

le profilomètre ferroviaire SURVER

Philippe Hallé (ing. division topographique SNCF)



Préambule

La pose et l'entretien de la voie ferrée nécessitent une connaissance de sa position avec une précision millimétrique. Un engin de métrologie appelé « voiture Mauzin », équipé de capteurs et circulant à une vitesse pouvant atteindre 200 km/h, mesure des défauts géométriques et millimétriques de la voie, en position relative. Il détecte des défauts de flèches, de variations de dévers, de nivellement en charge, sans rattachement à un référentiel extérieur à la voie.

Pour maîtriser la géométrie de la voie sur de grandes longueurs, par rapport à son environnement, définissable par un référentiel extérieur, la Division de Topographie de la SNCF s'est dotée d'un profilomètre ferroviaire, le SURVER. Développé par la société allemande GEO ++ et adapté aux spécificités françaises en collaboration, cet appareil mesure, en dynamique, la position de la voie en 3 dimensions, sur les lignes ferroviaires, avec une précision inférieure au centimètre.

La description du matériel, la méthodologie d'utilisation, ainsi que divers renseignements comme la précision, les fonctionnalités, ... ont fait l'objet du mémoire de fin d'études de Monsieur Fouzi Smaili (ESGT 99).

Principe de fonctionnement

Le fonctionnement du profilomètre ferroviaire repose sur l'utilisation de la mesure GPS Temps Réel « RTK-DGPS ». Une antenne GPS est mise en station sur un point connu. Le profilomètre est poussé par un opérateur, à une vitesse de 2 à 3 km/h. Il est équipé principalement d'une antenne, d'un récepteur radio, d'un inclinomètre, d'un extensomètre et d'un ordinateur. Il calcule sa position en utilisant les données transmises par la station fixe, et fournit les informations principales suivantes :

- Position planimétrique et altimétrique de l'axe de la voie ou d'une file de rail,
- Dévers,
- Écartements des rails.

L'ensemble des informations nécessaires au levé de la voie (coordonnées du point de référence, paramètres de transformations WGS84- > Système local, ...) est saisi au niveau de l'ordinateur qui pilote le SURVER et la référence, et donne en permanence la situation satellitaire des deux capteurs GPS.

Le levé de la voie peut être fait de deux manières différentes :

- Si la position théorique de la voie est connue, le levé est comparé au tracé en temps réel. Les écarts sont affichés en continu sur l'ordinateur et informent l'opérateur de la qualité de la voie,
- Sinon, l'ordinateur affiche les points levés.

Traitement des données

Les données des différents appareils de mesure sont synchronisées sur le temps GPS. L'ordinateur du Surver qui fonctionne sous environnement OS/2, multi-tâches, permet de gérer simultanément les mesures, à partir de dix modules différents. Ces modules sont regroupés en 3 entités :

- Les modules de calculs qui traitent les mesures GPS et résolvent les ambiguïtés entières,
- Les modules de gestion des données mesurées,
- Les modules de visualisation et d'affichage.

En marge de ces modules utilisés en cours de mesures, il existe un module de gestion des résultats comportant notamment les informations liées au système de projection utilisé.

Le levé de la voie

Le levé de la voie débute par une phase d'étalonnage (détaillée au paragraphe « précisions »).

Si le tracé théorique n'est pas connu ou facilement récupérable, ce qui est généralement le cas des lignes actuelles hormis les lignes nouvelles à grande vitesse (LGV), le levé de la voie continue par la détermination d'un tronçon de quelques dizaines de mètres. Ce tronçon sert à initialiser le Surver en fournissant un tracé de référence (qui est le tracé théorique pour les LGV). Ce tracé va permettre de déterminer par des mesures en aller-retour le défaut de verticalité du mat de l'antenne GPS. La calibration terminée, l'enregistrement des données de la voie, référencées par rapport au point kilométrique, peut commencer.

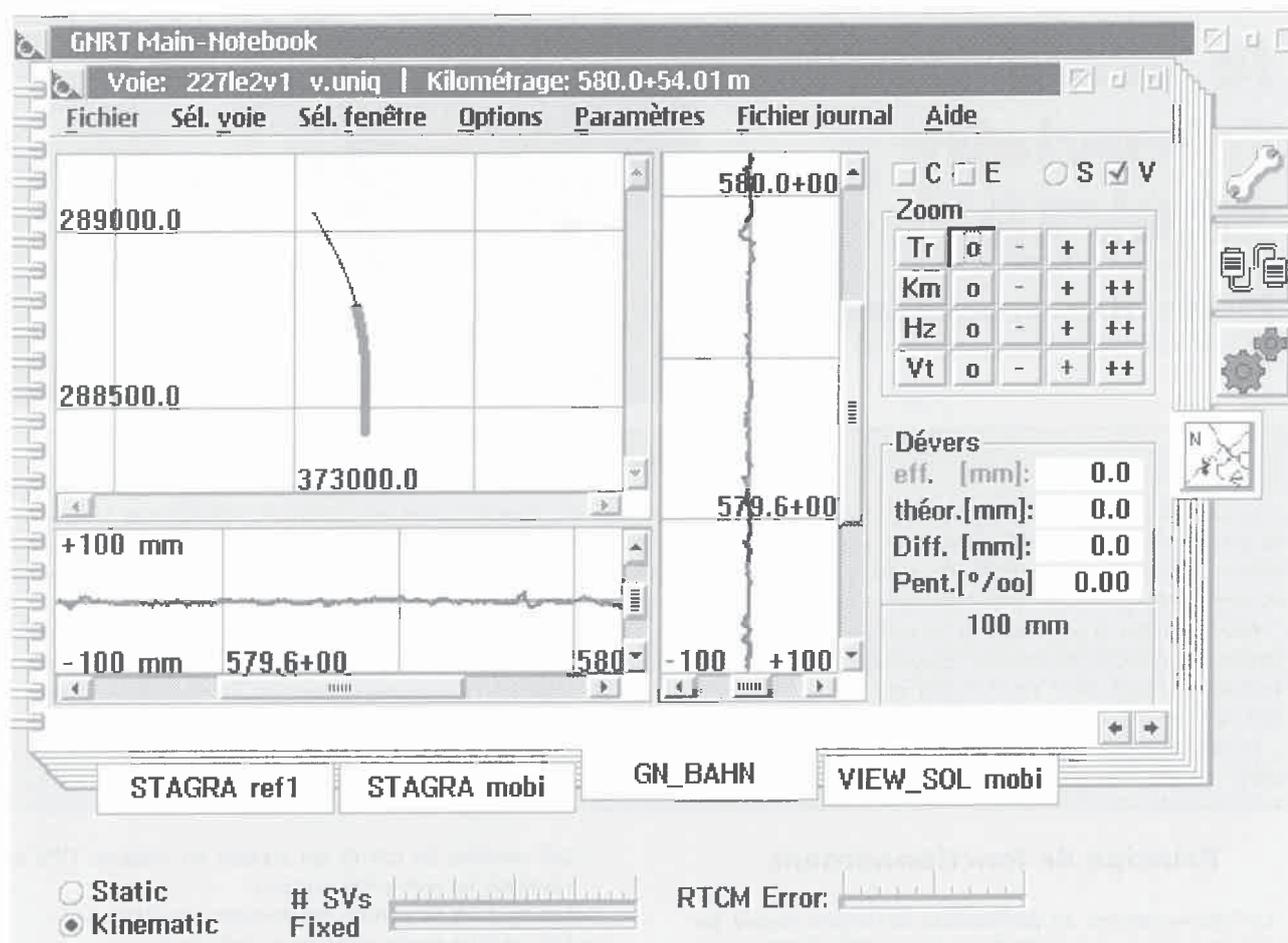
Ainsi, le levé est référencé par son abscisse curviligne et par les coordonnées déterminées.

La vitesse de progression permet à une fréquence de 1 seconde un enregistrement cadencé inférieur au mètre.

Chaque levé génère 5 fichiers de résultats :

- Un fichier graphique de type binaire, destiné à fournir un tracé théorique pour des levés ultérieurs de la voie.





Visualisation du levé de voie sur l'écran de l'ordinateur

Ce tracé interpolé par une courbe spline est paramétrable par l'utilisateur (10 m par défaut),

– Un fichier de mesures où les données GPS peuvent être ou non enregistrées en vue de d'un traitement ultérieur,

– Trois fichiers textes de résultats comprenant :

– Un fichier protocole qui enregistre les paramètres actifs durant les mesures ainsi que différents événements survenus pendant le levé. Ces événements (interruption d'enregistrements pour cause de franchissement d'obstacles, par exemple) sont datés et géoréférencés par l'abscisse curviligne,

– Un fichier de coordonnées comprenant notamment :

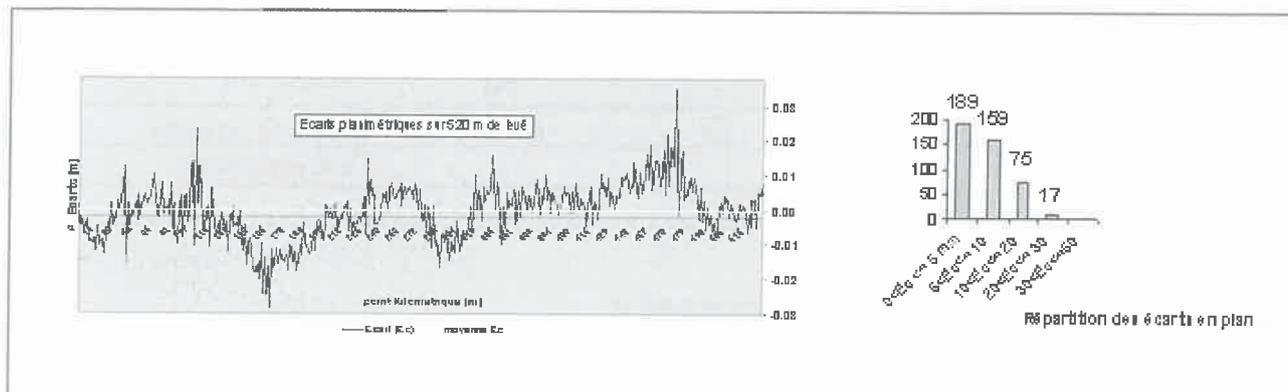
- Le kilomètre,
- Les coordonnées planes réduites à l'axe,
- L'altimétrie réduite à l'axe,
- Le dévers de la voie,
- La précision des coordonnées,
- L'écartement des rails,
- La position de l'antenne au-dessus de la file de rail concernée,...

– Un fichier d'erreurs avec les écarts entre le levé et le tracé théorique.

Les résultats sont ensuite exploités en DAO, sous Autocad, où une polyligne est créée (2D ou 3D suivant les besoins) avec une densité de points choisie par l'utilisateur.

PK en m	X en m	Y en m	Z en m	Dévers en m	Emq X	Emq Y	Emq Z	Écart. Rails	Pos. GPS/trail
577777.6911	373098.8799	290044.933	12.082	-0.0459	0.003	0.006	0.011	1.435	-1
577778.2909	373098.5749	290044.4164	12.0748	-0.0472	0.003	0.006	0.01	1.436	-1
577779.01	373098.2196	290043.7911	12.0758	-0.0462	0.003	0.005	0.01	1.435	-1
577779.7528	373097.8393	290043.153	12.0701	-0.0477	0.003	0.005	0.01	1.436	-1
577779.7528	373097.8393	290043.153	12.0701	-0.0477	0.003	0.005	0.01	1.436	-1
577783.6314	373095.8816	290039.8049	12.0559	-0.0492	0.003	0.005	0.009	1.435	-1
577784.5008	373095.4402	290039.0561	12.041	-0.0496	0.004	0.008	0.015	1.435	-1
577785.3898	373094.9969	290038.2857	12.0449	-0.0506	0.004	0.008	0.015	1.435	-1

Extrait d'un fichier résultat



Écarts planimétriques entre un levé du profilomètre et un levé GPS temps réel ponctuel

Précisions

Pour obtenir des résultats avec une précision inférieure au centimètre, il est indispensable de suivre un mode opératoire rigoureux intégrant l'étalonnage de chaque appareil de mesures. Les antennes GPS Leica AT303-chokering sont orientées avant les mesures sur un site dégagé pour la station de référence.

L'inclinomètre est étalonné par des mesures de dévers dans deux positions opposées.

L'extensomètre est étalonné par comparaison avec une lecture directe de l'écartement des rails.

L'étude de différents sites d'interventions où nous avons pu comparer plusieurs systèmes de mesures optiques, GPS temps réel ponctuel et Surver donne une précision par rapport à des bornes d'un canevas d'une densité d'un point tous les 2 km, implantées le long de la voie, de +/- 8 mm en planimétrie et +/- 1 à 2 cm en altimétrie. Des difficultés à maîtriser l'altimétrie conduisent à recalculer régulièrement les mesures GPS, par des mesures de nivellement direct tous les 100 mètres environ.

Impératifs

Les mesures dynamiques en temps réel ont été privilégiées aux calculs différés des données pour 2 raisons majeures :

- Il n'est pas nécessaire de solliciter pour chaque levé un spécialiste du traitement GPS pour calculer et interpréter les résultats,

- L'affichage immédiat des résultats à l'écran permet à l'opérateur de vérifier que toutes les zones ont été traitées (absence d'oubli ou de masque). Il est impératif que chaque mission soit entièrement terminée avant de quitter le site, compte tenu de notre rayon d'action et des contraintes d'intervention.

Perspectives de développements

Opérationnel depuis septembre 1999, le profilomètre ferroviaire nécessite quelques développements pour une utilisation optimale :

- Adaptation du Surver à la réception de correction GPS issue de différentes stations de références, utilisant le format standard RTCM. Cette homogénéisation permettra de lever la voie et les points de détails simultanément,
- Amélioration de l'alimentation en énergie qui pénalise actuellement le poids de l'appareil (45 kg),
- Filtrage des données afin de lisser la trajectoire et éliminer le bruit de la mesure GPS qui se traduit par des écarts en position brusques et ponctuels,
- Exploitation du tracé enregistré afin de calculer les éléments géométriques réels de la voie (droite, clothoïde, cercle).

ANNUAIRE 2000 DE L'AFT

Troisième édition adaptée à l'évolution de la profession. Tous les adhérents de l'association, classés et répertoriés. Par ordre alphabétique, par régions et départements, par secteur d'activité, par pays pour les membres étrangers. Les abonnés à la revue XYZ, les adresses utiles à la profession, les écoles, les administrations, les fédérations, les associations françaises et étrangères du métier, les industriels et les fournisseurs de matériels et de prestations.

Toutes les coordonnées XY et Z de la profession sur votre bureau.

Edité par l'AFT en janvier 2000.

L'exemplaire 200 F TTC (envoi + 30 F), 5 exemplaires 190 F TTC l'unité (envoi + 55 F).

Prix "étudiant" : 160 F TTC (envoi + 30 F).

Pour les grandes quantités, consulter l'AFT.