

Maîtrise à distance et optimisation d'auscultations robotisées au sein du pôle MIR de la société SITES.

PFE présenté par : **Damien PIN**
Société d'accueil : **SITES**
Directeur de PFE : **Dominique REITH**
Correcteurs : **Jacques LEDIG**
Guillaume KIEHL



Introduction

La société SITES¹ a vu le jour en 1984 afin de satisfaire les besoins des propriétaires et gestionnaires des grandes structures de génie civil et des ouvrages d'art en termes de contrôle et de suivi préventif. Elle compte actuellement cent quatre-vingt treize salariés répartis dans quatre agences en France et deux filiales à l'étranger (Chine et Tunisie). Les structures, les ouvrages et les équipements se dégradent au fil des années. C'est pourquoi, afin de préserver ces constructions, leur bon fonctionnement et veiller à la sécurité publique, celles-ci doivent être surveillées régulièrement.

Ce Projet de Fin d'Étude se déroule au sein du pôle MIR² de l'agence de Lyon. Le pôle MIR rassemble la maîtrise des technologies de mesure à base de procédés optiques et d'instrumentations. Au cours de ces dernières années, la société a développé différents logiciels topographiques afin d'optimiser la performance des auscultations topométriques. Dans la même optique, ce Projet de Fin d'Étude a pour objectif d'améliorer l'auscultation robotisée avec un thème général de maîtrise à distance des auscultations.

La société SITES dispose de tachéomètres Leica pour exécuter ses travaux d'auscultation. La communication à distance avec ces appareils utilise des bibliothèques de commande propres à chaque instrument. Au cours de cette étude, une première application nommée *Scénario* a vu le jour. Elle permet de tester toutes les fonctions offertes par les bibliothèques de commande. Ce logiciel offre également la possibilité d'enregistrer des scénarios et aura conduit au développement d'une télécommande pour piloter les instruments à distance.

Ce Projet de Fin d'Étude aura aussi consisté à élaborer un logiciel permettant le contrôle géométrique des voies de roulement. Le but est d'assister l'utilisateur lors du levé sur le terrain. Ce logiciel, baptisé *CaRniVoR*³, doit fournir en temps réel les écarts sur les points mesurés par rapport à trois normes en vigueur.

1. Aspect matériel

Les instruments utilisés au cours de cette étude sont les tachéomètres Leica TDA5005 et TDRA6000. Leur précision sur des mesures de distance prises sur des coins de cube Leica de diamètre 1,5" situés à moins de 120 m sont respectivement $\pm 0,5$ mm et $\pm 0,25$ mm. Leur précision angulaire est de 0,15 mgon.

Ces appareils sont pilotés à distance par l'intermédiaire d'une tablette PC Fujitsu Siemens. La connexion entre cette tablette PC et l'appareil de mesure est établie au moyen d'un câble en Y ou

¹ Société d'Instrumentation et de Traitement d'Essais sur Sites

² Métrologie, Instrumentation et Relevés

³ Contrôle et Réglage des Voies de Roulement

d'une connexion Bluetooth. Pour les instruments de la gamme TPS1000 et TPS1200, Leica a développé le mode de communication GeoCOM. Ce langage fonctionne sur le principe de communication entre un client et un serveur. Il permet d'avoir le contrôle sur la majorité des fonctions des instruments. Le tachéomètre TDA5005 utilise la bibliothèque de commande GeoCOM TPS 1000 version 2.20 tandis que le TDRA 6000 utilise la bibliothèque TPS1200 version 1.50. Leurs principales différences sont l'ajout et la suppression de certaines commandes liées aux fonctions spécifiques proposées par chacun des tachéomètres, comme le mode de mesure « sans prisme » disponible exclusivement avec le TDRA6000.

2. Le logiciel *Scénario*

2.1. Objectifs

Les objectifs de cette application sont multiples. Elle doit tout d'abord permettre de tester les fonctions GeoCOM de commande à distance des tachéomètres. Nous souhaitons nous assurer de l'entière maîtrise des fonctions présentées dans les différentes bibliothèques GeoCOM respectives à chaque appareil. Le logiciel doit fonctionner avec les tachéomètres dont dispose actuellement l'entreprise mais devra aussi être compatible avec les appareils qui pourront être acquis dans le futur. De plus, cette application doit permettre d'enregistrer des successions de commandes afin de créer des scénarios. Ceci offre à l'utilisateur la possibilité de paramétrer et d'enregistrer un nombre illimité de fonctions consécutives.

2.2. Principe

Les tachéomètres sont livrés avec une bibliothèque GeoCOM au format .dll qui permet de communiquer avec l'appareil. Chaque bibliothèque étant différente d'un appareil à l'autre, l'application doit analyser au préalable le contenu du fichier .dll avant de permettre à l'utilisateur de créer un scénario. Pour cela, le logiciel utilise le fichier de déclaration des fonctions accessibles en VBA⁴ « COM_StubsPub.BAS » pour connaître le nom et la définition de toutes les fonctions disponibles.

L'interface développée fonctionne avec *Excel* et présente trois onglets différents :

- L'onglet « accueil » :

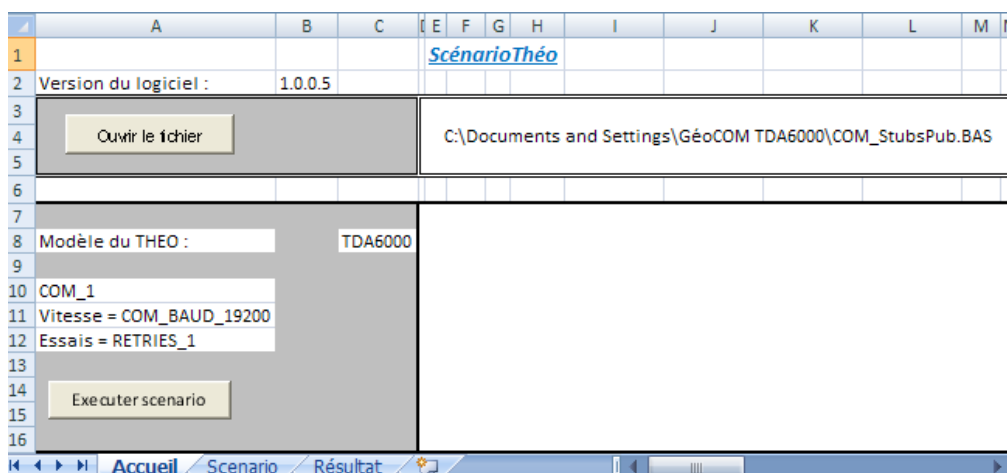


Figure 1 : onglet "accueil" du logiciel de scénarios

Il permet le chargement du GeoCOM et l'exécution des scénarios. Des listes offrent la possibilité de paramétrer les options générales, telles que le nom du tachéomètre, le numéro du PortCOM, la vitesse de communication avec l'appareil et le nombre de tentatives de connexion.

⁴ Visual Basic for Applications

- L'onglet « scénario » :

Il sert à choisir et paramétrer les fonctions du scénario. Une fois le GeoCOM ouvert dans l'onglet « Accueil », des listes déroulantes permettent de choisir ligne par ligne les fonctions à utiliser. Les différents paramètres d'entrée sont à déclarer pour chaque fonction.

- L'onglet « résultat » :

Lorsqu'un scénario est lancé, cet onglet affiche les résultats fonction par fonction. Chaque fonction exécutée génère une ligne sur laquelle sont affichés le nom du tachéomètre, le PortCOM utilisé pour la connexion avec l'appareil, le nom de la fonction, la valeur de la variable « Retour » (Si la fonction a été exécutée avec succès, « Retour » prends la valeur 0), et si la fonction contient des paramètres, le nom des paramètres ainsi que leurs valeurs.

Cette application est un outil polyvalent. Elle aura notamment permis de développer rapidement une télécommande pour le tachéomètre TDRA6000. Le but de cette télécommande est de guider à distance l'appareil de manière à le positionner sur un prisme. Sa conception, en collaboration avec le service informatique, a consisté à ajouter un nouvel onglet au logiciel *Scénario* et à paramétrer un scénario derrière chacun des boutons de commande de l'interface.

3. Le logiciel *CaRniVoR*

Une voie de roulement est composée de rails sur lesquels circule un engin roulant. Ce logiciel est adapté au contrôle des voies de roulement rectilignes à deux files de rails. Pour effectuer ces contrôles, la société SITES se réfère à trois normes françaises.

3.1. Les normes prises en compte par le logiciel

Les voies de roulement sont soumises à des règles de construction précises et définies dans des normes fixées par l'AFNOR⁵. Le logiciel développé calcule automatiquement les écarts sur les points de la voie de roulement par rapport aux tolérances spécifiées par :

- La norme NF E52-121 : "Levage et manutention, ponts roulants, construction et installation"
- La norme NF P 22-615 : "Poutres de roulement de ponts roulants, déformation de service et tolérances"
- La norme NF E 52-700 : "Engins de levage et de manutention portuaires sur rails ou fixes, spécifications techniques"

Pour contrôler un pont roulant, une voie de grue ou un dégrilleur⁶, l'utilisateur devra sélectionner dès le début des travaux les normes à prendre en compte.

3.2. Les fonctionnalités du logiciel

L'utilisateur doit tout d'abord connecter le tachéomètre au logiciel puis définir les caractéristiques du chantier. Celles-ci concernent la dimension des rails et des poutres qui supportent les rails mais aussi les seuils de précision à respecter au cours des mesures. L'axe d'un rail ou d'une poutre étant difficile à repérer, les mesures sont déportées sur leurs flancs à l'aide de pièces mécaniques. Les points sont ensuite rabattus à l'axe de l'élément considéré par une constante. Les

⁵ Association Française de Normalisation

⁶ Sur un barrage, le dégrilleur est destiné à retenir les matières volumineuses et déchets de toutes sortes contenus dans l'eau

distances de décalage pour chaque élément doivent être enregistrées, dans le logiciel, au moment de l'initialisation du chantier.

Le logiciel *CaRniVoR* dispose d'une fonction de mise en station. Elle permet de renseigner ou de déterminer les coordonnées tridimensionnelles ainsi que l'orientation de la station. Pour ce faire, il est possible de charger un fichier de points afin de prendre des mesures sur des références connues. Pour ce calcul, nous avons choisi d'utiliser la méthode de compensation par les moindres carrés appliquée à un réseau 3D. Les erreurs moyennes quadratiques sur les coordonnées et sur l'orientation sont calculées et fournies à l'utilisateur.

Une fois la mise en station terminée, l'utilisateur a la possibilité de mesurer quatre points caractéristiques de la voie de roulement afin de définir un référentiel lié aux rails. L'axe « y » correspond à l'entraxe des files de rails et son origine se situe au début de la voie. Au cours d'un levé, des indications sont fournies à l'utilisateur, comme l'écart par rapport à l'axe moyen du rail en question. Le principe consiste à présenter des indicateurs en temps réel afin d'être sûr que les mesures sont correctes. Lorsque les mesures sont terminées, il est prévu que l'application génère un récapitulatif des écarts par rapport aux normes sélectionnées.

3.3. La bibliothèque de calculs topographiques

Le principe est de développer un ensemble d'algorithmes afin d'obtenir une bibliothèque de calculs topographiques. Elle sera utilisée dans le logiciel de contrôle des voies de roulement mais pourra s'étendre par la suite à la création de nouvelles applications.

Pour le logiciel *CaRniVoR*, nous avons donc décrit les algorithmes des différentes fonctions à programmer, c'est-à-dire :

- La réduction des visées effectuées par double retournement
- Le calcul d'un gisement
- Le nivellement indirect
- Le calcul des coordonnées par point lancé
- Le calcul des coordonnées d'une station :
 - Le relèvement par trois points pour obtenir des coordonnées approchées de la station
 - Le calcul du G_0
 - La compensation d'un réseau en 3D
- Le calcul d'une droite passant par deux points
- La régression linéaire : calcul d'une droite ajustant un jeu de points
- Le calcul, à partir de quatre points, des paramètres de transformation d'un référentiel lié à une voie de roulement
- La transformation des coordonnées d'un point d'un référentiel à un autre

Conclusion et perspectives

Cette étude a permis de proposer différents outils qui contribuent à l'optimisation des auscultations robotisées à distance. Le logiciel *Scénario* est une application flexible qui pourra être utilisée pour développer de nouveaux outils. Le logiciel *CaRniVoR* est voué à évoluer dans le futur, c'est pourquoi la partie programmation a été prise en charge par le pôle informatique. Il est prévu d'intégrer au logiciel un module d'implantation qui guidera l'utilisateur lors de la construction d'une voie de roulement ou de son remplacement. Enfin, les recherches menées au cours de ce projet sur un algorithme de régression circulaire pourront conduire à l'extension du logiciel au contrôle des ponts polaires⁷.

⁷ Pont roulant tournant sur un rail circulaire. On en trouve en partie haute du bâtiment réacteur des centrales nucléaires.