

## IMPLANTATION DE LA PISTE COMBINÉE DE BOBSLEIGH ET DE LUGE DE MACOT LA PLAGNE

*J.Ph. Fleurantin, Géomètre expert (Géode - Bourg Saint Maurice)*



Le Groupement temporaire d'Entreprise Tondella-Grosse-Borie SAE-Bianco chargé de la réalisation de la piste combinée de Bobsleigh et de Luge de Mâcot la Plagne confiait à Géode, en septembre 1988, une mission complète de topographie comprenant en particulier l'implantation et les métrés de tous les ouvrages.

Le site de la piste de Bobsleigh et de Luge, retenu pour des raisons plus historiques et politiques que techniques, n'était pas particulièrement adapté au projet.

Le vallon pentu et étroit de "la Roche" est un entonnoir qui a dû être modelé pour que puissent se déployer les grands rayons de giration de la piste dont la pente n'est jamais supérieure à 15%.

Les formations géologiques en place : éboulis quaternaires ainsi que grès et schistes noirs de la zone houillère, constituant une assise de roches meubles peu stables déjà affouillée par un réseau hydraulique important, ont dû être maîtrisées.

Tout ceci a rendu nécessaire la réalisation d'un grand nombre d'ouvrages : murs ancrés, terre armée, busage de ruisseaux avec ouvrages hydrauliques, micro-pieux, drains sub-horizontaux etc...

Dans ce cadre, le rôle du géomètre s'est avéré important, et la mission confiée devait mobiliser quatre personnes pendant plus de deux ans.

### **MISSION le challenge**

Les travaux ont été définis à partir du canevas exécuté par la SETAT à la demande du Maître d'Ouvrage, le



C.O.J.O. et le Syndicat intercommunal de la Grande Plagne, et du canevas secondaire effectué par E.D.F. pour le Maître d'Oeuvre, SERETE.

**L'implantation des terrassements et des ouvrages de génie civil :** murs ancrés, murs en terre armée, drains subhorizontaux, micro-pieux, fondations pistes, bâtiments annexes, constituait la première partie de notre mission et correspondait à de la topographie de type traditionnel dont l'exécution ne posait pas de difficulté majeure du fait de l'existence d'un canevas extérieur dense.

Le seul problème provenait de la superposition des micro-pieux non verticaux avec les tirants horizontaux de terre armée. Chaque tirant, mis en place dans un premier temps, devait être récolé de manière à ne pas être coupé lors de l'implantation des micro-pieux.

**La seconde partie de notre mission, l'implantation de la piste,** nécessitait au contraire la conception d'une méthode particulière adaptée aux objectifs fixés (précision et rapidité d'exécution), et à la singularité de l'objet implanté.

L'originalité de la piste de bobsleigh réside en fait dans sa structure :



Cette piste est montée sur gabarit. Il s'agit d'une coque en béton projeté et lissé, avec une armature constituée par un réseau de tubes de refroidissement pour ammoniacque liquide sur lesquels sont fixés, à l'extérieur, le métal déployé, et à l'intérieur, une nappe de treillis soudé portant les tubes servant d'appui pour les règles de lissage. Cette coque est isolée à l'extérieur par du polystyrène expansé.

Sur cette piste de 1 800 mètres de long, un gabarit était prévu tous les deux mètres. 900 gabarits devaient donc être réglés avec une précision de l'ordre du millimètre, l'objectif de précision du Maître d'Ouvrage étant de 5 mm en absolu et 2 mm en relatif, dans un délai de quatre mois correspondant à la durée prévue au planning pour le montage de la coque.

## CHOIX DE LA MÉTHODE ET DU MATÉRIEL POUR L'IMPLANTATION DE LA PISTE

Nous devons donc définir une méthode rapide, précise, tenant compte de l'environnement (encombrement du chantier), et pouvant fonctionner quelques soient les conditions météorologiques.

La fabrication d'un prototype grandeur réelle en décembre 1989 a permis la mise au point de cette méthode, en relation avec E.D.F. et le Groupement d'Entreprises.

### Techniquement, il fallait répondre aux objectifs suivants :

- obtenir un centrage précis (0,1 mm) et rapide sur les gabarits,
- être précis à la fois dans les distances et dans les angles,
- prévoir des distances d'intervention sur les gabarits à partir de l'instrument de mesure inférieures à 30 mètres,
- offrir une technique peu onéreuse pour l'Entreprise, à la fois par les équipements mis en place et par le personnel exigé.

### La précision a été obtenue en grande partie grâce au matériel choisi :

- Un théodolite WILD T 2002.

Grâce à son système de compensation pendulaire des erreurs de verticalité de l'axe principal, nous pouvions obtenir une précision angulaire de 7 dmgr, ce qui donnait à la distance maximale d'intervention une précision de 0,3 mm sur un seul tour.

- Un distomat WILD DI 2000, étalonné sur la base de métrologie du C.E.R.N.



ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE  
EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH  
Laboratoire Européen pour la Physique des Particules  
European Laboratory for Particle Physics

BASE INTERFEROMETRIQUE DU GROUPE DE GEODESIE APPLIQUEE  
ETALONNAGE D'UN DISTANCEMETRE ELECTRO-OPTIQUE  
CONSTANTE D'ADDITION ET ERREUR CYCLIQUE

Type de distancemètre : WILD DI 2000  
Type de théodolite : WILD T2002  
No de l'appareil : 72805  
No de l'appareil : 336100  
No du prisme : 1

Distances d'étalonnage : de 3.5 m à 50 m  
Pas d'échantillonnage : 0.25 m  
Périodicité  $\lambda$  : 10.0870 m  
Constante d'addition  $a_0$  : - 0.000282  
N.B. : La constante d'addition n'est pas modifiée par l'utilisation du prisme No 2

Coefficients de la Série de Fourier :

a (1) = - 0.000002	b (1) = 0.000012
a (2) = 0.000262	b (2) = 0.000049
a (3) = - 0.000095	b (3) = 0.000113
a (4) = 0.000071	b (4) = - 0.000103
a (5) = 0.000020	b (5) = 0.000005
a (6) = 0.000096	b (6) = 0.000021
a (7) = - 0.000037	b (7) = - 0.000027
a (8) = - 0.000153	b (8) = - 0.000167
a (9) = 0.000024	b (9) = 0.000060
a (10) = 0.000032	b (10) = - 0.000056

Formule de correction :

$$\text{correction} = - (a_0 + a_1 \sin x + b_1 \cos x + a_2 \sin 2x + b_2 \cos 2x + \dots + a_n \sin nx + b_n \cos nx)$$

où :

$$y = \text{INT}(\text{dist}/\lambda)$$

$$z = (\text{dist} - (y * \lambda))$$

$$\text{et } x = (z/\lambda) * 2\pi$$

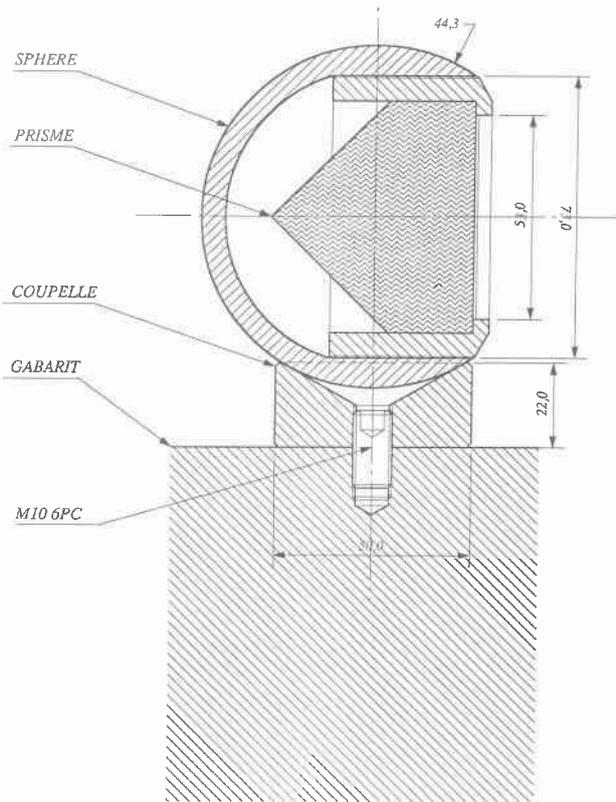
Erreur moyenne arithmétique des écarts avant le calcul : 0.00050 m  
Erreur moyen arithmétique des résidus après analyse de Fourier : 0.00012 m



Le 20 novembre 1989

M. Mayoud  
Chef du groupe de Géodésie  
Appliquée

Adresse pour le service postal en France : CERN, Site de Rebecq, 11 50511 CH-1223 CERN  
Tél. + 41 22 767 3007 - Téléfax + 41 22 767 3676



## SPHERE DE CENTRAGE COUPE A-A

Fig. 2

Les coupelles en laiton étaient vissées directement sur les gabarits.

Ce système présentait les avantages suivants :  
• Centrage immédiat ; sans réglage.



Fig. 1

L'étalonnage effectué par une série de mesure tous les 25 cm, de 3.5 m à 50 m, a permis d'améliorer considérablement la précision de ce type d'appareil.

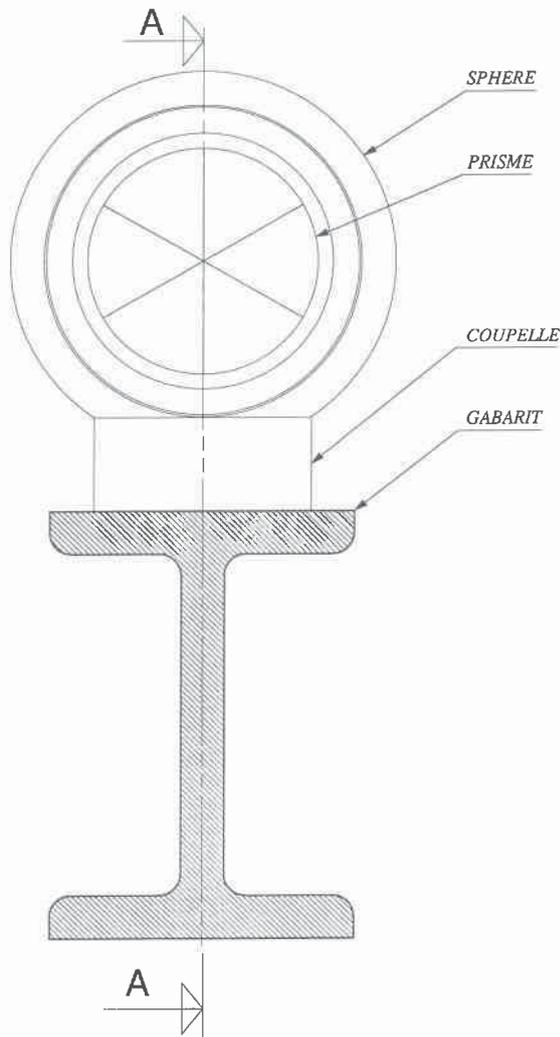
La précision donnée par le constructeur, de 1 mm, a pu être portée dans des conditions normales d'utilisation à 0,5 mm ; l'étalonnage éliminant une erreur systématique de 0,28 mm.

De plus, à l'aide des séries de Fourier, l'élimination des erreurs cycliques permettait de ramener la précision de l'appareil, dans des conditions optimales d'utilisation à 0,12 mm.

Sur le site, dans les conditions réelles d'utilisation, on a pu constater que la précision était en fait de l'ordre de 0,3 mm à la distance maximum d'intervention, soit 30 mètres.

• Pour la précision du centrage, nous avons conçu un système original constitué par des sphères sur cones en laiton que les Etablissements Baechler de Genève ont réalisées.

A l'intérieur de ces sphères, des réflecteurs étaient incorporés de manière à ce que le centre de mesure du prisme corresponde exactement au centre mécanique de la sphère, et ce, avec une précision inférieure à 0,1mm.



## SPHERE DE CENTRAGE VUE DE FACE

Fig. 3

• Réflecteur orientable dans toutes les directions. Avantage comportant néanmoins un défaut puisque la non coaxialité du distancemètre rendait nécessaire la prise de deux mesures. (Fig 2 et 3).

### IMPLANTATION DE LA PISTE MODE D'INTERVENTION

#### Traitement des mesures

Les mesures étaient enregistrées sur le terrain par des terminaux constitués par des Psions Organiseurs ; et leur traitement effectué sur Macintosh à l'aide du logiciel Caltop. Les résultats étaient ensuite édités sous forme de fiches de contrôles

conformes au P.A.Q. conçues avec le logiciel Ragtime.

#### Méthode d'implantation

L'implantation de la piste s'effectuait en plusieurs étapes :

1) Pré-implantation de l'axe de la piste et des profils des gabarits afin de pouvoir réaliser les terrassements au droit de chaque gabarit.

2) Implantation plus fine, au moyen de clous sur chaise, des axes de gabarits, avec une précision inférieure à 1 cm qui permettait de positionner les vis de support et de poser les gabarits.

3) Réglage de la verticalité des gabarits à l'aide d'un clinomètre.

4) 1ères séries de mesures et utilisation de l'ensemble T 2002-DI 2000 : Mesure des déplacements à effectuer sur les gabarits pour les amener dans l'axe de la piste.

5) Réglage par les mécaniciens du Groupeement d'Entreprises, à l'aide de comparateurs au 1/10° fixés sur les vis de réglage.

6) 2èmes séries de mesures avec T 2002 et

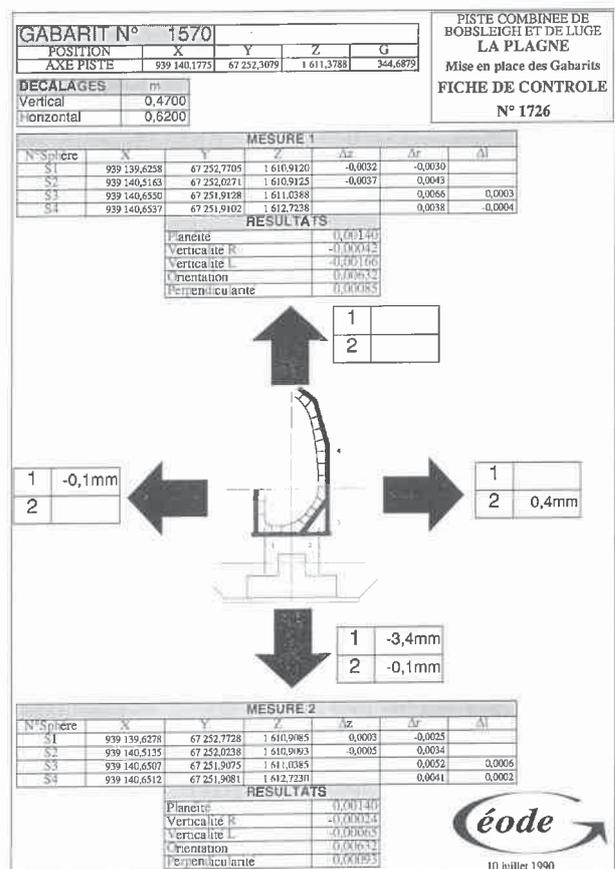


Fig. 4

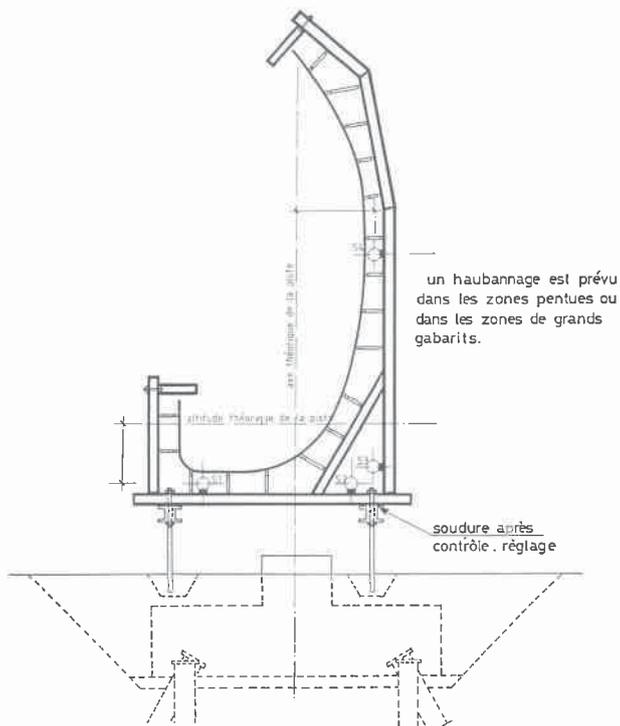


Fig. 5. Pose gabarits (phase n° 7).

DI 2000 dans le but de vérifier si le gabarit est implanté dans la précision fixée au cahier des charges. Dans l'affirmative, édition de la fiche de contrôle, dans la négative, reprise du réglage.

Matériel adapté et implantation méthodique ont permis de progresser dans les délais, avec la précision voulue, et avec le minimum de personnel (Un seul collaborateur de Géode était affecté à la mise en place des gabarits, aidé d'un mécanicien du Groupement d'Entreprises).

Tout le travail de préparation et d'analyse du départ s'est avéré payant, dans la mesure où il a largement facilité la phase de réalisation.

Le déroulement du chantier s'est donc effectué dans les meilleures conditions possibles.

Pari tenu pour Géode et le Groupement d'Entreprises : les premiers essais ont pu être réalisés en Février 1991, et ont donné satisfaction.

Il reste un an pour exécuter les travaux de finitions de manière à être prêts pour février 1992.

## REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 50

NISSAN .....	2
DIEUTEGARD .....	6
TOPOSAT .....	12
GEOTRONICS .....	22
LART .....	25
SIRAP .....	32
ROLLEIMETRIC .....	42
GEO-SAT .....	48
APEI .....	54
IETI .....	56
GEOID .....	59
SITES .....	66
SLOM .....	67
SOFT-CONSTRUCTION .....	71
CORALIS .....	82
TRANSEL .....	82
LE PONT .....	83
SETAM-INFORMATIQUE .....	86
MESURES ET SYSTEMES .....	87
AERIAL .....	2 <sup>e</sup> CV
TOPO CENTER .....	3 <sup>e</sup> CV
LEICA .....	4 <sup>e</sup> CV