

# Stations totales motorisées : état de la technique et perspectives d'avenir

Autor(en): **Favre, C. / Flach, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK =  
Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **97 (1999)**

Heft 3

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235538>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Stations totales motorisées

## Etat de la technique et perspectives d'avenir

La motorisation des stations totales a permis d'élargir leur spectre d'utilisation. L'automatisation de certains procédés de mesures s'adapte parfaitement à de nombreuses applications des domaines de la mensuration officielle ou de la mensuration technique et industrielle. En outre, les facultés motrices de l'instrument peuvent être mises à profit dans le cadre d'applications cinématiques. Cet article rappelle les principes de base de tels instruments, esquisse un bref aperçu de l'état de la technique et donne quelques exemples d'applications récentes. Dans un dernier temps, il porte un regard sur les évolutions futures.

*Die Motorisierung von Totalstationen erlaubte eine signifikante Erweiterung des Einsatzspektrums. Die Automatisierung von gewissen Messabläufen lässt sich optimal an eine grosse Zahl von Anwendungsmöglichkeiten in der amtlichen Vermessung, der Ingenieurgeodäsie und Industriemesstechnik abstimmen. Zudem können motorisierte Totalstationen auch in kinematischen Anwendungen gewinnbringend eingesetzt werden. Dieser Beitrag stellt die Prinzipien und das Potential dieser Instrumente vor, sowie neue Anwendungsbeispiele. Abschliessend wird auch ein Blick auf zukünftige Entwicklungen geworfen.*

L'automatizzazione di certe procedure di misura con le stazioni totali ha permesso un notevole ampliamento del loro campo d'applicazione. Essa si adatta perfettamente a numerose applicazioni nell'ambito della misurazione catastale, di quella ingegneristica ed industriale. Inoltre, le stazioni totali automatiche possono essere utilizzate in modo redditizio anche in applicazioni cinematiche. Questo articolo presenta i principi di base e le potenzialità di tali strumenti, indicandone le nuove possibilità d'applicazione. Infine sono presentati alcuni aspetti riguardanti gli sviluppi futuri.

suration allège alors notablement le travail de l'opérateur.

Malgré tout, si les fabricants proposent une gamme de théodolites ou de tachéomètres toujours plus étendue (cf. tableau 1 et [1]), ces instruments ne sont pas systématiquement adaptés aux attentes ou aux besoins réels de leurs utilisateurs.

Le présent article ne vise en aucun cas à classer les instruments disponibles sur le marché. Il se propose plutôt de faire le point sur l'état de la technique, tout en soulignant certaines limitations. En outre, les auteurs souhaitent partager le fruit de leur expérience après plus d'une année d'utilisation intensive de tels instruments.

## Avantages et inconvénients

Avant d'envisager l'acquisition d'un pareil instrument, il s'agit de s'interroger sur ses réels avantages ou inconvénients. En premier lieu, il semble évident qu'un théodolite ou un tachéomètre motorisés posent certains problèmes à court terme, notamment sur le plan financier. Leur acquisition implique des investissements plus élevés, que ce soit pour l'achat de l'appareil, ou pour la formation des utilisateurs. Car si les principes d'utilisation

C. Favre, Ph. Flach

Les outils du géomètre ont constamment profité des progrès technologiques. Le théodolite, instrument quasi emblématique de la profession, n'échappe pas à cette règle. Dans un premier temps mécano-optique, cet instrument est pourvu d'un nombre grandissant de composants électroniques pour un gain croissant en termes de productivité.

Depuis peu, certains théodolites et tachéomètres sont même équipés de servomoteurs, permettant de diriger automatiquement leur lunette dans n'importe quelle direction. L'automatisation d'une quantité des tâches courantes de la men-

| Fabricant                 | Instrument          | Mesures angulaires       |                    | Mesure des distances |                   |                           |
|---------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|
|                           |                     | Méthode de pointé précis | Précision maximale | Source               | Précision maximal | Rapidité en mode tracking |
| Leica (Suisse)            | TCA1100             | CCD + Traitement d'image | 1,0                | Diode-IR             | (2 mm + 2 ppm)    | 6 mes/sec                 |
|                           | TCA1800             |                          | 0,3                |                      | (1 mm + 2 ppm)    |                           |
|                           | TCA2003             |                          | 0,15               |                      | (1 mm + 1 ppm)    |                           |
|                           | TDA5000             |                          | 0,2                |                      | (1 mm + 2 ppm)    |                           |
| Spectra Precision (Suède) | Geodimeter 4400     | DéTECTEURS de position   | 0,6                | Diode IR-GaAs        | (5 mm + 5 ppm)    | 2,5 mes/sec               |
|                           | Geodimeter 640S Pro |                          | 0,3                |                      | (2 mm + 2 ppm)    |                           |
| Topcon (Japon)            | AP-L1A              | DéTECTEURS de position   | 0,2                | Laser (Classe II)    | (3 mm + 2 ppm)    | 3 mes/sec                 |
|                           | GMT 100             |                          | 0,6                |                      | (2 mm + 2 ppm)    |                           |
| Zeiss (Allemagne)         | Elta S 10           | CCD + Traitement d'image | 0,3                | Diode-IR             | (1 mm + 2 ppm)    | 2 mes/sec                 |
|                           | Elta S 20           |                          | 1,0                |                      | (2 mm + 2 ppm)    |                           |

Tab. 1: Quelques tachéomètres motorisés et leurs caractéristiques.



restent semblables à ceux des appareils plus «classiques», la mise en oeuvre optimale de tels instruments requiert des compétences toujours plus poussées de la part de leur utilisateur, notamment au niveau du flux des données.

A l'opposé, une fois ces instruments maîtrisés, leur utilisation présente des avantages évidents, notamment en termes de rendement, et ceci pour les travaux de terrain se laissant plus ou moins facilement automatiser, donc susceptibles de s'exécuter à un rythme plus soutenu. En parallèle, le flux numérique des données est tellement confortable qu'il permet de traiter efficacement une très grande quantité de mesures, tout en minimisant la quantité d'informations à récolter par la méthode papier-crayon. Par ailleurs, un tel flux élimine la plupart des erreurs de retranscription sur papier, propres aux méthodes plus courantes.

En plus des avantages liés à l'automatisation des tâches et au flux des données, ces instruments sont également utilisables dans des applications à caractère cinématique, pour lesquelles la méthode GPS était jusqu'alors privilégiée. En effet, la combinaison de la motorisation avec le procédé de recherche et de suivi automatique du prisme, de même qu'avec la mesure continue des distances permet à tout moment de localiser l'endroit précis d'un réflecteur en mouvement. Dans ce contexte, on parlera alors d'une application *purement* cinématique.

Si, par contre, l'instrument suit le réflecteur, mais que la mesure de la distance n'est déclenchée que lorsque le prisme est à l'arrêt, le procédé s'apparentera alors plutôt à une application du type *stop and go*.

## Localisation et suivi du prisme

Le procédé de localisation automatique du prisme (en anglais: ATR-Automatic Target Recognition) permet de diriger automatiquement l'instrument sur le prisme. Selon le type de procédé utilisé, il s'agit de différencier les cibles actives des cibles passives. Bien que présentant quelques

avantages techniques indéniables, les cibles actives ont quasiment été abandonnées pour des raisons essentiellement économiques.

Sur le plan fonctionnel, le processus de localisation du prisme se laisse généralement subdiviser en deux étapes successives: l'acquisition grossière et le pointé précis [2].

Pour l'*acquisition grossière*, les instruments utilisent la méthode du «scanning» par séquences de secteurs ou celle du «scanning» par spirale. Afin de gagner du temps au niveau de cette recherche, les fabricants proposent diverses solutions. La solution standard sous-entend que l'opérateur aie, déjà dans un premier temps, grossièrement visé la cible, ce qui réduit alors l'espace à scanner.

De la multiplicité des méthodes de *pointé précis*, les instruments modernes n'en ont conservé que deux. Une première catégorie d'instruments utilise des détecteurs de position (PSD-Position Sensitive Detection), constitués de photodiodes à effet latéral, ou de photodiodes à quatre quadrants. Cette technique a cependant tendance à disparaître progressivement pour faire place à une seconde catégorie d'instruments équipée de capteur CCD (Charged Coupled Device). Ces capteurs fournissent une image numérique de l'intensité du signal retour (cf. fig. 1), émis à l'origine par une diode laser. Cela permet ensuite de localiser le prisme sur l'image et de calculer les déplacements à imposer à l'instrument [3]. Pour gagner du temps, l'instrument n'est généralement pas parfaitement pointé sur le réflecteur, mais il

est dirigé à quelques millimètres de celui-ci. La position du prisme sur l'image numérique sert alors à déterminer les corrections à apporter aux angles horizontal et vertical mesurés sur leurs cercles respectifs.

La combinaison récente du procédé de localisation automatique avec la variable temporelle a permis d'élaborer des instruments capables de suivre un prisme en mouvement, ainsi que d'extrapoler sa trajectoire en cas d'obstruction passagère [4]. Cette combinaison a alors desservi l'utilisation d'instruments motorisés dans passablement d'applications cinématiques, et en particulier dans le cadre du *one-man station* [5].

Cette application, qui s'apparente à une méthode du type *stop and go*, est particulièrement intéressante pour les travaux de levé, car le transfert de l'intelligence du tachéomètre vers la composante mobile du système [6] confère une parfaite autonomie à son seul et unique utilisateur.

## One-Man Station

Un tel système comprend essentiellement deux composantes. Le *tachéomètre* constitue l'élément central du système et représente la composante fixe. La composante mobile est constituée de l'utilisateur se déplaçant avec un réflecteur et un module d'enregistrement. La liaison entre ces deux composantes s'effectue par ondes hertziennes, au moyen de *modems-radios*. En Suisse, l'utilisation de ces derniers est régie par une loi et diverses ordonnances de l'Office Fédéral de la

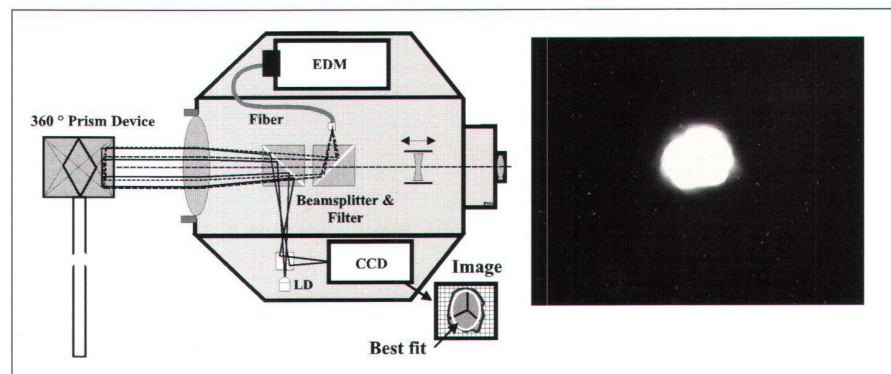


Fig. 1: Image numérique d'un prisme GRZ4 perçue par le capteur CCD d'un TCA1800.



Communication (OFCOM) [7]. Toutefois, l'utilisateur n'a généralement pas à se préoccuper des restrictions d'utilisation, car les fabricants proposent des équipements conformes aux exigences légales, parfois fort différentes d'un pays à l'autre. Le *module d'enregistrement* permet généralement de stocker des informations complémentaires aux simples mesures, comme, par exemple, des lignes de codes, des champs de texte. Leur classification va du simple module pour enregistrer et visualiser des données de type texte, jusqu'au véritable ordinateur de terrain pourvu d'un logiciel d'acquisition, de visualisation et de traitement on-line des mesures.

La souplesse d'utilisation d'un tel logiciel est étroitement liée à la multiplicité des méthodes de saisie, ainsi qu'aux différentes catégories d'instruments utilisables. Les possibilités de visualisation sous forme graphique et les options pour développer des modules annexes jouent également un rôle déterminant lors de l'évaluation d'un pareil logiciel.

En dernier lieu, le choix du *prisme* revêt également une importance de premier plan, car si chacun des fabricants propose une solution propre à son système, certaines sont plus fonctionnelles que d'autres. Dans certains cas, il semble même judicieux de combiner l'instrument et le prisme de deux fabricants différents. A cet égard, le modèle GRZ4 de Leica présente une flexibilité optimale. Son système de miroir permet de l'utiliser dans n'importe quelle position, sans avoir à se

préoccuper de son orientation. Une série de tests effectués l'IGP ont permis de dégager des précisions planimétrique et altimétrique supérieures à deux millimètres (cf. fig. 2).

## Pilotage de l'instrument

Les théodolites et les tachéomètres motorisés se laissent piloter de plusieurs façons différentes. Dans un premier temps, il s'agit de distinguer si la composante logicielle (véritable noyau du pilotage de l'instrument) est implantée dans l'instrument lui-même ou si elle se trouve sur une plate-forme indépendante.

Dans le premier cas, nous parlerons de logiciels *intégrés*. Ceux-ci sont sauvegardés dans la mémoire interne de l'instrument ou sur une carte de type PCMCIA. Ces logiciels permettent d'automatiser bon nombre de tâches courantes de la mensuration: mesure et calcul de stations libres, orientations de directions, mesures de séries, travaux d'implantations, etc. Cependant, ces programmes sont parfois entachés d'imperfections, source de sérieux problèmes si l'utilisateur n'y prête pas une attention particulière (exemple: l'instrument n'est pas orienté après le calcul d'une station libre!). En outre, les fonctionnalités proposées ne répondent pas à la totalité des besoins réels. Aussi, il semble utile de pouvoir élaborer soi-même des programmes plus spécifiques. A titre d'exemple, le logiciel GeoBasic de Leica permet de définir une série de routines (sous Windows), de les tester et de

les compiler. Le résultat de la compilation est ensuite transféré dans la mémoire interne de l'instrument, qui est alors en mesure d'exécuter les routines programmées.

Dans le second cas, la procédure consiste à piloter l'instrument à partir d'un PC, au moyen d'un logiciel *indépendant*. La liaison avec le théodolite ou le tachéomètre est assurée au moyen d'un câble sériel ou par des modems-radios. Pour l'acquisition de données géoréférencées, le marché propose actuellement tout un amalgame de logiciels pourvus de fonctionnalités GIS ou CAD plus ou moins élaborées, permettant d'intégrer et d'exploiter «on-line» les mesures de divers instruments et de les piloter. A cet égard, *Penmap* de Strata Software ou *Fieldlink* de Leica sont sans doute les plus polyvalents. Toutefois, leur flexibilité est encore limitée sur le plan de la personnalisation de leurs fonctionnalités.

Chaque fabricant propose également toute une série de logiciels pour des applications plus spécifiques. Mais là encore, leurs fonctionnalités sont souvent très restreintes. Aussi, dans le but de répondre à toutes les attentes et aux besoins réels, la solution optimale consiste à développer ses propres applications. Pour ce faire, les fabricants proposent, par exemple, des commandes en «Basic» ou en «C». Le programmeur est alors en état de créer des macros-commandes pour des fichiers de type tableur. Il peut aussi développer des applications indépendantes pour un environnement DOS ou Windows.

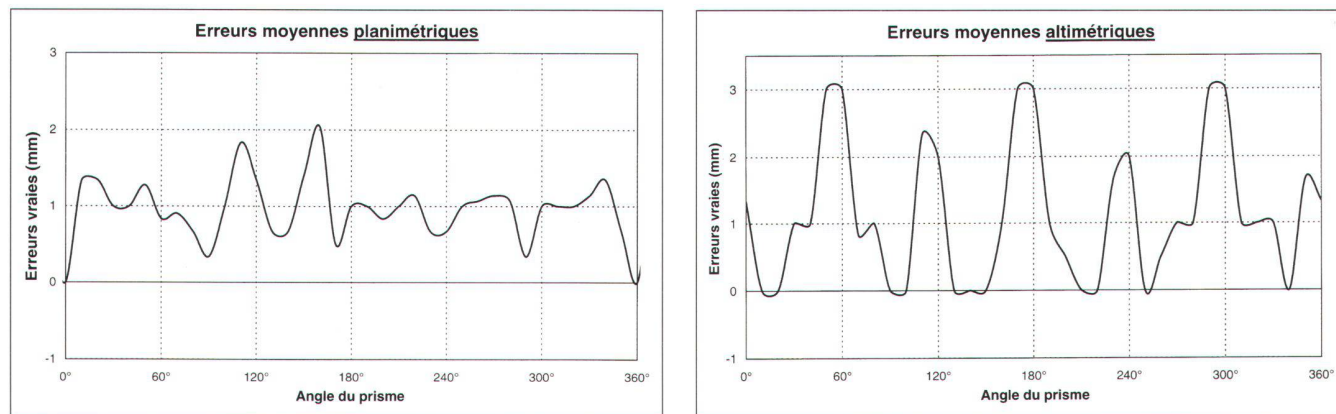


Fig. 2: Précision du GRZ4 en fonction de son angle d'exposition.



## Applications

La motorisation des instruments a permis d'élargir significativement leur spectre d'applications. De par leur faculté à suivre un objet en mouvement et à déterminer sa position à n'importe quel moment, c'est logiquement dans le domaine des applications cinématiques que leur mise en oeuvre présente de réels avantages. Si l'utilisation de tels instruments a déjà été mentionnée dans le cadre du one-man station (levé polaire), leur mise en oeuvre facilite grandement d'autres travaux courants de la mensuration, comme par exemple la mesure de réseaux de triangulation [8], la surveillance et la mesure de déformations d'ouvrages (cf. fig. 3) ou encore la mesure de glissements de terrain [9].

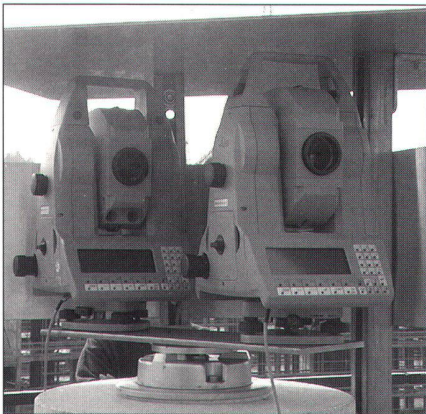


Fig. 3: Instrumentation pour la mesure de déformations sur le toit de l'ETH à Hönggerberg.

En parallèle, ces instruments ont déjà fait ou sont en passe de faire leur preuve dans le cadre d'applications moins courantes et parfois originales. Ils sont également testés et mis à contribution dans de nouvelles applications:

- localisation d'une camera pour prise de vue photogrammétrique [10];
  - guidage de diverses machines-outils (de chantiers);
  - localisation d'un bateau pour levé bathymétrique [11];
  - trajectographie d'un parachutiste [12].
- Par comparaison avec la méthode GPS, l'utilisation des instruments motorisés devient d'autant plus judicieuse que la pré-

cision requise, et en particulier la précision altimétrique, est plus élevée que celle obtenue par GPS.

## Limites d'utilisation

Les instruments motorisés ne sont adaptés qu'aux applications cinématiques à basse vitesse. Au mieux, ils peuvent suivre un prisme se déplaçant à quelques mètres par seconde, et ceci à une distance d'une centaine de mètres. De plus, ce déplacement se doit d'être ralenti d'un facteur 4 à 5 lorsque la distance instrument-cible est mesurée en continu (mode «tracking»). D'autre part, la précision absolue de la localisation en mode purement cinématique est généralement limitée à plusieurs centimètres, voire au décimètre. Dans certains cas, elle est même liée à la conception de la chaîne des mesures distance-angles. Par conséquent, la lenteur des objets à suivre ajoutée à la précision limitée de la localisation restreignent l'utilisation de tels instruments.

Il ressort donc que d'autres procédés, et en particulier la méthode GPS, sont et resteront les solutions privilégiées des applications cinématiques à haute vitesse au cours des prochaines années.

En dernier lieu, la précision obtenue à l'aide d'instruments motorisés est limitée par les mêmes facteurs que ceux de la tachéométrie traditionnelle. Aussi, la réfraction et la température peuvent influencer les résultats de façon significative et jouer un rôle perturbateur important, par exemple lors de la mesure de déformations. A ce propos, un TCA 1800 permet habituellement de mesurer des angles horizontaux et verticaux avec une précision de 0.2 mgon, ainsi que des distances avec une précision de 1 mm + 1 ppm. Des tests effectués à l'IGP sur la base d'un petit réseau indiquent que des conditions de travail défavorables (vent, soleil, vibrations) peuvent doubler ces valeurs!

## Perspectives

L'apparition d'une nouvelle génération d'instruments motorisés, équipés d'un

mode de balayage de surface automatique, laisse entrevoir de nouvelles perspectives. S'il existe déjà toute une série de distancemètres ne nécessitant plus l'emploi d'un réflecteur [13], leur adaptation sur une alidade motorisée permet d'augmenter très nettement la productivité de certains travaux, comme par exemple pour:

- le levé d'une façade - photogrammétrie architecturale;
- l'établissement d'un Modèle Numérique d'Altitude (MNA);
- la mesure de profils en travers dans un tunnel;
- etc.

Cette nouvelle génération d'instruments laisse donc entrevoir des possibilités très intéressantes au niveau de leur application. Cette technologie récente doit toutefois encore faire ses preuves, notamment en ce qui concerne la précision et la fiabilité du procédé de mesure de distances. A ce niveau, les lacunes subsistantes rendent certaines applications aléatoires, voire franchement problématiques.

## Bibliographie:

- [1] Joeckel, R.; Stober, M. (1995): Elektronische Entfernungs- und Richtungsmessung, 3. erweiterte Auflage, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart.
- [2] Ingensand, H.; Böckem, B. (1997): Automatic Location and Pointing Techniques in Local Positioning Systems, 4th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, Zürich.
- [3] Haag, R. und andere (1997): Vermessen mit der automatischen Feinzielung des TCA1800 von Leica, VPK 7/97.
- [4] Bayer, G. (1997): Dynamic Aspects of the TCA1800 Automatic Total Station, 4th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, Zürich.
- [5] Gervais, F. (1997): Pencomputing: applications et perspectives, MPG 12/97.
- [6] Schätti, I.; Kim, I. (1997): TCA-GAC500-Penmap: Einsatzmöglichkeiten und Gebrauchstauglichkeit, VTB, IGP, ETH-Zürich, unveröffentlicht.



- [7] Office Fédéral de la Communication – OFCOM, adresse internet: <http://www.admin.ch/bakom/>
- [8] Koller, M.; Bruderer, U.; Rutschmann, M. (1999): Anwendung motorisierter, automatischer Totalstation, Kolloquium des Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- [9] Angst, R.; Tschudi, D.; Dünner, J.; Cantaluppi, D. (1999): Hangrutschung Brattas – St-Moritz, Diplomarbeit, IGP, ETH-Zürich, unveröffentlicht.
- [10] Vallet, J. (1999): Photogrammétrie et navigation au service l'étude de la dynamique des avalanches – saisie de la couverture neigeuse, travail de recherche actuellement en cours à l'IGEO/PHOT, EPF-Lausanne.
- [11] Méroz, Ch. (1998): L'informatique au service de la nature: Importante opération de bathymétrie dans le Rhône, La Presse Riviera/Chablais, 29 octobre.
- [12] Mönicke, H.-J. (1998): First Results with a Target Tracking Tacheometer in Kinematik Applications, Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Eisenstadt.
- [13] Favre, C. (1997): Levé en milieu forestier: une géomatique au service de l'environnement, MPG 7/97.
- Cyril Favre, Dipl.-Ing. EPFL  
Philipp Flach, Dipl.-Ing. ETHZ  
IG Institut für Geodäsie und Photogrammetrie  
ETH-Hönggerberg  
CH-8093 Zürich  
e-mail: [favre@geod.ethz.ch](mailto:favre@geod.ethz.ch)  
[flach@geod.ethz.ch](mailto:flach@geod.ethz.ch)



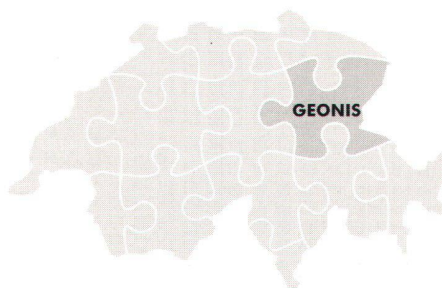
### Das Netz-Informationssystem für die Schweiz - modular und hybrid

GEONIS ist ein offenes Informationssystem auf Windows NT für kleine und grosse Leitungsnetze. Mit GEONIS kann der Benutzer schnell und unkompliziert ein Netzinformationssystem (NIS) nach den Empfehlungen von SIA, VSE und anderen Fachverbänden aufbauen.

GEONIS besteht aus einem Basismodul für Projektverwaltung und Grundanwendungen sowie den spezifischen Modulen für die einzelnen Medien. Im Moment stehen folgende Medien zur Verfügung: Abwasser, Wasser, Elektro, Gas, Fernmeldeanlagen, Kabelfernsehen, Fernwärme, Zivilschutz und Zonenplan. Der Benutzer kann eigene Medien entwerfen und bestehende Definitionen erweitern sowie auf seine Arbeitsabläufe anpassen.

GEONIS baut auf dem geographischen Informationssystem **MGE** von Intergraph auf, welches über eine Vielzahl von Funktionen zur Abfrage und Analyse von GIS-Daten verfügt.

Zusammen mit **GRICAL** (Punktberechnungsprogramm für Vermesser und Bauingenieure) und **GRIVIS** (Amtliche Vermessung) bildet GEONIS eine umfassende GIS-Lösung. MGE erlaubt zudem die Verwendung von Rasterplänen und digitalen Orthofotos zur hybriden Verarbeitung.



Wir bieten auch eine leistungsfähige Büro-lösung für moderne Ingenieurbüros an:

**Dalb für Windows** beinhaltet eine Auftragsbearbeitung, Zeiterfassung, Aufwandberechnung, Fakturierung usw. Verlangen Sie unseren aktuellen Produktkatalog!

### Die GEOCOM Informatik AG - Ihr Partner für:

- Geographische Informationssysteme
- Entwicklung massgeschneiderter Applikationen
- Netzwerke: Analysen, Planungen, Installationen, Messungen
- Hardware und Software, CAD

### Wir bieten Ihnen:

- Kompetente Beratung und Hilfe bei der Entscheidungsfindung
- Installationen vor Ort
- Wartung
- Schulung und Support

Unser Team von Informatikern erarbeitet für Sie professionelle Informatiklösungen zu vernünftigen Preisen.



**GEOCOM**   
INFORMATIK AG

Bernstrasse 21  
3400 Burgdorf

Telefon 034 428 30 30  
Fax 034 428 30 32

<http://www.geocom.ch>