

# Optimisation des techniques de guidage d'engins 2D/3D (niveleuse) par projet MNT sur le chantier de l'autoroute à péage Pikine-Diamniado (Sénégal) par le système ScanLaser et DPS (Driving Positionning System)

PFE présenté par : **Bastien EVON**  
Société d'accueil : **EIFFAGE Sénégal**  
Directeur de PFE : **M.SECK Gallo**  
Correcteurs : **M.LEDIG et M.GRUSSENMEYER**



## 1. Introduction

Présent dans les secteurs des Travaux Publics et du Génie Civil, le groupe EIFFAGE est le troisième groupe de BTP en France avec un chiffre d'affaire de 13 milliards d'euros en 2010 pour un effectif d'environ 70 000 personnes. Principalement implanté en France, l'entreprise EIFFAGE a quelques filiales à l'étranger, notamment en Europe et au Sénégal. C'est sur le chantier de l'autoroute à péage Pikine-Diamniado au Sénégal que j'ai réalisé mon Projet de Fin d'Etude portant sur le guidage des niveleuses par les systèmes ScanLaser et DPS. Ces nouveaux systèmes permettent d'améliorer les rendements des machines donc la rentabilité des chantiers de terrassement.

En effet, les méthodes de guidage des engins de chantier connaissent un essor considérable. Les pratiques traditionnelles (par exemple le dispositif des fils) sont souvent remplacées par des techniques moins complexes à organiser, plus performantes et plus sécurisantes. Les données théoriques relatives aux projets à concevoir sont introduites sous format informatique dans un ordinateur portable, et traitées de sorte à accomplir un guidage 3D de l'engin en temps réel. La notion de temps réel signifie que l'information doit être disponible, sous forme d'un signal, au moment et à l'endroit où le travail est exécuté, et non pas a posteriori. Le guidage sera donc l'exploitation de données de localisation de manière instantanée.

Avant le début de mon PFE, l'entreprise EIFFAGE utilisait déjà une niveleuse équipée du système ScanLaser qui avait pour fonction de régler les différentes couches de la chaussée. Par la suite, une nouvelle niveleuse équipée du système DPS est arrivée.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le thème de mon mémoire : " Optimisation des techniques de guidage d'engins 2D/3D (niveleuse) par projet MNT sur le chantier de l'autoroute à péage Pikine-Diamniado (Sénégal) par le système ScanLaser et DPS (Driving Positionning System) ".

Ce projet de fin d'étude a pour objectif, au delà de l'aspect purement technique, la formation du personnel aux deux systèmes de guidage d'engin par station totale motorisée mais également de réaliser une étude technico économique pour évaluer l'intérêt d'équiper une niveleuse par un système de guidage par GPS. C'est aussi pour moi l'opportunité de me familiariser avec le milieu des Travaux Publics.

## 2. Etat de l'art

Sur les chantiers de terrassement, les niveleuses sont utilisées afin d'effectuer le réglage de plate-forme. Ce réglage doit être réalisé en respectant aux tolérances près, les cotes définies par le projet. Ces tolérances sont de l'ordre du centimètre. (Exemple, pour la couche de forme, le réglage doit être effectué dans une tolérance comprise entre -3 / +1 cm)

Différentes méthodes ont été mises en œuvre afin d'assister les niveleuses dans leur travail.

Tout d'abord, une méthode consiste à implanter des piquets d'axes et de bords de chaussée, puis des manœuvres indiquent au gradériste la cote à tenir.

L'idée de localiser et de guider la niveleuse sur les chantiers de terrassement pour les automatiser à terme, a commencé à prendre forme en 1980. Pour pouvoir guider un engin, il faut tout d'abord disposer d'un système de localisation suffisamment précis et qui puisse travailler en temps réel. De nombreux capteurs ont alors été utilisés comme les palpeurs à ultrasons et les lasers. Ce type de guidage a permis de faire un grand pas en avant car il impose à la lame de se caler parfaitement au projet et en tout point. Cependant les limites de ces capteurs ont amené les constructeurs à utiliser les stations totales motorisées et tout récemment le GPS afin de proposer de véritables systèmes de guidage en 3D.

### **3. Système de guidage 2D/3D pour niveleuse utilisant des stations totales motorisées**

Au cours de ce PFE, j'ai eu l'occasion d'étudier deux systèmes utilisant une station totale robotisée. Le système ScanLaser qui est la nouvelle génération de système de guidage pour engin de l'entreprise ScanLaser (Leica) et l'ancien système qui se nomme DPS (développé par la société D&PS qui fait partie de l'entreprise ScanLaser maintenant). Si des améliorations ont été apportées, le principe de fonctionnement reste le même.

L'idée directrice de ces systèmes est de tendre vers une intégration de la chaîne projet – réalisation - contrôle, en dotant les niveleuses d'une « mémoire » contenant le projet et les asservissants, ou du moins renseignant les conducteurs sur la situation de l'engin par rapport au projet.

L'asservissement de la lame de la niveleuse en 3D est réalisé de telle façon qu'elle soit positionnée altimétriquement à la cote du projet quelle que soit sa position planimétrique.

La station totale motorisée mesure en temps réel la position d'un coin de lame. Des capteurs montés sur la machine (capteurs de rotation, de dévers, de profil en long, d'inclinaison de lame et d'articulation) permettent de localiser l'autre extrémité de la lame.

Les données à connaître pour son asservissement sont la position d'un point de la lame, la pente transversale et l'angle de rotation planimétrique. Ces données sont suffisantes pour positionner la lame, mais on peut avoir besoin également de connaître l'inclinaison de la lame (pas nécessaire si le gradériste utilise toujours le même angle d'attaque), la variation de profil en long

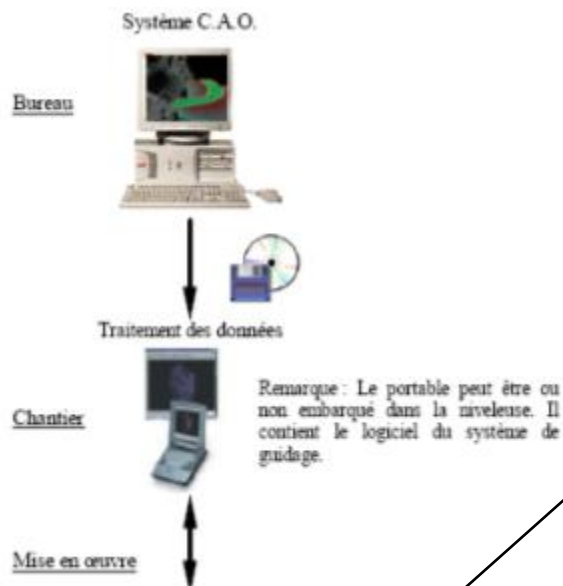
La position du coin de la lame est déterminée par la station totale. A partir de là, on calcule la position de la lame :

- En planimétrie : avec le capteur de rotation et le capteur de dévers.
- En altimétrie : avec le capteur de dévers. Si le gradériste utilise un angle d'attaque variable, le capteur d'inclinaison intervient pour la position altimétrique de la lame.

Les différents systèmes de guidage ont tous une architecture commune.

Pour le système ScanLaser, on introduit directement le fichier MNT du projet dans l'ordinateur de la niveleuse tandis que pour le système DPS, le projet routier est défini par 3 fichiers au minimum, à savoir axetheo.dat (définition géométrique de l'axe théorique), coupx.dat (définition géométrique des coupes types) et correl.dat (définition des points d'application des coupes types sur l'axe théorique).

Les différentes étapes de mise en place d'un système 3D sont :



Station totale motorisée

Le gradériste reçoit les informations des cotes à descendre qui sont également transmises à l'automate qui va jouer sur les vérins afin de bien positionner la lame. Le gradériste peut également travailler en mode manuel.

Les systèmes de guidage DPS et ScanLaser sont des systèmes 3D mais ils peuvent également être utilisés en 2D pour des travaux spécifiques lorsque la niveleuse travaille par exemple en dehors du projet défini dans l'ordinateur de la machine. En mode 2D, le chauffeur va lui-même définir le dévers de la lame. Le mode 2D est très rarement utilisé par les chauffeurs de niveleuse sur ce chantier.

#### 4. Etude en vue de l'adaptation d'un système de guidage 3D pour niveleuse par GPS

Cette étude doit permettre de définir si l'installation d'un système de guidage par GPS se justifie sur ce type de chantier, mais également de voir les solutions techniques proposées par les différents constructeurs et tout particulièrement avec les produits de la marque Leica (ScanLaser) qui équipe traditionnellement le service de topographie de la société EIFFAGE Sénégal.

L'étude montre que l'intérêt pour l'entreprise d'investir dans un système de guidage par GPS se trouve limité bien que cette technologie permette de pouvoir régler une surface avec une niveleuse avec une précision verticale de 20 mm + 1 ppm. En effet, un des intérêts majeur de travailler avec un

système de guidage par GPS est le fait que la niveleuse puisse travailler en tout point du chantier sans attendre qu'une équipe du service de topographie installe la station totale. Donc c'est un gain de temps et financier. Or, au Sénégal du fait que le coût de la main d'œuvre ne soit pas très élevé, à chaque niveleuse est associée une équipe de deux topographes qui est en charge d'installer la station totale et de rester au près de l'appareil toute la journée en cas de problème. De plus, la niveleuse change de zone de travail généralement pas plus d'une fois dans la journée ce qui limite les conséquences de perte de temps liée à la mise en place de la station totale. Enfin, le projet d'autoroute traverse des zones urbaines et des forêts où l'utilisation du GPS pose problème.

Concernant les produits disponibles sur le marché, l'étude s'est orientée vers les systèmes développés par la société ScanLaser (Leica) et par la société Trimble au travers le produit GCS 900 3D. Dans le cas d'un système de guidage par GPS, en RTK, le mât de la niveleuse est équipé d'une antenne associée à son récepteur qui communique avec le pivot afin de calculer la position de la lame, en planimétrie et altimétrie, qui est ensuite transmise au PC de la niveleuse. L'étude financière et technique a porté essentiellement sur le produit développé par la société ScanLaser.

## **5. Le management**

Un des axes important de ce PFE portait sur la formation du personnel au système ScanLaser et DPS de guidage d'engin. La procédure mise en œuvre afin de former le personnel est la suivante :

- Formation théorique : Chaque personnel du service de topographie a reçu dans un premier temps, une notice expliquant le procédé de mise en œuvre des deux systèmes de guidage afin qu'ils puissent prendre connaissance du fonctionnement.
- Formation terrain : Mise en œuvre pratique sur le terrain des deux systèmes de guidage d'engin. Chaque personnel juge s'il veut approfondir la formation en réitérant la mise en pratique afin de maîtriser l'un ou l'autre des systèmes.

Cet exercice de formation du personnel est très enrichissant. D'une part, il nécessite de maîtriser la technique des deux systèmes de guidage mais également d'adapter la pédagogie d'enseignement en tenant compte de ses compétences techniques du personnel et de sa motivation à apprendre.

Parallèlement, l'intégration du service de topographie m'a permis de comprendre la manière dont le service devait être organisé afin de faire avancer les différents dossiers relatifs aux travaux topographiques. Les notions de planification, de coordination entre les différents acteurs du chantier, gestion du temps, de prise de décision sont autant de paramètres à prendre en compte afin de faire fonctionner le service de topographie d'un chantier d'autoroute.

## **6. Conclusion**

Cette étude m'a permis de comprendre le fonctionnement de deux systèmes de guidage d'engin 2D/3D par station totale appliquée à une niveleuse, à savoir le système DPS et le système ScanLaser. Au travers de l'application de ces systèmes sur le chantier de l'autoroute à péage Pikine-Diamniado, j'ai pu aussi appréhender le milieu des Travaux Publics et tout particulièrement les caractéristiques techniques liées aux travaux de terrassement. De plus, l'étude portant sur l'adaptation d'un système de guidage par GPS m'a permis de faire un état des lieux des produits présents sur le marché et l'étude technique et économique a mis en évidence que l'investissement engendré par l'équipement d'une niveleuse par ce système n'est pas justifié pour ce chantier . Enfin, le fait d'avoir réalisé ce PFE au Sénégal a été une expérience humaine enrichissante via notamment la formation du personnel.