

Surveillance d'affaissements m Roncourt, année 2000

L'image ci dessous (photo1) est assez représentative des impacts en surface de zones subissant l'influence de désordres souterrains.

Le site de Roncourt (57) fait partie des secteurs d'ores et déjà identifiés par nos interlocuteurs de la DRIRE Lorraine comme subissant l'influence de l'arrêt des exploitations minières de cette région.



photo 1

L'IGN, en l'occurrence, la Division des Travaux Spéciaux du Service de Géodésie et Nivellement, a mis en place et réalise diverses prestations dont le but est de fournir des informations topométriques en surface en relation avec ces phénomènes souterrains, entre autres :

- appareils robotisés sur Joeuf et Homécourt
- contrôle par nivellement traditionnel sur divers sites
- mise en œuvre d'une nouvelle technique de nivellement par GPS.

La diversité des zones à surveiller ainsi que leur nombre et leur étendue ont motivé la demande de nos interlocuteurs de réfléchir à un procédé :

- permettant d'effectuer une surveillance régulière et aisée à mettre en œuvre
- minimisant la monumentation
- fournissant une densité de points mesurés importante
- permettant la création d'un maillage dense de la zone surveillée
- fournissant une information de précision centimétrique.

L'option retenue a été de s'appuyer sur le réseau routier en utilisant les moyens décrits plus loin, le maillage étant réalisé par la densité du réseau, étant entendu qu'il est toujours pos-

sible de le densifier en parcourant à pied les zones trop peu déterminées.

Le système utilisé :

- se compose d'une antenne GPS fixée sur le toit d'un véhicule (photo 2) roulant à une vitesse d'environ 36 km/h (soit 10 m/s), enregistrant toutes les secondes
- doit fonctionner sur toutes les voies carrossables et ouvertes à la circulation.

Le problème principal posé par ce montage est simple : la hauteur de l'antenne par rapport au véhicule est constante, par contre ce véhicule n'a pas une hauteur constante par rapport au sol.

La solution retenue consiste à associer au support d'antenne un capteur à ultrasons (photo 3) permettant à tout moment de connaître la position de cet ensemble rigide par rapport au sol.

Plus en détail, les moyens mis en œuvre à l'heure actuelle pour la partie mobile comprennent :

- un véhicule de type «utilitaire» (en l'occurrence un Jumpy)
- un récepteur et une antenne GPS de type «Géodésique» embarqués
- un capteur à ultrason
- un ordinateur pilotant le capteur



photo 2



Partie inférieure du capteur à ultrasons

photo 3

iniers par trajectographie GPS

C. Romieu (IGN), T. Person (IGN)

- un Data-Logger associé au capteur
- un système d'alimentation pour l'ensemble des instruments

La partie fixe associée au segment mobile comprend 2 (ou 3) récepteurs répartis uniformément sur la zone et déterminés au préalable. En termes de personnel, il est nécessaire actuellement de disposer d'un chauffeur et d'un opérateur.

A l'issue d'une série d'observations, les traitements initiaux s'organisent de la manière suivante:

- détermination des points fixes à partir de points du RBF en mode statique
- calcul de la position de l'antenne en mode «trajectographie» à partir de chacun des points
- test sur le RMS puis pondération
- intégration de la hauteur d'antenne fournie par le capteur à ultrasons

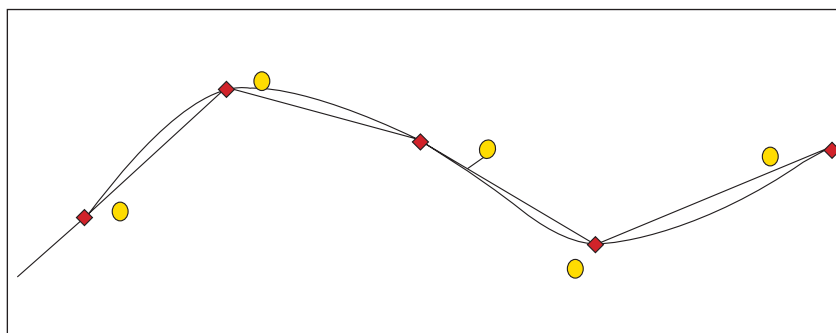
Le système tel qu'il vient d'être décrit permet d'obtenir une information utile pour bon nombre de configurations. Néanmoins, certaines questions se posent et en particulier :

- qu'en est-il de la «superposabilité» des trajectoires successives ?
- que comparer entre opérations ?

Le graphique ci contre explicite cette notion de superposabilité : il présente 3 trajectoires successives dans un plan (X, Z) et montre les différences entre les 3 passages. Un deuxième problème posé est relatif à la définition de ce que l'on doit comparer entre opérations sachant que chacune des lignes représentant une trajectoire est composée de points non identiques à chaque intervention.

Il est donc nécessaire d'effectuer des traitements complémentaires qui consistent en :

- une définition d'un objet «trajectoire» constitué d'une succession de segments en 3D
- pour chaque point de la deuxième mesure, recherche du point «virtuel» le plus proche, en planimétrie, sur la première trajectoire



- calcul de la différence de hauteur entre le point mesuré opération N et le point virtuel correspondant opération «0» ou «N-1».

Le schéma suivant explicite succinctement le problème posé lors de la comparaison de deux trajectoires.

Les premiers résultats obtenus à l'issue de tests réalisés sur l'esplanade du château de Vincennes et sur le site «réel» de Roncourt peuvent être résumés de la façon suivante :

- distances entre trajectoires : 80 % des points sont à mieux que 20 cm de la trajectoire initiale. Ces 80 %

deviennent 90 % si le chauffeur dispose d'une ligne matérialisée au sol à laquelle se référer.

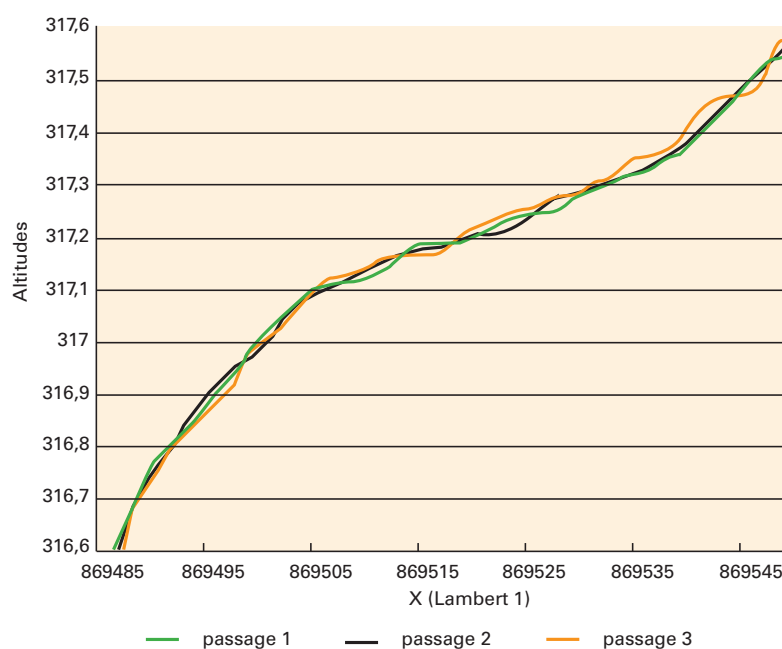
- dénivelées D, distance entre 2 trajectoires, (écart type des dénivelées obtenues en comparant les trajectoires) :

$D < 1\text{ m} : \sigma = 30 \text{ à } 35\text{ mm}$

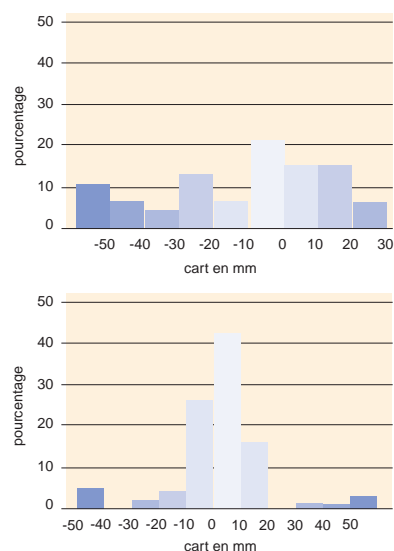
$D < 0.2\text{ m} : \sigma = 20\text{ mm}$

$D < 0.1\text{ m} : \sigma = 18\text{ mm}$

Ces valeurs générales sont à moduler selon les diverses configurations rencontrées. Par exemple, une estimation des variations des résultats a été faite relativement à la présence de masques de type arbres.



Les deux graphiques suivants présentent cette variation pour des points où $D < 0.2$ m



Les écarts types associés sont respectivement 4.2 cm et 1.5 cm pour les zones «arborées» (et en courbe) et les zones très dégagées. Néanmoins, ces chiffres sont à considérer avec précaution, l'échantillon utilisé restant somme toute assez limité.

Les problèmes actuellement identifiés, et pour lesquels différentes solutions sont à l'étude, se révèlent très divers :

- masques dans les milieux urbains ou arborés
- passage sur la même trajectoire lors des différentes interventions
- synchronisation capteur / GPS
- dérive de l'horloge PC
- réflectivité différentielle du sol
- amélioration des outils de calculs GPS

On peut d'ores et déjà tirer les conclusions suivantes au vu de ce qui a été réalisé :

- Outil performant :
au niveau technique : mieux que 2 cm en z
d'un point de vue économique : jusqu'à plusieurs dizaines de km/jour à deux personnes
- Utilisation très performante si le parcours est dégagé, peu sinueux et facilement répétable. Il est probable que, pour de telles conditions, la précision des résultats soit améliorée et approche le centimètre à un σ .

Les expériences réalisées montrent également que dans des zones à

conditions difficiles, la multiplication des passages amène une amélioration sensible en termes de précision. Néanmoins, les problèmes de masques ont des effets très importants en termes de dégradation de la précision des résultats finaux.

D'autres voies sont également à l'étude, toujours en vue de disposer d'informations fiables et les plus précises possibles. Entre autres :

- utilisation de plusieurs antennes/capteurs
- détermination de l'influence des phénomènes de roulis tangage du véhicule
- minimisation, voire élimination, des multi-trajets
- utilisation de logiciels scientifiques pour les traitements des observations.

Toutes ces améliorations possibles nous laissent espérer l'obtention de résultats proches du centimètre pour des conditions moins favorables que celles rencontrées jusqu'à présent, permettant ainsi d'utiliser un processus relativement aisé à mettre en œuvre sur des secteurs de plus grande ampleur qu'actuellement. ●