

Peut-on Utiliser les Stations GPS Permanentes Ancfcc dans les Travaux Cadastraux au Maroc?

E.H. BENAÏM , M. KABRE, M. E. EL IMAM, Rabat, Maroc

Key words: Cadastre, GPS, Coordinate system, Accuracy, Permanente Station, RGPM.

SUMMARY

This study, whose theme is: "Can we use ANCFCC permanent GPS stations in the cadastral work in Morocco? aims to define technical requirements and a working procedure for the use of RGPM in cadastral work in the Moroccan context which is characterized by a deterioration of the coordinate system. Indeed, the Moroccan cadastre is facing a real problem: the deterioration of the existing coordinate system because of the lack of closeness in the surveying methods or the use of methods and practices which are not advisable. These practices lead to an obvious heterogeneity of the system on the whole and help to create "coordinate microsystems" within each projection area. Consequently, the owner-ships can overlap each one another. As the permanent GPS stations often are far from the work area, they can not entirely play their role of reference stations in this situation. Based on this observation, and aware of the benefits of permanent stations in the cadastral work, mainly the increase in productivity, a method based on the use of GPS positioning mode Stop & Go by using permanent GPS Station as a reference was developed. During the data processing, the permanent station is only considered to trigger the process of calculating and also to assess the degree of discrepancy between the work area system and the reference. In the final step of adjustment, 3 local known points which are re-observed in the same way that the new points, are fixed. This enables us to insert the owner-ship in its entourage and to avoid overlaps. The study was established at the base of an experiment carried out at 12, 19 and 23 km from the permanent GPS station of Rabat. A possible correlation, between the duration of the initialization and the results, received a special attention in this study. The results, compared with those obtained by conventional methods or by ordinary GPS method, support that this new method could be a possible outcome to avoid overlaps between owner-ships, in addition to its economic side.

Mots clés : Cadastre, GPS, Système de coordonnées, Précision, Station Permanente, RGPM.

RESUME

Cette étude dont le thème est : « Peut-on utiliser les stations GPS permanentes de l'ANCFCC dans les travaux cadastraux au Maroc ? » vise à définir, dans le contexte marocain caractérisé

par une détérioration du système de coordonnées, les conditions techniques et une procédure de travail pour l'usage du RGPM dans les travaux cadastraux. En effet, le cadastre marocain est confronté à un réel problème de détérioration du système de coordonnées à cause de l'usage de méthode et de pratiques non recommandées. Ceci a conduit à une hétérogénéité très prononcée du système dans son ensemble et contribue à créer des « micro-systèmes » de coordonnées au sein de chaque zone de projection. Conséquences, les Stations GPS Permanentes mises en place par l'ANCFCC ne peuvent plus jouer pleinement leur rôle de stations de références lors des levés cadastraux par méthode GPS. Partant de ce constat, et conscients des avantages que procurent les Stations Permanentes dans les travaux cadastraux et notamment dans l'augmentation de la productivité, une méthode, basée sur l'utilisation du mode de positionnement GPS Stop & Go utilisant une station permanente comme référence, a été développée. Lors du traitement des observations, la station permanente est considérée uniquement pour déclencher le processus de calcul et évaluer le degré de discordance entre le système de la zone de travail et la référence. Dans l'étape de l'ajustement définitif, 3 points de la zone de travail, connus et ré-observés de la même façon que les points nouveaux, sont fixés comme contraintes. Ceci permet d'insérer la propriété dans son environnement et éviter tout chevauchement. L'étude a été établie à la base d'une expérience réalisée à 12, 19 et 23 km de la station permanente de Rabat. Une possible corrélation entre la durée de l'initialisation et les résultats, a reçu une attention particulière lors de cette étude. La comparaison des résultats avec ceux obtenus par les méthodes classiques ou par la méthode GPS ordinaire, atteste que cette nouvelle méthode, en plus de son caractère économique, pourrait constituer une solution réelle au problème de chevauchements entre propriétés.

Peut-on Utiliser les Stations GPS Permanentes Ancfcc dans les Travaux Cadastraux au Maroc?

E.H. BENAÏM , M. KABRE, M. E. EL IMAM, Rabat, Maroc

1. INTRODUCTION

Généralement, le cadastre est un inventaire public qui décrit la propriété foncière, en se basant sur un levé régulier de ses limites. Cette description permet de répondre aux besoins individuels ou collectifs, notamment en matière fiscale, foncière, juridique et économique.

Au Maroc, le levé régulier est assuré conventionnellement par deux rayonnements des bornes de la propriété en se basant sur des points d'appui connus ou préalablement créés par méthodes classiques ou récemment par l'usage du GPS en mode Statique ou en mode cinématique Stop and go. Toutefois, l'utilisation du GPS dans les travaux cadastraux au Maroc reste toujours lourde, du fait de la précision exigée et du procédé de travail, ce qui nécessite l'emploi de techniques coûteuses en matériels, notamment deux récepteurs fixes au minimum et un récepteur mobile. Avec la mise en place du réseau GPS permanent (RGPM) par l'ANCFCC, cette contrainte de référence peut être levée en utilisant les stations GPS permanentes du réseau comme référence. Seulement, encore faut-il que le dit réseau soit dense, homogène dans sa globalité. Etant donné que le système de coordonnées national n'est plus homogène, l'on peut se poser la question suivante : « Peut-on utiliser les stations GPS permanentes dans les levés cadastraux au Maroc, en l'occurrence dans une zone éloignée de la station ? » Cette question soulève en réalité le problème récurrent de la multiplicité et de l'hétérogénéité des systèmes de coordonnées qui engendrent des problèmes de rattachement lointains et donc de l'usage d'une station GPS permanente comme référence (impossibilité de levé globalisé). Alors, dans quelles limites et dans quelles conditions techniques, peut-on réaliser un levé cadastral en se basant sur une station du RGPM comme référence? Pour répondre à cette question, plusieurs études ont été réalisées à l'IAV visant l'intégration des stations permanentes dans les levés cadastraux. Il s'agit notamment de BAHIJ & BOUISSAM (2005) et de BOURHIM & ELLABBASSI (2006). Ces travaux ont conduit, sur la base des résultats obtenus, à des recommandations sur l'usage des modes statique et statique rapide comme moyen efficace d'intégration des stations permanentes dans les levés cadastraux. Cependant, l'usage de la statique rapide (avec la station permanente comme pivot) ne permet pas un grand rendement. Aussi, en 2008, sur recommandation du Pr. BENAÏM un essai en Stop&Go à 10 km de la station RGPM de Rabat, a été fait par MARDADE (2008) avec un récepteur mono fréquence. Les observations ont été soumises à un traitement spécial. Les résultats étaient étonnants. C'est cette dernière expérience qui nous a incités à tester la généralisation de cette méthode sur des distances allant de 10 à 30 km.

2. CONTEXTE

Au Maroc, malgré les efforts accomplis par l'ANCFCC, l'immatriculation foncière constitue toujours un problème délicat, du fait des moyens considérables que cela demande pour couvrir le maximum de surfaces du territoire. En effet, le cadastre est confronté à de nombreux problèmes qui entravent ses démarches pour atteindre ses objectifs. Parmi ces problèmes l'on peut citer d'une part :

- La multiplicité des systèmes de coordonnées,
- L'hétérogénéité des systèmes de coordonnées aussi bien au sein de chaque zone qu'entre les zones (zone de projection),
- Le manque d'un réseau géodésique dense et fiable,
- Le manque de cadres dans les services de l'ANCFCC,

D'autre part, le manque de cadres qui engendre une mauvaise structuration du privé, un manque d'éthique professionnelle dû au recrutement et formation dans le tas.

Aussi, on note l'existence d'un manque de professionnalisme devant la quête accrue de la grande production au détriment de la qualité.

Face aux difficultés que rencontre le cadastre dans le contrôle sur le terrain, ces problèmes s'accroissent et compliquent de plus en plus la situation au niveau de l'homogénéité du canevas de rattachement.

Conséquences, après levé, on assiste à beaucoup de chevauchements entre différentes propriétés, et aussi un mauvais positionnement par rapport à leur position réelle.

Afin de contribuer à la solution de ces problèmes, nous proposons cette technique de travail qui permettra l'utilisation RGPM dans les travaux cadastraux et qui permet d'insérer la propriété dans son entourage sans chevauchement aucun.

3. EXPERIENCE

Afin de juger de l'efficacité de la méthode, l'expérience a été réalisée sur un semi de points connus (bornes et/ou points du canevas topographique) dont on a choisi 3 points pour servir comme points de rattachement ou de calage. Les autres, ont joué le rôle de points témoins. Les résultats obtenus ont été comparés aux coordonnées anciennes.

Choix des sites d'expérimentation

Nous avons choisi de varier la distance qui sépare les sites d'expérimentation de la station permanente de 10 à 30 km environ afin d'étudier la possibilité offerte par la méthode. Dans chaque cas, on a fait des observations après une initialisation de 30min, 60min et 90min. Les sites ont été choisis en tenant compte de la stabilité des points. A cet effet, une sortie de reconnaissance a donc été utile pour valider le choix des sites (choix effectué sur la base de cartes topographiques et de mappes cadastrales). Le résultat obtenu est comme suit :

Rayon	Site (affaire cadastrale)	Localité	Remarques
12 km	Lotissement, T23475R	Salé Jadida	Terrain nu
19 km	Lotissement, T518R	Tamesna	Travaux d'aménagement en cours
23.3 km	Lotissement, T63439/38	Ain Aouda	Nouveau lotissement, constructions intenses

Table 1 : Sites retenus pour l'expérimentation

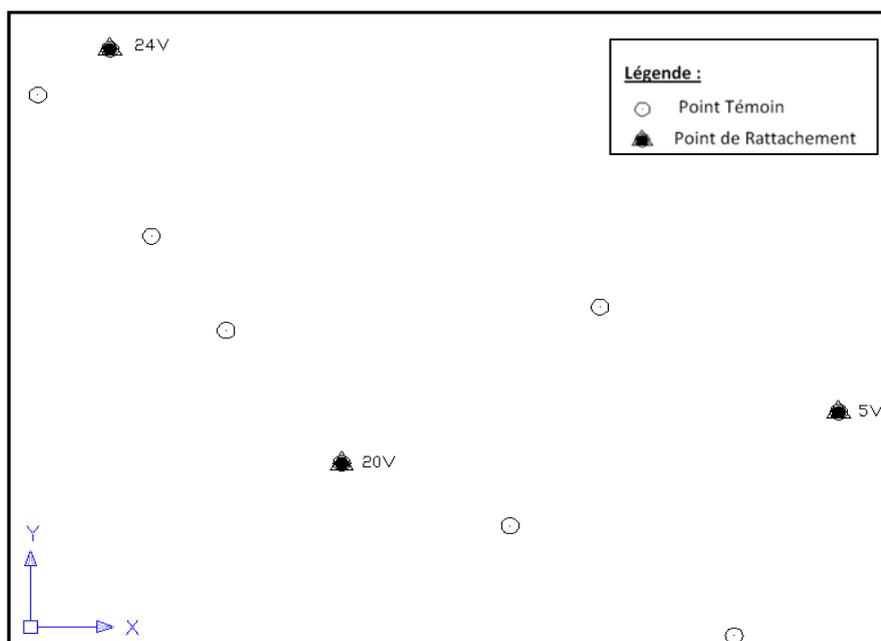


Figure 1 : Distribution des points de rattachement de : Tamesna

3.1 Collecte des données

3.1.1. Matériels utilisés

Pour mener à bien ce travail, nous avons utilisé le matériel suivant:

- un récepteur GPS Trimble 4600 LS Mono-fréquence, avec accessoires
- une canne cinématique,
- un ordinateur pour le traitement,
- un logiciel de traitement des observations (TGO),
- théodolite Wild T2,
- Un trépied
- Une chaîne de 50 m
- 2 jalons

3.1.2. Reconnaissance et préparation de la campagne GPS

Pour la campagne d'observation, nous avons procédé à une sortie de reconnaissance afin d'arrêter le semi de points support de l'expérience, de contrôler leur stabilité et de vérifier si le site est découvert.

La veille des observations, nous avons procédé à la préparation de la campagne GPS en déterminant les périodes d'observation favorables (nombre de satellites suffisant, PDOP favorable).

Les observations proprement dites ont été réalisées selon les règles et le paramétrage du mode d'observation Stop and Go (Table 2).

Mode	Intervalle d'enregistrement	Durée d'observation
Stop & Go	1s	30mn, 1h à 1h30mn d'initialisation
		15s d'occupation du point à lever

Table 2 : Mode d'observation utilisé.

Après avoir configuré le récepteur en mode cinématique stop & go on procède à l'initialisation en usant de la méthode du point nouveau. Une fois l'ambiguïté fixée, on passe au levé du semi de points de l'expérience.(points témoins et points de rattachement).

Traitements des observations

Le traitement a été effectué à l'aide du logiciel TGO en deux étapes . Le traitement des lignes de bases et l'ajustement libre dans le datum global WGS84, puis l'ajustement dans le datum Merchich (marocain). Nous fixons par la suite tour à tour les points de rattachement (points de rattachement) pour vérifier leur homogénéité l'un par rapport à l'autre. L'homogénéité étant assurée si les écarts observés ne dépassent pas 5 cm en milieu urbain et 15 cm en milieu rural. Si cette homogénéité entre les points de rattachement est vérifiée, on procède à la transformation locale qui consiste à fixer les trois points en même temps et refaire l'ajustement pour avoir les coordonnées des bornes dans le système local considéré. Cette transformation insère la nouvelle propriété par rapport aux anciennes voisines, évitant de ce fait le problème de chevauchement.

Il est à noter que les coordonnées de la station permanente ne sont pas prises en compte dans l'ajustement final car, étant donné que le système de coordonnées manque d'homogénéité, elles introduiront des écarts importants dans les coordonnées des bornes levées. Pour cela, nous l'utilisons comme pivot, juste pour déclencher la technique GPS différentielle qui est traduite par le calcul des lignes de base (référence – mobile).

3.2 Analyse des résultats

L'analyse porte sur les différences entre les coordonnées nouvelles des points témoins que nous avons déterminés et les coordonnées anciennes.

3.2.1 Variation des positions des bornes dans les différents sites

Les différences ont été calculées comme suit : $dX = X(\text{nouveau}) - X(\text{connu})$, $dY = Y(\text{nouveau}) - Y(\text{connu})$ et $E = (dX^2 + dY^2)^{1/2}$.

Les résultats obtenus figurent dans les tableaux ci-après :

– Site de salé

Points témoins du T23475 / ^R	E=Ecarts (cm) sur :	
	30mn d'initialisation	1h d'initialisation
B126	4,2	3,2
B127	2	0,9
B132	1,2	1,2
B133	1,1	3
B134	1,5	2,2
B135	1	1,9
B137	3,1	3,3
Ecarts moyens (cm)	2,0	2,2

Table 3 : Ecarts en position des points témoins du site de salé

– Site de Tamesna

Points témoins du T518R	E=Ecarts (cm) sur :		
	30mn d'initialisation	1h d'initialisation	1h 30mn d'initialisation
22V	1	1	2
21V	0	1	2
19V	3	3	3
18V	1	1,4	2
6V	3	4	4
Ecarts moyens (cm)	1,6	2,08	2.5

Table 4 : Ecarts en position des points témoins du site de Tamesna

– Site d'Ain Aouda

Points témoins du T63439/38	E=Ecarts (cm) sur :		
	30mn d'initialisation	1h d'initialisation	1h30mn d'initialisation
1085	3,4	3,3	1,4
1091	4,2	2,8	3,9
1099	4,1	6,1	2,9
1104	1,2	1,4	2,3
1111	1,4	1,1	3,1
1123	11	10	
S32	4	4,5	5,1
Ecarts moyens (cm)	4,1	4,2	3,1

Table 5 : Ecarts en position des points témoins du site d'Ain Aouda

Site de :	Ligne de base (km)	Nombre de satellites	PDOP	Temps d'initialisation	E (cm)
Salé	12	7	3	30 mn	2
			3.5	1h	2.2
Tamesna	19	8	1.9	30mn	1.6
		8	2.5	1h	2.1
		7	3	1h 30 mn	2.5
Ain Aouda	23	8	2	30 mn	4.1
		8	2	1h	4.2
		8	2.5	1h 30mn	3.1

Table 6 : Ecarts moyens en position des points témoins des différents sites en fonction de la longueur de base et du temps d'initialisation.

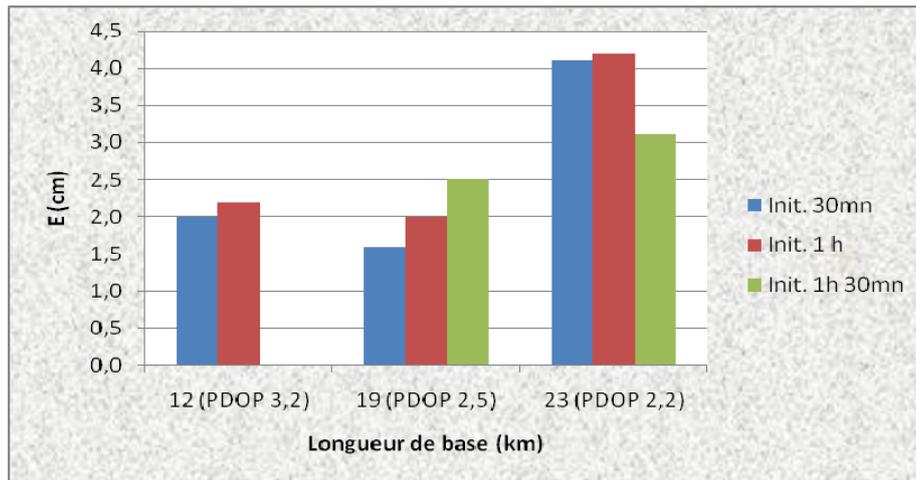


Figure 4 : Ecarts obtenus en fonction de la longueur de la base et du temps d'initialisation.

On remarque que les écarts entre les coordonnées GPS déterminées en stop and go et les coordonnées anciennes se situent entre 2 et 4.5cm. Les écarts relevés varient en fonction de la longueur de la ligne de base et du temps d'initialisation. En effet, plus la ligne de base est courte, plus l'écart est petit et vice versa. Mais il diminue si la durée d'initialisation est longue. Cet écart dépend très fortement du PDOP. Ainsi, à 12km malgré le PDOP (3.5) relativement grand, durant les 60mn d'initialisation, les résultats sont aussi bons que ceux de 30mn (une différence de 2mm). Sur le site de 19 km, on voit clairement l'influence du nombre de satellites et surtout du PDOP sur la précision des résultats obtenus. On a un minimum d'écart (1.6cm) avec 30mn d'initialisation, sur 8 satellites et un PDOP de 1.9 tandis qu'avec 1h 30mn d'initialisation, 7 satellites et un PDOP de 3, cet écart est de 2.5cm. A 23 km, avec sensiblement les mêmes conditions d'observation (8 satellite, PDOP de 2), l'initialisation de 1h 30mn donne de meilleurs résultats. Cependant, ces résultats ne diffèrent pas trop de ceux obtenus avec 1h d'initialisation.

3.2.2 Etude de la durée d'initialisation

La durée d'initialisation est un facteur très important dans le processus de levé étant donné qu'elle permet d'améliorer significativement les résultats. La finesse de la résolution des ambiguïtés a une incidence positive sur la précision des points relevés. Puisque nous faisons une initialisation en statique (point nouveau), une bonne résolution d'ambiguïté résulte d'une bonne observation de la ligne de base en statique. La durée d'observation dépend de la longueur de la ligne de base. En effet, ces résultats confirment ceux données par la bibliographie Table 7 (**Benaim, 2008**).

Long. De la ligne de base (D)	Durée d'observation	Intervalle d'enregistrement	Types d'éphémérides	Précision
10 km (zone équatoriale)	1h	10s ou 15s	Ephémérides transmises	6B=23mm 6h=26mm
20 km (zone tempérée)	2h			6B=43mm 6h=46mm

Table 7 : Critère d'observation et précision attendues en statique, PDOP<3, élévation de 15°, nombre de satellite>=6. (6B=précision planimétrique, 6h=précision altmétrique).

3.2.3 Le site de Salé Jadida

Sur ce site, nous avons opté pour deux temps d'initialisation parce qu'il est proche de la station permanente. Pour ne pas perdre beaucoup de temps, on a pris 30mn et un temps maximum de 1h. Ceci nous permet de définir une bonne fenêtre d'observation.

Le graphique 5, ci-après, montre que les écarts ne dépassent pas 5cm en position et ce pour les deux temps d'initialisation et que le temps d'initialisation le mieux adapté est de 30 minutes (résultats plus homogènes).

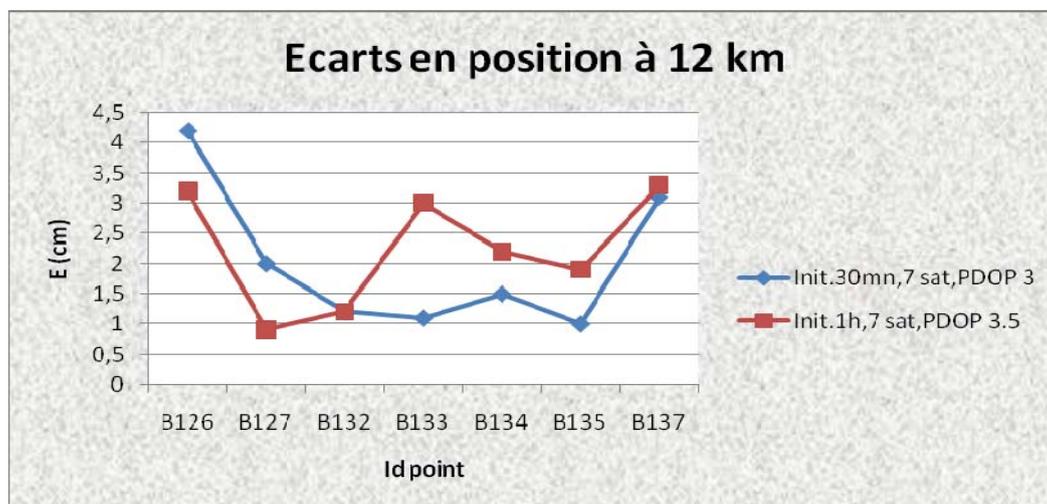


Figure 5 : Ecart obtenu en fonction du temps d'initialisation

3.2.4 Le site de Tamesna

Le levé a été effectué avec trois temps d'initialisation à savoir 30mn, 1h et 1h 30mn. Malheureusement, les observations n'ont pas été faites dans les mêmes conditions de nombre satellite et de PDOP. Nous avons obtenu les résultats consignés dans le tableau ci-après :

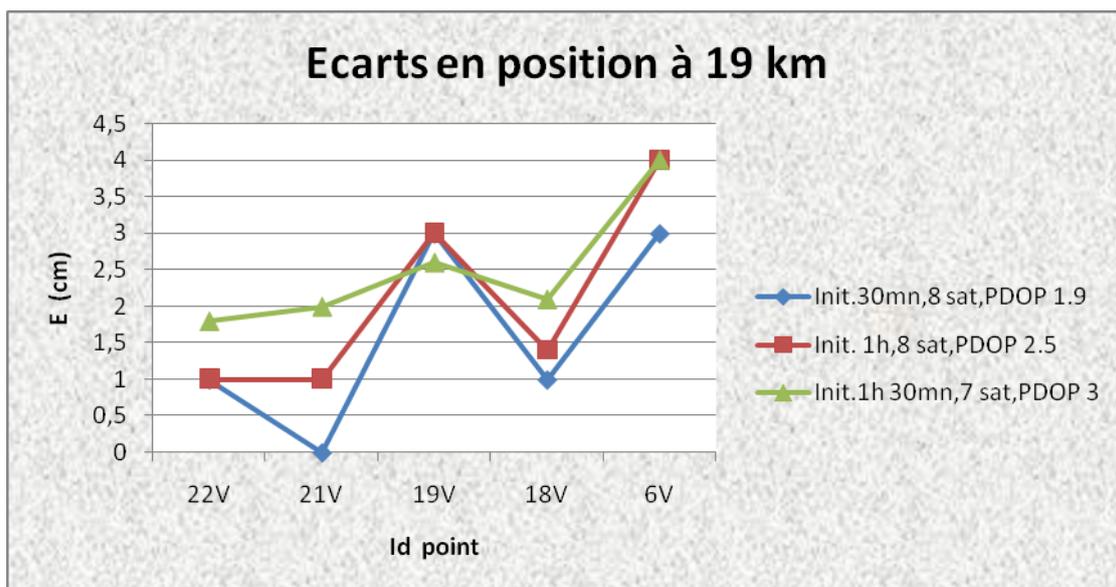


Figure 6 : Ecart obtenu en fonction du temps d'initialisation

On remarque que les petits écarts sont obtenus avec l'initialisation de 30mn et de 1h. Toutes fois, avec l'initialisation de 1h 30mn, on a des précisions homogènes sur l'ensemble des points.

Dans tous les cas, les écarts observés des trois temps d'initialisation se situent entre 0 et 4 cm.

3.2.5 Le site d'Ain Aouda

Sur ce site, nous avons utilisé trois temps d'initialisation et le levé est fait dans des conditions de nombre de satellites et de PDOP sensiblement semblables. Ce qui a permis d'avoir les résultats suivants :

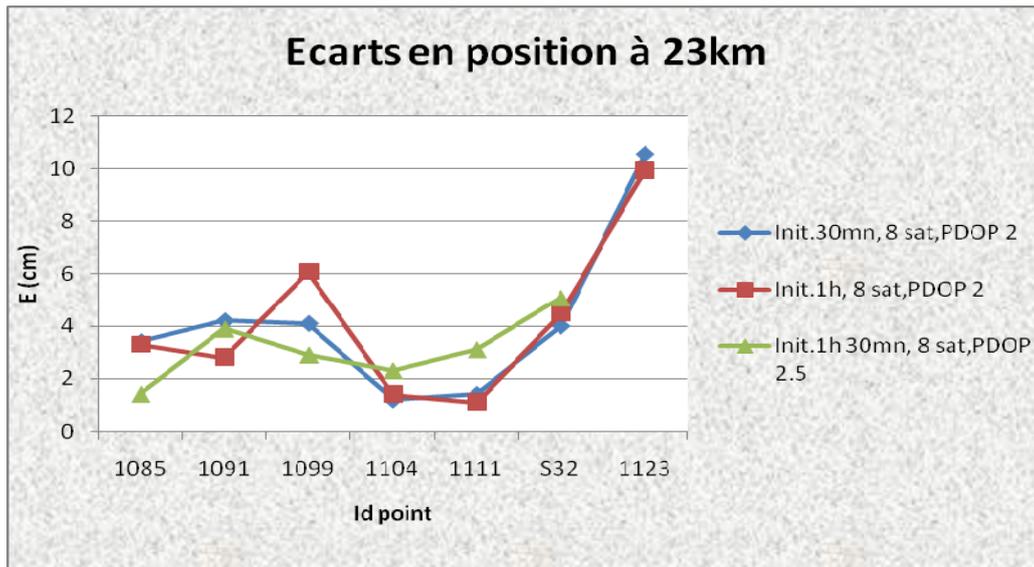


Figure 7 : Ecart obtenu en fonction du temps d'initialisation

L'analyse du graphique montre que les écarts en position des points relevés restent aux alentours de 5cm. Pour le point 1123, l'écart de 11 cm observé avec les 30 mn d'initialisation peut s'expliquer par un mauvais levé puisqu'avec les autres points, on obtient de bons résultats. De même qu'avec l'initialisation de 1h. Pour une base supérieure à 20 km, le temps d'initialisation le plus approprié est de 1h 30mn. Il assure une précision homogène entre les points. Les écarts en position des points levés restent dans la tolérance de 5 à 15 cm exigée par le cadastre quelque soit le temps d'initialisation.

Il est à remarquer que l'analyse globale des résultats, montre que le PDOP agit comme un facteur limitant de la précision. Il améliore significativement la précision indépendamment de la longueur de la ligne base et du temps d'initialisation.

3.3 Comparaison avec des résultats des travaux antérieurs

La comparaison des derniers résultats avec ceux de Bourhim et Ellabbassi (2006) obtenus par GPS en mode statique rapide 10 mn, sur des lignes de bases de 10 et 20km, en terme d'écart sur la position (Table 11) et sur le temps d'observation c'est-à-dire, la durée nécessaire pour effectuer le levé (Table 12).

Distance à la station permanente	Notre Méthode	Méthodes antérieures (Bourhim et al.)
	Stop and Go 15s	Statique rapide 10mn
10km	2	14
20km	4	43

Table 11 : Ecart E (cm) en position des bornes par différents modes d'observation

Il ressort donc que notre méthode est plus efficace. En réalité, nous pensons que l'imprécision de leurs résultats est due au problème de discordance entre les coordonnées de la station permanente et les sites de travail.

Concernant le temps d'observation, on a le tableau suivant :

	Travail actuel	Travail antérieur(2006)
Opérations	Stop an Go 15s	Statique rapide 10mn
Initialisation	60mn	0mn
10 point relevés	2mn30s	100mn
Total	62mn30s	100mn

Table 12 : Comparaison du temps d'observation.

On remarque, encore une fois, que cette façon de travailler en stop&Go avec une station permanente est plus bénéfique que le statique rapide 10mn. Elle permet une économie de temps d'environ 40%.

4. CONCLUSION

A la lumière des résultats de cette expérience, nous pouvons répondre par l'affirmatif à la question que nous nous sommes posé. C'est une méthode de traitement qui donne des résultats très satisfaisant en matière de travaux cadastraux et permet de surmonter le problème d'hétérogénéité du système de coordonnées national évitant ainsi les chevauchements entre propriétés.

Dans le souci de rendre le RGPM plus opérationnel, et de lui permettre de jouer pleinement le rôle qui lui est dévolu dans le cadastre, nous recommandons la pratique du mode stop&go dans les levés cadastraux utilisant une station RGPM. La technique décrite ci-avant pourrait constituer un modèle de travail. La contrainte principale à respecter c'est d'avoir au moins trois (3) points connus et homogènes entre eux (points de rattachement) dans la zone de travail (système de coordonnées de la zone) si possible encadrant la propriété.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier :

Le personnel de l'Agence Nationale de la Conservation Foncière du Cadastre et de Cartographie (ANCFCC) notamment le service de géodésie cartographie, les services du cadastre de Kénitra, de Roummani, de Salé, de Témara et de Skhirat pour leur collaboration.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANCFCC, (1997)** : « Notes et instructions relatives aux travaux cadastraux. » Rabat, 1997
- ANCFCC, (2006)** : « Notes relatives au Réseau des stations GPS permanentes, configuration 2006. », Rabat, 2006
- BENAIM E., (2007)** : « Comprendre GPS pour Comprendre GNSS ». Série des cours topo, Institut Agronomique et Vétérinaire HASSAN II,
- BENAIM E., (2007)** : « GNSS, Système des Systèmes: Contribution Géodésique pour des applications Extra-Géodésiques ». Présenté au Colloque du changement climatique, Alger, 23 Oct.2007.
- BOURHIM A . ET T.ELLABBASSI., (2006)** : « Etude comparative et de validation des résultats de la détermination du rayon d'action des stations GPS au Maroc ».. Thèse de 3ème cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat.
- BOUISSAM M. et BAHIJ Y., (2005)** : « Détermination du rayon d'action des stations GPS permanentes pour les levés cadastraux au Maroc ». Thèse de 3ème cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat.
- ETTARID M., EL AYACHI M., ETTAQY E., EL YAMANI M. (2003)** : « L'Orthophotographie numérique au service du cadastre national ». 2nd FIG Regional Conference Marrakech, Morocco, December 2-5, 2003
- HENRY Jean-Baptiste,** « Cours de Topographie et Topométrie Générale ». Chapitre 3 : Le GPS. Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST), Strasbourg.
- B., LICHTENEGGER H., and COLLINS J., (1997):** « Global Positioning System, Theory and Practice ». Fourth revised edition 1997, Springer Wien NewYork. Printed in Australia.
- MARDADE A. (2008):** « Méthodes d'observation et référentiel de précision pour les travaux cadastraux par GPS. », Mémoire de fin d'études, IAV Hassan II , Rabat Maroc.
- SOUVIGNET D., (1998)** : « Mise en place d'une station permanente GPS à l'ESGT ». Mémoire d'ingénieur, ESGT, France.

LEXIQUE

ANCFCC : Agence Nationale de la Conservation foncière du Cadastre et de la Cartographie

IAV : Institut Agronomique et Vétérinaire HASSAN II

RGPM : Réseaux GPS Permanents du Maroc.

CONTACTS

E.H. BENAÏM, Département de Géodésie Topographie, IAV Hassan II, Rabat, Maroc,
h.benaim@yahoo.fr

M. KABRE, Ingénieurs géomètres topographes, Rabat, Maroc

M. E. EL IMAM, Ingénieurs géomètres topographes, Rabat, Maroc