

Examen des mini-prismes polyvalents de la société Rothbucher Systeme

02.06.2020

Laboratoire d'essais géodésiques de la chaire de
géodésie de l'Université technique de Munich

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil Thomas Wunderlich

Dr.-Ing. Peter Wasmeier

Réalisation de l'examen :

Laboratoire d'essais géodésiques de la chaire de
géodésie de l'Université technique de Munich
Arcisstraße 21
80333 Munich

Mandataire :

Rothbucher Systeme
Reichenhaller Str. 109A
83435 Bad Reichenhall

1 Demande d'examen

La société Rothbucher Systeme, située à Bad Reichenhall fabrique des accessoires de mesure, parmi lesquels une série de différents adaptateurs pivotants et tournants pour mini-prismes. Comparés aux réflecteurs standards classiques, ces adaptateurs pour prismes se distinguent notamment par leur mode de fixation (vissage, collage ou enfichage sur des plaques de base), leur maniement flexible et, enfin leur prix nettement inférieur. On opposera à ces avantages une fabrication à partir de matériaux moins stables ainsi qu'un certain degré d'imprécision de centrage en raison des degrés de liberté plus variés de l'orientation des prismes et du jeu nécessaire du dispositif d'encliquetage.

Les propriétés de précision de plusieurs exemplaires de différents types de prismes et d'adaptateurs ont été examinées au cours d'une série de tests menés par le laboratoire d'essais géodésiques de la chaire de géodésie de l'Université technique de Munich.

L'accent a été délibérément mis sur un test du point de vue de l'application pratique et de la manipulation, au cours duquel n'ont pas été examinées des constellations extrêmes, mais des cas d'application moyens. Cela signifie que par exemple lors du pointage des prismes, ceux-ci ont été délibérément orientés tels qu'ils sont utilisés dans la pratique et non dans les zones périphériques ou en dehors des spécifications. Tous les prismes sont en principe mesurables dans une plage de $\pm 35^\circ$, sachant que dans les zones périphériques des écarts peuvent survenir dans les coordonnées calculées. Il s'agit d'une part d'un effet de la modification de la géométrie du trajet de la lumière dans le prisme¹, mais causé d'autre part aussi principalement par la détection du centre du prisme au moyen d'algorithmes de reconnaissance automatique de la cible, tels qu'ils sont presque exclusivement utilisés dans la pratique aujourd'hui. L'orientation habituelle des prismes pivotants par rapport à l'instrument de mesure dans l'une des positions d'encliquetage spécifiées se situe tout à fait dans la plage des écarts d'orientation non problématiques. Les résultats présentés ici sont donc des valeurs caractéristiques de l'utilisation habituelle des prismes examinés et ne constituent pas des valeurs limites pour l'ensemble de l'intervalle de paramètres des prismes.

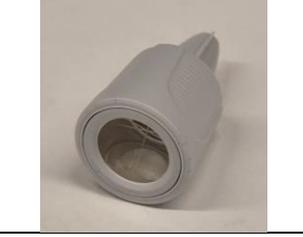
2 Types de prismes examinés

Pour la série de tests, trois exemplaires de différents types de prismes de la société Rothbucher Systeme ont été prélevés de la production en cours et mis à la disposition du laboratoire d'essais. Le tableau 1 présente une vue d'ensemble de ces types de prismes.

Étant donné que le fabricant indique que les prismes avec revêtement en cuivre (abréviation C) doivent être utilisés de préférence pour les instruments Leica et les prismes avec revêtement en argent (abréviation S) pour les instruments Trimble, la plupart des examens ont été réalisés avec les deux types d'appareils. Des appareils actuels d'une classe de qualité et de prix supérieure ont été utilisés ; notamment une station totale Leica TS60 et une station totale Trimble S9.

1 voir également : Réflecteurs de mesure – livre blanc, caractéristiques et influences. Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suisse, dernière mise à jour 2017

Tableau 1 : Vue d'ensemble des types de prismes examinés

1		RSMP380 – revêtement argent \varnothing 25,4 mm décalage -16,9 mm (Leica +17,5 mm)
2		RSMP380 – revêtement cuivre \varnothing 25,4 mm décalage -16,9 mm (Leica +17,5 mm)
3		RSMP280 – revêtement argent \varnothing 17,5 mm décalage -11,0 mm (Leica +23,4 mm)
4		RSMP390 – revêtement cuivre \varnothing 25,4 mm décalage -16,9 mm (Leica +17,5 mm)
5		RSMP390 – revêtement cuivre \varnothing 25,4 mm décalage -16,9 mm (Leica +17,5 mm)
6		RSMP12 – revêtement cuivre \varnothing 17,5 mm décalage -5,4 mm (Leica +29,0 mm)
7		RSMP10 – revêtement argent \varnothing 12,7 mm décalage -5,6 mm (Leica +28,8 mm)

3 Constante d'addition

Une mesure de distance électronique (EDM) sur des prismes réfléchissants est soumise à un décalage constant, si le point zéro électronique d'une unité de mesure ne coïncide pas avec le point de référence de celle-ci et/ou le point zéro du réflecteur ne coïncide pas avec le point de mesure. Ce décalage est appelé constante d'addition et représente une valeur de correction pour la combinaison correspondante entre l'unité de mesure (par ex. tachymètre) et le réflecteur. L'influence de l'unité de mesure est fréquemment négligée dans la pratique et la constante d'addition est considérée comme un paramètre spécifique au réflecteur ; mais ce n'est pas à proprement parler correct. En particulier avec des réflecteurs fabriqués avec précision, la proportion de l'unité de mesure peut même prédominer.

Avec des réflecteurs disposés de manière mobile (pivotants), il existe le cas échéant des constantes d'addition pour les deux positions de réflecteurs, pour peu que l'axe de pivotement se trouve devant ou derrière l'axe vertical du réflecteur par rapport au point de référence. Si les constantes d'addition sont déterminées par une mesure avec des sections inconnues dans toutes les combinaisons (procédé Schwendener², Figure 1) et que le prisme pivote en conséquence, cette influence est exprimée dans l'ordre de grandeur de l'écart-type de la constante d'addition déterminée dans chaque cas.

Il faut également tenir compte du niveau de précision de base de l'EDM utilisée, laquelle doit également permettre suivant sa résolution de déterminer le décalage de l'axe de pivotement. Dans la spécification de précision des réflecteurs, les influences de la constante d'addition, de la déviation de l'axe d'inclinaison et d'autres tolérances géométriques de fabrication sont généralement résumées dans la *précision de centrage 3D* ; on ne trouve pas de valeurs directes pour l'intervalle des constantes d'addition. Si, par souci de simplicité, on suppose que la proportion de la précision de centrage des spécifications du fabricant est la même dans toutes les composantes spatiales, les valeurs attendues des constantes d'addition agissant longitudinalement sont d'environ 0,58 mm pour une précision de centrage de 1 mm et de 1,15 mm pour une précision de centrage de 2 mm, ce qui donne une indication de l'ordre de grandeur attendu.

Dans le cas présent, une station totale Leica TS60 étalonnée avec une précision d'orientation de 0,15 mgon et une précision de mesure absolue de 0,6 mm + 2 ppm dans des conditions météorologiques connues et prises en compte

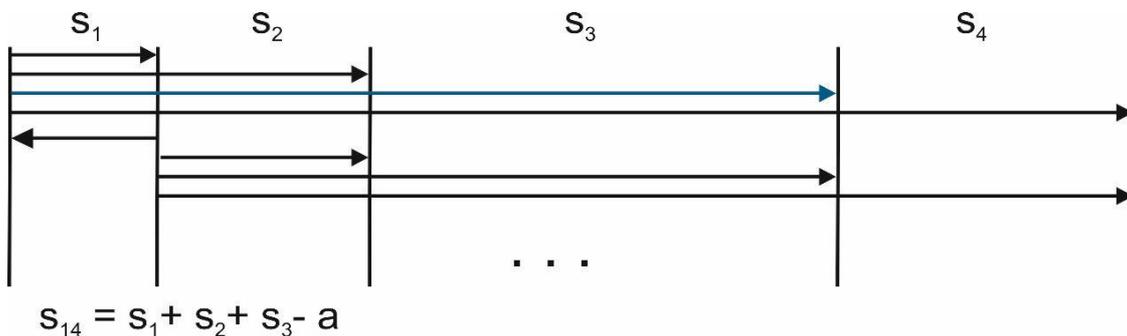


Figure 1 : Principe de détermination des constantes d'addition dans toutes les combinaisons. La constante d'addition *a* fait partie de chaque mesure individuelle dans le système d'évaluation surdéterminé ; dans l'exemple, la mesure de 1 à 4, composée des sections s_1 à s_3 et *a*.

² Schwendener, H.R.: Elektronischer Distanzmesser für kurze Strecken – Genauigkeitsfragen und Prüfverfahren. Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen, Photogrammetrie und Kulturtechnik, S. 59ff, Winterthur, 1971

a été utilisée pour déterminer les constantes d'addition. Afin de vérifier une éventuelle proportion de l'appareil dans la constante d'addition, une mesure de référence a d'abord été effectuée sur le tronçon d'essai en quatre parties du laboratoire, d'une longueur de 25 m, à l'aide d'un réflecteur de précision Leica GPH1P. Le fabricant indique ici une précision de centrage de 0,3 mm. L'étalonnage a été effectué en mesurant quatre fois la distance de chaque point à chaque point cible (mesure dans toutes les combinaisons) et a produit une constante d'addition pour le prisme de référence de $+0,16 \text{ mm} \pm 0,08$. Celle-ci est légèrement significative, mais reste dans les limites des spécifications de l'EDM et des prismes. Elle décrit la somme de la proportion de l'appareil et du réflecteur. À partir du réseau de mesure horizontal ultérieur, une constante d'addition spécifique à l'appareil de $+0,11 \text{ mm}$ (non significative) a été estimée. Par conséquent, rien ne prouve que l'unité EDM de la TS60 utilisée présente elle-même une proportion significative de constante d'addition calculée. Les proportions d'addition des examens ultérieurs ne peuvent donc être attribuées qu'aux prismes examinés dans chaque cas. Une constante d'addition spécifique à l'appareil a également été déterminée pour la station totale Trimble S9. Celle-ci s'élève à $-0,46 \text{ mm} \pm 0,08 \text{ mm}$ et est très significative. Il en a par conséquent été tenu compte pour les tests des spécimens de prismes. Cela signifie que la proportion d'addition restante peut également être liée exclusivement à chaque prisme examiné.

Par la suite, les constantes d'addition des types de prismes 1 – 3 ont été examinées ; les types 4 et 5 sont fondamentalement identiques dans leur construction et ne diffèrent que par la plaque de base rotative supplémentaire. Les résultats sont indiqués dans le tableau 2.

Les constantes d'addition déterminées diffèrent selon les groupes dans l'échantillon en fonction du diamètre du réflecteur et présentent un ordre de grandeur allant jusqu'à 0,5 mm. La précision des prismes examinés se situe respectivement dans l'ordre de grandeur des prismes standards usuels.

Il convient de noter que la détermination de la constante d'addition sur une base Schwendener pour chaque prisme ne prend en compte que deux encoches et que les résultats peuvent être différents si d'autres encoches sont prises en compte. Cela peut se faire au moyen d'une vérification complète de toutes les orientations au sein d'un réseau de compensation par une estimation des constantes d'addition, comme on le fait habituellement lors de l'examen de prismes pivotants avant leur mise sur le marché. La correction de l'addition est alors contenue en tant que valeur moyenne pour toutes les orientations.

Tableau 2 : Constantes d'addition restantes des types de prismes examinés

Type de prisme	N°	Constante d'addition [mm]	Écart-type [mm]
1 – RSMP380 - S	1	-0,38	0,06
	2	-0,39	0,07
	3	-0,34	0,07
2 – RSMP380 - C	4	-0,33	0,07
	5	-0,49	0,07
	6	-0,38	0,07
3 – RSMP280 - S	7	-0,02	0,05
	8	+0,04	0,05
	9	+0,16	0,05

4 Précision de centrage des prismes pivotants

Outre l'examen pur des constantes d'addition, la variance de la position spatiale incarnée lors du pivotement des prismes peut également être examinée de plus près.

En comparaison avec les prismes standards, il convient de noter que l'importance de la précision de centrage est légèrement différente dans les deux cas :

- Un prisme conventionnel est généralement fixé au moyen d'une cheville ou similaire le long d'un axe (vertical) défini et à une distance définie au-dessus d'un point de référence. En admettant que le centrage du support de prisme (par ex. un trépied, un support de prisme au-dessus d'un point au sol ou, plus simplement, un goujon fileté dans un boulon mural) est exempt d'erreurs et que ses dimensions sont correctes, la précision de centrage 3D correspond à la déviation du centre optique du prisme par rapport à l'incarnation théorique du point de référence. Ici, en plus des déviations de l'axe par rapport au centre de rotation et des constantes d'addition, des erreurs géométriques dans les dimensions du prisme sont également incluses.
- Les prismes pivotants examinés ici ne se réfèrent généralement pas à un point de référence, étant donné que l'option de montage précis sur le plan dimensionnel fait défaut. C'est plutôt à travers leur centre prismatique qu'ils incarnent eux-mêmes le point de référence. Il n'est donc pas nécessaire de respecter certaines distances, mais la constance du centre du prisme lui-même lorsque le prisme est déplacé selon les degrés de liberté existants (basculement / pivotement ou rotation supplémentaire avec la plaque de base correspondante).

Pour tester la qualité de prismes pivotants simples, il suffit donc de les monter de manière stable, puis d'effectuer la mesure à partir de différentes positions avec différentes orientations.

Les prismes sont délibérément orientés sur la position respective en évitant les visées obliques, il s'agit là de la procédure de mesure habituelle dans la pratique.

La comparaison des différentes orientations des prismes s'effectue en comparant les coordonnées des points ciblés mesurés. À cette fin, un schéma de mesure est créé sous la forme d'un réseau composé de quatre positions, chacune avec des observations mutuelles sur des prismes standards, à partir duquel les orientations individuelles des objets examinés sont mesurées et coordonnées en tant que points individuels (Figure 2). Les écarts des coordonnées individuelles donnent la stabilité de centrage du point et donc une mesure de la stabilité des axes de rotation respectifs ainsi que l'influence des constantes d'addition décrites ci-dessus.

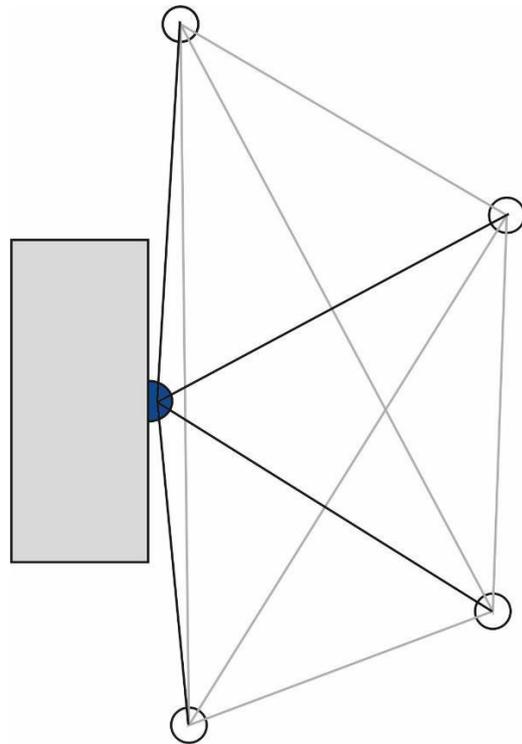


Figure 2 : Disposition du réseau pour l'examen de la stabilité du centre lors du pivotement (vue de dessus)

Au cours d'un premier essai, les neuf prismes pivotants de type 1 – 3 (RSMP280 et RSMP380) ont de nouveau été examinés. Les prismes ont été montés sur un mur avec un axe de pivotement vertical, ce qui simule l'application la plus courante.

En conséquence, les positions forment approximativement un demi-cercle pour représenter toutes les directions de vue possibles dans le plan Hz.

Les examens ont été menés dans des installations distinctes pour la Leica TS60 et la Trimble S9.

Le réseau de base utilisé pour la Leica TS60 à partir des quatre positions présente dans la compensation un écart-type moyen de 0,15 mm en position et de 0,04 mm en hauteur. Le dispositif de mesure est donc adapté pour déterminer les coordonnées des différentes orientations des prismes à examiner avec une précision suffisamment élevée sans l'influence des mesures de position. Toutes les mesures ont été effectuées en quatre séries et deux positions dans des conditions météorologiques contrôlées et considérées comme telles, de sorte que même la précision de mesure de distance du TS60, qui est plus faible que la précision de mesure directionnelle à courte distance en raison d'une surdétermination statistique, a pu être améliorée à environ 0,3 mm. Pour chaque prisme, il y a donc quatre ensembles de coordonnées différents en plus d'un ensemble de coordonnées globalement compensé.

Le réseau de base utilisé pour la Trimble S9 présente un écart-type moyen de 0,08 mm en position et de 0,05 mm en hauteur.

Les résultats pour la Leica TS60 sont indiqués dans le tableau 3, dans le tableau 4 pour la Trimble S9.

La variabilité du centre du prisme ou des coordonnées le représentant pour la mesure avec une Leica TS60 est de l'ordre de $\pm 0,5$ mm. Pour la mesure avec une Trimble S9, la variabilité du centre du prisme est de l'ordre de ± 1 mm.

Pour le type de prisme RSMP280 / RSMP380, les imprécisions dues au pivotement et la précision de mesure des tachymètres utilisés recouvrent partiellement une correction d'addition restante, de sorte que cette dernière ne doit pas nécessairement être considérée séparément lorsqu'une précision de ± 1 mm est requise.

Pour les deux fabricants, il n'est pas possible de déterminer une dépendance de qualité significative du revêtement du prisme dans la zone proche examinée, mais seulement du diamètre du prisme.

L'écart en hauteur est naturellement plus faible, car aucune déviation n'a eu lieu lors du pivotement dans l'expérience.

Tableau 3 : Précision de reproduction du centre des prismes examinés lors du pivotement autour d'un axe vertical avec la station totale Leica TS60 (écart maximal de la valeur moyenne)

Type de prisme	N°	Position max [mm]	Hauteur max [mm]	Écart-type Position [mm]	Écart-type Hauteur [mm]
1 – RSMP380 - S	1	0,47	0,07	0,41	0,04
	2	0,36	0,05	0,32	0,02
	3	0,54	0,10	0,46	0,07
2 – RSMP380 - C	4	0,20	0,05	0,16	0,03
	5	0,49	0,05	0,38	0,04
	6	0,33	0,05	0,28	0,04
	7	0,39	0,07	0,29	0,05

3 – RSMP280 - S	8	0,35	0,06	0,29	0,05
	9	0,42	0,07	0,30	0,05

Tableau 4 : Précision de reproduction du centre des prismes examinés lors du pivotement autour d'un axe vertical avec la station totale Trimble S9 (écart maximal de la valeur moyenne)

Type de prisme	N°	Position max [mm]	Hauteur max [mm]	Écart-type Position [mm]	Écart-type Hauteur [mm]
1 – RSMP380 - S	1	1,01	0,11	0,84	0,08
	2	0,89	0,10	0,81	0,09
	3	0,99	0,05	0,81	0,05
2 – RSMP380 - C	4	0,87	0,06	0,73	0,05
	5	1,22	0,08	0,98	0,06
	6	1,00	0,09	0,81	0,07
3 – RSMP280 - S	7	0,87	0,09	0,70	0,06
	8	0,84	0,06	0,65	0,05
	9	0,87	0,07	0,70	0,05

5 Précision de centrage des prismes pivotants sur plaques rotatives

Au cours d'un autre essai, un degré de liberté supplémentaire a été ajouté aux prismes pivotants avec examen de la combinaison avec des plaques rotatives horizontales (type RSMP390). À cette fin, la plaque rotative était fixée à un pilier au moyen de l'adaptateur de maintien magnétique proposé par le fabricant et pointait à partir de quatre positions tachymétriques, lesquelles étaient disposées en carré autour d'elle (Figure 3).

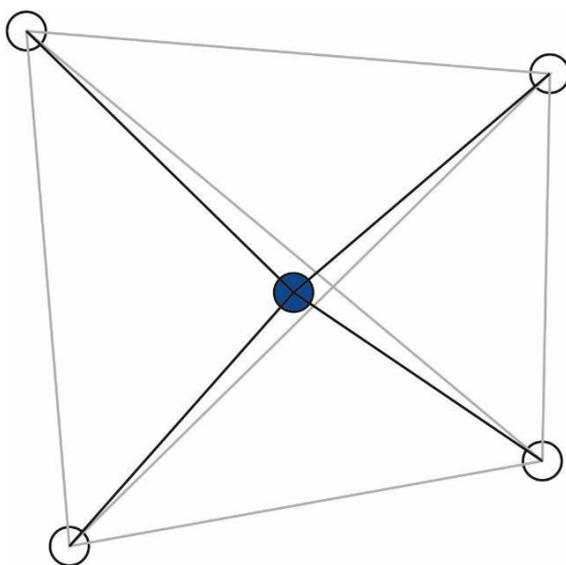


Figure 3 : Disposition du réseau pour l'examen de la stabilité du centre lors de la rotation et du pivotement (vue de dessus)

Les pointages ont été effectués dans les deux positions du prisme pour chaque position dans respectivement 4 ensembles et 2 positions de l'appareil. Le réseau de base résultant pour la Leica TS60 a atteint un écart-type moyen de 0,12 mm en position et 0,03 mm en hauteur, pour la Trimble S9 de 0,13 mm en position et 0,10 mm en hauteur. Le dispositif de mesure est donc ici aussi adapté pour déterminer les coordonnées des différentes orientations des prismes à examiner avec une précision suffisamment élevée sans l'influence des mesures de position. Les résultats sont indiqués dans les tableaux 5 et 6.

Dans le réseau de compensation, l'ordre de grandeur des écarts déjà déterminés pour ce type de prisme est confirmé, avec une influence supplémentaire pouvant atteindre 1 mm en raison de la mesure dans deux positions (c'est-à-dire lorsque la plaque de base est tournée de 180° et que le prisme pivote simultanément autour de son axe de basculement). Cela peut être interprété comme une fraction d'excentricité du point de référence du prisme hors de l'axe de rotation des adaptateurs de la plaque.

La variabilité du centre du prisme ou des coordonnées le représentant est, avec la Leica TS60 pour tous les prismes, de l'ordre de grandeur allant jusqu'à ± 1 mm, légèrement au-dessus jusqu'à $\pm 1,5$ mm avec la Trimble S9.

Pour les deux fabricants, il n'est pas possible de déterminer une dépendance de qualité significative du revêtement du prisme dans la zone proche examinée.

Tableau 5 : Précision de reproduction du centre des prismes examinés avec utilisation d'une plaque rotative horizontale avec la station totale Leica TS60 (écart maximal de la valeur moyenne)

Type de prisme	N°	Position max [mm]	Hauteur max [mm]	Position standard [mm]	Hauteur standard [mm]
4 – RSMP390 - C	11	0,99	0,12	0,52	0,07
	12	0,69	0,37	0,52	0,24
	13	0,72	0,10	0,48	0,06
5 – RSMP390 - S	14	0,72	0,28	0,51	0,23
	15	0,64	0,34	0,42	0,24
	16	0,62	0,27	0,42	0,24

Tableau 6 : Précision de reproduction du centre des prismes examinés avec utilisation d'une plaque rotative horizontale avec la station totale Trimble S9 (écart maximal de la valeur moyenne)

Type de prisme	N°	Position max [mm]	Hauteur max [mm]	Position standard [mm]	Hauteur standard [mm]
4 – RSMP390 - C	11	1,31	0,17	0,80	0,11
	12	1,03	0,30	0,65	0,23
	13	0,96	0,16	0,63	0,10
5 – RSMP390 - S	14	1,08	0,34	0,62	0,21
	15	0,85	0,35	0,57	0,26
	16	1,19	0,31	0,78	0,22

6 Précision des mini-prismes à fiche

Les types de prismes 6 et 7 (RSMP12 et RSMP10) sont conçus comme prismes à fiche pour les alésages et les trous. Il existe donc des décalages entre les deux points d'appui possibles, la pointe et le dos du carquois, selon les spécifications du fabricant. Pour obtenir un résultat de mesure correct, le fabricant prescrit que les prismes soient orientés vers l'instrument de mesure.

Lors d'un examen avec un point de référence mesuré et une fixation manuelle des pointes de prisme à ce

point, des écarts de décalage de 0,7 mm maximum ont été constatés pour les deux types de prismes avec un tachymètre Leica pour les six spécimens examinés, ce qui correspond à une valeur de répétabilité pour une fixation permanente.

Pour l'étude de la précision du centre dans différentes orientations (correspondant à un mouvement du prisme autour du point d'arrêt), les deux types de prismes ont été fixés dans un adaptateur rotatif et pivotant, dont les

dimensions sont connues et prises en compte. Une part d'imprécision pouvant aller jusqu'à 0,5 mm est cependant inévitable. La référence de la mesure était toujours le dos du carquois, qui devait nominalement avoir un décalage de 10 mm par rapport au centre du prisme.

Les pointages ont été effectués dans le même réseau que lors de l'examen sur les prismes avec plaques rotatives et à nouveau dans les deux positions de prisme par position et respectivement dans 4 ensembles et 2 positions d'appareil. Pour cet examen, seule la station totale Leica TS60 a été utilisée et non la Trimble S9. Les résultats ont été regroupés dans le tableau 7.

La variabilité du centre du prisme avec l'utilisation d'un prisme à fiche de types RSMP10 ou RSMP12 avec orientation sur le tachymètre peut être donnée à ± 2 mm. Avec une fixation reproductible ou permanente (orientation prescrite par l'alésage), la valeur s'améliore et passe à ± 1 mm.

Tableau 7 : Précision de reproduction du centre des prismes examinés avec utilisation d'une unité rotative et pivotante avec la station totale Leica TS60 (écart maximal de la valeur moyenne)

Type de prisme	N°	Position max [mm]	Hauteur max [mm]	Position standard [mm]	Hauteur standard [mm]
6 – RSMP12 - C	21	0,86	2,21	0,52	1,60
	22	0,98	2,13	0,73	1,32
	23	1,31	1,48	1,01	1,16
7 – RSMP10 - S	31	1,87	2,01	1,09	1,03
	32	1,69	1,24	1,37	1,35
	33	1,73	2,25	1,08	1,42

7 Distances de mesure réalisables

Le pointage (automatique) des types de prismes RSMP380 avec revêtement en cuivre ou en argent ainsi que du type de prisme avec revêtement en argent a été examiné à une distance croissante du tachymètre. À cet effet, la Trimble S9 et la Leica TS60 ont été à nouveau utilisées. Au cours du test dans des conditions extérieures normales nuageuses, il en a résulté les distances de mesure

réalisables indiquées dans le tableau 8.

Le diamètre du prisme constitue le facteur primaire de la portée réalisable. Ce n'est qu'à de grandes distances supérieures à 1000 m que l'instrument Leica montre qu'un prisme recouvert de cuivre peut être pointé à des distances légèrement plus grandes au moyen de l'ATR.

En outre, il faut tenir compte du fait que, selon les conditions météorologiques, les distances qui peuvent être atteintes peuvent être sensiblement différentes (notamment en cas de fort ensoleillement ou de brouillard, les distances peuvent être beaucoup plus courtes).

Tableau 8 : Distances de mesures réalisables sur des prismes tests dans des conditions moyennes

Type de prisme	Mesure avec Trimble S9	Mesure avec Leica TS60
1 – RSMP380 – S	jusqu'à env. 550 m avec fonction AutoLock jusqu'à env. 1200 sans fonction AutoLock	jusqu'à env. 1100 m avec fonction ATR jusqu'à env. 1200 sans fonction ATR
2 – RSMP380 – C	jusqu'à env. 550 m avec fonction AutoLock jusqu'à env. 1200 sans fonction AutoLock	jusqu'à env. 1250 m avec fonction ATR jusqu'à env. 1200 sans fonction ATR
3 – RSMP280 – S	jusqu'à env. 500 m avec fonction AutoLock jusqu'à env. 1200 sans fonction AutoLock	jusqu'à env. 900 m avec fonction ATR jusqu'à env. 1200 sans fonction ATR

Responsable de la réalisation des mesures et du présent rapport :



Dr.-Ing. Peter Wasmeier
Chef du Laboratoire d'essais géodésiques de la chaire de
géodésie de l'Université technique de Munich