

## Surveillance de zones de glissements et de modifications techniques.

### Le système tachéométrique Géorobot à visée automatique

par Heribert KAHMEN (Université Technique de Vienne (Autriche))  
MM. H.R. SCHWENDENER et traduit par P. MIGNAVAL

#### Résumé

Les dangers découlant de zones de glissements ou de modifications tectoniques de massifs montagneux peuvent être réduits si la cinématique de ces mouvements est suivie en permanence par un système automatique de levée connecté à un ordinateur qui donne les résultats en temps réel. Bien souvent, on doit observer des zones assez étendues (diamètre de quelques km). Pour des raisons d'économie le nombre de points devant être aussi réduit que possible, il faut que la forme de l'objet à surveiller soit schématisée par des points objets individuels. Le choix judicieux de ces points objets revient à une équipe de spécialistes des différentes sciences de la terre.

Les mouvements des points objets ne peuvent en général être déterminés que par rapport à des points fixes qui se trouvent en marge de la zone à observer. Comme de

grandes distances séparent les points fixes des points objets on utilise pour les mesures un tachéomètre électronique approprié. Les mesures pour la prévision des dangers ne peuvent être exécutées automatiquement et exploitées en temps réel que si la visée et la mesure du tachéomètre électronique sont commandées par ordinateur sans intervention d'un opérateur.

Un prototype du système Géorobot, qui répond aux conditions ci-dessus est en service depuis environ 2 ans dans une société minière importante. Il observe les déplacements des points objets distants jusqu'à 2,5 km avec une précision  $\sigma = 5$  mm.

Les résultats positifs montrent que le système Géorobot peut entre temps être fabriqué industriellement. Il comprend les composants suivants : théodolite Wild T 2 000 à commandes motorisées, distancemètre Wild DI 5, ordinateur de commande IBM - PC - XT.

#### Préambule

On décrit un système topographique intelligent qui sans observateur, c'est-à-dire de lui-même, observe un semis de points et interprète les étapes du processus d'observations et les résultats. On présente l'organisation technique du système modulaire, les développements du logiciel pour la commande et le contrôle du système et les résultats.

#### 1 — Introduction

Dans les massifs montagneux, on rencontre souvent des problèmes de sécurité lorsque de grandes zones commencent à se mouvoir ou lorsque des rochers se détachent. On peut parer aux dangers si on connaît la cinématique de la zone, c'est-à-dire si on peut saisir les mouvements dans l'espace et dans le temps. Les mesures géodésiques peuvent apporter une aide importante pour cela. Pour la surveillance de zones de grande étendue, on peut en général avoir recours, à l'observation de variations de longueurs par-dessus la zone à surveiller à partir d'un point de station stable. Comme les mesures doivent être répétées, on utilise avec profit un système électronique de mesures tachéométriques qui, commandé par un ordinateur, travaille automatiquement.

Un processus automatique de mesure et de traitement des données présente les avantages suivants :

- en terrain dangereux les cycles de mesure peuvent être choisis pour se succéder à des intervalles de temps très courts ;
- plus l'intervalle des mesures est court, plus précise est la prédiction des moments de danger ;
- un système d'alerte automatique peut être ajouté ;
- un changement de l'intervalle des cycles de mesures n'a pas d'influence sur les frais de personnel.

#### 2 — Disposition des mesures

Bien souvent on doit observer des zones assez étendues dont le diamètre peut atteindre quelques kilomètres. Pour des raisons économiques le nombre de points doit être maintenu aussi faible que possible. La forme de l'objet à observer doit être généralisée par des points



Fig. 1 : Observation des gradins de mine à ciel ouvert par mesure de distances (Nehring 1983).



objets individuels. Le choix judicieux des points objets est du ressort d'une équipe de spécialistes de différentes sciences de la terre.

La figure 1 montre une disposition de mesure pour l'observation des gradins d'exploitation à ciel ouvert qui peuvent atteindre 600 m de hauteur et 3 km de long.

Les points à observer se déplacent en moyenne de 20 cm par an. Pour saisir la cinématique des gradins on utilise la mesure de longueur par-dessus la fosse d'exploitation (2 à 4 km). On ne détermine cependant seulement que le vecteur déplacement dans la direction de la visée mais on obtient très rapidement un indicateur important de mouvement. Avec le système de mesure Géorobot, décrit ci-après, on peut déceler des mouvements dans la direction de la visée et dans les trois dimensions de l'espace. Lors d'observations tridimensionnelles, on fait alors entrer dans les calculs l'azimut et l'angle vertical qui sont aussi enregistrés automatiquement.

### 3 — Le système de mesure tachéométrique Géorobot

La figure 2 montre le diagramme de structure du système de mesure tachéométrique Géorobot.

L'instrument de base est un tachéomètre électronique, dont les vis de fins mouvements horizontal et vertical sont équipés de moteurs pas à pas (fig. 3). La commande du système de mesure et le calcul du processus de mouvement sont exécutés par un ordinateur du groupe PC (par exemple IBM-PC.XT) utilisé comme un ordinateur processeur et un système microprocesseur réalisé spécialement.

Les opérations suivantes sont à automatiser :

- choix de l'heure de la mesure ;
- choix des points objets à relever ;
- orientation de la lunette du tachéomètre sur les points objets ;
- déclenchement du processus de mesure (angles horizontal et vertical, distance, température, pression atmosphérique) ;

- enregistrement des valeurs mesurées ;
- interprétation du processus de mesure ;
- détermination d'autres cycles de mesure.

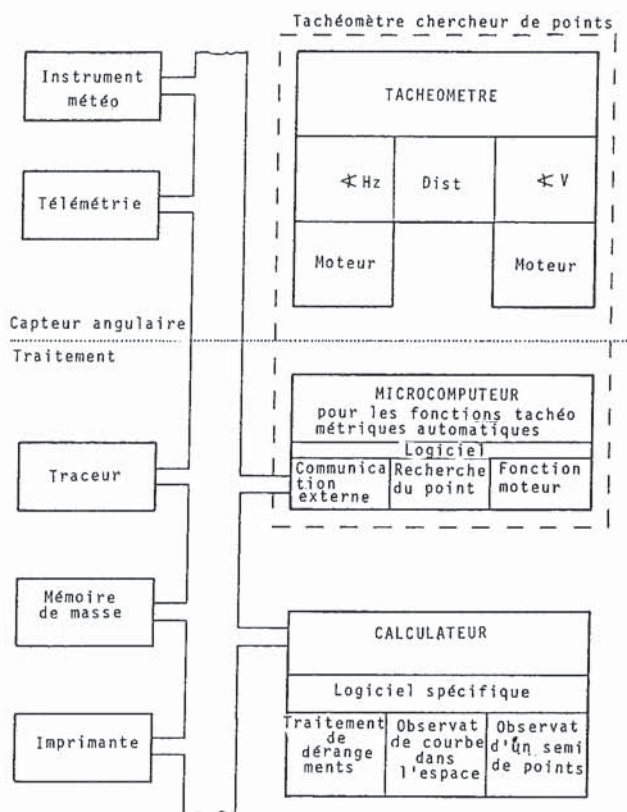


Fig. 2 : Diagramme de structure du système de mesure tachéométrique Géorobot.

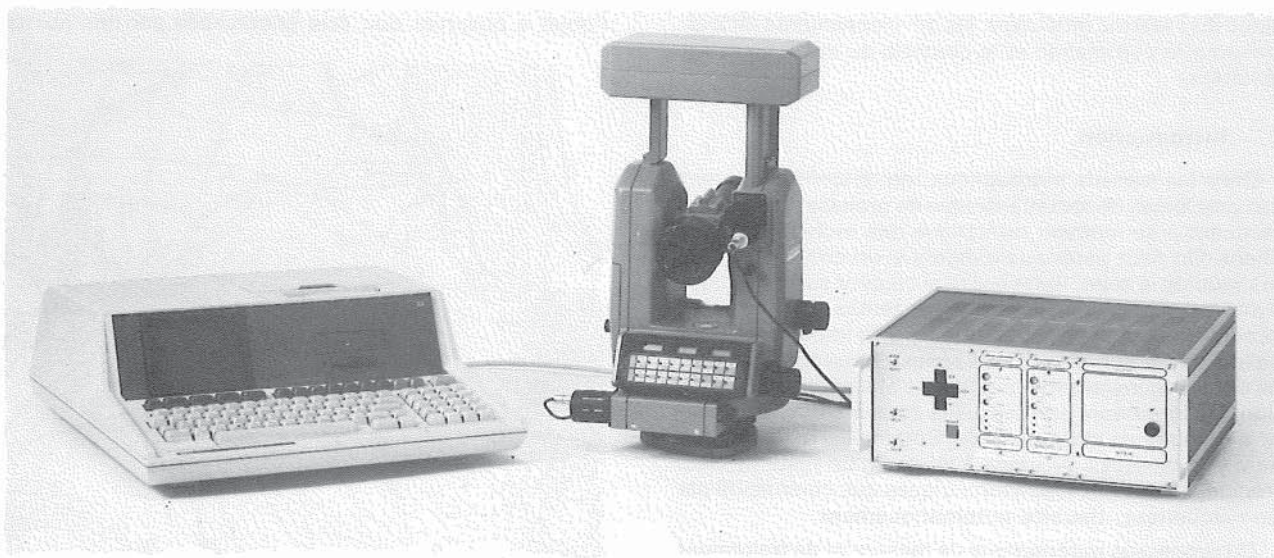


Fig. 3 : Tachéomètre à mouvements motorisés de Wild Heerbrugg.

L'axe des moteurs pas à pas tourne chaque fois d'un petit angle (un pas) de grandeur constante quand les parties bobinées du moteur sont traversées par du courant dans une succession et une direction déterminées. Le nombre de pas est donné par le calculateur de commande. Pour le calcul du nombre de pas pour viser un point le calculateur a besoin de connaître l'angle horizontal et l'angle vertical entre la direction vers ce point et

une direction origine (référence). Pour chaque point à viser automatiquement, il faut que ces angles soient déterminés manuellement lors d'une mesure zéro au début de la campagne de mesure ou qu'ils soient calculés à partir des coordonnées.

Lors du déroulement automatique du cycle de mesure, il faut tout d'abord que le système de mesure de l'angle horizontal du tachéomètre soit orienté. Pour cela, on vise



un point de référence. Pour les visées suivantes vers les points objets, on indique d'abord au microprocesseur le nombre de pas. Celui-ci commande les moteurs en fonction du nombre de pas. Le calculateur de commande demande alors aux capteurs angulaires la lecture des cercles, compare celles-ci aux valeurs à obtenir et donne, si nécessaire, d'autres valeurs de pas pour corriger. Si l'écart angulaire constaté se trouve dans la fourchette prescrite, le calculateur passe à l'étape suivante de la visée automatique qui est basée sur l'analyse de la force du signal retour du distancemètre. On suppose pour cela que la visée est optimale quand l'axe central du faisceau émis par le distancemètre tombe sur le voyant du point objet. Le voyant est représenté par le centre d'un système réflecteur. Un tel cycle de pointé complémentaire est par exemple nécessaire lorsque le point visé s'est déplacé ou si une modification des conditions de réfraction a fait dévier le faisceau de pointé de sa direction origine.

Le système microprocesseur commande alors le cycle de recherche déclenché. En agissant sur les moteurs pas à pas il fait déplacer l'axe optique du distancemètre de façon à ce que l'axe d'intensité maximum du signal décrive une spirale de forme brisée aux abords du système de prismes (fig. 4).

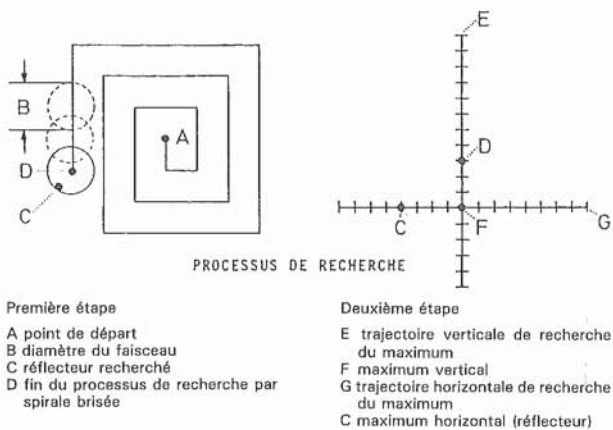


Fig. 4 : Procédé additionnel de recherche lors de déplacement lent du point.

On explore ainsi la région autour du point à viser jusqu'à ce que le distancemètre reçoive un signal suffisamment fort. Le cycle de recherche en forme de spirale est alors interrompu et un fin pointé est déclenché. Celui-ci se déroule par une recherche de maximum dans deux directions perpendiculaires et se termine avec un message de fin au calculateur. Si la recherche est couronnée de succès, un ordre du calculateur déclenche alors la mesure de distance. Si le cycle de recherche n'a pas donné de résultat positif, le processeur envoie au calculateur un message d'erreur approprié et commence à rechercher le point suivant.

Plus de 100 points équipés de prismes peuvent être observés à intervalle de temps prédéterminé. Des circonstances particulières à l'intérieur de la zone à surveiller peuvent nécessiter que seuls des points objet d'une partie de celle-ci soient observés en un cycle de mesure modifié. Ceci peut par exemple être le cas pour un groupe de points ayant une accélération particulière. La délimitation de cette zone de points peut se faire soit automatiquement avec le calculateur à l'aide d'informations introduites au préalable ou manuellement avec le clavier. Le cycle de mesure pour l'observation de zones partielles peut aussi être modifié en cas de besoin, soit automatiquement, soit à l'aide du clavier du calculateur.

La solution purement technique de la recherche et du pointé automatique du point n'est cependant pas suffisante pour l'utilisation automatique d'un système topo-

graphique polaire. Elle représente seulement la première étape du développement. Des perturbations externes, comme par exemple interruptions courtes ou prolongées du faisceau de mesure, effets de conditions météorologiques changeantes, disparition soudaine de voyants de visée, interruption de courant, etc. mettraient rapidement le système hors service. Celui-ci devrait donc en plus être capable d'apprendre. Dans une seconde étape de développement, toute cette expérience, dont normalement un opérateur à l'instrument dispose pour éliminer les cas de dérangement, devrait donc être introduite dans le système à l'aide de logiciel. Cette étape de développement confère au système de mesure un genre "d'intelligence". Une troisième étape de développement comprend la réalisation d'un logiciel spécifique au travail envisagé comme : programmes pour le filtrage des données ainsi que programmes pour analyses des déformations et déclenchements de signaux d'alerte appropriés (Kahmen, Suhre 1983 ; Kahmen, Schwäble, Suhre 1984).

### 3 — Expérience acquise

Un prototype du système Géorobot est en fonction depuis environ deux ans dans une grande exploitation minière. On y contrôle des escarpements d'environ 500 m de haut et d'environ 3 km de long. Des changements de points objets distants jusqu'à 3 km peuvent être observés avec une précision = 5 mm (écart type). Les résultats positifs obtenus ont permis entre temps une fabrication industrielle du système Géorobot. Il se compose des éléments suivants : Théodolite Wild T 2000 à mouvements motorisés, distancemètre Wild DI 15, calculateur IBM-PC.XT.

### BIBLIOGRAPHIE

Kahmen, H., H. Suhre

Ein lernfähiges tachymetrisches Vermessungssystem zur Ueberwachung Kinematischer Vorgänge ohne Beobachter.

Un système de mesure tachéométrique "pouvant apprendre" pour la surveillance d'événements cinématiques sans observateur.

Zeitschrift für Vermessungswesen, 108/1983, p. 345-351.

Kahmen, H. R. Schwäble, H. Suhre

Ein "intelligentes" polares Vermessungssystem für die Beobachtung statischer Punktfelder und kinematischer Vorgänge.

Un système "intelligent" de mesures topographiques polaires pour l'observation d'un semis de points statiques et d'événements cinématiques.

Zeitschrift für Vermessungswesen, 109/1984, p. 553-563.

Nehring, H.

Markscheiderische Deformationsmessungen an Tagebauböschungen.

Mesures de déformations sur les flancs des excavations des mines à ciel ouvert.

Zeitschrift für Vermessungswesen, 109/1983, p. 339-345.

### ADRESSE

O. Univ. Professor Dr.-Ing. H. Kahmen

Technische Universität Wien

Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie

Abt. Ingenieurgeodäsie

A-1040 Wien

Gusshausstrasse 27-29