Comme tous les logiciels Leica, AUTOSURV fonctionne sous Windows.

(Pour l'instrumentation décrite : LEICA SARL - Delphine David - 86, avenue du 18 juin 1940 - 92563 Rueil Malmaison Cedex - Tél. : (1) 47 32 85 42 - Fax : (1) 47 32 85 95)

Point descendu = début de la polygonation souterraine (J. Reymond - Chantiers Modernes) EOLE - Photo LEICA

