

Embases topographiques - White Paper Caractéristiques et influences



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

Mars 2010

Daniel Nindl
Heerbrugg, Suisse

Embases topographiques – caractéristiques et influences

Daniel Nindl

Résumé

Ce document répertorie un certain nombre de facteurs et de caractéristiques concernant les embases topographiques. Il a pour but de fournir des informations complètes au topographe pour lui permettre de réaliser des levés de la plus haute qualité. Il résume aussi les influences auxquelles une embase peut être soumise. Après cette lecture, le professionnel devrait connaître les points importants à observer. Une embase a quatre fonctions primaires :

1. Relier l'instrument à la surface d'appui (trépied, pilier, etc.)
2. Fixer l'instrument (par un mécanisme de blocage)
3. Permettre le calage de l'instrument dans une certaine plage
4. Fournir une orientation stable dans le temps

Ces fonctions sont traitées plus en détail.

Introduction

Ce document décrit un des facteurs de qualité les plus importants d'une embase, à savoir l'hystérésis et sa plage rapportées à différents modèles d'embases. Les mesures discrètes confirment certains niveaux de qualité. Il examine aussi d'autres aspects, tels que l'ajustement spécial de la combinaison instrument < > embase, de même que des questions d'ordre géométrique, principes mécaniques et procédures de test standardisées.

Il relève par ailleurs les normes de qualité que Leica Geosystems s'engage à respecter dans le cadre de la conception des accessoires d'origine, et fournit toutes les informations et spécifications utiles sur ses produits.

Les embases topographiques sont des accessoires importants qui interviennent dans différentes applications de levés. Les considérant en général comme un produit fiable, les topographes ont tendance à négliger l'influence qu'elles peuvent avoir sur les mesures en tant qu'interface entre l'instrument et son support. Pourtant, l'obtention d'un certain niveau de qualité et de fiabilité requiert la prise en compte de tous les effets sur les mesures. Alors qu'on met en avant les spécifications et la précision de la sta-

tion totale ou d'autres instruments, on sous-estime souvent le rôle des accessoires utilisés dans le cadre de l'application prévue et leurs effets sur les résultats. Divers travaux demandent des coordonnées 3D d'une précision de l'ordre centimétrique. Mais de nombreuses autres tâches exigent des précisions bien plus élevées. Pour ces applications, une analyse approfondie de l'influence et du traitement des sources d'erreur potentielles est obligatoire.

Ce document résume les facteurs clés qui, en relation avec les embases, peuvent influencer les mesures, surtout les mesures d'angle. La précision de centrage et la concordance de l'orientation de l'embase et de celle de l'instrument sont deux exemples de paramètres pouvant avoir un effet crucial sur les résultats de mesure. La négligence de ces facteurs clés conduit en général à une dégradation de la qualité de mesure. Toutes les embases de Leica Geosystems en tiennent compte. A l'appui de techniques de fabrication sophistiquées, d'un contrôle d'assemblage et d'une assurance qualité très stricts, Leica Geosystems veille à ce que ses embases présentent le plus haut degré de qualité.

Le livre blanc présente la structure suivante :

- Composants
- Mode de fonctionnement
- Critères de qualité
- Recommandations à l'attention de l'utilisateur

Composants et caractéristiques générales

En principe, une embase est constituée d'une plaque de base et d'une plaque supérieure reliées au moyen de trois goujons (voir la figure 1).

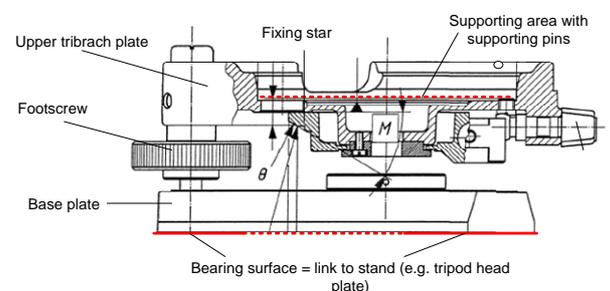


Figure 1 - coupe en travers d'une embase Leica GDF121

Une rotation des vis calantes permet de déplacer la plaque supérieure par rapport à la plaque de base. En tournant les vis calantes dans des sens contraires, on peut incliner la plaque supérieure d'un angle d'environ 10° par rapport à la plaque de base.

Pour un bon calage à l'horizontale de l'instrument ou de l'accessoire, il est nécessaire que les broches d'appui de la plaque supérieure forment un plan horizontal (voir les flèches rouges dans la figure 2). Idéalement, ce plan est parallèle au plan de référence de la nivelle. Mais il doit au moins se situer dans la plage de tolérance spécifiée pour le centrage de la bulle de la nivelle sphérique (la précision de centrage de la bulle de l'embase GDF121 de Leica Geosystems est égale à 8', voir la figure 4). Les lignes rouges dans la figure 1 indiquent les plans supérieur et inférieur qui forment d'une part le plan de référence de l'instrument et matérialisent d'autre part la liaison avec la surface de la tête du trépied ou du pilier de mesure, etc. La planéité est une caractéristique géométrique importante et nécessaire pour garantir la perpendicularité de l'axe vertical de l'instrument par rapport à l'horizon.

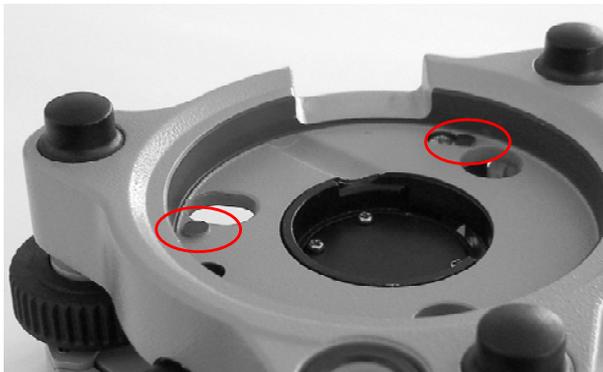


Figure 2 - embase Leica GDF121 avec les broches d'appui sur la plaque supérieure

Plomb optique

L'optique de l'embase de Leica Geosystems respecte les sévères normes de qualité Leica afin de livrer une image parfaite, droite, nette et sans distorsion



Figure 3 - vue détaillée du plomb optique GDF121

L'ajustement de l'oculaire du plomb garantit un mouvement uniforme, fluide, sans jeu. Autres caractéristiques :

- **Grossissement** 2x
- **Champ visuel** 6° +-1°
- **Plage de réglage de l'oculaire:** ±5 dioptries

- **Précision de centrage** ±0,5 mm à 1,5 m
- **Plage de mise au point** de 0,35 m à l'infini
- **Image de centrage** 2 cercles concentriques
- **Ajustement d'image** réglable

La conception se caractérise par une ergonomie parfaite pour permettre à l'utilisateur d'effectuer une mise au point pratique et rapide lors du centrage du repère topographique. Certaines tâches s'affranchissent de plomb optique, d'autres utilisent le plomb laser de l'instrument, mais une polygonation centrée forcée s'effectue rarement sans une embase munie d'un plomb optique.

La gamme d'accessoires/d'embases de Leica Geosystems renferme le bon modèle pour chaque tâche...

Nivelle sphérique

Les nivelles sphériques des embases de Leica Geosystems sont définies par une précision de 8'/2 mm (une inclinaison du plan de 8' entraîne un déplacement de la bulle de 2 mm). La bulle est réglable avec 3 vis à pans creux en vue du maintien de sa position à l'intérieur du cercle central imprimé sur le verre de la bulle. On peut par ex. utiliser comme référence une nivelle tubulaire (montée entre autres sur le porte-réflecteur Leica GZR2) ou la station totale elle-même. (1) S'assurer que l'instrument est calibré - (2) Utiliser la bulle électronique pour caler la station totale. Tourner l'instrument de 180° pour vérifier le centrage de la bulle électronique (ou analogique). (3) Régler la nivelle sphérique de l'embase au moyen de la broche d'ajustement (contenue dans le coffret de la station totale ou fournie avec l'embase).



Figure 4 - vue détaillée de la nivelle sphérique GDF121

Zones d'appui / broches d'appui

La conception mécanique et le traitement (durci) des surfaces des zones d'appui conditionnent aussi la

qualité de la liaison avec la plaque de trépied (voir les figures 2 et 5), qui doit être solide et antidérapante.



Figure 5 - vue arrière de la plaque de base d'une embase Leica GDF121 - une zone d'appui (points) est montrée

Evolution de la conception

La figure 6 illustre un ancien modèle d'embase Leica (Wild), GDF6 (qui n'est plus disponible aujourd'hui). C'était l'embase standard de différents instruments (par ex. Wild T16). L'entaille (1), montrée sur la figure 6, servait à fixer l'instrument toujours dans la même position dans l'embase (les anciens modèles d'instruments étaient pourvus d'un ergot) pour éviter des erreurs de centrage dans le cadre d'applications spéciales. L'orifice (2) devait fournir la lumière nécessaire à la lecture du cercle horizontal. Les modèles actuels ne sont plus pourvus de cet orifice (2). Il est démodé et n'a plus de fonction. Mais l'entaille (1) est encore nécessaire pour certains instruments (par ex. Leica TDA5100).

Peu après le lancement de cette embase, les premières copies bon marché sont apparues et divers fabricants continuent à fabriquer des modèles dotés de ces orifices sans savoir pourquoi...

Les embases de Leica Geosystems restent compatibles pour permettre une utilisation flexible de l'équipement de mesure.

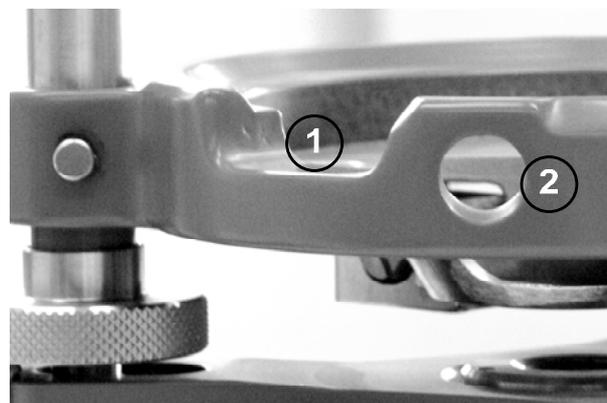


Figure 6 - vue détaillée de l'embase WILD GDF6

Mode de fonctionnement

Bien que l'embase soit considérée comme une simple interface entre l'instrument et son support, sa conception mécanique doit être bien étudiée pour garantir un bon fonctionnement pendant toute la durée de vie. La fixation de l'instrument dans l'embase fait partie des fonctions de base. On tourne à cet effet le levier de calage (G) (fermeture/ouverture) pour presser la bride du mécanisme de verrouillage (E) dans les goujons de retenue (A) de l'instrument.

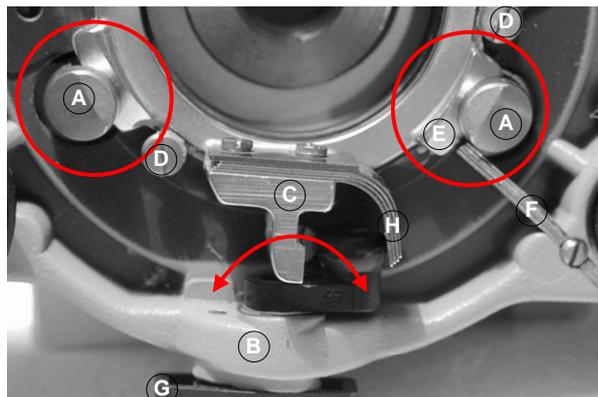


Figure 7 - vue détaillée (par le bas) de la plaque d'embase supérieure montrant l'instrument calé

- A Goujons de l'instrument
- B Plaque supérieure de l'em base
- C Mécanisme de verrouillage - support du ressort
- D Vis de fixation du mécanisme de verrouillage. D'autres modèles comportent une bague
- E Mécanisme de verrouillage - bride de fixation
- F Ressort d'orientation
- G Levier de calage de l'embase
- H Mécanisme de verrouillage - ressort

Le mécanisme de verrouillage n'agit que si l'instrument est placé dans l'embase. Cela semble simple, mais la position initiale des goujons de l'instrument, voir la figure 8, est arbitraire. Quand la bride est déverrouillée, le ressort d'orientation est libre.

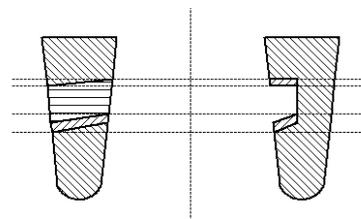


Figure 8 - coupe en travers des goujons d'instrument

Lors du verrouillage de la bride, le goujon de l'orifice 1 (voir la figure 9) est pressé contre le bord par l'intermédiaire du ressort d'orientation. La bague du mécanisme de verrouillage subit une rotation légèrement excentrique à cause de la position non concentrique du levier de calage.

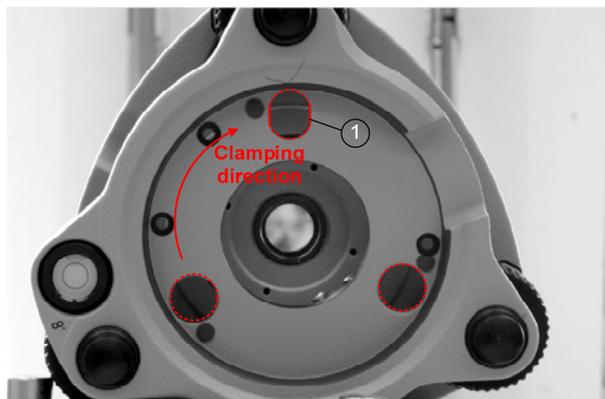


Figure 9 - vue de la plaque supérieure de l'embase montrant les orifices pour les goujons d'instrument et la direction de blocage

En raison de la conception spéciale des brides E (voir la figure 10b) et du biseau de l'entaille des goujons, une pression se forme à la fermeture de la bride, suite à quoi le mécanisme de verrouillage (étoile) presse les goujons de l'instrument contre la plaque supérieure de l'embase. L'instrument est alors calé.

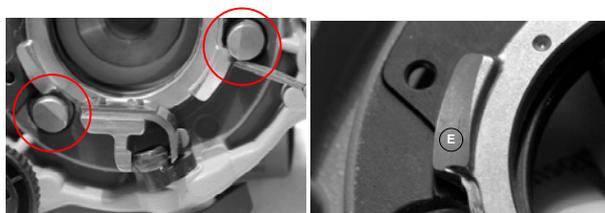


Figure 10a+b - vue détaillée (par le bas) de la plaque supérieure de l'embase montrant l'instrument libéré (a) ; vue détaillée d'une bride de blocage (b)

La bride E (voir la figure 10b) est une pièce maîtresse du mécanisme de verrouillage.

La conception, la fabrication et l'assurance qualité de l'anneau du mécanisme de verrouillage des embases de Leica Geosystems sont conformes aux standards élevés de l'entreprise pour bien fonctionner pendant une longue période.

Critères de qualité

Certaines caractéristiques d'embase sont conformes à une norme ISO qui s'applique à différents fabricants. L'interchangeabilité des instruments est aussi un aspect important. Outre des éléments mécani-

ques, la rigidité en torsion, qui est un facteur de précision clé, est définie dans la norme suivante :

ISO 12858-3

Rigidité en torsion (hystérésis)

"L'embase doit être capable d'absorber sans déformation permanente la torsion qui se produit lors de l'utilisation de l'instrument." [ISO12858-3]

La déclaration ci-dessus se réfère à la deuxième fonction primaire de l'embase, à savoir la fixation de l'instrument pendant toute la mesure. Il est important de pouvoir se fier à l'orientation initiale de l'embase pour obtenir des mesures d'angle Hz (et V) précises garantissant la qualité de l'orientation globale de l'instrument.

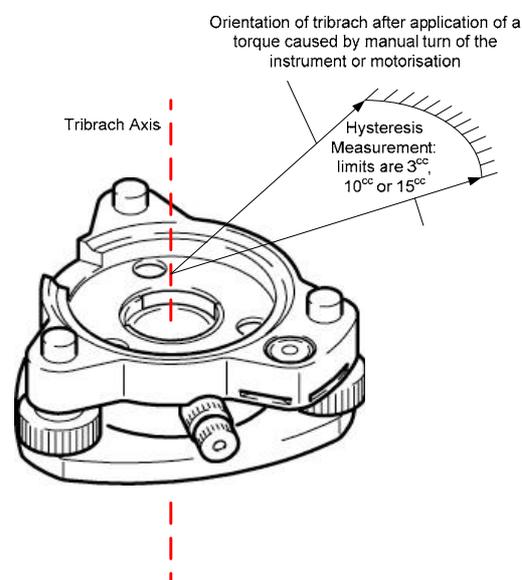


Figure 11 - illustration de l'hystérésis

Dans les deux cas d'utilisation, instrument à commande manuelle ou automatique, certains couples de l'instrument sont transmis à l'embase et de là au trépied (ou à un autre support) puis au sol.

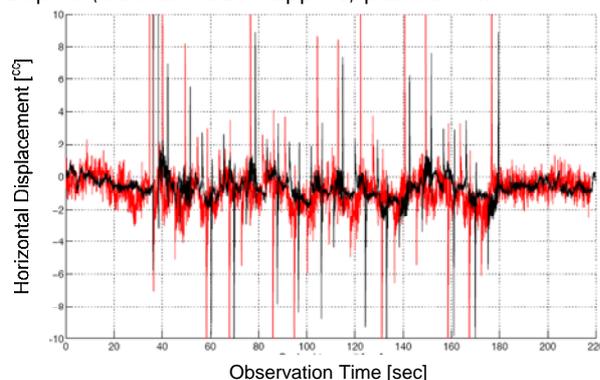


Figure 12 - effet des couples appliqués à l'embase et aux trépieds

La figure 12 montre une mesure synchronisée de la rigidité en torsion d'une embase (ligne rouge). L'amortissement (absorption partielle du couple appliqué) est indiqué. Comparé à la ligne noire (mesure au niveau de la tête du trépied), la ligne rouge affiche des amplitudes systématiquement plus élevées. C'est une preuve des caractéristiques d'absorption des trépieds. La série de mesures illustrée sur la figure 2 a été réalisée avec une station totale Leica TCA2003 (7,5 kg) effectuant des mesures automatiques sur 2 prismes dans les deux positions de lunette pendant env. 4 min. Durant ces changements de face, des pics de couple très élevés surviennent (jusqu'à $20^{\circ}=7''$). C'est acceptable tant que la déformation est élastique et que l'orientation initiale est maintenue dans une certaine plage (comparer le niveau de déformation moyen pendant les tranches 0-20 et 200-220). L'hystérésis correspondante est inférieure à $1^{\circ}=0,3''$. On trouve de plus amples informations sur les mesures d'hystérésis dans Kusber, 2007.

La norme ISO respective ne définit pas de limites concernant la rigidité en torsion à partir des mesures d'hystérésis. Elle indique simplement qu'il revient à l'utilisateur de s'assurer de la bonne rigidité en torsion de l'embase pour obtenir la précision spécifiée de l'instrument [ISO12858-3]

L'orientation de l'instrument dans les embases de Leica Geosystems pendant et après l'utilisation se fait par conséquent dans certaines limites. La gamme d'embases Leica Geosystems comprend 3 grandes séries :

- Professional 1000 : < 15° (5")
- Professional 3000 : < 10° (3")
- Professional 5000 : < 3° (1")

Ces valeurs font l'objet d'un contrôle continu dans le cadre de la gestion qualité mise en œuvre par Leica Geosystems. Le respect des spécifications techniques est donc assuré. Et les utilisateurs peuvent entièrement se fier aux produits de Leica Geosystems. Comme la gamme est étendue, ils trouveront la bonne embase pour chaque application.

Tests de durée de vie

Chaque installation exige un calage pour faire agir le compensateur et pour rapporter la mesure à l'horizon. L'inclinaison résiduelle après la mise en place du trépied est en général compensée par les vis calantes de l'embase. Dans le cadre des tests d'embase de Leica Geosystems, chacune de ces vis est tournée 3 000 fois sur l'ensemble de la longueur du filetage. L'endurance de ces vis

- garantit un mouvement sans à-coups et sans friction
- sans jeu et
- sans grincement.

La figure 13 montre un détail de la machine qui teste la durée de vie chez Leica Geosystems.



Figure 13 - installation pour le test de longévité de l'embase

Recommandations à l'attention de l'utilisateur

Presque chaque station totale, antenne GNSS, scanner laser ou plomb laser est fixé et calé avec une embase (certains exemples sont montrés dans la figure 14). Le système de centrage forcé permet de stationner un appareil sur un point de contrôle donné. Les embases sont partie intégrante des procédures de mesure. Une sélection minutieuse est indispensable pour garantir l'obtention de la précision requise.

Appareils placés sur une embase



Figure 14 - divers appareils exigeant une embase

Des applications spéciales, comme la polygonation forcée, sont inconcevables sans le système de centrage forcé d'une embase. D'autres applications, où

l'instrument est installé sur un pilier, sont également impossibles sans embase...

Tous les modèles d'embase proposés par Leica Geosystems présentent une compatibilité parfaite avec les instruments et appareils bien précis. La conception mécanique, les normes environnementales et les caractéristiques de précision sont parfaitement ajustées pour maximiser la flexibilité d'utilisation du matériel Leica Geosystems.

Articles Leica d'origine / copies

Diverses copies d'embase sont commercialisées. Une comparaison rigoureuse des embases Leica et des copies bon marché n'est pas facile. La difficulté réside dans le détail. La détermination de la rigidité en torsion à l'aide de mesures d'hystérésis est indubitablement un critère objectif, mais cela prend du temps et est vraisemblablement hors de portée de la majorité des utilisateurs. Une copie bon marché a la même apparence que l'original, mais ne répondra certainement pas aux exigences des topographes. Le filetage s'usera et le mécanisme de verrouillage présentera un jeu qui affectera les résultats alors que les embases Leica Geosystems d'origine garantiront une qualité constante.

Rotation des vis, rotation de la bague de mise au point du plomb optique, fermeture de la bride : un produit Leica garantit toujours un mouvement parfait. Et l'utilisateur remarquera la différence. Car une longue durée d'utilisation implique aussi un mouvement sans heurts.

Vous recevez une boîte noire, quelque chose qui ressemble à un accessoire Leica d'origine, mais en fin de compte vous ne savez pas ce que vous avez acheté ...

Original Accessories

- Qualification du fournisseur pour une qualité de produit durable
- Qualification du matériel et des processus
- Coulage du métal
- Planéité des points d'appui - plaque inférieure de l'embase
- Planéité des points d'appui - plaque supérieure de l'embase
- Rigidité en torsion
- Bride d'embase
- Vis calante
- Surveillance du processus d'assemblage
- Respect des essais et prescriptions au niveau national
- Requalification de la spécification technique à certains intervalles
- Ajustement fin des trépieds aux instruments pour une stabilité et une longévité maximales

Figure 15 - étapes de l'assurance qualité concernant l'assemblage des embases de Leica Geosystems

La figure 15 répertorie les étapes de réalisation d'une embase Leica Geosystems authentique. La plupart de ces étapes échappent aux clients, mais sont conformes à notre système de gestion qualité sévère. Nous garantissons la fourniture des meilleurs produits à nos clients.

Meilleure pratique

Ce document a pour but d'informer les topographes sur les accessoires d'un système de mesure, en particulier les embases, dont l'importance est souvent négligée. Il fournit aux arpenteurs désireux d'effectuer des mesures ultra précises un résumé des effets des composants choisis sur la qualité des relevés:

Pour obtenir la plus haute précision de mesure :

- Utiliser des embases dont les spécifications permettent d'obtenir la précision de mesure exigée
- Utiliser un modèle présentant les caractéristiques nécessaires (par ex. plomb optique)
- Assurer une maintenance régulière

Le tableau 1 répertorie les modèles d'embase proposés par Leica Geosystems.

Modèle	Rigidité en torsion	Plomb optique	Durée d'utilisation	Poids	Couleur
GDF121	3cc	NON	3 000	780 g	VERT
GDF122	3cc	OUI	3 000	860 g	VERT
GDF111-1	10cc	NON	3 000	780 g	VERT
GDF112	10cc	OUI	3 000	860 g	VERT/R OUGE
GDF101	15cc	NON	1 000	780 g	NOIR
GDF102	15cc	OUI	1 000	860 g	NOIR

Tableau 1 - modèles et caractéristiques d'embase

Les embases de Leica Geosystems présentent les avantages suivants : longue durée de vie, précision maximale et plus haute fiabilité. Les accessoires de Leica Geosystems sont parfaitement adaptés aux instruments de Leica Geosystems. Nous pouvons donc vous garantir les meilleures performances de mesure et une qualité maximale.

Références

[ISO1723-3]

ISO 12858-3:2005(E) – NORME INTERNATIONALE "Optique et instruments d'optique – Equipements annexes pour les instruments géodésiques – Partie 3: Embases, ISO 2005", www.iso.org

[DIN2277]

DIN 2277 – NORMES ALLEMANDES "Nivelles cylindriques, termes et exécutions", 1961

[Kusber07]

KUSBER, Danuta: Accuracy Analysis of a 0.5" total station in Relation to the Centre of Gravity Offset and Tribrach Deformations – Diploma Thesis, University of Applied Sciences Mainz

Que vous souhaitiez ausculter un pont ou un volcan, lever un gratte-ciel ou un tunnel, implanter un chantier ou réaliser des mesures de contrôle, vous aurez toujours besoin d'un équipement fiable. Les accessoires Leica Geosystems d'origine sont adaptés à vos tâches exigeantes. Ils garantissent le respect des spécifications techniques des équipements de Leica Geosystems. Vous pouvez donc vous fier à leur précision, à leur qualité et à leur durabilité. Ils vous assurent des résultats de mesure fiables et vous permettent de tirer le maximum de votre instrument Leica Geosystems.

When it has to be right.

Illustrations, descriptions et données techniques non contractuelles. Sous réserve de modifications.
Imprimé en Suisse - copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suisse, 2010.
VII.10 - INT