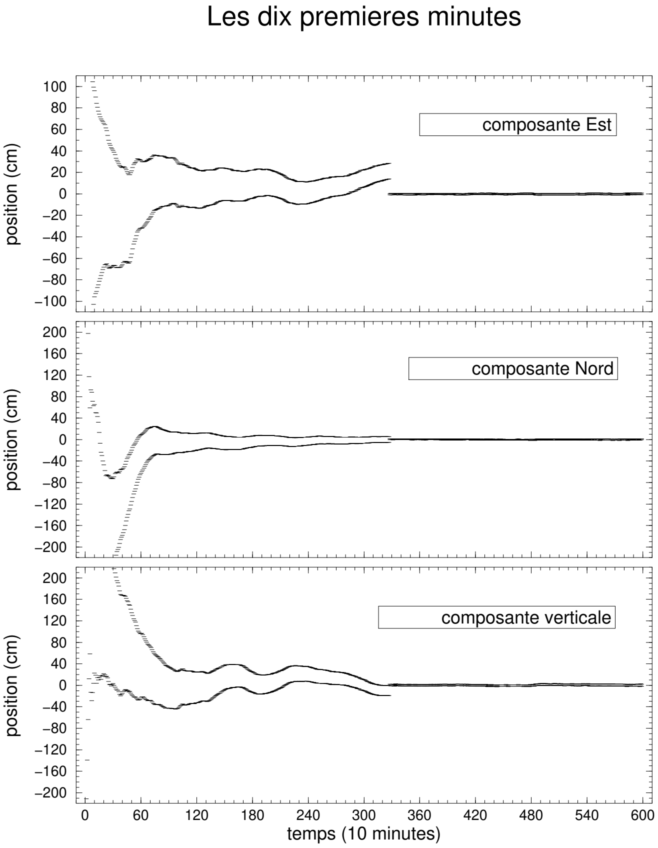
Réalisation d'un modèle numérique de terrain (MNT) par GPS cinématique sur la plage de Merlimont

Christophe Vigny, le 30/05/97

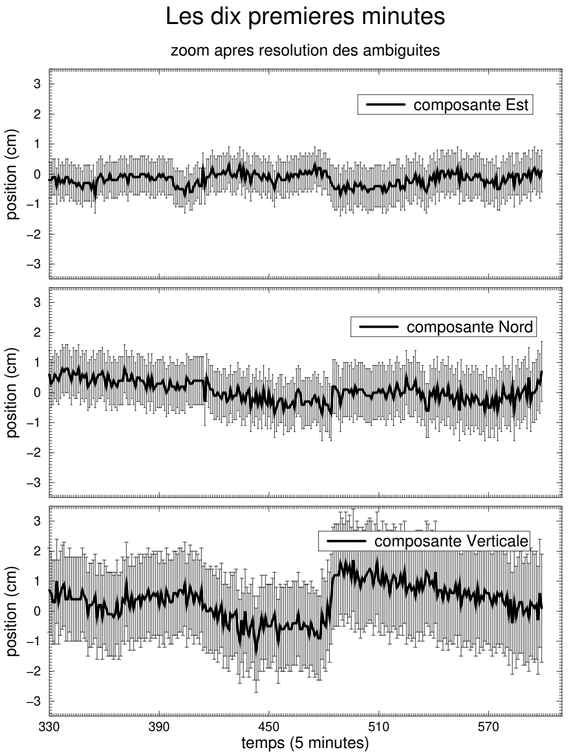
Un modèle numérique de Terrain (MNT) a été effectué par GPS cinématique sur une zone test de la plage de Merlimont (dans les environs du Touquet) le 2 mai 1997. La méthode consiste simplement à déplacer un récepteur GPS sur la plage pendant que celui ci enregistre sa position avec une fréquence donnée (ici 1 Hz, soit une position par seconde). La précision est telle que l'on peut ensuite calculer la position du récepteur mobile par rapport à une autre station GPS, dite de référence, à quelques centimètres près, en horizontal et en vertical ! Il suffit ensuite d'extraire l'altitude en fonction de la position horizontale pour obtenir l'enveloppe de la surface parcourue. 3 sessions d'enregistrement ont été effectuées dans la journée. Les deux premières sur la plage à marée basse. Le récepteur mobile est porté par un 4x4 qui fait des aller-retour perpendiculaires à la plage à environ 10-15 km/h (1 point tous les 5 m environ). La dernière session dans les dunes, le récepteur étant alors porté à dos d'homme. les résultats de ces mesures sont présentés et commentés ici.

1/ La précision du GPS cinématique

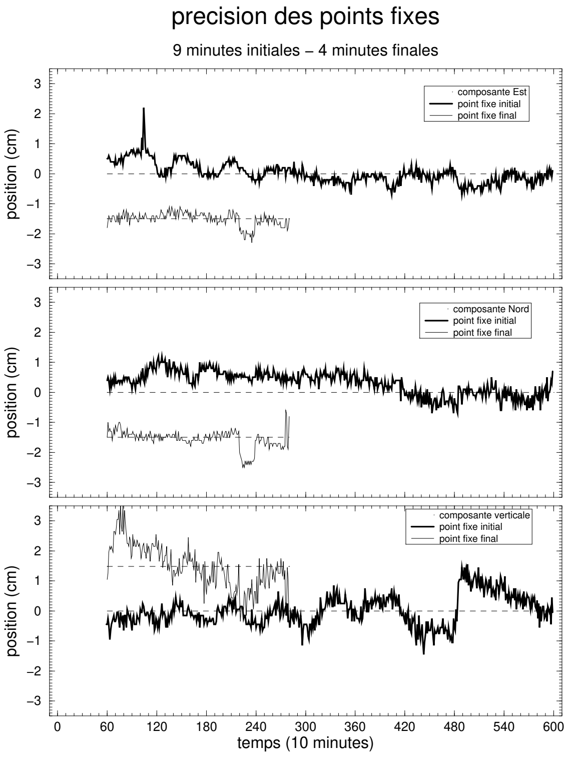
Il faut 5 minutes au récepteur pour acquérir assez de données pour résoudre les ambiguités. à partir de ce momment la précision du positionnement devient maximale.



La **figure 1** montre l'évolution avec le temps de l'incertitude du positionnement du récepteur mobile (immobile en fait pendant cette période. La position "vraie" est quelque part entre les deux courbes. On passe de quelques mètres à quelques centimètres dès que les ambiguités sont résolues.

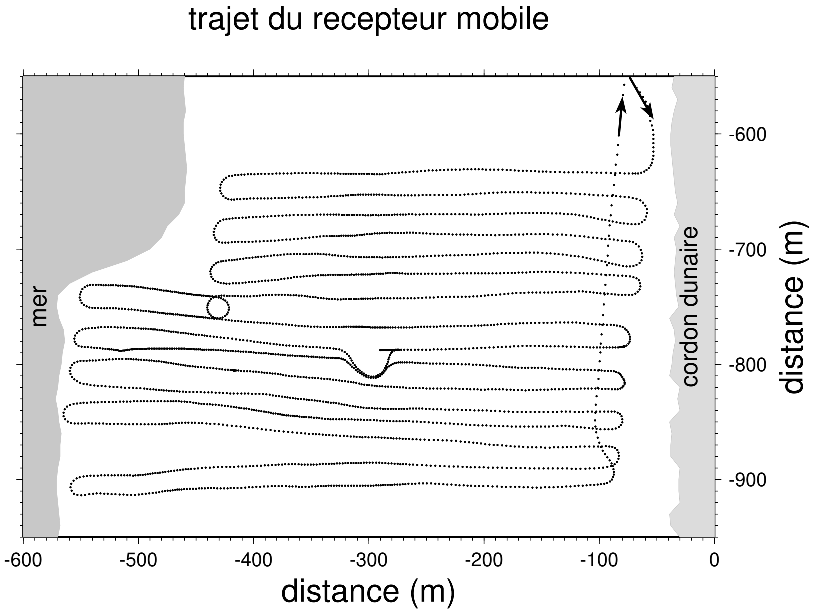


La **figure 2** est un zoom de la figure 1 et montre la position du point fixe après que les ambiguités aient été fixées. la variation de la position est inférieure à l'incertitude de chaque point !

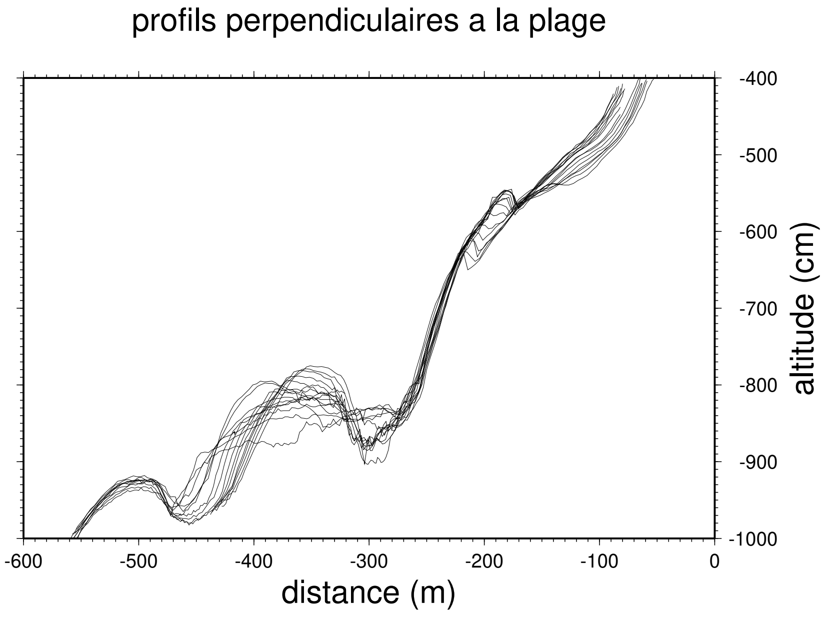


La **figure 3** compare la position du point fixe effectué au départ et au retour des traversées sur la plage. En réalité les deux points fixes sont distants de quelques mètres l'un de l'autre (les décalages des composantes horizontales sont donc arbitraires). Par contre le décalage entre les deux courbes de la composante verticale est bien exact. Après 1 heure de mesures sur la plage et d'aller et retour sur la tôle ondulée, l'altitude du parking du point fixe est retrouvée identique à 1,5 cm près !

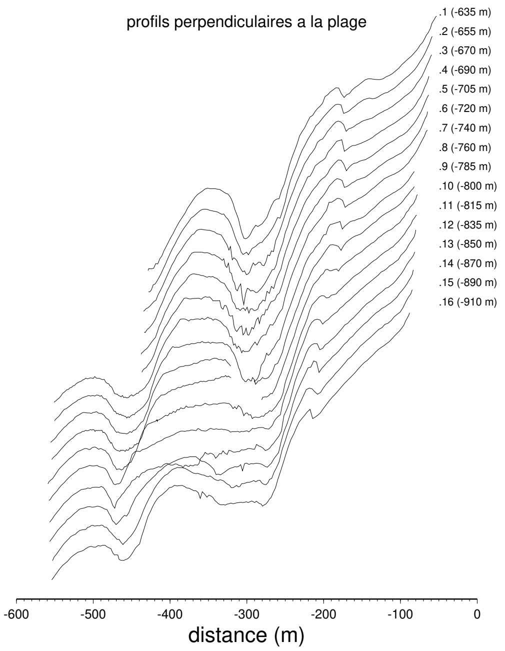
2/la première session de mesures



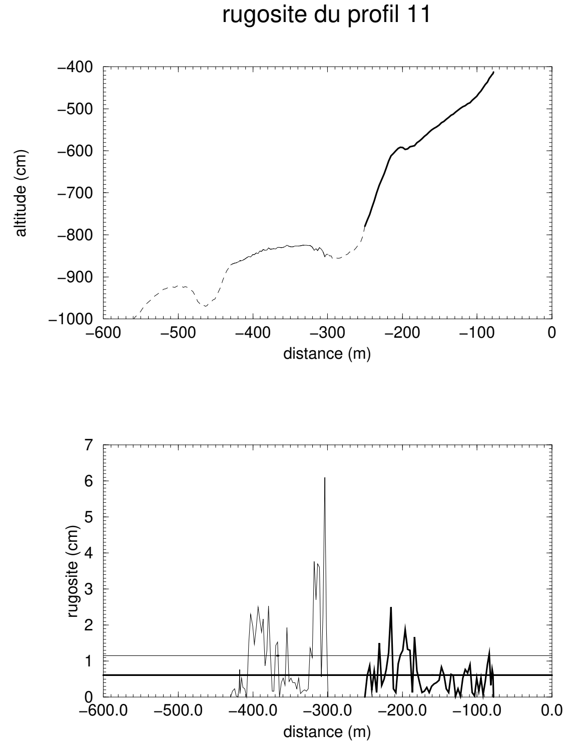
La **figure 4** montre la trajectoire du récepteur mobile sur la plage. Une quizaine d'aller et retour à été effectué en 1 heure environ. On obtient 3600 points répartis environ tous les 5 m dans l'axe des profils (Est-Ouest) et tous les 15 m environ selon l'axe Nord-Sud (espacement moyen entre les profils).



La **figure 5** montre les profils bruts: altitude en fonction de la distance perpendiculaire à la plage (en gros la composante Est). Vers le pieds de la plage (le bas de l'estran), les profils sont pratiquement tous à la même côte (à 10 cm près). La plage est donc horizontale à ce niveau. Par contre, le haut des profils est régulierement espacé jusqu' à environ 60 cm de dénivelé en 300 m, soit une pente de 2mm/m ou 0.02 %. Cette pente est aussi visible dans le profil perpendiculaire (parallelle au cordon dunaire). La pente moyenne entre le cordon dunaire et la mer est de l'ordre de 6m de dénivelé pour 500m, soit un peu plus de 1%.

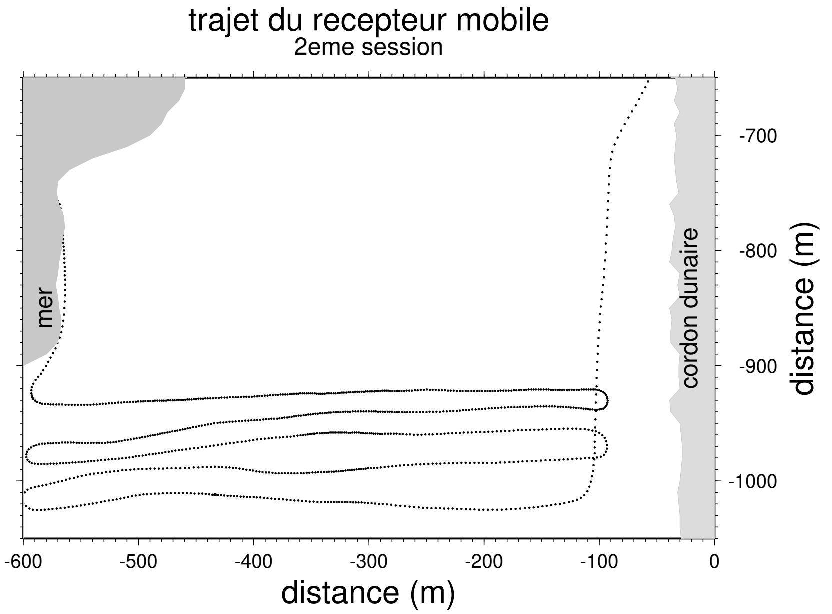


La **figure 6** montre un "éclaté" des 16 profils réalisés lors de la première session de mesures. On voit très précisement la rigole de 20 cm de profondeur environ qui court perpendiculairement à la ligne de plus grande pente (-200 m du "haut"). On voit également les deux "fosses" vers -300m et -470m, et le lit de la rigole qui les connecte dans le profil 13. Finalement, on peut analyser la rugosité de la surface à différents endroits des profils : ceux ci sont visiblement plus lisses entre 0 et -250 m que aux alentours de -400m (entre les deux fosses).

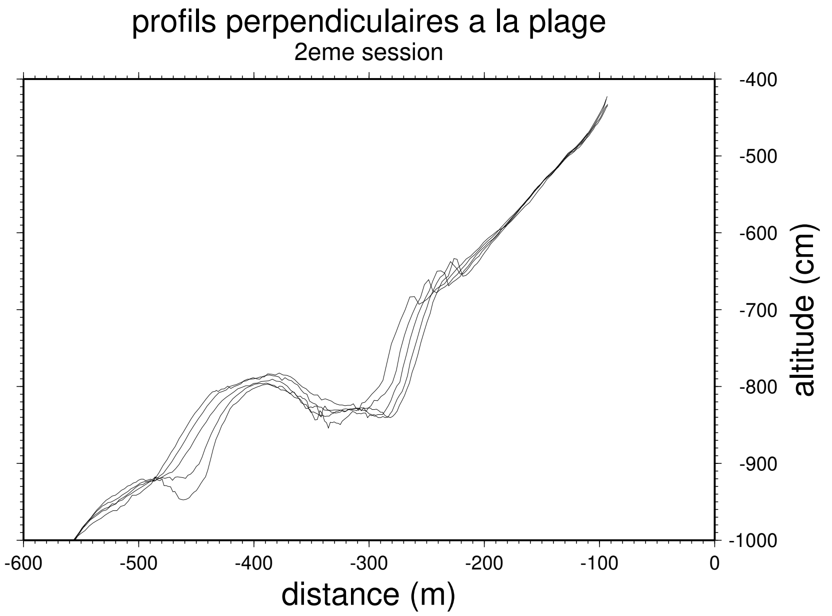


La **figure 7** montre la rugosité en chaque point qui est évaluée comme étant la différence d'altitude entre le point et la moyenne locale. Sur le profil 11, cette rugosité est environ deux fois plus faible dans la partie haute (sable sec) que dans la partie basse entre les deux fosses (sable mouillée en tôle ondulée). bien sur il faudrait un pas d'échantillonage encore plus fin pour évaluer cette quantité précisemment (on n'a en moyenne qu'un point tous les deux ou trois mètres, alors qu'il en faudrait un tous les 10 cm).

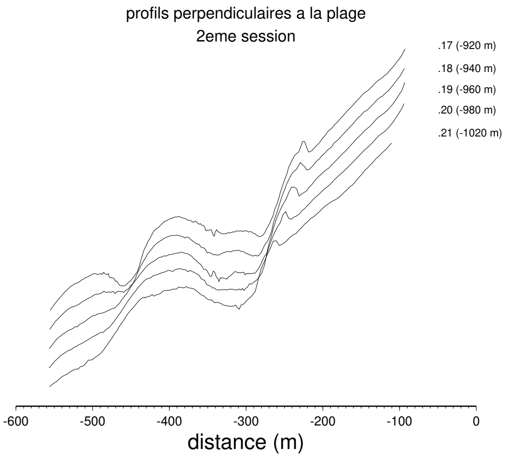
3/la deuxième session de mesures



La **figure 8** montre la trajectoire du récepteur mobile sur la plage. Cinq profils contigus aux seize premiers ont été effectués en vingt minutes environ. On obtient 1000 points répartis de la même facon que lors de la première session.

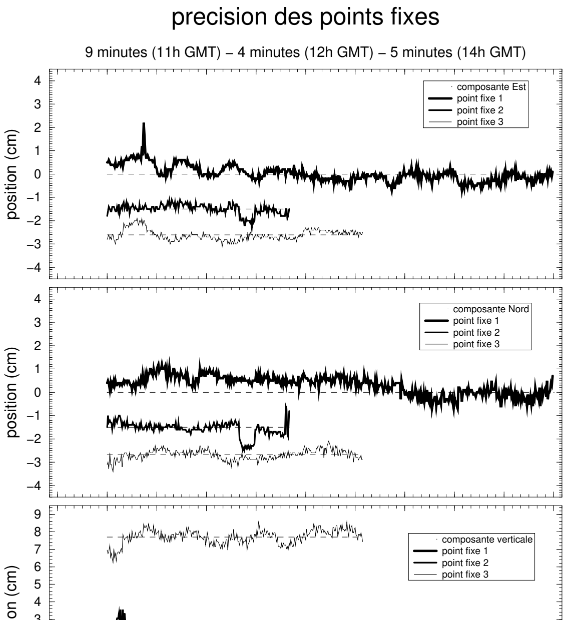


la **figure 9** montre les profils bruts: altitude en fonction de la distance perpendiculaire à la plage (en gros la composante Est). Cette fois, tous les profils ont la meme cote au niveau de la dune. la plage est donc horizontale aussi bien au niveau de la mer que de la dune.

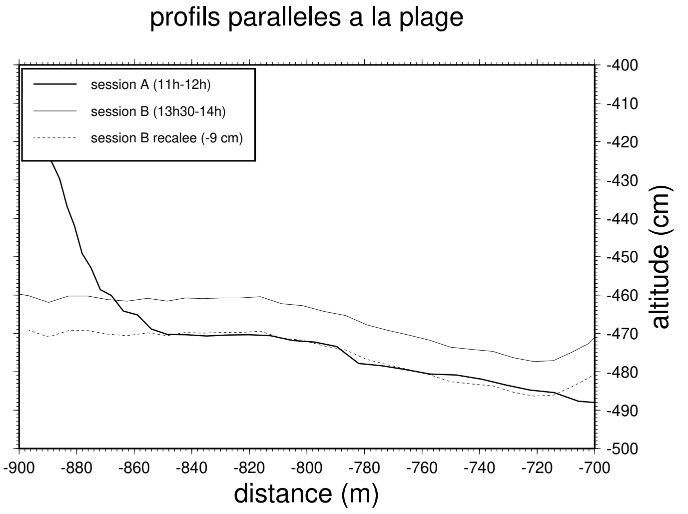


La **figure 10** montre l'éclaté de ces profils. On peut toujours suivre la rigole qui descend progressivement vers la première fosse (sans doute pour l'alimentér). La deuxième fosse se comble petit à petit pour devenir presque invisble sur le dernier profil (numero 21).

4/le gag !

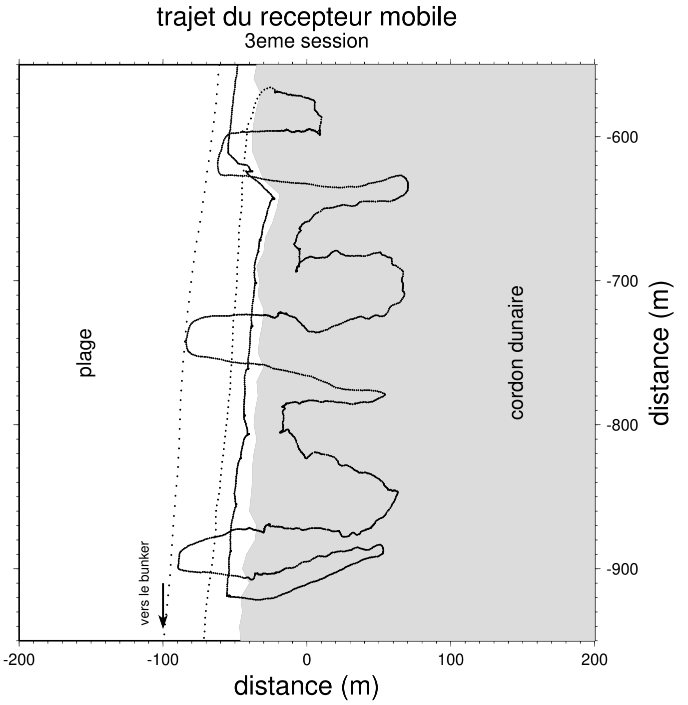


La **figure 11** montre le troisième point fixe effectué près de la station de référence à la fin de la deuxième session de mesure. Surprise ! Il y a un décalage de l'altitude de près de 8 cm ! Après vérification il semble bien que l'altitude soit absolument correcte (l'antenne n'a pas bougé, il n'y a aucune dérive du système). C'est le 4x4 qui est en cause. En effet, les deux premiers point fixes ont été effectués ¡B¿chargé¡/B¿ (3 personnes à bord + matériel sur la plate-forme), alors que le dernier a été fait à vide (nous sommes descendus contempler la plage......).

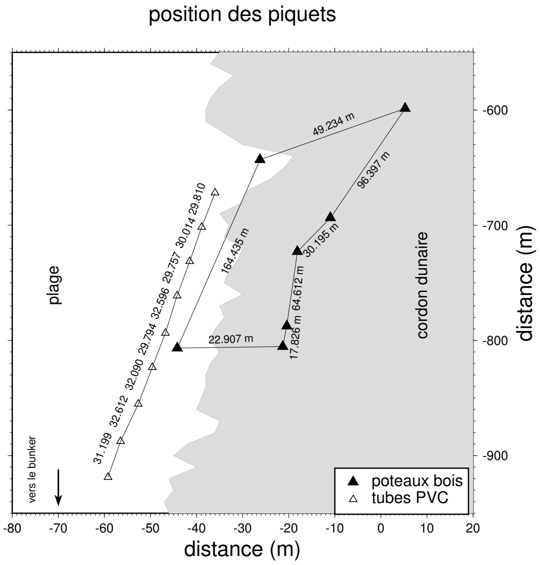


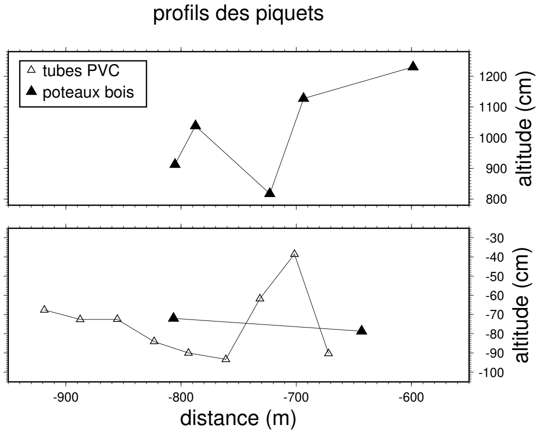
La **figure 12** montre la comparaison entre les deux profils effectué parallellement à la plage, à la fin de chaque session lors du retour vers le point de référence. ces deux profils ne sont distants que de 5 m (figure 4 et 8), et le gradient de la plage à cet endroit (déduit des profils en figure 5) est de 1,7 cm / m. La différence d'altitude entre les deux profils doit donc etre de 8-9 cm (1,7 x 5), le second étant plus haut que le premier. Si l'on fait cette correction due à la pente de la plage, alors les deux profils coincident presque parfaitement (au cm près). On est donc sur qu'à cet instant la dérive d'altitude était bien quasi nulle !

5/la troisième session de mesures



La **figure 13** montre encore la trajectoire du récepteur mobile dans les dunes. Les profils sont évidemment moins réguliers à cause de la difficulté de la progression (même à pieds) dans les dunes. Lors de cette session, les poteaux implantés dans le sable ont été stationnés quelques minutes de manière à déterminer leur position.



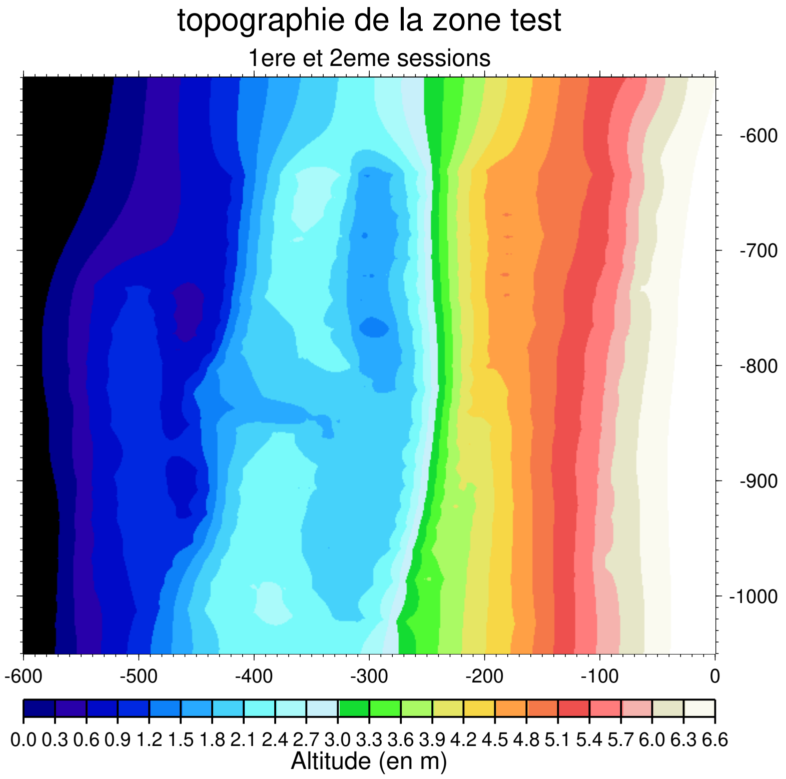


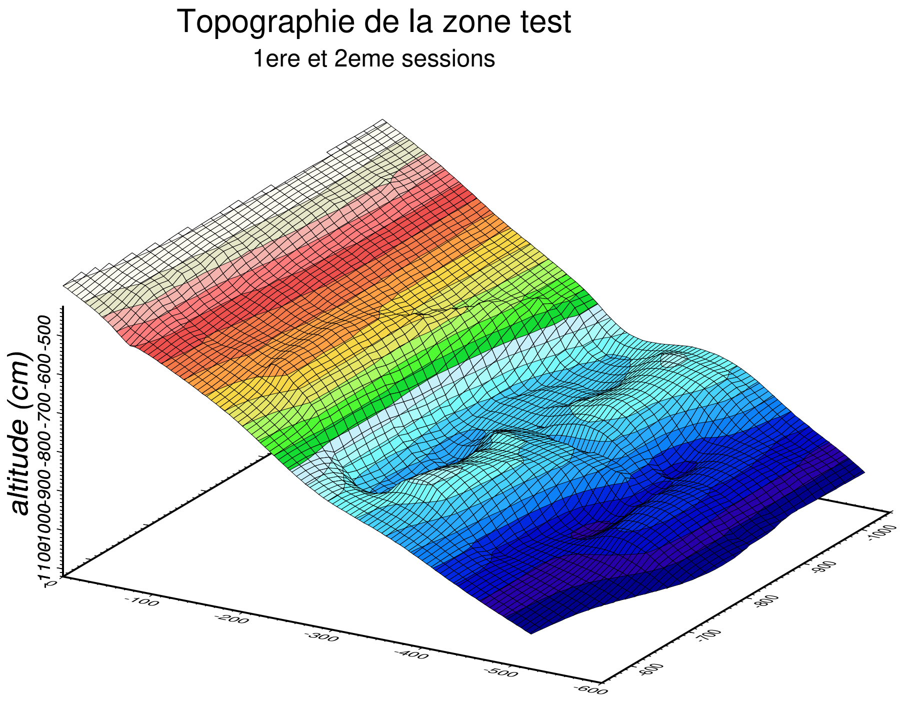
la **figure 14** montre les positions de ces piquets (poteaux en bois et tubes en PVC) qui sont situés soit au pieds de la dune, soit sur le sommet. La position de chaque poteau est obtenu par la moyenne des 60 à 300 mesures effectuées sur chacun d'entre eux. La précision est donc sub-millimétrique, à condition qu'il n'y ait pas d'erreur systématique bien sur.
La **figure 15** montre le profil vertical des deux populations de piquets (en pieds et en sommet de dune).

Table 1: Position des poteaux

Est(m)	Nord (m)	Altitude (cm)	N^{O} et type	durée d'obs.
-26.237	-643.122	-78.6	P01-bois	91 sec
-35.997	-671.943	-90.2	P02-tube	63 sec
-38.886	-701.613	-38.5	P03-tube	69 sec
-41.520	-731.511	-61.7	P04-tube	64 sec
-44.234	-761.144	-93.3	P05-tube	64 sec
-46.766	-793.641	-90.0	P06-tube	47 sec
-44.171	-806.576	-71.9	P07-bois	89 sec
-49.601	-823.300	-84.0	P08-tube	37 sec
-52.677	-855.242	-72.4	P09-tube	56 sec
-56.506	-887.628	-72.5	P10-tube	48 sec
-59.201	-918.710	-67.6	P11-tube	43 sec
-21.299	-805.304	912.5	P12-bois	113 sec
-20.433	-787.499	1038.5	P13-bois	146 sec
-18.120	-722.928	817.5	P14-bois	195 sec
-10.955	-693.595	1127.5	P15-bois	187 sec
5.273	-598.574	1229.8	P16-bois	280 sec
-119.453	-1259.065	-345.6	P17-bunk	224 sec
-2.990	2.114	157.7	P18-ref	356 sec

6/ Les MNT





les **figures 16 et 17** montrent la topographie de la plage, calculée à partir des profils réalisés. Impressionant non ?