

AMELIORATIONS ET EVOLUTIONS DES MESURES REALISEES AVEC LE SYSTEME GPS AU SEIN DU SERVICE TOPOGRAPHIE D'EDF-DTG.

Société d'accueil : Service Ingénierie Topographie d'EDF-DTG
PFE présenté par : **Stéphane Polo**
Directeur (directrice) du PFE : M. Michel Trouillet
Correcteurs : M. Jacques Ledig
M. Gilbert Ferhat



1. Introduction et objectifs

Les grands ouvrages d'art sont généralement soumis à des contraintes internes et externes qui engendrent des déformations et des déplacements de leur structure. Dans le cas des barrages, des facteurs extérieurs comme la poussée hydrostatique et les variations climatiques agissent directement sur l'ouvrage. Il est de ce fait primordial d'observer et d'analyser le comportement du barrage. En effet, la collecte régulière d'informations sur ces phénomènes de mouvements permet de détecter des anomalies le cas échéant.

L'appréciation du comportement d'un barrage s'effectue essentiellement en interprétant les résultats des mesures d'auscultation, et il est essentiel que l'interprétation s'effectue peu de temps après l'exécution des mesures pour déceler sans délai tout comportement anormal. Jusqu'à aujourd'hui, l'auscultation des grands barrages se fait essentiellement à l'aide d'instruments de mesures placés à demeure dans la structure de l'ouvrage. Parmi les différents dispositifs d'observation employés, on retrouve très souvent l'utilisation de pendules. Cette technique a l'avantage d'être fiable, robuste, précise ($\pm 0,2$ mm), et simple d'utilisation. De plus, l'acquisition des mesures peut être automatisée grâce à un système de lecture optique et se faire à distance.

Cependant, certains barrages sont dépourvus de ce type de système d'auscultation, le plus souvent pour raisons techniques : lorsqu'on est en présence d'un barrage à double voûte dont la courbure verticale est trop prononcée, l'installation de pendules s'avère parfois impossible ; de même pour les cas de barrages en remblais qui ne peuvent être suivis par systèmes pendulaires. C'est pourquoi l'utilisation du système permanent de positionnement par GPS peut dans ce cas s'avérer intéressante en complément des systèmes d'auscultation existants.

Etant donné que cette méthode de suivi d'ouvrages n'est pas encore intégrée au sein de la DTG, il convient donc d'en étudier les performances techniques plus en détail afin de s'assurer que l'auscultation de barrages par ce moyen est envisageable. Ainsi, l'objectif principal du projet est de déterminer la précision pouvant être atteinte avec le GPS, ainsi que la fiabilité de ce système et des mesures obtenues, sachant que les mouvements à observer ne dépassent généralement pas quelques millimètres. On se penchera ainsi de manière globale sur l'amélioration de l'ensemble de la « chaîne de mesures », depuis l'acquisition des mesures sur le terrain jusqu'aux résultats finaux obtenus après traitements des observations. Les expériences ont été réalisées, dans la mesure du possible, dans des conditions proches de celles que l'on rencontre en barrage.

2. Contexte actuel de l'utilisation du système GPS pour l'auscultation de barrages

L'auscultation de barrages à l'aide du système GPS a déjà fait l'objet de plusieurs études. Le GPS peut s'avérer intéressant car il permet a priori de s'affranchir de plusieurs inconvénients liés aux systèmes d'auscultation plus traditionnels. Cependant, ce système est lui-même soumis à de fortes contraintes d'utilisation si l'on souhaite obtenir une précision millimétrique sur les observations. Les études consultées dans le cadre du projet mettent ainsi en évidence la difficulté d'obtenir des résultats fiables par rapport aux tolérances spécifiées par différents organismes de contrôle. Cela est dû en partie à plusieurs erreurs inhérentes au système GPS, qui sont cependant connues pour la plupart, et dont on peut, sinon éliminer, au moins diminuer fortement l'influence sur les mesures.

Le recensement des principales erreurs inhérentes au système GPS permet de définir les méthodes d'observation et de calcul à mettre en œuvre afin d'optimiser la qualité des observations lors des tests expérimentaux et de s'affranchir le plus possible de l'influence des erreurs de mesures sur la précision des résultats. Une fois définie la méthodologie pour l'observation de barrages par le moyen du GPS, il est alors possible de réaliser des campagnes de mesures afin de déterminer les performances du GPS dans le cadre qui intéresse précisément EDF.

Il ressort de cette synthèse que le mode d'observation préconisé dans les expériences du projet est le mode statique géodésique permettant d'obtenir un positionnement relatif. De plus, il faut veiller à ce que le temps d'observation soit suffisamment long et les lignes de base suffisamment courtes pour résoudre les ambiguïtés entières et diminuer l'influence d'un maximum d'erreurs. Les dénivelés entre la station de référence et les stations mobiles doivent être aussi faibles que possible et on s'assurera également de l'utilisation d'antennes de type Choke-Ring pour contrer les multi-trajets (Tableau 1).

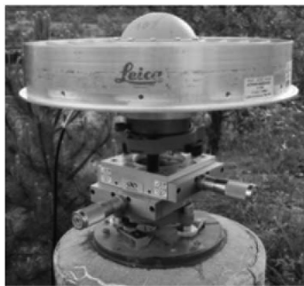
Positionnement relatif par mesures de phases (L1, L2), double différence	Bruit des mesures de 1 à 2 mm au maximum, élimination des influences des effets atmosphériques sur les mesures, résolution des ambiguïtés entières.
Longues sessions de mesure (solutions journalières préférables)	Permet de « lisser » les observations et de diminuer l'influence d'un mauvais GDOP à une certaine époque ainsi que des effets dus aux multi-trajets.
Lignes de base courtes (quelques centaines de mètres maximum)	- Permet de s'affranchir des combinaisons linéaires de phases, utilisation possible de L1 seule (moins bruitée que L2). - Optimise les chances de fixer correctement les ambiguïtés entières.
Faible dénivelé entre les stations (quelques mètres maximum)	Permet une meilleure corrélation entre les retards troposphériques, d'où une meilleure précision sur les lignes de base.
Antenne Choke Ring	- Permet de s'affranchir des trajets multiples. - Les centres de phases sont plus stables dans le temps.
Angle de coupure à 15°	En dessous de cette valeur, les modèles troposphériques se dégradent fortement, les signaux étant beaucoup trop déformés ou retardés par les effets atmosphériques.

Tableau 1 : Récapitulatif des conditions pour une précision millimétrique en positionnement GPS.

Il faut également souligner que toutes les expériences du projet ont été réalisées avec un matériel de mesure de qualité géodésique : antennes Choke-Ring de type Leica AT504, récepteur bi-fréquences de type Leica GX1220 et Leica SR530.

3. Tests GPS avec platine de centrage

Des tests d'exactitude du système GPS ont été réalisés à la centrale nucléaire de Creys-Malville (38). Pour ce faire, les expériences ont été réalisées dans des conditions proches de celles rencontrées en condition réelle. Il s'agit de simuler des mouvements planimétriques de même ordre de grandeur que ceux observés sur le barrage de Vouglans (39), qui sont de quelques millimètres, et de vérifier que ces déplacements sont observables avec le GPS.



Deux stations GPS sont installées : une station de référence et une station mobile dont l'antenne est fixée sur une platine de centrage (Figure 1). Les observations sont réalisées en mode statique géodésique dans des conditions similaires à celles que l'on peut rencontrer en barrage (lignes de base courtes d'environ 130 m, faible dénivelé entre les stations d'environ 1 m). Les traitements des mesures GPS pour les deux campagnes ont été effectués avec le logiciel Leica Geo Office, version 7.0, avec un pas d'échantillonnage de 30 secondes et des orbites radiodiffusées, les paramètres généraux de calculs étant laissés en mode automatique.

Figure 1 : Station mobile avec la platine de centrage supportant l'antenne de type Choke-Ring LEIAT504.

On calcule ensuite depuis la station fixe VOUF, à laquelle on fixe des coordonnées définitives pour le reste de l'expérience, les stations mobile VOU1 et VOU2 situées sur le couronnement du barrage (Figure 2). On assimile au point mesuré par chaque station GPS mobile le point d'ancrage du pendule le plus proche, éloigné de quelques mètres seulement. Les déplacements sont présentés dans le système de coordonnées radial-tangentiel propre à chaque pendule par souci de convention avec les méthodes de suivi d'auscultation d'EDF (Figure 3).

Les mesures pendulaires indiquent un déplacement radial de la voute d'une amplitude de 4 mm. On observe une fidélité satisfaisante des observations GPS par rapport à celles du pendule, avec un écart maximal entre une solution GPS et pendulaire de 1,2 mm (Figure 3).

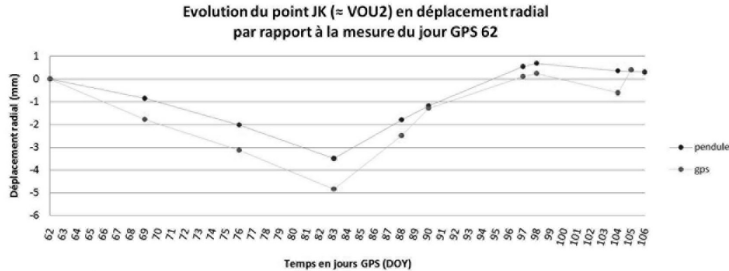


Figure 3 : Comparaison entre les déplacements radiaux mesurés par pendules et par GPS.

Une étude de coût a ensuite été menée en collaboration avec Leica Geosystems afin de déterminer les moyens financiers à mettre en œuvre dans le cas d'un système d'auscultation permanent pour barrage de Vouglans.

5. Etude comparative entre logiciels de traitements GPS « scientifiques » et « commerciaux »

EDF est surtout intéressée de savoir si l'utilisation d'un logiciel scientifique pour les traitements des données GPS issues de ses chantiers peut apporter une amélioration au niveau de la chaîne de traitement, à savoir un gain de temps et de précision sur les résultats. C'est pourquoi des tests comparatifs ont été réalisés pour des projets de même nature.

En se plaçant dans le contexte d'utilisation d'un logiciel de traitement pour une entreprise telle qu'EDF, les logiciels scientifiques présentent des inconvénients non négligeables en termes de rapidité de production et de quantité de données à prendre en compte. A part pour quelques projets présentant des contextes particuliers, tels que d'importants dénivelés entre les stations où un logiciel scientifique permet d'obtenir des résultats en altimétrie de meilleure qualité, il ne ressort pas de cette étude que l'acquisition d'un tel logiciel soit préconisée pour le service topographique d'EDF-DTG.

6. Conclusion

Les tests réalisés avec le système GPS ont permis de dégager des résultats prometteurs en termes de précision et d'exactitude concernant l'auscultation de grands ouvrages d'art tels que les barrages. De plus, bien que le coût financier de l'instrumentation soit encore prohibitif, l'installation de stations GPS permanentes est relativement aisée à mettre en œuvre et demeure moins coûteuse que l'ajout de systèmes pendulaires nécessitant des travaux de génie civil.

L'installation d'un système GPS permanent est donc préconisée pour l'auscultation de barrages dépourvus de pendules afin d'effectuer un suivi régulier continu permettant de quantifier les mouvements planimétriques de la structure.

Concernant l'amélioration du processus de traitement, l'acquisition de logiciels scientifiques n'est en revanche pas conseillée au regard des contraintes d'utilisation importantes. Les performances des logiciels commerciaux sont suffisantes pour la plupart des chantiers gérés par EDF.

Le GPS reste cependant un outil délicat à manipuler si l'on souhaite acquérir des précisions millimétriques sur les observations, notamment lorsque le contexte est défavorable (masques importants, lignes de bases longues, dénivelés conséquents, ...), et l'ajout des stations permanentes doit être précédé d'une étude détaillée du contexte de mesure.