

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 91 (1993)

**Heft:** 5

**Artikel:** Test de la méthode "statique rapide" avec les récepteurs WILD GPS-System 200

**Autor:** Signer, T. / Dupraz, H. / Aeschlimann, C.-H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-234968>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Test de la méthode «statique rapide» avec les récepteurs WILD GPS-System 200

Th. Signer, H. Dupraz, Ch.-H. Aeschlimann, A. Jolidon

Au printemps 1992, un groupe de travail a testé sur le champ d'essai d'Echallens (Vaud) la méthode «statique rapide» avec les récepteurs WILD GPS-System 200. Le but principal du test était la mise à jour des directives fédérales de 1990 pour l'emploi de GPS en mensuration officielle. Le test a essentiellement porté sur l'influence de la longueur des lignes de base (de 0 à 10 km), de la durée d'observation nécessaire et de l'indicateur GDOP sur la précision et sur la fiabilité des résultats.

*Im Frühjahr 1992 hat eine Arbeitsgruppe auf dem Testfeld Echallens (VD) die Messmethode «Rapid Static» mit dem Wild GPS-System 200 getestet. Eines der Ziele war die Überarbeitung der «Richtlinien für die Bestimmung von Lagefixpunkten in der amtlichen Vermessung». Der Test wurde darauf ausgelegt, den Einfluss der Länge der Basislinie (0 bis 10 km), der Messzeit und des GDOP-Indikators auf die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Resultate zu erfahren.*

## 1. Introduction

La méthode GPS est utilisée avec succès depuis plusieurs années, en mode «statique», pour la détermination de points fixes planimétriques (en particulier dans les réseaux PFP1 et PFP2). En 1990, la Direction fédérale des mensurations et l'Office fédéral de topographie ont publié des directives fixant les exigences pour une utilisation de GPS en mensuration officielle. Aujourd'hui, le mode d'observation «statique rapide» soulève de grands espoirs, car il autorise des durées d'observation beaucoup plus courtes, et par conséquent beaucoup plus économiques. Son intérêt pour la mensuration officielle ne peut donc qu'augmenter, y compris pour les réseaux PFP3. C'est pourquoi un groupe de travail paritaire, formé au début de 1992, s'est donné pour tâche d'évaluer les nouvelles possibilités du mode «statique rapide».

## 2. Composition et buts du groupe de travail

Le groupe de travail se composait de:

- C.-H. Aeschlimann, Bureau Lüscher + Aeschlimann (représentant du GPSSMAF)
- H. Dupraz, EPFL (représentant des Ecoles Polytechniques Fédérales)
- A. Jolidon, SCRF Vaud (représentant des Services cantonaux du cadastre)
- Th. Signer, OFT (représentant de la Confédération et animateur du groupe).

Les tests prévus devaient permettre de:

- vérifier l'utilité du mode «statique rapide» pour la détermination des points fixes de la mensuration officielle;

- rassembler les expériences nécessaires à la conception et à l'analyse de projets GPS;
- mettre à jour les Directives GPS de 1990;
- transmettre les connaissances et les expériences acquises à tous les intéressés.

Au printemps 1992, seuls les récepteurs WILD GPS-SYSTEM 200 et le logiciel SKI associé permettaient le mode «statique rapide». Les tests ont donc été effectués avec 4 récepteurs de ce type. Entre-temps, l'Office fédéral de topographie a pu tester d'autres types de récepteurs, qui font l'objet d'un compte-rendu dans le même numéro de cette revue.

Les tests ont eu lieu sur le champ d'essai de l'EPFL à Echallens (Vaud). Ce champ d'essai, créé au début des années 1980 pour des tests photogrammétriques, offre sur plusieurs km<sup>2</sup> un grand nombre de points précis ( $\pm 3$  mm) et solidement matérialisés (blocs et chemins en béton). Nous avons retenu, pour nos propres tests, une zone de 2 x 3.5 km totalement dégagée (visibilité optimale pour les satellites), avec des points parfaitement accessibles par tous les temps (voir fig. 2 et 3).

## 3. Concept des mesures

### 3.1 Nombre de satellites disponibles

Nous voulions travailler avec au moins 4 satellites simultanés. Nous avons pu choisir 3 fenêtres de 2 h 40 chacune, avec toutefois par moments un GDOP dépassant 8. Pendant chacune des fenêtres, le plan d'observation prévoyait la mesure d'une certaine configuration de lignes de bases (voir 3.2).

Les deux derniers jours, une panne du satellite 06 fit tomber à 3 par moments le nombre de satellites disponibles. Les mesures correspondantes, quoique effectuées, ont été éliminées au moment de l'analyse des résultats.

### 3.2 Plan d'observation

Le plan d'observation choisi ne correspond évidemment pas à celui d'un mandat réel, mais doit nous fournir toutes les informations utiles à l'évaluation du mode «statique rapide». Pendant chaque fenêtre de mesure, nous avons observé certaines configurations de lignes de bases, associées à des stations fixes. Les diverses configurations s'appuyaient sur les critères suivants:

- variation des lignes de base entre 0 et 10 km;
- variation des durées d'observation en deçà et au delà des durées préconisées par LEICA (Guidelines to Static and Rapid Static GPS Surveying);
- observations même au delà de la limite GDOP < 8 préconisé par Leica;
- synchronisation des déplacements des récepteurs mobiles, afin de pouvoir aussi calculer entre eux de courtes lignes de base;
- observation répétée des mêmes configurations sous des constellations de satellites différentes.

L'étendue du champ d'essai permettait des éloignements jusqu'à 3 km. On a donc choisi quelques stations de référence en dehors du champ d'essai pour tester des

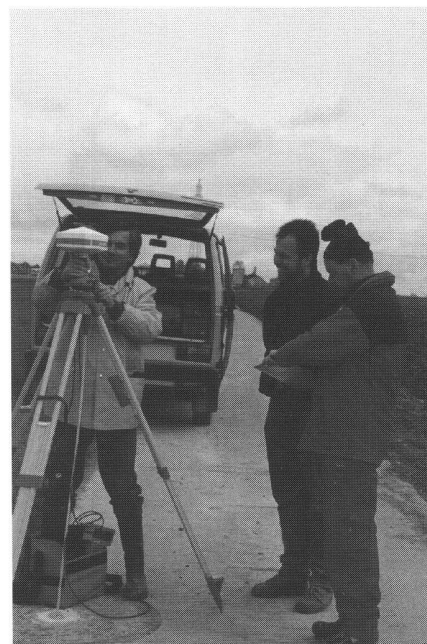


Fig. 1: Un groupe d'opérateurs GPS pendant le test. On reconnaît de gauche à droite MM. H. Dupraz (EPFL), A. Lemberger (Leica) et H. Chablais (Office fédéral de topographie).

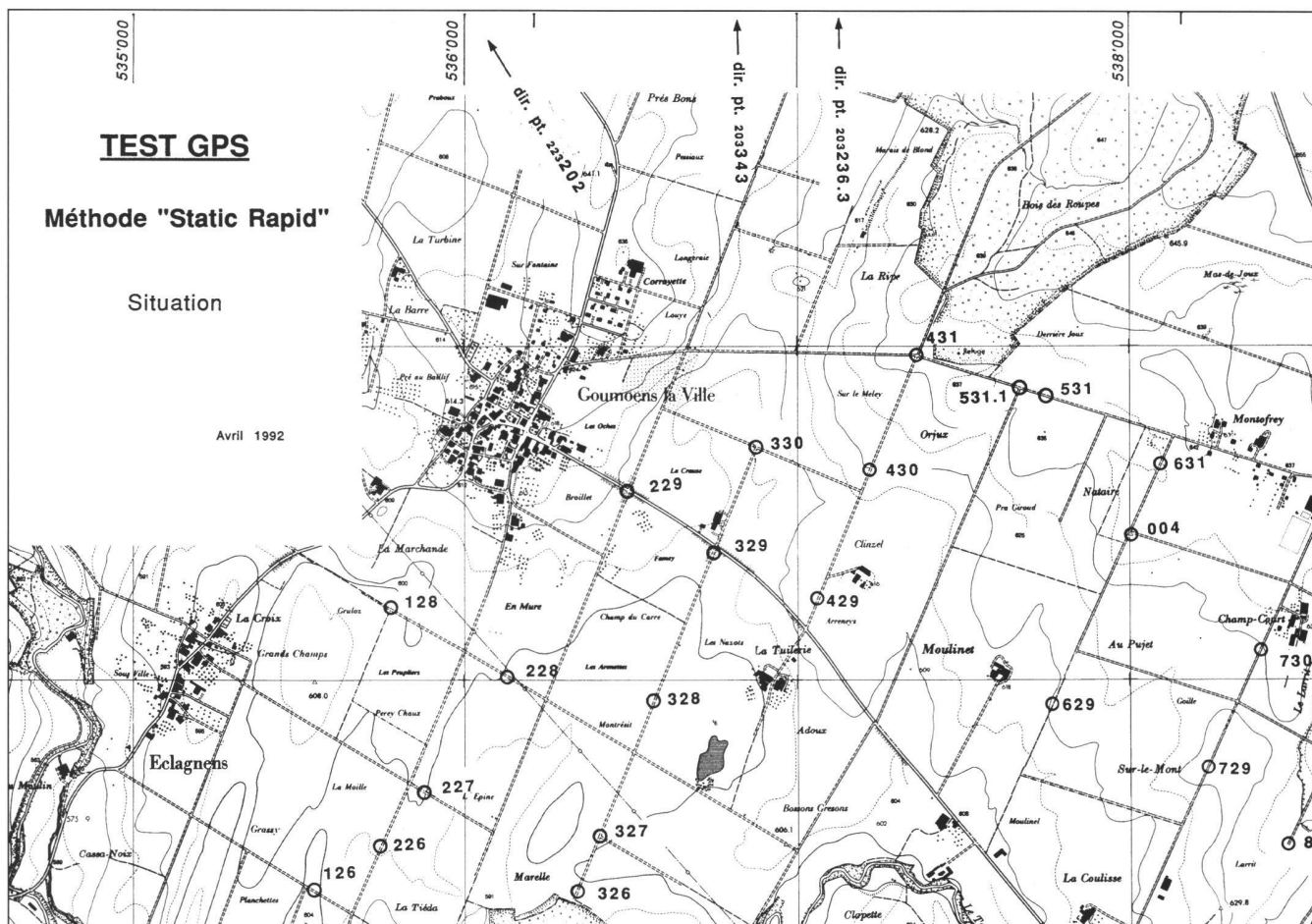


Fig. 2: Extrait du plan de situation du champ d'essai d'Echallens. La plupart des repères sont matérialisés sur des chemins en béton.

distances de 0–3 km, 2–5 km, 5–8 km, 7–10 km. Ces stations permanentes extérieures ont été intégrées au champ d'essai par une double session de mesure en mode statique avec des récepteurs de type WM 102. Le plan d'observation est donnée en détail dans le tableau de la figure 5.

## 4. Les observations

Pour réduire au maximum les erreurs de centrage, nous avons renoncé aux trépieds rapides de Leica. Nous avons utilisé les trépieds classiques à jambes coulissantes et contrôlé périodiquement les plombs optiques des embases. Les missions étaient pré-programmées au bureau avec un intervalle de compaction de 15 secondes, et activées automatiquement sur chaque point. Aucun incident n'est à signaler quant au déroulement des observations, si ce n'est la modification imprévisible du statut du satellite 06.

Les expériences de terrain peuvent se résumer ainsi:

Récepteur(sensor) et contrôleur(controller):



Fig. 3: Stationnement GPS sur l'un des repères. La matérialisation est assurée par une cheville PP scellée dans le chemin en béton, avec sa signalisation photogrammétrique.

pratique, car léger et compact. Après une instruction d'environ 30 minutes, des opérateurs GPS expérimentés ont pu procéder par eux-mêmes et sans difficulté aux observations.

### Carte-mémoire:

fonctionne bien; une capacité de 512 KB est cependant un peu faible pour des utilisations très intensives. Des cartes à plus grande capacité sont apparues depuis; elles sont (encore) chères. Il est trop tôt pour connaître leur fonctionnement à long terme.

### Transfert des données:

s'est révélé sans problème, soit directement à partir du contrôleur, soit avec un lecteur de cartes séparé.

### Fiabilité:

en principe, le système s'est montré très fiable. On a constaté les pannes suivantes:

- le contrôleur n'a pas commencé à enregistrer; tout est rentré dans l'ordre après un nouveau démarrage;
- interruption de mesure d'un récepteur pendant 2¼ minutes, sans que la

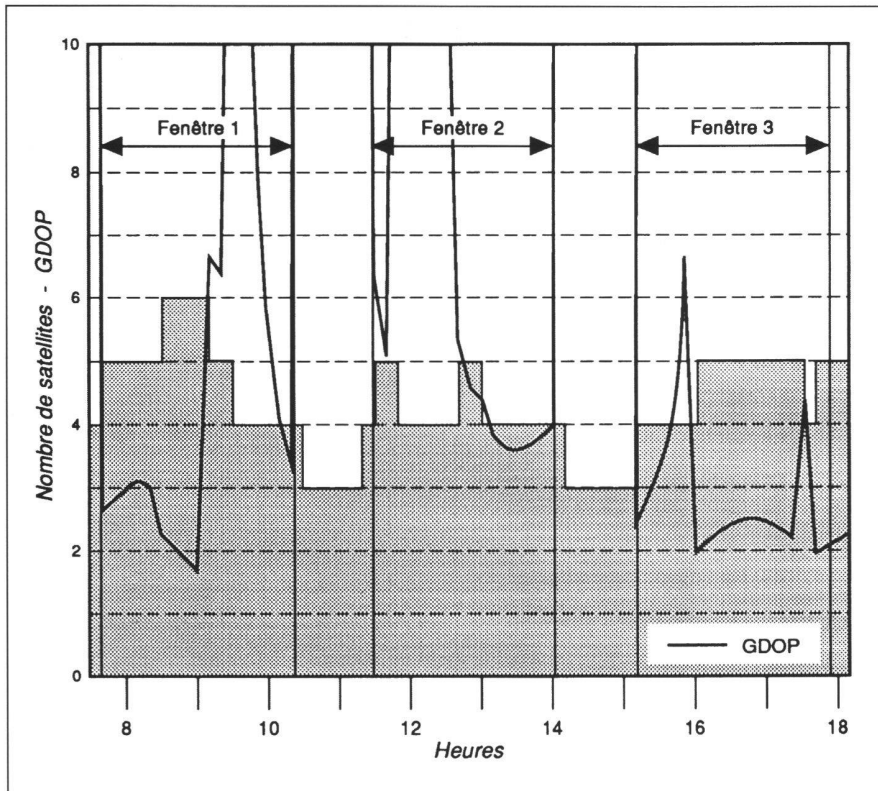


Fig. 4: Nombre de satellites disponibles le 27 avril 1992, entre 8 et 18 heures, avec les trois fenêtres choisies et l'indicateur GDOP.

présence d'un obstacle puisse l'expliquer;

- une «sortie» automatique erronée de la mission, pendant les mesures, due à un câble mal connecté.

*Batteries:*

les batteries de 7 Ah suffisent pour des durées d'observation de 3 à 6 heures, ce qui peut être insuffisant dans certaines circonstances.

*Hauteurs d'antenne:*

on a remarqué une fois, au moment du démontage, qu'une antenne avait probablement été mal montée, ce qui a conduit à une hauteur incorrecte d'antenne.

## 5. Exploitation des résultats avec SKI

### 5.1 Généralités

Les calculs ont été effectués avec le logiciel SKI (version 1.04), séparément pour chaque configuration. Toutes les mesures ont été traitées, même celles ne comptant que 3 satellites. Les coordonnées résultantes n'ont pas été intégrées à la base de données, mais stockées, par configuration, sous la forme de fichiers ASCII.

Le logiciel SKI est d'un emploi très convivial. Son évolution continue rend inutiles les remarques que nous pourrions faire sur la version 1.04. Toutefois, l'option actuelle, qui effectue une moyenne pondérée des points déterminés plusieurs fois, n'est pas conforme aux directives de la mensuration officielle. Celles-ci exigent une preuve de la précision et de la fiabilité atteintes, qui supposent une compensation globale par la méthode des moindres carrés. A l'heure où nous publions ce texte, Leica annonce une nouvelle option pour SKI, qui permettra une compensation rigoureuse des mesures GPS.

En tout, on a calculé 407 lignes de base, réparties en 33 configurations ayant conduit à autant de séries de coordonnées.

Date	Fenêtre 1 env. 7.40 - 10.20 h				Fenêtre 2 env. 11.20 - 14.00 h				Fenêtre 3 env. 15.10 - 17.50 h			
	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4
	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]	D T [km] [Min]
27.04.92					R	0-2 3	0-2 5	0-2 7	R	0-1 5*	1-2 5*	2-3 5*
28.04.92	0-1 5	R	2-3 5	1-2 5	5-8 20	R	7-10 20	R	R	7-10 20	R	5-8 20
29.04.92	R	0-2 10	R	2-5 10	5-8 10 (2-5 10)	R	2-5 20 (5-8 20)	R	0-2 10*	2-5 10*	R	R
30.04.92	R	R	2-5 5*	5-8 5*	5-8 5 (5-8 10)	2-5 10 (2-5 5)	R	R	7-10 10	7-10 20	7-10 30	R
01.05.92	R	7-10 10	7-10 20	7-10 30								

\* = mesures simultanées

R = station de référence

Fig. 5: Le plan d'observation montre l'organisation des mesures choisie pour analyser l'influence d plusieurs critères: longueur des lignes de base, durée d'observation et indicateur GDOP.



Compensation selon chapître	Longueur des bases	Quot. des erreurs moy.		Nombre d'observations				Nombre de wi < 2.5		wi max.		v max.		Nb. d'obs. surabondantes	
		Planim.	Altim.	Total Planim.	Altim.	GDOP > 8 Planim.	Altim.	Planim.	Altim.	Planim.	Altim.	Planim.	Altim.	Planim.	Altim.
6.2	Toutes les observations e.m.: planim.: 7 mm altim. : 14 mm  0 - 10 km	0.99	1.00	758	379	136	68	34	20	11.2	17.4	71	226	636	319
6.3.1	séparément e.m.: planim.: 7 mm altim. : 14 mm  0 - 5 km  sans les observations de 3 minutes	0.76	0.82	448	224	68	34	7	4	5.6	6.3	36	82	360	181
6.3.2	5 - 10 km  sans les observations de 5 minutes	1.22	1.22	252	126	62	31	16	15	12.6	17.9	71	221	186	94
6.4	Toutes les observations  e.m.: planim.: par série de coordonnées, selon la règle suivante : $(5 \text{ mm} + 10^{-6} \cdot D) \cdot \sqrt{10 / T}$ altim. : le double de l'e.m. planimétrique  0 - 10 km	0.74	0.81	758	379	136	68	9	10	5.3	14.3	68	225	636	319

Fig. 6: Récapitulation des résultats décrits au chapitre 6, avec les principales caractéristiques fournies par LTOP.

## 5.2 Résultats

En priorité, nous avons cherché à savoir pourquoi, sur 407 lignes de base, 32 n'ont pas pu être calculées.

Les raisons sont les suivantes:

- seulement 3 satellites disponibles (panne du SV06): 20 lignes de base;
  - durée d'observation trop courte (c'est-à-dire moins de 5 minutes pour des bases jusqu'à 5 km; moins de 10 minutes pour des bases entre 5 et 10 km): 6 lignes de base;
  - fréquence L2 perdue sur 1 satellite, disponible donc sur 3 satellites seulement: 4 lignes de base;
  - 5 satellites avec L1; seulement 4 satellites avec L2; GDOP = 3, durée = 5 minutes, D = 2.7 km: 1 ligne de base;
  - disparition d'un satellite sur l'horizon pendant les mesures (passage de 5 à 4 satellites; GDOP = 3-4, durée = 5 minutes, D = 2 km): 1 ligne de base.
- Grâce à la version 1.055 de SKI, le satellite ayant disparu a pu être éliminé, et la ligne de base a pu être calculée.

Si l'on confronte cette récapitulation avec les spécifications de Leica, on constate que seuls les cas d) et e) les respectent et auraient donc dû aboutir à un calcul réussi.

Pour les cas a) à c), il était prévisible que le calcul échouerait.

En prenant l'indicateur «Stop and Go» comme estimation pour la durée nécessaire d'observation, la totalité des calculs devait échouer; car même pour les cas d) et e), les mesures n'ont duré que le 90% du temps proposé par cet indicateur.

Il faut mentionner, à l'inverse, qu'un grand nombre de lignes de base ont pu être calculées avec succès, alors que le temps de mesure, le GDOP ou le nombre de satellites disponibles n'étaient pas suffisants en regard des spécifications de Leica.

## 6. Analyse de la précision atteinte

Quelle précision atteignent les bases résolues, y compris celles mesurées dans des conditions ne respectant pas les spécifications de Leica? Pour y répondre, on a procédé à plusieurs calculs de réseaux libres, avec l'option de compensation robuste de LTOP. Les réseaux calculés ont évidemment un degré de surabondance très supérieur à celui d'un réseau réel, ce qui est justifié par la nécessité d'évaluer avec une grande sécurité les possibilités de la méthode «statique rapide».

### 6.1 Calculs préparatoires

Les 33 séries de coordonnées issues des calculs SKI ont été transformées avec les logiciels GEOREF et GEOLIT dans le Système national suisse (CH 1903) et en altitudes orthométriques, avant d'être introduites dans le logiciel LTOP (option «séries de coordonnées»). Les indicateurs de LTOP pour l'analyse de la précision et de la fiabilité (erreurs résiduelles normées  $w_i$ , fautes probables  $g_i$ ) sont considérés comme connus.

### 6.2 Réseau libre de toutes les observations

Cette première compensation réunit simultanément les 33 sessions (configurations)

décrites au chapitre 3 et la session statique des 4 stations de référence observées avec les WM 102.

Les erreurs moyennes a priori sont constantes: 7 mm en planimétrie et 14 mm en altimétrie.

Après avoir vérifié la légitimité de ce choix par un calcul préalable, on a attribué aux 33 sessions un paramètre commun d'échelle et de rotation. Des détails sont donnés dans le tableau 7.

Une analyse approfondie a montré que ce calcul est faussé par un modèle stochastique trop simple, constitué par des erreurs moyennes constantes et indépendantes des distances.

Cette constatation conduira aux calculs 6.3 et 6.4. On peut encore dire que la plupart des bases signalées par un  $w_i > w_{\max}$  sont hors des spécifications préconisées par Leica et plus longues que 5 km, ce qui rappelle d'une part la nécessité d'un modèle stochastique tenant compte de la longueur des bases, mais confirme aussi – chose déjà connue – que les bases longues sont plus difficiles à calculer que les courtes.

### 6.3 Réseaux libres par groupes des bases 0-5 km et 5-10 km

On a procédé à deux compensations, correspondant aux deux groupes de distances, avec les mêmes spécifications que sous 6.2.

Ensuite, le quotient des facteurs de variance planimétriques a posteriori des 2 compensations a été soumis à un test de Fischer: il en résulte qu'au niveau de confiance 95% les deux modèles sont significativement différents. En d'autres termes,

l'erreur moyenne à craindre a posteriori pour les bases longues est significativement plus grande que celle pour les bases courtes. Ce résultat n'est pas inattendu, mais il demandait à être vérifié.

## 6.4 Réseau libre de toutes les observations, avec erreurs moyennes a priori différenciées

Pour cette dernière compensation, on a attribué à chaque série de coordonnées une erreur moyenne a priori tenant compte de la longueur moyenne des bases ( $D_{km}$ ) et de la durée d'observation ( $T_{min}$ ), selon la formule suivante:

**Planimétrie:**

$$(5 \text{ mm} + 10^{-6}D) \sqrt{10/T}$$

Exemple:

pour 1 km et 10 min. d'obs.:

$$e.m. = \pm 6 \text{ mm}$$

pour 1 km et 20 min. d'obs.:

$$e.m. = \pm 4.2 \text{ mm}$$

**Altimétrie:**

e.m. double de l'e.m. planimétrique.

Ce calcul est sans doute le plus proche de la réalité; c'est pourquoi on a analysé avec soin toutes les observations pour lesquelles  $w_i > w_{max}$ .

En planimétrie, il y en a 9:

- dans 4 cas, GDOP excède la limite de 8 préconisée par Leica
- dans 2 cas, GDOP < 8, mais la durée de mesure est à la limite de celle préconisée par Leica
- dans 3 cas, toutes les spécifications de Leica sont respectées. Pour le cas extrême, on a  $w_i = 3.9$ ,  $v_i = 26 \text{ mm}$  et  $g_i = 33 \text{ mm}$ .

En altimétrie, on relève 10 observations pour lesquelles  $w_i > w_{max}$ . Dans les 10 cas, le GDOP est supérieur à 8 pendant tout ou partie de la durée d'observation. Ces résultats montrent que très rarement (quelques bases sur plusieurs centaines!) des bases mesurées selon les spécifications de Leica n'atteignent pas la précision escomptée.

Si l'on compare les coordonnées issues du calcul 6.2 (erreurs moyennes constantes) et celles issues du calcul 6.4 (erreurs moyennes différenciées pour chaque série), elles diffèrent au maximum de 2 mm en planimétrie et de 6 mm en altimétrie.

Le tableau 6 donne une récapitulation des résultats de ces différents calculs.

## 7. Comparaison des résultats GPS avec les coordonnées «vraies» du champ d'essai

### 7.1 Planimétrie

L'ajustage par transformation de Helmert des coordonnées GPS issues du calcul

TRANSFORMATIONSPARAMETER :

ANZAHL : 4

YO [M] : 0.001 (MF [MM] : 1.01)

XO [M] : -0.005 (MF [MM] : 1.01)

DREHUNG [GON] : -0.0000116 (MF [CC] : 0.57)

MASSSTAB [MM/KM] : -1.6149 (MF [MM/KM] : 0.90)

MITTLERER FEHLERQUOTIENT : 0.45

ANZAHL PASSPUNKTE : 22

UEBERBESTIMMUNG : 40

TOTALE ANZAHL LOK. PUNKTE : 24

ANZAHL ITERATIONEN : 1

AEHNLICHKEITSTRANSFORMATION

PASSPUNKTE UND VERBESSERUNGEN

PASSPUNKT	YLOC [M]	XLOC [M]	YGL [M]	XGL [M]	VY [MM]	VX [MM]	MFGL [MM]	MFLOC [MM]	ZI
004	538003.778	167434.356	538003.778	167434.356	-0.5	-5.5	0.0	10.0	0.88 0.88
125	535413.192	166108.198	535413.196	166108.196	0.2	-1.7	0.0	10.0	0.85 0.85
125.1	535225.488	166182.170	535225.493	166182.160	-0.6	5.7	0.0	10.0	0.84 0.84
126	535544.119	166371.573	535544.121	166371.572	1.5	-3.5	0.0	10.0	0.88 0.88
128	535782.214	167220.974	535782.207	167220.964	9.9	4.2	0.0	10.0	0.92 0.92
225	535599.969	166116.044	535599.977	166116.048	-4.8	-7.8	0.0	10.0	0.87 0.87
226	535755.392	166503.206	535755.396	166503.205	-1.0	-3.3	0.0	10.0	0.91 0.91
227	535879.567	166669.267	535879.571	166669.263	-0.8	-0.4	0.0	10.0	0.92 0.92
228	536127.325	167010.856	536127.326	167010.848	2.0	2.5	0.0	10.0	0.94 0.94
229	536488.357	167565.408	536488.358	167565.405	0.8	-3.3	0.0	10.0	0.95 0.95
327	536410.041	166529.701	536410.043	166529.693	-0.2	3.7	0.0	10.0	0.94 0.94
328	536573.945	166938.988	536573.949	166938.977	-1.7	5.5	0.0	10.0	0.95 0.95
329	536753.315	167378.783	536753.313	167378.776	3.2	1.6	0.0	10.0	0.95 0.95
330	536880.359	167697.142	536880.360	167697.132	0.6	3.9	0.0	10.0	0.94 0.94
330.3	536880.553	167697.614	536880.550	167697.610	4.1	-2.7	0.0	10.0	0.95 0.95
429	537066.299	167242.753	537066.302	167242.748	-2.0	-0.5	0.0	10.0	0.94 0.94
430	537245.834	167681.255	537245.840	167681.260	-5.4	-11.3	0.0	10.0	0.93 0.93
431	537362.480	167967.601	537362.485	167967.594	-4.7	0.8	0.0	10.0	0.91 0.91
531	537746.204	167848.203	537746.206	167848.197	-2.1	-0.7	0.0	10.0	0.88 0.88
531.1	537681.454	167867.675	537681.453	167867.658	0.6	10.9	0.0	10.0	0.89 0.89
629	537768.343	166926.996	537768.346	166926.996	-3.0	-4.5	0.0	10.0	0.90 0.90
631	538094.408	167644.452	538094.403	167644.440	4.0	6.2	0.0	10.0	0.86 0.86

**Fig. 7: Extrait de la comparaison (par transformation de Helmert sur 22 points) entre les coordonnées GPS et les coordonnées «vraies» du champ d'essai. Tous les écarts résiduels sont inférieurs à 12 millimètres.**

6.4 sur les coordonnées «vraies» du champ d'essai montre des résidus tous inférieurs à 12 mm, comme on peut le voir dans l'extrait ci-dessous (fig. 7):

### 7.2 Altimétrie

La comparaison des altitudes compensées GPS du calcul 6.4 avec les altitudes «vraies» du champ d'essai montre des écarts tous compris entre -32 mm et +12 mm, et confirme que la précision des altitudes GPS est 2 à 3 fois plus faible que la précision planimétrique.

## 8. Essais avec des durées d'observation réduites

### 8.1 Calculs avec SKI

Pour ces essais de durée, on a utilisé la fenêtre 3 du 28 avril, qui prévoyait des bases de 5 à 10 km et des durées d'observation de 20 minutes, avec 5 satellites visibles et un GDOP de 2 à 3.

Grâce à l'option RINEX de SKI (ce qui peut

être fait directement avec la nouvelle version 1.055), on a découpé la fenêtre en 2 sous-fenêtres de 10 minutes, puis en 4 sous-fenêtres de 5 minutes.

Voici le tableau des lignes de base qui n'ont pas pu être calculées:

On s'attendait bien à ce que la difficulté de calculer une ligne de base augmente lorsque sa longueur augmente ou lorsque la durée d'observation diminue. Ce qui est étonnant, c'est qu'on ait pu en recalculer autant, malgré leur grande longueur, et surtout une durée d'observation bien plus courte que les spécifications ne l'exigeaient.

### 8.2 Analyse de précision et de fiabilité avec LTOP

Pour tester la précision et la fiabilité de ces nouvelles lignes de base à courte durée d'observation, on les a rajoutées dans LTOP à la totalité des observations GPS, mais en mode «éliminé», c'est-à-dire avec

Durée d'observation	5–8 km (12 bases)	7–10 km (13 bases)
20 minutes	0	0
10 minutes	0	2
5 minutes	2	7

une erreur moyenne a priori très grande, afin de ne pas dégrader le résultat d'ensemble, mais seulement dans le but de les confronter à celui-ci.

On constate une certaine dispersion, surtout pour les lignes de 7 à 10 km observées seulement 5 minutes: les résidus atteignent en moyenne 10–20 mm en planimétrie. 20–40 mm en altimétrie. Si l'on excepte le point 226, les résidus extrêmes atteignent 40 mm en planimétrie et 64 mm en altimétrie, pour une base de 8.2 km.

Quant au point 226, l'une des 4 périodes d'observation réduite à 5 minutes montre, pour des longueurs de base de 9.6 km et 7.3 km, des résidus d'environ 8 cm en planimétrie et 13 cm en altimétrie. Il faut exclure ici une explication faisant intervenir une mauvaise résolution des ambiguïtés.

On peut relever, ici encore, qu'à côté des quelques problèmes évoqués, une grande majorité des bases déterminées par des durées d'observation très réduites conservent une très bonne précision.

## 9. Récapitulation des résultats

Le test d'Echallens s'est déroulé dans d'excellentes conditions du point de vue GPS (dégagement topographique, constellation des satellites disponibles, absence de sources de perturbations telles que multipath). D'autres expériences devront montrer quels problèmes peuvent surgir dans des conditions moins idéales. Les résultats peuvent être résumés ainsi:

- Des mesures respectant les spécifications de Leica garantissent en principe une précision de 5 mm + 1 mm/km.
- Exceptionnellement, il peut arriver que malgré le respect de ces spécifications, une base ne puisse pas être calculée ou n'ait pas la précision escomptée. A Echallens, ce n'est arrivé que pour quelques bases supérieurs à 5 km.
- D'autres expériences ont aussi montré qu'une mauvaise résolution des ambiguïtés ne peut pas être totalement exclue.
- Lors de mesures ne respectant pas les spécifications de Leica, les conséquences sont diverses et impossibles à prévoir:

- la ligne de base ne peut pas être calculée
- la ligne de base est calculée:
  - la précision est excellente
  - la précision est amoindrie
  - une faute de quelques centimètres jusqu'à plusieurs mètres résulte d'une mauvaise résolution des ambiguïtés.
- Le fait qu'une ligne de base a pu être calculée ne prouve pas que la précision nécessaire est atteinte.
- Des fautes grossières (par ex. fausses ambiguïtés) n'affectent pas forcément simultanément la planimétrie et l'altimétrie. L'une peut être fautive et l'autre correcte, ou vice versa.
- L'indicateur «Stop and Go» semble assez fiable pour l'estimation de la durée nécessaire d'observation.

## 10. Conclusions pour la mensuration officielle

Les conclusions pour la mensuration officielle ont été introduites dans les «Directives pour la détermination des points fixes planimétriques de la mensuration officielle à l'aide de GPS» de décembre 1992.

Les points les plus importants en sont rappelés ici:

- La méthode «statique rapide» avec l'équipement WILD GPS-System 200 convient à une utilisation en mensuration officielle.
- La pratique usuelle du logiciel SKI, consistant à faire une moyenne pondérée des déterminations multiples de points, n'est pas acceptable en mensuration officielle car elle n'offre pas les informations requises de précision et de fiabilité. La mensuration officielle exige une compensation générale par les moindres carrés. Cette possibilité est annoncée par Leica (février 1993).
- Il est conseillé de respecter les spécifications de Leica concernant la durée d'observation, le GDOP et le nombre de satellites visibles, sans quoi des résultats faux ne peuvent pas être exclus. L'indicateur «Stop and Go» donne une estimation relativement sûre du temps d'observation nécessaire.

- En mode «statique rapide», on s'en tiendra dans la mesure du possible à des lignes de base inférieures à 5 km. Si des bases plus longues sont nécessaires, on prévoira au moins 5 satellites visibles.
- Un double stationnement indépendant est indispensable pour éviter des fautes grossières (erreurs d'identification, de centrage, de mesure des hauteurs d'antenne, d'ambiguïtés mal résolues, etc.)
- Le rms a priori, fixé dans SKI par défaut à 10 mm, ne doit pas être augmenté lors de mesures en mode «statique rapide».

## Remerciements

Nous remercions la maison Leica pour la mise à disposition de récepteurs et du logiciel, et pour son appui pendant et après les mesures. Nous remercions aussi le bureau Grunder AG qui a mis 2 récepteurs à disposition à des conditions très favorables.

Un rapport détaillé, en allemand, est disponible sur simple demande auprès de Th. Signer, Office fédéral de topographie, à l'adresse ci-dessous.

Adresses des auteurs:

Thomas Signer  
Office fédéral de topographie  
Seftigenstrasse 264  
CH-3084 Wabern

Hubert Dupraz  
Institut des mensurations  
DGR-EPFL  
CH-1015 Lausanne

Ch.-H. Aeschlimann  
Lüscher & Aeschlimann SA  
Moosgasse 31  
CH-3232 Ins

André Jolidon  
Service du cadastre et du registre foncier  
3, Av. de l'Université  
CH-1014 Lausanne

## Meistbietend zu verkaufen:

*Eines der bekanntesten Instrumente unseres Jahrhunderts aus der  
Werkstätte von Heinrich Wild.*

### UNIVERSAL-THEODOLIT WILD T 4

*für Haupttriangulationen und geographische Ortsbestimmungen höchster Genauigkeit im  
Bestzustand, komplett in 4 Behältnissen mit Stativ.*

*Das Instrument wird vom 5. bis 8. Mai 1993 auf der Geotechnica in Köln ausgestellt.*

*Halle 7.1, Gang Q, Stand 24.*

*Telefon 0049 - 2205 - 81446, Fax 0049 - 2205 - 86221*