

# MISE EN PLACE D'AUSCULTATIONS AUTOMATISEES AU SEIN DE L'ENTREPRISE SEGC TOPO -

*Société d'accueil :* SEGC Topo  
*PFE présenté par :* **Julien MACCAGNAN**  
*Directeur (directrice) du PFE :* Jean-Nicolas PASSERON  
*Correcteurs :* Gilbert FERHAT  
Jacques LEDIG



---

## 1. Présentation de l'étude

La société d'études de génie civil SEGC Topo est un cabinet de géomètres experts. Elle réalise de nombreux travaux, notamment des auscultations d'ouvrages. Les observations sont effectuées depuis quelques années avec un tachéomètre électronique de précision, le TCA 1800. C'est un appareil motorisé qui peut être piloté par ordinateur. Un ingénieur informaticien a conçu un programme utilisable sous l'environnement DOS qui permet à l'instrument de réaliser les auscultations par la méthode des tours d'horizon. Pour la conception de celui-ci, les commandes GSI ont été utilisées.

Après plusieurs utilisations, il s'est avéré que ce programme, ainsi que les programmes de réduction des mesures et de calcul de coordonnées, contenaient plusieurs erreurs et inconvénients ; comme par exemple l'impossibilité de reprendre une mesure en cas d'obstruction de la visée ou encore des erreurs de calcul lors de la réduction du niveau zéro. La SEGC a donc décidé de concevoir un nouveau logiciel dont le but serait le pilotage par la méthode des tours d'horizon avec fermeture sur la référence, la réduction des mesures et l'application des diverses corrections atmosphériques et géométriques, ainsi que le calcul des coordonnées par rayonnement. Cet outil devra se présenter sous une interface Windows, utilisable sous cet environnement. De plus, récemment en possession d'un TCRA 1201, tachéomètre lui aussi motorisé, l'entreprise m'a demandé de réaliser un logiciel d'auscultation bivalent pouvant piloter le TCA 1800 et le TCRA 1201. Celui-ci étant utilisé en cas d'indisponibilité du TCA 1800.

## 2. La méthode d'auscultation utilisée

Les auscultations réalisées par SEGC Topo suivent le principe d'observations par tours d'horizon avec un minimum de deux paires de séquences dont une avec décalage du limbe de 100 grades. Cette méthode permet de corriger plusieurs erreurs par mode opératoire : la collimation horizontale, l'erreur d'index et celle de tourbillonnement, le défaut de perpendicularité du cercle vertical par rapport au pivot et l'excentricité de l'axe de visée.

Les prismes utilisés sont des mini prismes de constante additionnelle nulle. Ils permettent l'utilisation de la reconnaissance automatique de cibles (ATR) des appareils : outil nécessaire au pilotage des tachéomètres. Cependant, il faudra être attentif aux différentes erreurs et imprécisions que cette utilisation entraîne, car l'ATR ne réalise pas un pointé parfait ; il est caractérisé par sa précision. En cas de présence de plusieurs stations, le principe du centrage forcé est utilisé. Elles sont visées entre elles afin d'obtenir un contrôle du bon centrage de l'appareil.

### 3. Le pilotage de l'appareil

Leica propose plusieurs commandes de pilotage de tachéomètres :

- le GeoBasic qui permet le développement professionnel d'applications supplémentaires pour le tachéomètre
- le GSI Online. Celui-ci permet à l'ordinateur de communiquer avec le tachéomètre en utilisant uniquement des commandes ASCII. Pour utiliser ces commandes, le langage de programmation peut être Visual Basic, C/C++ ou tout autre langage dont les commandes peuvent être envoyées à une interface
- les commandes GeoCom : programmable en Visual Basic ou en C/C++, le pilotage par commandes GeoCOM s'avère beaucoup plus complet que le GSI Online qui date d'une vingtaine d'années. Avec ce type de langage, les principales caractéristiques techniques du tachéomètre peuvent être gérées par l'ordinateur, comme par exemple, l'activation de l'ATR.

Le logiciel utilisera ces dernières commandes pour piloter le TCA 1800 et le TCRA 1201. Cependant, deux versions GeoCOM sont nécessaires : celles pour TPS 1000/1100 et celles pour TPS 1200, légèrement différentes.

Pour programmer ces commandes, Visual Basic 6.0 édition professionnelle sera utilisé. Ce langage de programmation est le plus utilisé par les professionnels comme par les débutants. Il suit le modèle événementiel, c'est-à-dire que les différentes sections du code sont exécutées en réaction aux événements et ne suivent pas un ordre prédéfini comme dans les applications dites procédurales. De plus, Visual Basic interprète le code au fur et à mesure de sa saisie, signalant la plupart des erreurs de syntaxe et d'orthographe. La compilation du code se fait partiellement pendant son écriture, donnant ainsi la possibilité d'exécuter une partie du code sans avoir à procéder à la compilation.

La connexion entre l'ordinateur portable utilisé pour le pilotage et le tachéomètre se fera par l'intermédiaire d'un câble RS232 à 9 broches.

Après exécution d'un tour dans une position de la lunette, le programme donne la fermeture angulaire et oblige, en cas de dépassement de la tolérance établie par l'opérateur, la réitération de l'exécution du tour.

Le programme de pilotage doit permettre de réaliser un tour en cercle à gauche, un tour en cercle à droite avec fermeture sur la référence, puis une deuxième paire de séquences avec décalage du limbe. Si l'utilisateur le souhaite, un maximum de 16 séries peut être exécuté, chacune pouvant contenir jusqu'à 500 points.

### 4. La réduction des mesures

Après avoir piloté le tachéomètre, le logiciel doit être capable de réduire les mesures réalisées.

Réalisé sous Visual Basic, le programme de réduction réalise tout d'abord la réduction des angles horizontaux en répartissant la fermeture angulaire et en calculant la moyenne des deux positions de la lunette. Les moyennes des angles zénithaux sont ensuite calculées, tout comme celles des distances inclinées. Ceci est opéré pour toutes les paires de séquences réalisées.

Les corrections atmosphériques et géométriques sont ensuite prises en compte.

La correction atmosphérique est calculée en fonction de la température ambiante en degrés Celsius, de la pression atmosphérique en millibars et du taux d'humidité en %. Elle est appliquée aux moyennes des distances inclinées.

Ensuite, S.E.G.C. Topo m'a demandé d'appliquer différentes corrections géométriques :

- la réduction à l'horizon
- la réduction au niveau zéro
- l'altération linéaire

Toutes ces corrections ne sont pas automatiquement faites. L'utilisateur du programme peut à sa guise appliquer ou non la correction atmosphérique et l'altération linéaire en fonction des caractéristiques du chantier, du lieu et de sa nature.

Ce programme aboutit à un fichier de mesures contenant les différentes données qui permettent de calculer les coordonnées : les angles horizontaux, zénithaux, les distances inclinées, horizontales et verticales. Un fichier de précision est aussi créé, donnant les erreurs moyennes quadratiques de ces mesures avant application des différentes corrections.

## 5. Calcul des coordonnées

Le calcul des coordonnées se fait par rayonnement. La station ainsi que les références ont des coordonnées supposées fixes. Les stations sont choisies en un endroit défini comme étant immobile. Elles sont déterminées par centrage forcé lors de l'opération initiale de l'auscultation. De plus, l'embase est centrée par l'intermédiaire d'une lunette nadiro-zénithale, ce qui permet un centrage plus précis qu'au tachéomètre. Les références sont elles aussi déterminées lors de l'opération initiale et sont placées en un endroit fixe. Ces hypothèses et modes opératoires nous permettent de ne pas tenir compte de l'erreur de centrage de l'appareil, de calculer le gisement de l'origine du limbe et donc d'obtenir les coordonnées des prismes par rayonnement.

Ce programme de calcul, réalisé aussi sous Visual Basic 6.0, aura pour conséquences la création d'un fichier de coordonnées finales ainsi qu'un fichier de précision donnant l'erreur moyenne quadratique (emq) de chaque coordonnée de points par la formule de la transmission d'emq. Pour cela, il a fallu réécrire les formules afin de rendre les variables indépendantes les unes des autres.

## 6. Automatisation du calcul des déplacements

Après avoir obtenu les coordonnées finales des points auscultés, la SEGC fournissait au client un fichier Excel contenant les déplacements des points depuis l'opération initiale et depuis la dernière auscultation sur une feuille de calcul, puis les représentations graphiques de ces déplacements sur d'autres feuilles. Ceci était réalisé manuellement, ce qui entraînait une possibilité d'erreur de retranscription.

Il m'a donc été demandé de réaliser des macros en Visual Basic pour Excel afin d'automatiser toutes ces actions. Ces macros permettent ainsi de remplir les différentes feuilles sans aucune action de la part de l'opérateur, donc sans erreur de retranscription mais aussi un gain de temps non négligeable.

Deux macros ont été réalisées : la première permet d'importer les points et leurs coordonnées directement depuis le fichier de coordonnées finales puis de calculer les déplacements automatiquement. La deuxième remplit un tableau qui sert de données aux différents graphiques représentant les déplacements en planimétrie et en altimétrie.

## 7. Tests réalisés

Plusieurs tests en conditions réelles ont été réalisés pour valider ce nouveau logiciel et les macros Excel.

Deux chantiers d'auscultation ont tout d'abord permis d'améliorer les programmes, notamment le pilotage du tachéomètre. En effet, quelques inconvénients sont apparus pendant ces deux premiers tests, notamment le changement de sens de rotation de la lunette pendant une même séquence.

Un dernier test a été réalisé d'abord avec le TCA 1800 puis le TCRA 1201. L'appareil était chaque fois stationné sur une borne pilier, annulant ainsi toute erreur de centrage. Après exécution du pilotage des deux tachéomètres, la réduction des mesures et le calcul des coordonnées ont été effectués de la même façon pour les deux instruments.

Nous avons comparé les résultats obtenus et conclu que les mesures réalisées au TCA 1800 semblaient plus précises qu'au TCRA 1201.

En effet, le calcul des erreurs moyennes quadratiques des angles horizontaux et zénithaux nous donne respectivement  $\pm 3,0$  dmgon et  $\pm 3,2$  dmgon pour le TCA 1800, ce qui respecte les précisions annoncées par Leica selon lequel la précision angulaire serait de  $\pm 3$  dmgon et une précision sur la distance de  $\pm 1$  mm + 2 ppm. En ce qui concerne les distances, les précisions sont environ de  $\pm 0,2$  mm, ce qui améliore les données du constructeur. Pour obtenir ces emq, l'auscultation a été composée de 2 paires de séquences, dont une avec décalage du limbe de 100 grades.

Les erreurs moyennes quadratiques obtenues avec le TCRA 1201 sont quant à elles bien plus importantes. Elles sont de l'ordre de  $\pm 28,3$  dmgon et  $\pm 9,8$  dmgon respectivement pour les angles horizontaux et zénithaux. En ce qui concerne les distances, le même ordre de grandeur que pour le TCA 1800 est obtenu bien que le constructeur annonce que la précision angulaire est de  $\pm 3,0$  dmgon et en mesure de distance de  $\pm 2$  mm + 2 ppm.

Cette différence est peut-être due à la précision de la reconnaissance automatique de prisme. En effet, elle est de 2 mm pour les deux appareils. Ceci peut avoir un effet sur les précisions des mesures. Pour cela, il faut contrôler les instruments régulièrement afin d'obtenir les meilleurs résultats et exécuter un nombre de paires de séquences suffisant suivant l'appareil utilisé et les conditions d'auscultation.

## Conclusion

Cette étude a permis à la société SEGC Topo d'employer un logiciel d'auscultation utilisable sous un environnement très populaire qui est celui de Windows, ainsi beaucoup plus convivial et facile d'utilisation que l'environnement DOS anciennement utilisé. Ce logiciel d'auscultation permet non seulement de piloter le TCA 1800 et le TCRA 1201, mais aussi d'obtenir des mesures corrigées, d'avoir les coordonnées avec la précision de chacune, tout comme celle des mesures avant correction.