

# surveillance automatique d'ouvrages au moyen du GéoMonitor et de niveaux digitaux motorisés

A. Thut, A. Keppler, D. Naterop, (Solexperts Schwerzenbach-Suisse).

## Résumé

L'intégration de niveaux digitaux motorisés au système automatique de mesures GéoMonitor ouvre de nouvelles perspectives de contrôle informatisé des tassements ou de soulèvements d'ouvrages susceptibles d'être déstabilisés. Une telle surveillance continue revêt une grande importance pour la sécurité et l'avancement de travaux souterrains, de reprises en sous-œuvre au moyen d'injections ou de micropieux ainsi que de grands chantiers en zone urbaine. La présente publication décrit le fonctionnement du système de mesures et présente des exemples d'emploi des appareils, de traitement des données et des informations mises à disposition.

## Introduction

L'ouverture de grands chantiers à proximité d'ouvrages existants pose presque toujours des problèmes de stabilité. À la suite de rabattements de nappe, de terrassements à ciel ouvert ou de creusements de tunnels, des tassements se produisent qui, s'ils dépassent certaines limites, peuvent être à l'origine de dégradations des ouvrages. Il est de coutume de procéder à des mesures régulières de nivellement destinées à suivre les tassements provoqués par les travaux. De telles mesures prennent du temps et ont le désavantage de ne pas être continues. Jusqu'à maintenant, des mesures continues de tassements n'étaient possibles que par le biais de mesures inclinométriques ou au moyen d'un système hydrostatique. De telles solutions sont coûteuses et se heurtent à des problèmes de réalisation. C'est pourquoi elles ne sont adoptées que rarement.

Grâce aux niveaux digitaux, il est maintenant possible de mesurer des tassements de manière directe, automatique, continue et à moindres frais. En outre, il est facile d'intégrer ces appareils dans un système de surveillance comportant d'autres capteurs. En dotant le niveau digital d'un dispositif d'orientation et de mise au point optique, commandé par ordinateur, on rend le niveau apte à suivre plusieurs points de mesure. Un tel appareil, dit « niveau digital motorisé », a été développé par la société Solexperts.

## Le niveau digital motorisé

Le niveau digital est un instrument optique automatique, qui reproduit la lecture de la mire sur un capteur à lignes CCD. (Keppler, Meissi, Naterop, 1996.) La mire porte un code à barres qui permet une lecture univoque sur toute sa hauteur et à des distances allant de 2 à 100 m. La lecture de la mire a lieu par exploitation du signal CCD par des méthodes digitales de traitement d'images. Cette exploitation doit tenir compte du fait que l'image de la mire ne se modifie pas uniquement en fonction de la hauteur, mais également en fonction de la

distance. Les méthodes appliquées changent d'un constructeur à l'autre : corrélation, détection d'arête, analyse de phase ou de fréquence. Les valeurs mesurées, distance et hauteur à partir du point zéro de la mire, sont disponibles à l'interface série de l'appareil.

La disposition des mesures doit satisfaire aux conditions suivantes :

- vue directe, libre d'obstacles, entre l'appareil et la mire
- bon éclairage de la mire
- section de mire d'une hauteur d'environ 0.3 à 1 m, selon les instruments et la distance.

Le dispositif de déplacement du niveau doit remplir deux fonctions : d'une part faire tourner l'appareil autour de son axe vertical pour l'amener dans la direction désirée, assurer d'autre part la mise au point optique de la lunette. Ces opérations sont assurées par deux moteurs pas à pas placés dans un boîtier fixé lui-même au niveau. Ce dispositif de déplacement peut ainsi être adapté à des niveaux de provenance différente ( Leica NA 3003, Zeiss DiNi 10, Topoon DL-101 ).

Préalablement à la mise en service du réseau de mesures, il est nécessaire de définir et d'introduire dans le programme GéoMonitor les angles de rotation à partir d'une direction de base et les positions exactes de l'optique de la lunette. La détermination de ces éléments se fait par visée manuelle de chaque mire individuelle.

Chaque cycle de mesures débute par une mise en service initiale de l'appareil, après quoi le niveau vise successivement les différentes mires, s'adapte à la distance, procède à des mesures répétées, desquelles le GéoMonitor tire la valeur moyenne et l'écart-type correspondant.

Les mesures se font habituellement à intervalles de 30 minutes ou d'une heure. Si, au moment de la mesure, l'appareil ne trouve pas la mire, il tourne d'un nombre de pas définis correspondant généralement à une largeur de mire et tente une 2<sup>e</sup> mesure. Après 3 mesures manquées, le système enregistre un avis d'erreur et passe à la visée de la prochaine mire.

Il est possible de rapporter automatiquement toutes les valeurs mesurées à un point de référence fixe et de calculer on-line les variations de cote des différentes mires par rapport à ce point.

### Le système GéoMonitor de saisie et de surveillance de mesures

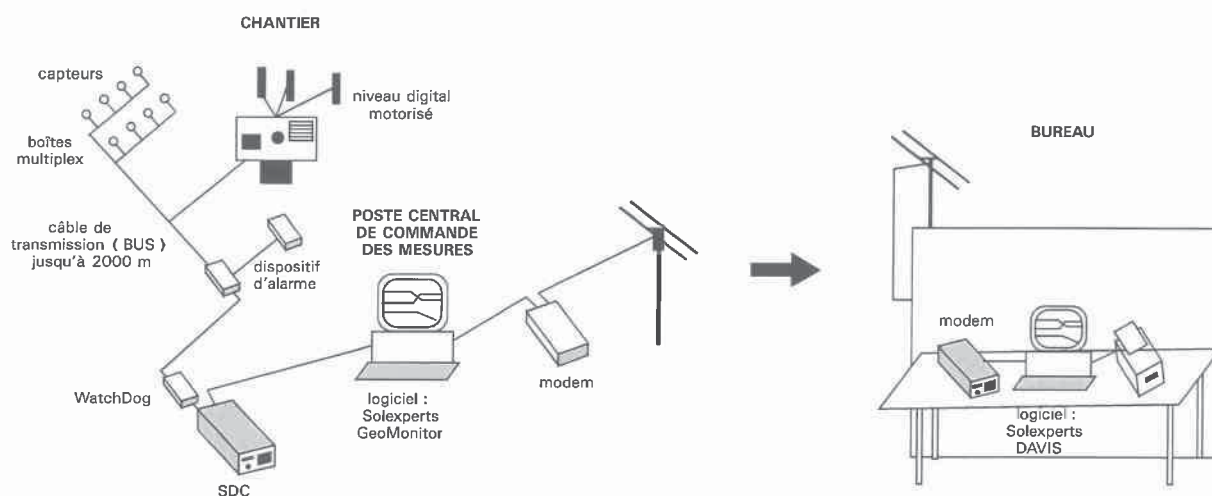
Un appareil de mesure automatique ne constitue pas en soi un système automatique de surveillance. Il s'agit tout au plus d'un capteur « Intelligent ». Il lui manque la liaison avec un ordinateur capable, grâce à un programme adéquat, de mémoriser et de visualiser les mesures, ainsi que de déclencher des alarmes, si des valeurs-limites sont dépassées.

La présente publication traite précisément de l'intégration de niveaux digitaux motorisés au système GéoMonitor de la maison Solexperts.

Le système GéoMonitor a été mis au point en vue de la saisie et de la surveillance de données concernant des projets conditionnés par des problèmes géotechniques complexes. Il rend possible la visualisation on-line, numérique ou graphique, des mesures en cours, le calcul de valeurs compensées par divers capteurs ( p.ex. des valeurs corrigées en fonction de la température ) et la production automatique de diagrammes ou de compte-rendu. Par modem, l'accès au système est possible à partir de n'importe quelle place de travail.

Le système GéoMonitor est en mesure, grâce à la combinaison adéquate d'éléments divers, de saisir et de traiter les données fournies par un maximum de 250 capteurs de différents types ( analogue, digital, à impulsion ) par SDC ( Solexperts Data Controller ). C'est ainsi qu'il peut gérer des mesures provenant de niveaux digitaux, d'extensomètres, de capteurs de pression interstitielle, de pendules de barrages, d'inclinomètres, etc. et assurer ainsi la surveillance globale de bâtiments, de barrages, et de pentes instables. Des canaux supplémentaires permettent la corrélation mathématique on-line de capteurs choisis.

Tous les capteurs sont branchés au moyen d'un câble de transmission unique ( BUS ). Une auto-surveillance du système est assurée par un appareil dit « Watch Dog », qui contrôle la transmission des données et le fonctionnement du système. Les données sont enregistrées, dans les fichiers binaires ou ASCII. Les données sont transmises automatiquement, à intervalles réguliers, du poste central de mesure au bureau désiré, par modem ou radio. La figure 1 donne une vue d'ensemble schématique du système Solexperts GéoMonitor. Combiné avec GéoMonitor, le logiciel DAVIS permet le traitement efficace d'un grand nombre de données en provenance de différents capteurs. Il gère les données et les présente, pour chaque capteur choisi, graphiquement ou numériquement dans une fenêtre propre. Il fait apparaître parallèlement une perspective ou un plan donnant une vue d'ensemble de la position des capteurs sur le chantier considéré.



1. Le système Solexperts GéoMonitor de saisie et de surveillance de mesures

# la fille du pirate

l'interrogation, le savoir, le rêve  
devant l'objet et son histoire ?  
l'énigme de la Fille du pirate  
interrogeant une boussole  
dite nivellatrice, devant  
une figure de proue  
de légende.

**Jack Biquand**

La caverne du pirate ouvre sur la rue St Honoré. Du dehors ce n'est que brillance de cuivre, de bronze, de laiton, que bois rares et précieux, que globes à terres inconnues mêlés à des sphères armillaires.

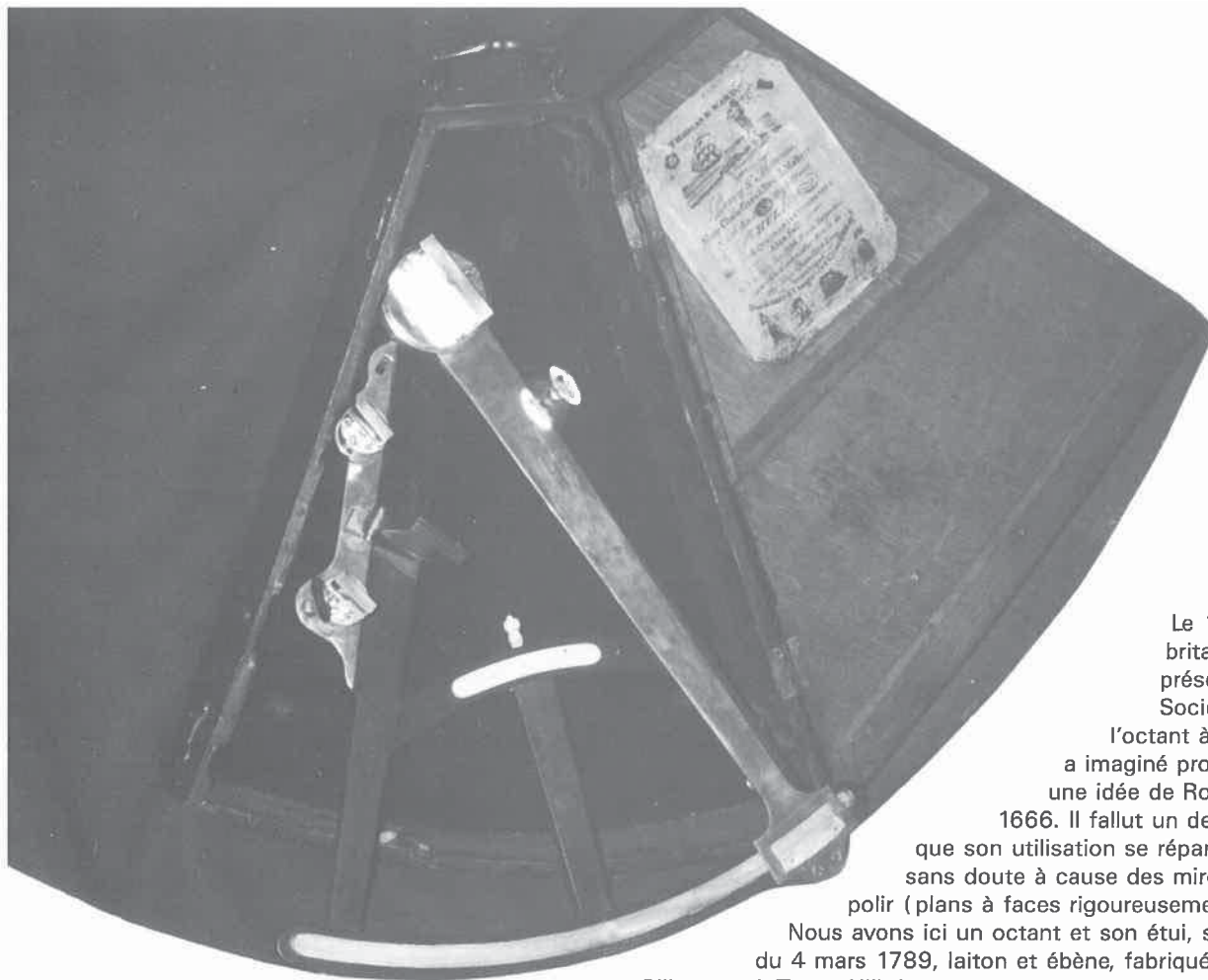
On entre et c'est magique. On embarque. On est au milieu des instruments du Voyage, ceux qu'on a inventé siècle après siècle pour mieux se situer sur cette Terre pleine de mers qui, paraît-il, est ronde.

Les instruments scientifiques ont une longue histoire, elle est racontée par la fille du pirate en personne qui vous emmène d'objet en objet, de lunettes à reflêt d'or en coffre du capitaine. Cette histoire a évolué très lentement et ne s'est accélérée qu'au XVI<sup>e</sup> siècle, celui des grandes découvertes.

Par exemple le théodolite, imaginé par Digges au XVI<sup>e</sup> et qui était plutôt l'aboutissement d'une évolution qu'une invention pure, n'était pas maniable et il fallut attendre le perfectionnement de sa structure pour en faire un instrument utile et encore a-t-il fallu attendre les progrès de l'optique pour qu'il rende d'intéressants services. C'est un anglais, Jesse Ramsden, qui transforma l'instrument pour aboutir aux deux que nous présentons ici. - (théodolites Elliott et Maurin).

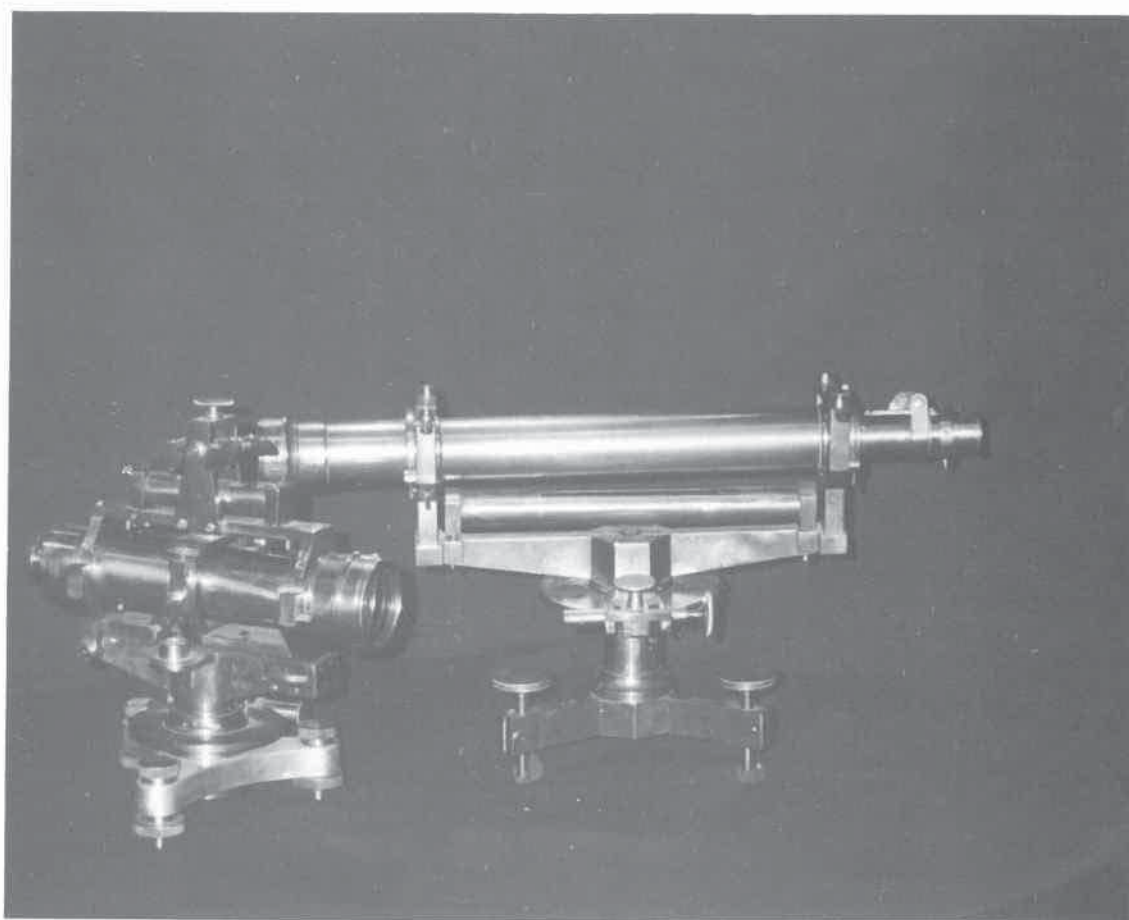
Le caractère de cette évolution est identique pour tous les instruments et s'accompagne toujours d'un progrès esthétique. L'utilité technique va de pair avec la satisfaction de l'œil. C'est ce que va nous faire comprendre la pirate complice, Marie Noëlle Dieutegard, qui nous ouvre la porte des secrets de cette caravelle, où les objets sont autant fabriqués pour la caresse que pour l'utilité. C'est là qu'est le mystère de quelques uns volés au hasard...

Théodolites : Elliot et Maurin



Le 13 mai 1731 le britannique Hadley présente à la Royal Society de Londres l'octant à réflexion qu'il a imaginé probablement sur une idée de Robert Hooke en 1666. Il fallut un demi siècle pour que son utilisation se répande largement, sans doute à cause des miroirs difficiles à polir (plans à faces rigoureusement parallèles). Nous avons ici un octant et son étui, splendide, daté du 4 mars 1789, laiton et ébène, fabriqué par Gilbert et Gilkerson, à Tower Hill, London, pour un certain capitaine J. Rowe.

Quand Louis XIV, par sa volonté royale et divine exigea de Colbert les travaux de nivellement nécessaires pour l'adduction des eaux d'irrigation du parc de son château, c'est vers les académiciens tous frais à l'époque, et en particulier à Picard que les topographes connaissent bien, que celui-ci fit appel. Eux seuls savaient et pouvaient alors faire ce travail et utiliser les instruments qu'étaient les niveaux à lunettes (inventés par Picard), et encore très rares. Ces savants académiciens ouvraient ainsi une voie où s'engouffrèrent d'habiles fabricants : Butterfield, Chapotot, Lefèvre, Hartsoeker, puis, plus tard, Lepetit et Baraban, ici côte à côte.



Ces savants académiciens ouvraient ainsi une voie où s'engouffrèrent d'habiles fabricants : Butterfield, Chapotot, Lefèvre, Hartsoeker, puis, plus tard, Lepetit et Baraban, ici côte à côte.