Réseau Marégraphique et Référence Altimétrique en Algérie

Institut National de Cartographie et de Télédétection
Sous-Direction Recherche & Développement, Laboratoire de Géodésie.
Email: contact@inct.dz

27-29 mars 2019

Contenu

1. Présentation de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection;

2. Historique sur la référence altimétrique en Algérie: Origines des altitudes du Nivellement en Algérie;

3. Marégraphes:

3.1 Marégraphe Côtiers Electronique : Ports d'Alger et de Jijel;

3.2 Marégraphe Côtiers Numérique (MCN) : Ports de Ghazaouet, Oran, Ténès, Alger, Jijel et Annaba;

4. Définition de la référence altimétrique nationale:

4.1. Traitement des données issues des marégraphiques acoustiques LOG_aLevel;

4.2. Définition de la nouvelle référence des altitudes zéro;

4.3. Solution d'ajustement du réseau de nivellement Algérien;

4.4. Grille de correction altimétrique combinée au géoïde pour le calcul des altitudes;

5. Conclusion et perspectives.

Institut National de Cartographie et de Télédétection

- l'INCT est un Etablissement Public à caractère Industriel et commercial, en charge de l'information géographique au niveau national.

- Créé le 17 octobre 1967, son statut a été réaménagé en 1998 pour lui permettre de s'adapter aux nouvelles exigences des nouvelles techniques.

Ses principales missions:

- Établissement et mise à jour de la carte topographique de base 1:50 000 et 1:200 000 et celles qui en sont dérivées,
- Réalisation et entretien sur le territoire national d'un canevas de base en Géodésie, Nivellement et gravimétrie,
- Couverture du territoire en photographie aérienne,
- Acquisition et conservation de la donnée satellitaire,
- Réalisation des bases de données géographiques,
- Conservation de la documentation géographique,
- Dépôt légal des documents cartographiques,
- Recherche & Développement.

Historique sur la référence altimétrique en Algérie

Origine des altitudes du réseau Nivellement Général de l'Algérie

Informations recueillies du rapport publié par le Service Permanent pour le Niveau Moyen de la Mer (PSML). Pugh et al. 1987:

	Port	Autorités	Période d'obs.	Instrument
Origines NGA	La Goulette	Service du Nivellement de Précision, Institut Géographique National, France.	1889	**Médimarémètre**
	Bône N°1	Service du Nivellement General de la France	1937-38, 1939-41	**Médimarémètre**
	Bône N°2	Service du Nivellement de Précision, Institut Géographique National, France.	1948-56 et 1957-59	**Médimarémètre**
	Alger	Service du Nivellement de Précision, Institut Géographique National, France.	1949-56 et 1957-59	**Médimarémètre**
	Oran	Service du Nivellement de Précision, Institut Géographique National, France.	1923-42, 1945-56 et 1957, 1959	**Médimarémètre & marégraphe**

Les Médimarémètres et marégraphes qui furent installés sur la côte algérienne (Médimarémètres de Bône, d'Alger et d'Oran); marégraphe d'Oran fournirent pendant leur période d'activité une bonne concordance entre le niveau moyen de la Méditerranée et le zéro des altitudes; les différences de l'ordre d'une dizaine de centimètres au maximum confirmèrent la bonne assise du nivellement par rapport au niveau moyen de la mer.

Réseau de Nivellement Général de l'Algérie

Les altitudes du réseau de Nivellement Général de l'Algérie étaient rapportées à plusieurs origines :

- Niveau déduit des indications du Médimarémètre de la Goulette (Tunisie) ;
- Altitude du repère de la Porte de France (Tunisie) ;
- Côte de la console placée à la gare de Sidi El Hemessi (Tunisie) en 1914 ;

Le nivellement de précision est composé d'un:

- Réseau d'ordre 1 et 2 (distance entre repères : 5 km);
- Réseau d'ordre complémentaire (distance entre repères: 2 km);
- Matériel utilisé: Niveaux NI3 et mires avec fil invar;
- Réseau entier: 52 266.54 km de routes et de pistes, matérialisées par des borne en béton.

Médaillon du Nivellement Général d'Algérie:

Les repères du Nivellement Général d'Algérie sont matérialisés par des médaillons fixés sur des supports stables tels que les bâtiments officiels et administratifs, ouvrages d'art, etc.

Marégraphe Côtier Electronique (Alger)

Description du marégraphe électronique

Enregistrement toutes les minutes de niveau de la mer sous forme de fréquence engendrée par le capteur.

Composantes de l'instrument:

- Un capteur capacitif à base d'une capsule anéroïde,
- Un module d'enregistrement électronique (nDAS), une alimentation électrique et un flotteur.

Site marégraphique d'Alger abritant les deux marégraphes électronique et analogique.

Marégraphe Côtier Electronique de Jijel

- Abri marégraphique ;
- Puit marégraphique ;
- Capteur capacitif à base d'une capsule anéroïde ;
- Module d'enregistrement électronique (nDAS) ;
- Alimentation électrique ;
- Batterie rechargeable ;
- Flotteur ;
- Accessoires : alimentation électrique, système d'éclairage, armoire en bois.

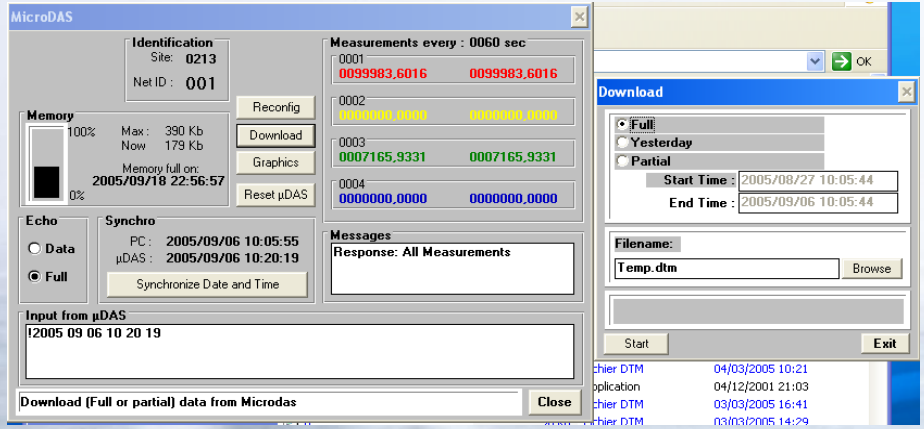
Ce marégraphe à acquisition automatique de l'INCT a été installé en mars 2005 au niveau de la côte de Jijel, dont la gestion a été confiée au Service Hydrographique Régional de la Façade Maritime Est (SHR/FME)

Figure. *Marégraphe électronique installé à jijel.*

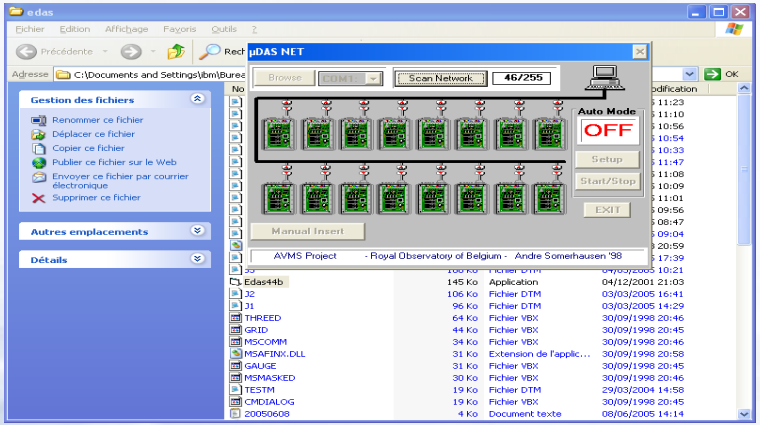
Gestion des Marégraphes Côtiers Electroniques (Alger, Jijel)

Logiciels:

- MicroDAS (ORB): Téléchargement des données marégraphiques,
- µdas Grapher (ORB): Edition, filtrage et calibrage de données, permet également d'effectuer des opérations de calcul sur les données.



L'état en temps réel des mesures



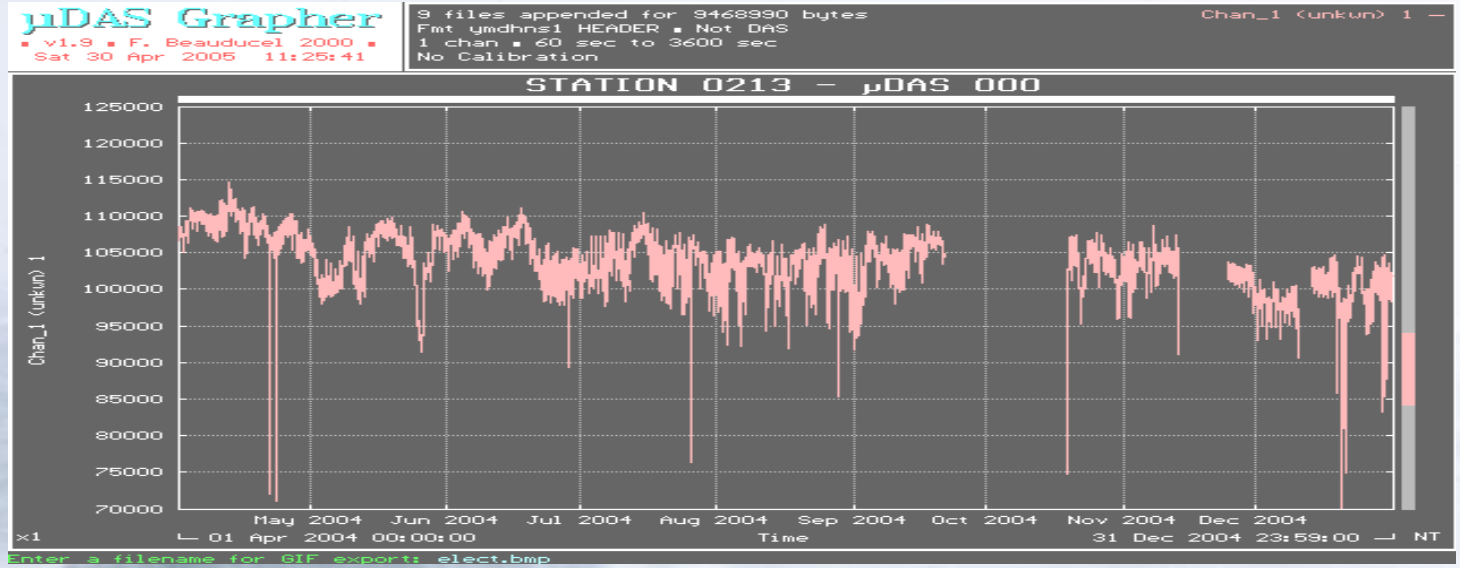
Fenêtre d'exécution du programme EDAS

Marégraphe Côtier Electronique (Alger)

Données marégraphiques utilisées

Etalonnage de ces données (Hz) est effectué en les ajustant aux mesures du niveau de la mer prises par une sonde lumineuse.

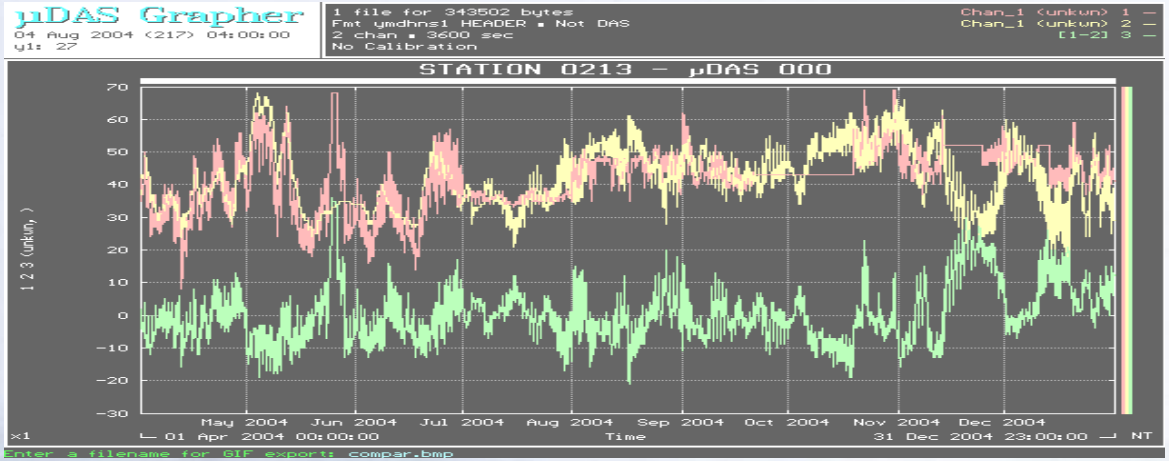
Période du 01/04/04 à 0h TU au 31/12/04 à 23h TU



Marégraphe Côtiers Analogiques & Electroniques (Alger)

Comparaison entre les données issues du marégraphe électronique et du marégraphe analogique: Niveau moyen de la mer et décalage par rapport à la référence du Zéro Hydrographique.

Période : avril-décembre 2004



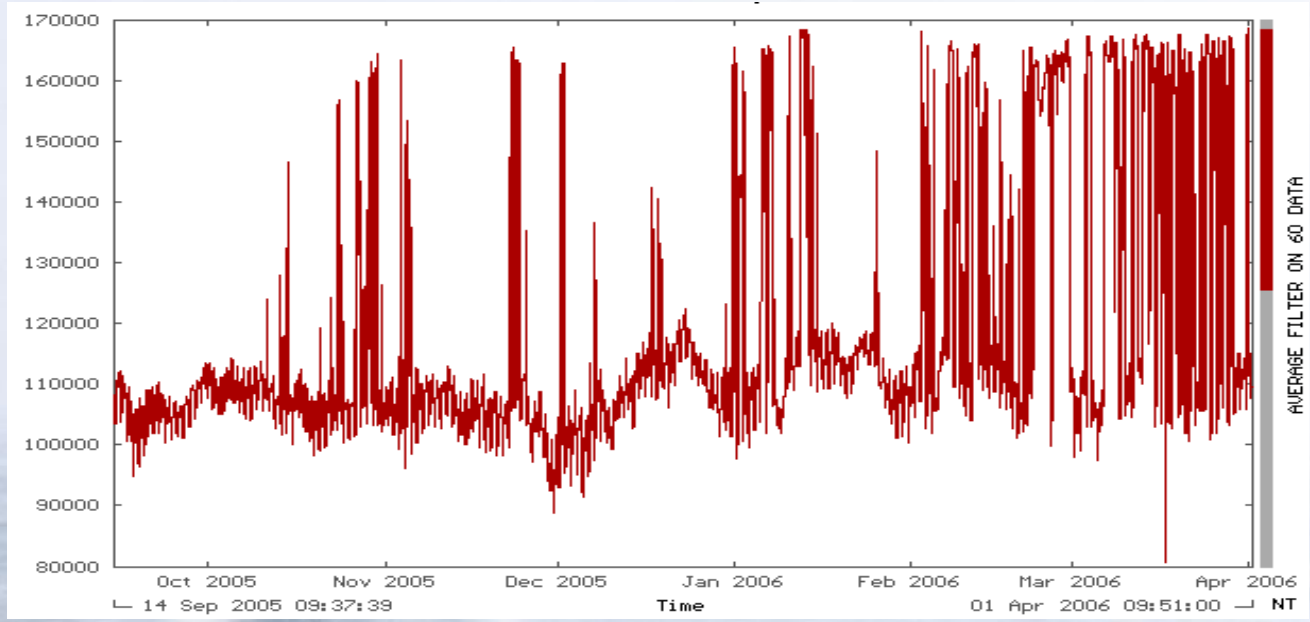
Ecart (en vert) entre les données du marégraphe électronique étalonnées (en rouge) et les données du marégraphe analogique (en jaune).

Marégraphes	Niveau moyen de la mer (cm)	Différence (cm)
Electronique	41.49	7.49
Analogique	42.16	8.16

Marégraphe Côtier Electronique de Jijel

Données du Marégraphe Côtier Automatique du port de Jijel.

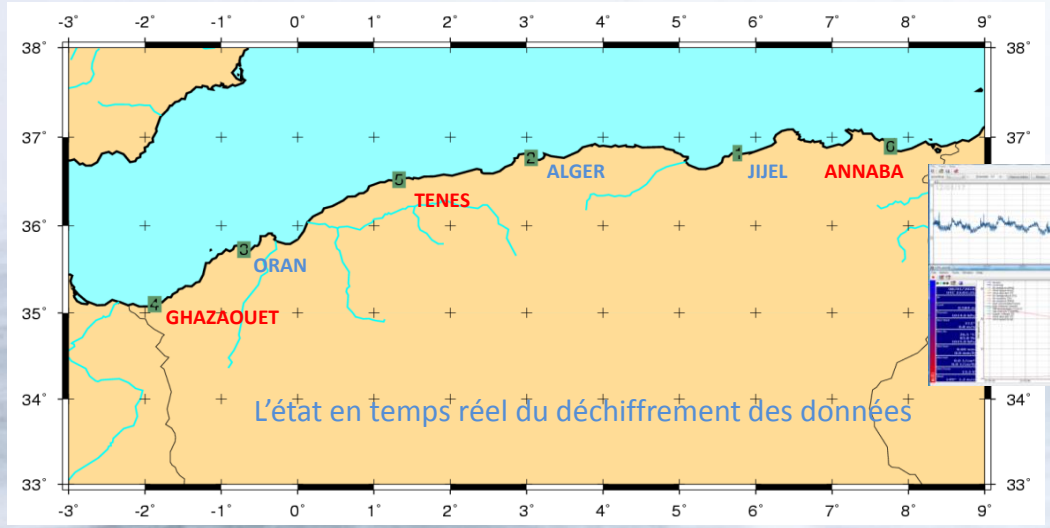
Période : du 14 septembre 2005 au 01 avril 2006.



Réseau marégraphique Algérien

Stations marégraphiques de marque «General Acoustics LOG_aLevel»:

- d'un capteur ultrason ULL6080 pour mesure de niveau de la mer ;
- d'un capteur de référence pour la calibration automatique du signal mesuré;
- d'un capteur barométrique ;
- d'un capteur anémométrique ;
- d'une station météorologique de type VAISALA WXT 520 combinant les six paramètres climatiques (prévue uniquement à Alger);
- d'un système GPS intégré pour synchronisation du temps;
- d'un système d'enregistrement sur carte mémoire flash de 4 GB (autonomie de 2 ans) ;
- d'une alimentation par courant électrique 220V AC, batterie 12V DC et panneau solaire.

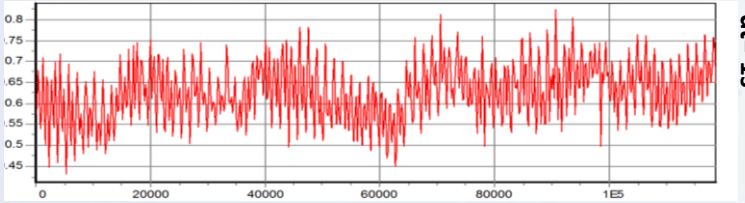


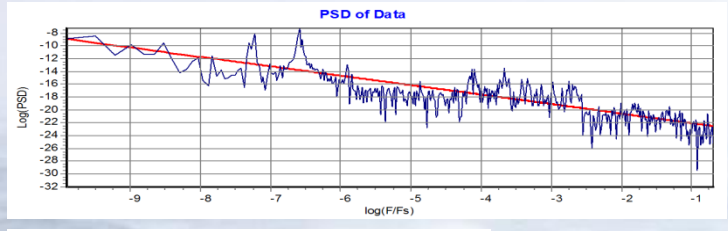
Site	Période d'observation
Alger	Depuis 1985 (Analogique)
	Depuis 2011 (Numérique)
Jijel	Depuis 2004 (Analogique)
	Depuis 2012 (Numérique)
Oran	Depuis 2006 (Analogique)
	Depuis 2013 (Numérique)
Ténès	Depuis 2014 (Numérique)
Ghazaouet	Depuis 2015 (Numérique)
Annaba	Depuis 2016 (Numérique)

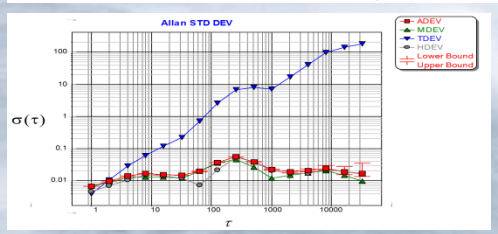
Localisation des stations algeriennes d'observations du niveau de la mer en méditerranée.

Analyse de Stabilité : marégraphiques Algériens

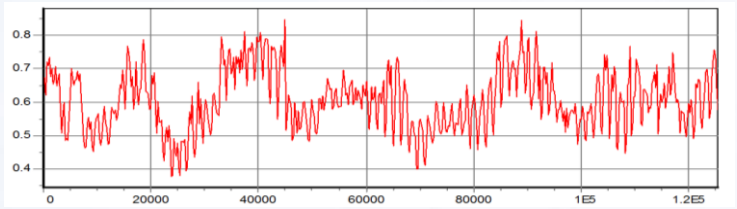
Annaba tide-gauge (LOG_aLevel) :
Period of data sample (15.05.2018 → 05.08.2018)
Number of removed **outliers** is 88
Power Spectrum Density of the data is fitting to a $S(f) = f^{-1.5}$ low.
The spectrum is close to a : Flicker FM
The error bars were computed for a : Flicker FM
The Mean Sea Level/Zero hydro (m) = 0.626482

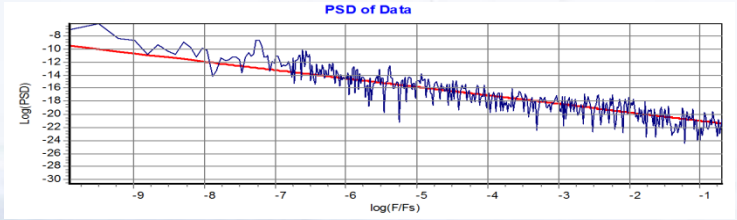


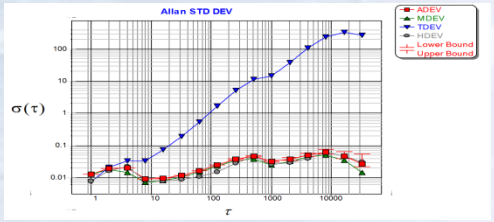




Tenes tide-gauge (LOG_aLevel) :
Period of data sample (30.04.2018 → 01.08.2018)
Number of removed **outliers** is 74
Power Spectrum Density of the data is fitting to a $S(f) = f^{-1.3}$ low.
The spectrum is close to a : Flicker FM
The error bars were computed for a : Flicker FM
The Mean Sea Level/Zero hydro (m) = 0.607010

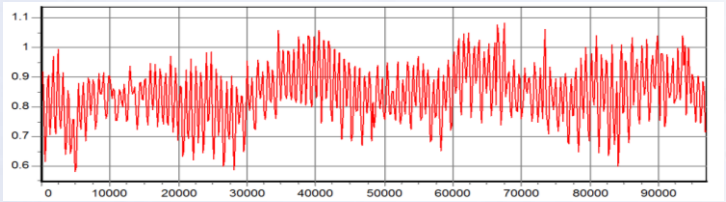




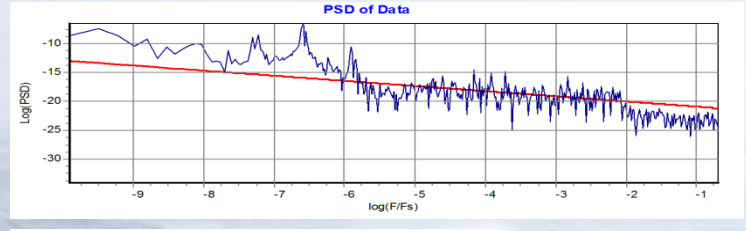


Analyse de Stabilité : marégraphiques Algériens

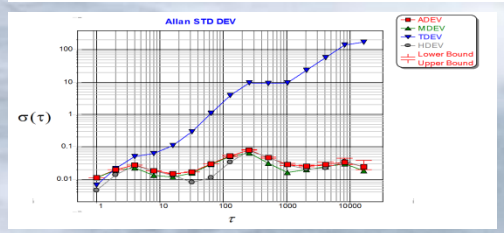
Ghazaouet tide-gauge (LOG_aLevel) :
Period of data sample (30.04.2018 → 24.07.2018)
Number of removed **outliers** is 152
Power Spectrum Density of the data is fitting to a $S(f) = f^{-0.89}$ low.
The spectrum is close to a : Flicker FM
The error bars were computed for a : Flicker FM
The Mean Sea Level/Zero hydro (m) = 0.842384



Data sample dt= 1s

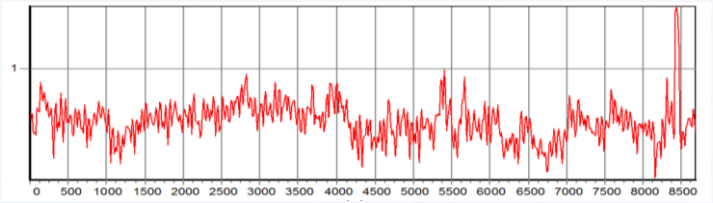


Power Spectrum Density

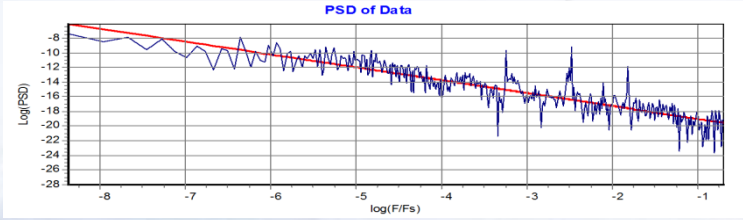


Allan Std Deviation

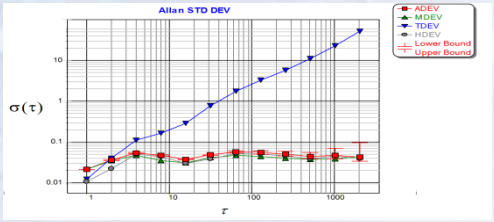
Oran tide-gauge (LOG_aLevel) :
Period of data sample (10.05.2013 → 10.06.2014)
Number of removed **outliers** is 119
Power Spectrum Density of the data is fitting to a $S(f) = f^{-1.8}$ low.
The spectrum is close to a : Random Walk FM
The error bars were computed for a : Random Walk FM
The Mean Sea Level/Zero hydro (m) = 0.714594



Data sample dt= 1h



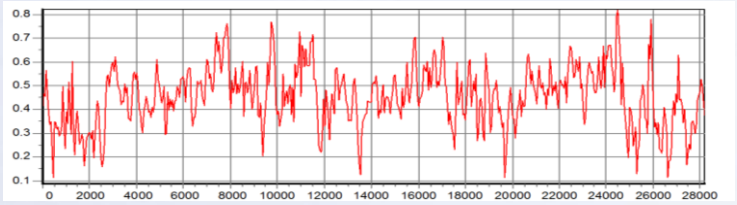
Power Spectrum Density



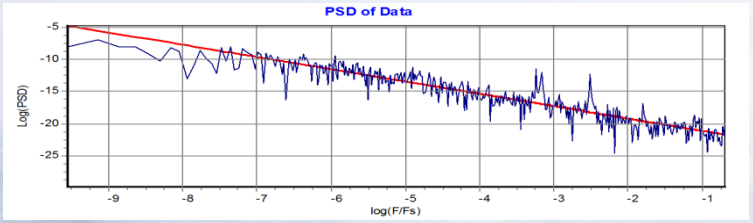
Allan Std Deviation

Analyse de Stabilité : marégraphiques Algériens

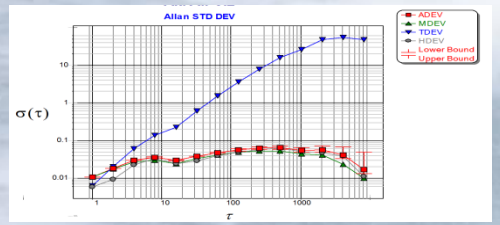
Alger tide-gauge (LOG_aLevel) :
Period of data sample (22.11.2014 → 29.01.2016)
Number of removed **outliers** is 68
Power Spectrum Density of the data is fitting to a $S(f) = f^{-1.9}$ low.
The spectrum is close to a : Random Walk FM
The error bars were computed for a : Random Walk FM
The Mean Sea Level/Zero hydro (m) = 0.452008



Data sample dt= 1h

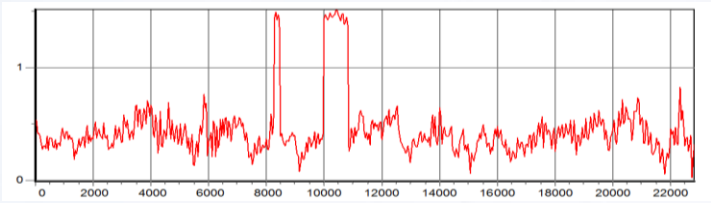


Power Spectrum Density

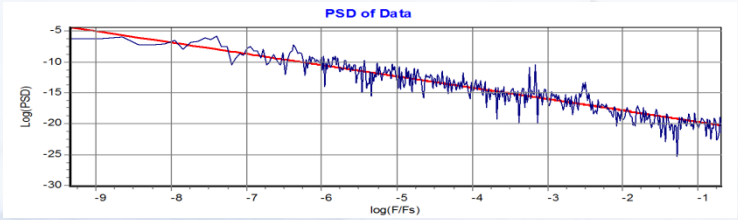


Allan Std Deviation

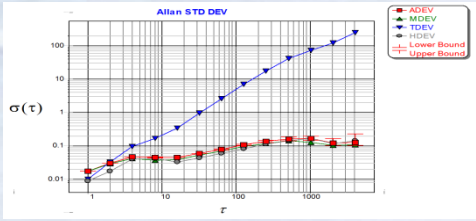
Jijel tide-gauge (LOG_aLevel) :
Period of data sample (22.05.2012 → 27.02.2015)
Number of removed **outliers** is 203
Power Spectrum Density of the data is fitting to a $S(f) = f^{-1.8}$ low.
The spectrum is close to a : Random Walk FM
The error bars were computed for a : Random Walk FM
The Mean Sea Level/Zero hydro (m) = 0.467692



Data sample dt= 1h



Power Spectrum Density



Allan Std Deviation

Détermination du Niveau de la mer / zéro hydrographique

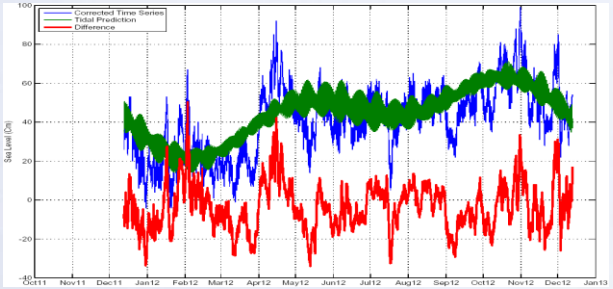
Analyse Harmonique

$$h(t) = Z_0 + \sum_i A_i \cos(V_i - G_i) + SD$$

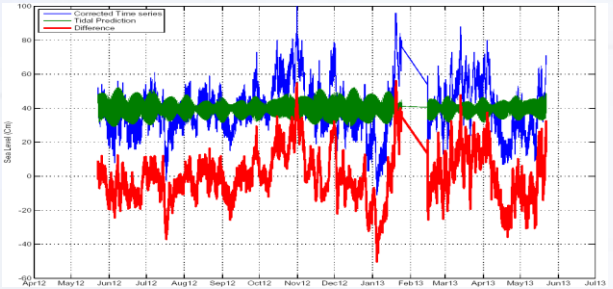
Z_0 : *Niveau moyen de la mer.*

A_i, V_i : *Amplitude et argument du cosinus dans le développement harmonique du potentiel générateur de la marée.*

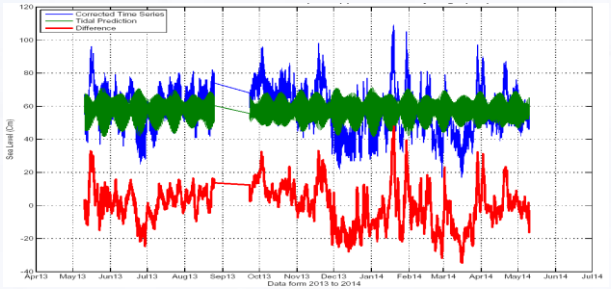
G_i : *Situation de la composante i.*



Port d'Alger.



Port de Jijel.



Port d'Oran.

- Prétraitement des données marégraphiques des trois (03) stations d'Alger (plus de 04 années), Jijel et Oran (plus de 02 années);
- Traitement et analyse des données marégraphiques des trois stations pour la définition des références d'altitude zéro (Softwares utilisés: Log-alevel, FileJester et T-Tide)

Références	Latitude (WGS-84)	Longitude (WGS-84)	Altitude NGA (m)	Nouvelle Altitude (m)
GPS4 (Alger)	36° 47' 04.2038" N	3° 04' 04.5991" E	1.2008	1.1128
Rivet (Jijel)	36° 49' 33.5400" N	5° 46' 17.9300" E	1.8445	1.8045
GPS1 (Oran)	35° 43' 29.8203" N	0° 42 11.6877" w	2.1311	1.8811

Système de Référence d'Altitudes pour l'Algérie

Système de Référence Altimétrique

Système de référence d'altitude idéal:

- Type d'altitude
- Constantes relatives au type d 'altitude ($\gamma^{D)}$ pour le type dynamique, constantes d'ellipsoïde pour le type normal, etc.)
- Point fondamental et son altitude conventionnelle (marégraphe)
- Unité des altitudes (m^2s^{-2}, m, etc.)
- Correction de marée (zéro, moyenne,..)
- Système de référence de gravimétrie (système orthométrique)

Réalisation de la référence:

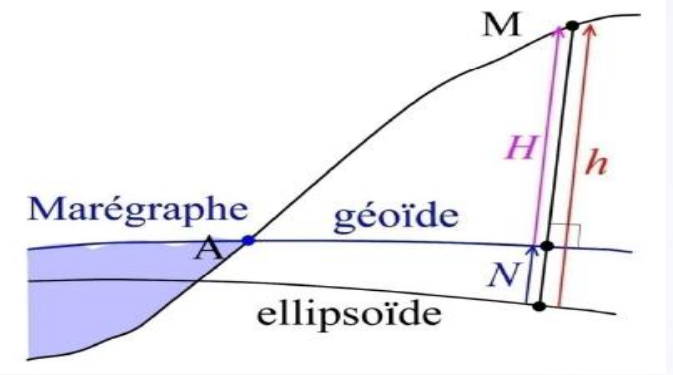
- *Par un réseau*
  - un réseau de repères de nivellement et un ensemble d'observations de nivellement de précision (dénivelées et gravimétrie)
  - un processus de calcul des altitudes des repères (incluant un ajustement).

- *Réalisation possible par un réseau géodésique tridimensionnel et un modèle de géoïde*

Les différents type d'altitudes

- La côte géo-potentielle:

$$\gamma^{(G)}(\mathrm{M}) = 1 \qquad C(\mathrm{M}) = -(W(\mathrm{M}) - W(\mathrm{A}))$$



- L'altitude dynamique:

$$\gamma^{(D)}(\mathrm{M}) = \gamma(\varphi = 45°, h = 0) \qquad H^{(D)}(\mathrm{M}) = \frac{C(\mathrm{M})}{\gamma^{(D)}(\mathrm{M})}$$

- L'altitude orthométrique:

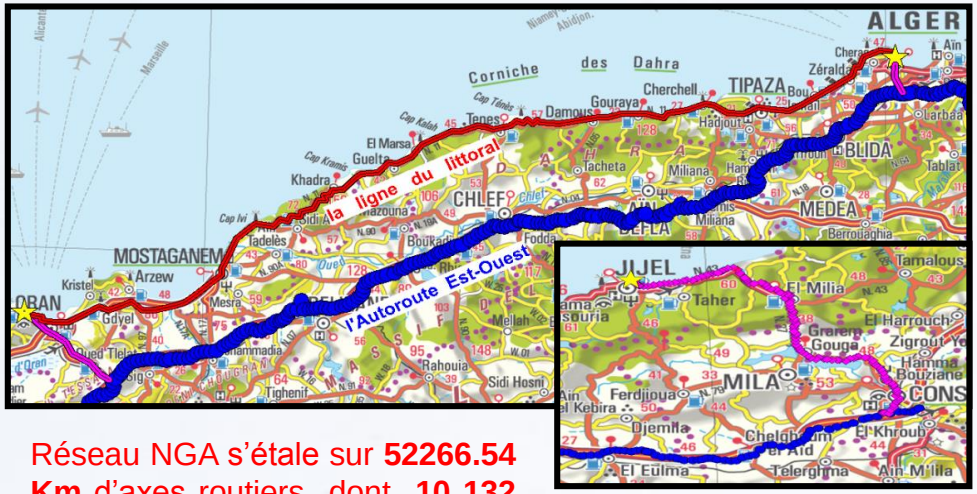
$$H^{(O)}(\mathrm{M}) = \frac{C(\mathrm{M})}{\gamma^{(O)}(\mathrm{M})} \qquad \gamma^{(O)}(\mathrm{M}) = \widetilde{g} = g\left(\frac{H}{2}\right) = g(M) - \frac{1}{2}\left(\frac{\partial g}{dH}\right)_{moy} .H^{(O)}(\mathrm{M})$$

- L'altitude Normale:

$$H^{(N)}(\mathrm{M}) = \frac{C(\mathrm{M})}{\gamma^{(N)}(\mathrm{M})} \qquad \gamma^{(N)}(\mathrm{M}) = \widetilde{\gamma} = \gamma\left(\frac{H}{2}\right)$$

Développement de solutions d'ajustement

- Ligne de nivellement de la section de l'autoroute Est-Ouest, de Constantine vers Oued Tlélat en passant par Berraki (700 km) ;
- Rattachement des trois marégraphes aux lignes de nivellement récentes (choix: Autoroute Est/Ouest) soit un total de 160 km;
- Rattachement des trois stations marégraphiques au réseau GNSS permanent;
- Ligne de nivellement de l'axe: Alger Ténes-Mesrs El Kébir sur le littoral pour les besoins des traitements; [398 repères de nivellement connus en coordonnées GPS]



Réseau NGA s'étale sur **52266.54 Km** d'axes routiers dont **10 132 km** ont été ré-observés.

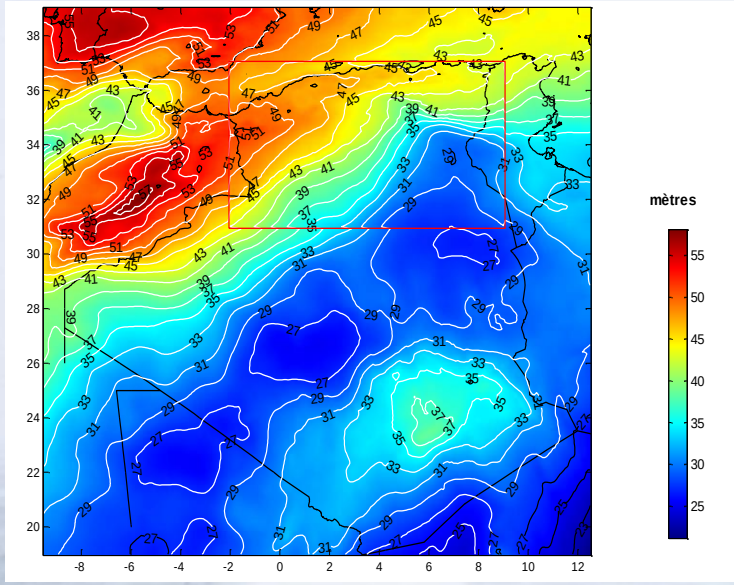
Station	Hortho (m)	σ(m)
162	223.010	.060
163	198.204	.060
164	176.543	.060
164I	172.683	.060
164II	149.322	.059
165	139.998	.059
165I	118.608	.059
166	124.343	.059

- Ajustement des lignes de nivellement choisies (autoroute Est/Ouest et le rattachement des stations marégraphiques) par contraintes d'ajustement en introduisant les nouvelles valeurs des références altimétriques.

Géoïde Gravimétrique Local / Grille de Conversion Altimétrique

Détermination de 175 points GNSS nivelés destinés à l'adaptation du géoïde gravimétrique.

Evaluation de la solution du géoïde gravimétrique local à l'aide de points GNSS nivelés de contrôle: 71 % des écarts obtenus sont compris entre 4mm et 08 cm



Station	H Elli. (m)	N Gravi. (m)	h ortho. (m)	h ortho. Calc (m)	Ecarts (m)
79	47.033	44.542	2.487	2.491	.004
80	46.676	44.543	2.131	2.133	.002
GPS1	47.987	45.831	2.157	2.156	.001
GPS2	52.901	45.831	7.071	7.070	.001
GPS3	46.870	45.831	1.041	1.039	.002
CAP	48.649	45.831	2.819	2.818	.001
ALGER	70.648	45.959	24.720	24.689	.031
1000	196.281	27.827	168.505	168.454	.051
RN25	70.926	45.996	24.948	24.930	.018
R149	63.775	46.256	17.555	17.519	.036
R147	58.260	46.272	12.073	11.988	.085
R153	83.817	46.198	37.682	37.619	.063

Données utilisées:

- Données gravimétriques: BGI, EOS, KMS, GETECH, SONATRACH.
- Modèle de champ EGM 2008
- Modèle Numérique de Terrain (SRTM)
- Grille de densités latérales
- Points GPS nivelés

Méthodologie:

Retrait restauration, terrain résiduel (RTM), Collocation des Moindres Carrées (LSC).

Perspectives

Mettre en place un processus de traitement et d'analyse des données issues des six (06) marégraphes d'Oran, Alger, Ténès, Ghazaouet, Jijel et Annaba

Rattachement GNSS simultané des six (06) stations marégraphiques

Définition des nouvelles références d'altitude zéro sur l'ensemble des stations marégraphiques

- Développement d'une stratégie de correction des altitudes et compensation global du **NGA**,
- Surveillance du mouvement vertical de la référence altimétrique,
- Développement d'algorithmes pour le calcul de la valeur $\boldsymbol{W_0}$ du Potentiel sur le géoïde de référence de Gauss-Listing et de sa variation $\widehat{\boldsymbol{W_0}}$ sur les côtes algériennes et en méditerrané,
- Contribuer à la Définition et réalisation du Système de Référence International des Altitudes (IHRS) , recommandé lors de la XXVI Assemblé Générale de l'IAG/IUGG.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION