

## **TRIMBLE S6 AVEC SERVOCONTROLEUR MAGDRIVE**

**T. LEMMON & R. JUNG**

**TRIMBLE SURVEY, WESTMINSTER, COLORADO, USA**

### **RESUME**

La Station Totale Trimble® S6 est équipée d'un système servo/angulaire révolutionnaire appelé servocontrôleur MagDrive™. Le servocontrôleur MagDrive se fonde sur une technique d'entraînement direct et d'entraînement électromagnétique sans frottement. Le système d'entraînement direct permet un montage direct des servomoteurs sur l'axe horizontal et l'axe vertical, ce qui évite de recourir à des engrenages mécaniques supplémentaires. L'intégration au capteur angulaire améliore la vitesse des servomoteurs en délivrant des valeurs angulaires rapides utilisables par le servo-processeur. Le servocontrôleur MagDrive offre une grande précision, des caractéristiques de rotation asservie grande vitesse et une faible consommation d'énergie. Le déplacement sans frottement supprime aussi tout bruit et réduit l'usure de l'instrument.

### **INTRODUCTION**

Le principe du servocontrôleur MagDrive de Trimble se fonde sur l'utilisation d'électro-aimants pour la propulsion de véhicules. Ce concept a été inventé par Hermann Kemper en 1934 et constitue, dans le monde entier, la base de développement des trains maglev (à lévitation magnétique). A la fin des années soixante et au début des années soixante-dix, les chercheurs ont commencé à créer un train grande vitesse sur la base du concept maglev.

En 1979, le premier train maglev du monde a été exploité pendant le salon international du transport de Hambourg en Allemagne. Des essais à long terme ont été conduits des années 80 à 90 avec le premier train maglev commercial, mis en service en 2002 entre Shanghai (Long Yang Road) et l'aéroport international de Pudong, en Chine. En décembre 2003, le train de Shanghai a établi un nouveau record mondial pour les

**Trimble GmbH, Am Prime Parc 11, 65479 Raunheim**

systèmes ferroviaires commerciaux en atteignant la vitesse maximale de 501 Km/h. La vitesse et l'efficacité du train maglev va révolutionner le train et les industries du transport. Des pays comme les Etats-Unis, l'Allemagne, le Japon et la Chine investissent dans la technologie maglev comme système de transport du futur. Pour plus d'informations, visitez le site <http://www.transrapid.de/en/index.html>.

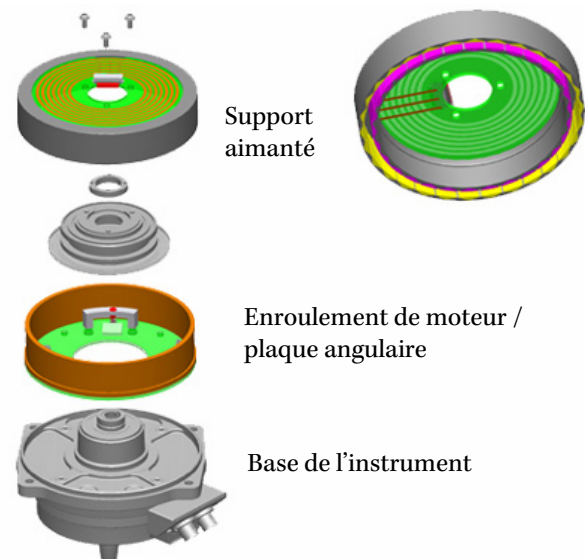
### **SERVOCONTROLEUR MAGDRIVE DE TRIMBLE**

Le servocontrôleur MagDrive de Trimble est un système intégré de servocommande et de calcul angulaire exploitant un entraînement direct et une technique d'entraînement électromagnétique sans frottement similaire à celle des trains maglev. Le système d'entraînement direct permet le montage direct des servomoteurs sur l'axe horizontal et l'axe vertical, ce qui supprime tout recours à des engrenages mécaniques supplémentaires.

L'aptitude à délivrer des angles rapides et précis au processeur du servomoteur, sans codeur ni tachéomètre supplémentaire fournit les fonctions grande vitesse du système MagDrive.

### **SERVOCOMMANDE**

La servocommande est constituée d'une monture dotée de secteurs aimantés et en fer doux répartis en deux structures cylindriques concentriques séparées par une couche d'air. Laquelle fournit suffisamment d'espace pour loger un enroulement de moteur cylindrique, divisé en trois phases pour assurer le contrôle des changements de direction et le contrôle précis de la rotation (Figure 1).



**Figure 1 : Système intégré de servocommande et de calcul angulaire**

L'instrument est mû par l'envoi d'un courant à travers l'enroulement du moteur. La transmission de force du moteur qui entraîne l'instrument, assure un déplacement sans contact, sans frottement conformément à la théorie classique du champ magnétique. La force électromagnétique permet à la monture aimantée de tourner.

La force est générée selon la formule physique bien connue :

$F = B \times I \times L \times \sin(A)$ , sachant que

$F$  est le vecteur de force (Newton)

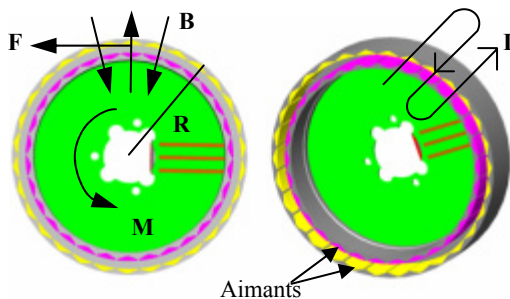
$B$  est la puissance du champ magnétique (Tesla)

$I$  est le courant dans l'enroulement (Amp)

$L$  est la longueur de fil dans le champ magnétique

$A$  est l'angle entre le champ d'intensité et le champ magnétique.

Le couple de travail  $M$  est obtenu en multipliant  $F$  par le rayon du cylindre  $R$  (Figure 2).



**Figure 2: Servocommande en fonctionnement**

Ce concept permet à la force d'être transmise du moteur à l'instrument grâce à un contact s'effectuant presque sans frottement. Le système assure un déplacement horizontal et vertical infini, y compris un ajustement infini de précision sans embrayages mécaniques.

La technologie de servocommande a trois modes de fonctionnement, à savoir :

- Le mode d'entraînement. Le mouvement est contrôlé par des boutons de contrôle ou le process système
- Le mode avec frottement. Le moteur permettant une rotation manuelle de l'instrument
- Le mode freinage. Le moteur agit comme un embrayage pour verrouiller la position de l'instrument et empêcher les mouvements, par ex. en appuyant sur un bouton-poussoir

Le mode d'entraînement se contrôle en tournant les boutons de contrôle. Ces derniers sont configurés pour augmenter la vitesse de rotation de l'instrument quand on les actionne. Il existe 5 incréments de vitesse de déplacement qui varient quand l'instrument tourne en continu à une vitesse supérieure à 1 révolution par seconde. L'ampleur de rotation continue, à 1 révolution par seconde, nécessaire à la modification des vitesses pour passer de la plus lente à la plus rapide est spécifiée ci-dessous

- moins de  $\frac{3}{4}$  de tour (la plus lente)
- supérieure à  $\frac{3}{4}$  de tour
- supérieure à  $1\frac{1}{2}$  tour
- supérieure à  $2\frac{1}{4}$  tours
- supérieure à  $2\frac{3}{4}$  tours (la plus rapide)

Le dernier incrément est ½ tour pour offrir à l'utilisateur un accès facile à la vitesse la plus rapide. Quand vous arrêtez de tourner le bouton de contrôle, l'instrument conserve l'incrément de vitesse actuel pendant une ½ seconde pour permettre à l'utilisateur de déplacer l'instrument en continu s'il le faut. Au bout d'½ seconde, l'instrument repasse en vitesse la plus lente. L'actionnement en sens inverse des boutons de contrôle peut aussi être utilisé pour ralentir les vitesses.

Les modes de travail et la conception du système d'entraînement direct offrent des résultats exceptionnels, comparés aux techniques conventionnelles. Les performances sont facilement démontrées en comparant le temps nécessaire à l'instrument pour passer de la position de face 1 à la position de face 2. Le tableau 1 présente une comparaison des performances de différents instruments.

Les durées indiquées correspondent à la moyenne de 30 rotations pour chaque instrument.

	Vitesse de rotation nominale max.	Durée moyenne pour changer de face
Trimble S6	115°/s	3,2 s
Trimble 5600	60°/s	9,9 s
Autre fabricant de pointe	50°/s	8,4 s

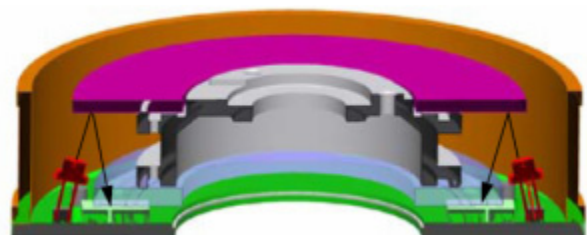
**Tableau 1: Performances de changement de face de la station Trimble S6**

La durée a été mesurée à partir du moment où le changement de face a été décidé jusqu'au moment où les angles sont actualisés et où l'instrument est prêt à l'emploi. La précision des rotations est, pour tous, conforme aux caractéristiques des instruments testés.

Le servocontrôleur MagDrive de la station Trimble S6 offre manifestement une rotation précise à une vitesse exceptionnelle.

### CAPTEUR ANGULAIRE

La station Trimble S6 est dotée d'un capteur angulaire optique de pointe qui est intégré à la servocommande (Figure 4). Le capteur angulaire est constitué de bagues en verre retenant un motif de codage grossier et fin. Le motif de codage est réparti en deux pistes sur un disque en verre, une piste avec un code absolu et l'autre piste avec un code incrémentiel. L'utilisation de deux pistes distinctes offre une précision et une résolution uniformes autour du cercle. Les deux pistes sont illuminées par une seule source lumineuse laser, qui est ensuite projetée sur deux capteurs d'image CMOS (semi-conducteur à oxyde de métal complémentaire).



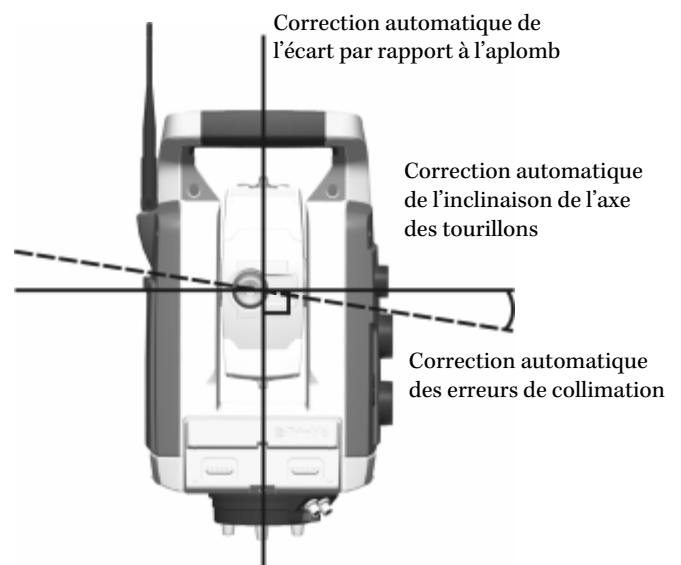
**Figure 4 : Vue en coupe du capteur angulaire**

Pour s'assurer que le codeur absolu soit résistant et moins sensible aux erreurs de montage excentriques, les capteurs sont positionnés sur les côtés opposés du disque. L'image lue sur la piste incrémentielle est analysée par l'intermédiaire d'un algorithme de détection à phase de Fourier pour créer l'angle haute résolution à partir du code fin. La valeur angulaire finale est calculée en tant que moyenne des deux lectures du capteur d'image CMOS.

Mécaniquement, le capteur angulaire est intégré au boîtier de la servocommande. L'unité centrale contient le disque optique en verre, l'émetteur laser, les détecteurs de zone d'image et les enroulements de la servocommande. Le capteur angulaire est non seulement conçu pour l'affichage et le stockage des valeurs d'angle mais aussi pour alimenter le servo-système en données rapides pour les calculs des angles.

En plus de l'acquisition rapide d'angles précis, le système de mesure des angles compense les points suivants :

- correction automatique de l'écart par rapport à l'axe d'aplomb.
- correction automatique des erreurs de collimation.
- correction automatique de l'inclinaison de l'axe des tourillons.
- Moyenne arithmétique de réduction des erreurs de visée.



**Figure 5 : Correction automatique de l'écart par rapport à l'axe d'aplomb**

Les écarts d'aplomb peuvent survenir si l'un (ou plusieurs) des pieds du trépied bougent en raison d'un sol instable ou de variations de viscosité du sol, comme l'échauffement du tarmac routier. Les corrections de ces mouvements sont essentielles pour s'assurer de l'acquisition de mesures précises.

La plupart des stations totales modernes sont équipées de compensateurs à deux axes qui corrigent automatiquement les angles horizontaux et verticaux en cas d'écarts par rapport à l'axe d'aplomb dus à un mauvais nivellement. Le principe du compensateur à deux axes de la station Trimble S6 consiste à utiliser un rayon lumineux réfléchi en direction d'une surface liquide par l'intermédiaire d'une lentille optique. Un capteur d'image CMOS est alors utilisé pour détecter

l'inclinaison du rayon lumineux dans le sens de la mesure et perpendiculaire à ce sens.

Le capteur du compensateur de niveau est monté au centre de l'instrument pour en réduire la sensibilité aux vibrations et à la rotation de l'instrument. Les pièces de montage sont conçues pour la stabilité la plus grande que peut fournir une valeur absolue de compensateur de niveau. Ce qui signifie que le compensateur peut être activé avec la plus grande précision possible dès que l'instrument est mis sous tension. En outre, l'opérateur peut activer une procédure automatique de calibrage programmé du compensateur. Le processus de calibrage implique l'implantation d'un plan horizontal de référence par rapport à l'axe vertical équilibré de l'instrument pendant une rotation à 360° de l'instrument. L'orientation du plan de référence peut légèrement changer en cas de fluctuations importantes de température ou d'autres contraintes mécaniques.

Par opposition à la plupart des stations totales, MagDrive permet à la station Trimble S6 de corriger non seulement les angles horizontaux et verticaux en cas de nivellement incorrect, mais aussi les erreurs de visée dues au nivellement incorrect. La correction de nivellement incorrect s'applique à la servocommande pour une nouvelle visée de l'instrument. Par exemple, on peut corriger la visée en prolongeant une ligne verticale pour s'assurer qu'une vraie ligne verticale

peut être obtenue. Les angles horizontaux et verticaux sont donc corrigés en cas de nivellement incorrect alors que l'instrument est pointé avec précision sur l'emplacement correct. Cette fonction permet de corriger les erreurs de nivellement incorrect pour obtenir des mesures d'angle exactes.

## **CORRECTION AUTOMATIQUE DES ERREURS DE COLLIMATION**

Les erreurs de collimation affectent les angles horizontaux et verticaux mesurés. L'erreur de collimation horizontale correspond à la différence entre la ligne de visée et le plan perpendiculaire à l'axe des tourillons ; l'erreur de collimation verticale correspond à la différence entre le zéro du cercle vertical et l'axe d'aplomb. Généralement, on corrigeait les erreurs de collimation en observant les angles sur les deux faces de l'instrument. Sur la station Trimble S6, les erreurs de collimation peuvent être prédéterminées en effectuant un test de collimation préalable aux mesures. Les mesures angulaires sont observées sur les deux faces de l'instrument pour permettre le calcul des erreurs de collimation et le stockage des valeurs de correction respectives dans l'instrument. Les valeurs de correction de la collimation sont alors appliquées à toutes les mesures d'angle suivantes. Les angles mesurés sur une seule face sont donc corrigés, ce qui élimine tout recours à la mesure sur les deux faces de l'instrument.

Les instruments Trimble S6 avec technologie Autolock<sup>®</sup> peuvent automatiquement verrouiller et poursuivre une cible. Comme la visée sur la cible est effectuée par l'instrument, les effets de la collimation horizontale et verticale sont similaires à ceux rencontrés pendant la visée manuelle. Pour corriger les erreurs de collimation sur le système de poursuite, on peut effectuer un test de collimation Autolock.

Le test de collimation Autolock observe automatiquement les mesures angulaires sur une cible sur les deux faces de l'instrument. Les erreurs de collimation Autolock sont alors calculées et les valeurs de correction respectives sont stockées dans l'instrument. Les valeurs de correction de collimation Autolock sont alors appliquées à toutes les mesures d'angle suivantes observées quand Autolock est activé. Les erreurs de collimation des angles observées sur une seule face sont donc corrigées, ce qui supprime la nécessité de mesure sur les deux faces de l'instrument.

### **CORRECTION AUTOMATIQUE DE L'INCLINAISON DE L'AXE DES TOURILLONS**

L'erreur d'inclinaison de l'axe des tourillons correspond à la différence entre l'axe des tourillons et le plan perpendiculaire à l'axe d'aplomb. Sur la Trimble S6, l'erreur d'inclinaison de l'axe des tourillons peut être déterminée en procédant à un test d'inclinaison de l'axe des tourillons avant de prendre les mesures. Les mesures angulaires sont observées

sur les deux faces de l'instrument afin de permettre le calcul de l'erreur d'inclinaison horizontale de l'axe et le stockage de la valeur de correction respective dans l'instrument. La valeur de correction de l'inclinaison horizontale de l'axe est alors appliquée à tous les angles horizontaux suivants.

### **LA MOYENNE AUTOMATIQUE DES MESURES REDUIT LES ERREURS DE VISEE**

La station Trimble S6 réduit automatiquement les erreurs de visée causées par un alignement incorrect de l'instrument sur la cible ou par un déplacement pendant la mesure. Les erreurs de visée peuvent être réduites comme suit :

- En utilisant la technologie Autolock. Quand Autolock est activé, l'instrument va automatiquement se verrouiller sur la cible et la poursuivre. Ce qui permet de réduire les erreurs de visée manuelles.
- Garantie de précision SurePoint<sup>™</sup>. Quand on pointe la station Trimble S6 manuellement sur une cible, les servomoteurs sont réglés avec précision pour maintenir l'angle visé. SurePoint fait en sorte d'éliminer les erreurs de visée dues à de petits mouvements involontaires de l'instrument.
- Calcul automatique des moyennes des angles pendant la mesure de distance. Lors des mesures en mode STD, l'instrument va prendre environ 1,2 s pour mesurer la distance. Les angles et les distances totalement synchronisés sont moyennés

sur toute la période de mesure pour obtenir une mesure moyenne et de grande précision.

- En utilisant des méthodes de calculs de moyennes de mesure avec le logiciel de terrain Trimble. Il existe des méthodes de mesure qui permettent d'observer un nombre défini de mesures et de stocker une mesure moyenne. En outre, plusieurs sessions de mesure peuvent être observées pour réduire encore plus les erreurs de mesure.

### **AVANTAGES DU SERVOCONTROLEUR MAGDRIVE**

En plus des angles grande vitesse et de la servocommande, le servocontrôleur MagDrive présente certains avantages spécifiques par rapport aux stations totales conventionnelles. Ces avantages comprennent entre autres :

#### **GARANTIE DE PRECISION SUREPOINT**

La garantie de précision SurePoint permet à la station Trimble S6 de rester pointée sur la cible. Une fois que l'utilisateur a pointé manuellement l'instrument sur la cible, la servocommande passe en mode freinage. Si quelqu'un heurte l'instrument par inadvertance, ou si quelqu'un appuie trop fortement sur la touche de déclenchement, l'instrument procédera à des réglages infimes pour ramener l'appareil sur l'angle initialement visé. SurePoint garantit l'élimination des erreurs de visée classiques dues à de petits mouvements involontaires de l'instrument.

### **COMPENSATION DE VISEE EN CAS DE NIVELLEMENT INCORRECT**

Les stations totales conventionnelles utilisent un compensateur à deux axes pour corriger les angles horizontaux et verticaux affectés par un nivellement incorrect. Mais, la correction angulaire ne compense pas l'erreur de visée générée par le nivellement incorrect. Le servocontrôleur MagDrive offre la précieuse fonction SurePoint qui permet à la station Trimble S6, non seulement de corriger le nivellement incorrect des angles horizontaux et verticaux mais aussi les erreurs de visée générées par le nivellement incorrect. Cette correction est appliquée à la servocommande pour pointer à nouveau l'instrument sur l'emplacement correct. Ce qui entraîne une correction du nivellement incorrect des angles horizontaux et verticaux alors que l'instrument reste toujours pointé avec précision sur l'emplacement correct.

La correction de visée en cas d'erreurs de nivellement incorrect offre à la station Trimble S6 des techniques de pointe de correction d'erreurs qui augmentent encore plus la capacité de produire des mesures de grande précision.



## **PROLONGEMENT D'UNE LIGNE VERTICALE**

Une limitation des stations totales conventionnelles est de prolonger une ligne verticale vers le haut ou vers le bas, avec le même angle horizontal, en tournant tout simplement le bouton de contrôle vertical. Cette fonction exigerait un instrument parfaitement de niveau et avec tous les axes parfaitement réglés. En pratique, quand vous tournez l'instrument dans le sens vertical, vous pouvez aussi voir l'angle horizontal légèrement varier. Pour obtenir une vraie ligne verticale, il faut réajuster l'angle horizontal. Avec la station Trimble S6, SurePoint utilise les informations de compensation et d'erreur pour ajuster automatiquement l'angle horizontal et la visée sur une valeur fixe quand on tourne le bouton de contrôle vertical. Ainsi, on peut obtenir une ligne parfaitement verticale en tournant tout simplement le bouton de contrôle vertical.

## **PROLONGEMENT D'UNE LIGNE HORIZONTALE**

Comme pour la technique utilisée pour prolonger une ligne verticale, une méthode classique d'implantation d'une ligne horizontale rectiligne dans une direction opposée à une direction horizontale donnée, consiste à renverser la lunette de 180° en tournant tout simplement le bouton de contrôle vertical. Avec les instruments conventionnels, cette technique exige un axe parfaitement aligné sans la moindre erreur de collimation horizontale pour obtenir un résultat

précis. La station Trimble S6 supprime cette limitation en utilisant les informations d'erreurs de collimation et du compensateur pour ajuster automatiquement l'angle horizontal sur une valeur fixe lorsque vous tournez le bouton de contrôle vertical. L'angle horizontal est ajusté pour donner une direction de ligne rectiligne exacte par simple actionnement du bouton de contrôle vertical.

## **CONCLUSION**

La Station Totale Trimble S6 équipée du servocontrôleur MagDrive offre une vitesse et une précision sans précédent pour toutes les applications topographiques. MagDrive offre aussi différents avantages par rapport aux stations totales conventionnelles permettant ainsi à l'utilisateur d'optimiser sa précision et sa productivité.

Pour savoir comment les solutions topographiques intégrées Trimble peuvent vous aider et vous assister dans vos activités ou pour vous faire vous-même une idée de la Station Totale Trimble S6 avec MagDrive, veuillez contacter votre distributeur Trimble local, qui se fera une joie de vous faire une démonstration. Pour trouver votre distributeur Trimble agréé le plus proche, visitez notre site Internet à l'adresse : <http://www.trimble.com/locator/sales.asp>.