



# TRAITER DES SERIES DE MESURE GPS POUR METTRE EN EVIDENCE DES MOUVEMENTS RELATIFS DE LA LITHOSPHERE

François CORDELLIER, professeur au lycée Jean Perrin de Rezé

## Objectifs

Acquisition des données

Conversion des fichiers au format txt

Conversion au format "Excel"

Mise en relation des séries de mesures, calcul de la variation de latitude et tri des données utilisables

Traçage de représentations graphiques

Quelques données déjà converties

Pistes pédagogiques

Téléchargement

## **Objectifs**

Les données GPS des récepteurs fixes peuvent être acquises assez facilement auprès de serveurs Internet qui les mettent gratuitement à la disposition des chercheurs et des étudiants. Ces données sont généralement au format texte et doivent être converties avant utilisation. Il devient ainsi possible d'utiliser un tableur grapheur pour calculer et représenter graphiquement des mouvements relatifs d'une station par rapport à une autre. Le travail a été entrepris avec Excel 2000. Par souci de simplicité et de compatibilité avec OpenOffice.org, la procédure employée n'utilise pas de macro mais celles-ci peuvent être mises au point par automatisation de la démarche si l'on a un grand nombre de données à traiter. Des fichiers de données déjà converties sont disponibles au format Excel pour faciliter le travail de ceux qui voudraient utiliser les données relatives aux différents exemples sans avoir à entreprendre la démarche de conversion.

[Retour](#)

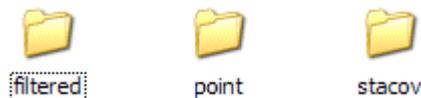
## **Acquisition des données**

L'objectif du traitement est de produire sur un tableur grapheur un ensemble de données qui montre les variations de la différence de position entre deux stations GPS. Il faut donc collecter des données concernant au moins deux stations GPS. Le site de la Nasa

<http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html> permet de télécharger des fichiers de données brutes à partir d'un serveur FTP il suffit de cliquer sur "FTP Numerical Results"

[Geodetic Positions and Velocities](#) || [Cartesian Positions and Velocities](#)  
[Geocenter and Scale Time Series](#) || [Earth Orientation Time Series](#)  
[FTP Numerical Results](#) || [LA Earthquakes](#)

Le dossier "filtered" ne contient que certains fichiers de particulièrement bonne qualité alors que le dossier "point" contient les résultats de toutes les stations. Si la station recherchée ne se trouve pas dans le premier, utiliser le second dossier.



On a choisi ici d'étudier les mouvements de la station AREQ par rapport à la station KOUR. Trois fichiers correspondent à une station. Le fichier AREQ.lat correspond aux variations de latitude, le fichier AREQ.lon aux longitudes et le fichier AREQ.rad correspond aux altitudes. Télécharger ces trois fichiers ainsi que ceux correspondant au récepteur KOUR (KOUR.lat, KOUR.lon et KOUR.rad). Garder une copie de chacun des fichiers dans un dossier spécifique. Un exemplaire de chacun de ces fichiers est téléchargeable à la [rubrique téléchargement](#) ci-dessous pour permettre de s'entraîner



[Retour](#)

## Conversion des fichiers au format txt

Pour pouvoir être lus facilement, Les fichiers vont ensuite être renommés en changeant le suffixe. En utilisant la fonction renommer on aura ainsi respectivement AREQlat.txt, AREQlon.txt, AREQrad.txt, KOURlat.txt, KOURlon.txt et KOURrad.txt,

```
1994.2423--0.269160995832032E+02--0.583900181175420E+00--AREQ-LAT-94MAR30--  
1994.2450--0.274629514498160E+02--0.593625190780496E+00--AREQ-LAT-94MAR31--  
1994.2478--0.279138251831522E+02--0.565212617133043E+00--AREQ-LAT-94APR01--  
1994.2505--0.270437824603397E+02--0.281435707637307E+01--AREQ-LAT-94APR02--  
1994.2533--0.267421987541357E+02--0.686752902981648E+00--AREQ-LAT-94APR03--  
1994.2560--0.258976238474411E+02--0.755625197568257E+00--AREQ-LAT-94APR04--  
1994.2587--0.266803552023252E+02--0.667020062114886E+00--AREQ-LAT-94APR05--  
1994.2615--0.272028637353405E+02--0.731913461940001E+00--AREQ-LAT-94APR06--  
1994.2642--0.270669181420792E+02--0.614484450132071E+00--AREQ-LAT-94APR07--  
1994.2670--0.286291886004963E+02--0.992382403729514E+00--AREQ-LAT-94APR08--  
1994.2697--0.282415599251429E+02--0.878535993363841E+00--AREQ-LAT-94APR09--  
1994.2725--0.262554553717185E+02--0.926551178614084E+00--AREQ-LAT-94APR10--  
1994.2751--0.270525450014330E+02--0.728009467914416E+00--AREQ-LAT-94APR11--
```

Ce court extrait du fichier au format texte montre que chaque ligne correspond à une date en année décimale avec quatre chiffres après la virgule. Les données suivantes concernent :

- l'écart à la position de référence,
- l'incertitude de cet écart,
- le code de la station,
- le nom de la mesure (LAT, LON ou RAD),
- la date en notation abrégée américaine au format texte.

[Retour](#)

## Conversion au format "Excel"

Les manipulations décrites ont été effectuées avec Excel 2000 mais elles sont très voisines de celles qui sont réalisables avec Excel 97 ou les versions ultérieures. Le premier acte consiste à ouvrir le logiciel avant d'ouvrir le fichier .txt.



Il faut ensuite demander l'ouverture du fichier au format .txt. Le logiciel propose une série de trois boîtes de dialogue qui permettent de régler l'affichage des données dans le tableur.

Pour ce cas précis il suffit de garder toutes les options par défaut en cliquant deux fois sur "suivant" puis sur "terminer"



Dans la notation américaine des nombres, le point est le séparateur décimal. Sur les versions françaises d'Excel les nombres avec des points sont donc reconnus comme des textes. Pour forcer Excel à les reconnaître comme des nombres il faut remplacer tous les points par des virgules. En cliquant "Remplacer" dans le menu "Edition", Une boîte dialogue permet de paramétrer le remplacement.



Cliquer ensuite sur "Remplacer tout" et vérifier maintenant que toutes les données numériques sont considérées comme telles.

Terminer ensuite la manipulation en faisant une copie de sauvegarde au format Excel.



Faire le même travail pour les six fichiers textes.

[Retour](#)

## Mise en relation des séries de mesures, calcul de la variation de latitude et tri des données utilisables

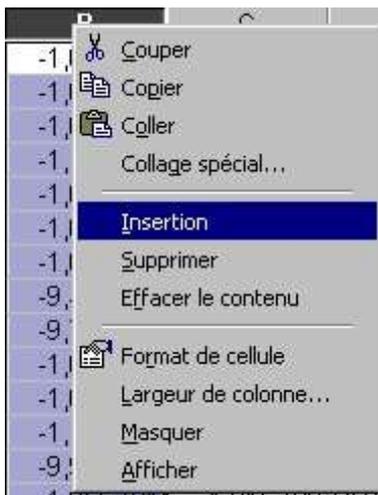
Plutôt que d'observer le mouvement absolu de la station, il a été choisi de l'observer de façon relative c'est à dire en calculant les variations des différences de latitude et de longitude entre la station à étudier (ici Arequipa au Pérou) et une station de référence (ici Brazilia au Brésil). On dispose donc de trois paires de fichiers tels que celui reproduit à droite.

L'objectif de la manipulation est d'obtenir un fichier où les deux séries de mesures sont mises en parallèle de façon à pouvoir représenter graphiquement les variations temporelles de positions d'Arequipa par rapport à une autre station qualifiée de station de référence.

	A	B	C	D	E	F
1	1992,8816	-1,26E+01	5,80E-01	KOUR	LAT	92NOV18
2	1992,8843	-1,21E+01	6,25E-01	KOUR	LAT	92NOV19
3	1992,9501	-1,25E+01	5,55E-01	KOUR	LAT	92DEC13
4	1992,9528	-1,23E+01	5,18E-01	KOUR	LAT	92DEC14
5	1992,9556	-1,24E+01	4,78E-01	KOUR	LAT	92DEC15
6	1992,9583	-1,23E+01	4,62E-01	KOUR	LAT	92DEC16
7	1992,9774	-1,30E+01	5,11E-01	KOUR	LAT	92DEC23
8	1993,0131	-1,19E+01	5,59E-01	KOUR	LAT	93JAN05
9	1993,0157	-1,24E+01	4,97E-01	KOUR	LAT	93JAN06

On remarquera que seule les deux premières colonnes seront utilisées.

Ouvrir un nouveau tableur Excel que l'on appellera par exemple AREQ\_KOURlat.xls et y recopier les deux premières colonnes du fichier AREQlat.xls



Ouvrir ensuite le fichier de la station de référence KOURlat.xls et décaler la colonne B dans la colonne C en insérant une colonne en deuxième position.

Recopier les données des trois premières colonnes de KOURlat.xls sous les données de la station d'AREQlat.xls. De cette manière, la colonne des dates est désordonnée mais les données de positions ne risquent pas d'être écrasées.

2761	2004,2245	-4,53E-01	
2762	2004,2273	-6,10E-01	
2763	2004,23	-6,74E-01	
2764	2004,2327	-7,76E-01	
2765	2004,2382	-4,56E-01	
2766	2004,241	-4,25E-01	
2767	1995,1759		-1,02E+01
2768	1995,1786		-1,01E+01
2769	1995,1814		-1,09E+01
2770	1995,1841		-1,11E+01
2771	1995,1869		-1,09E+01
2772	1995,1896		-1,03E+01
2773	1995,1924		-1,06E+01
2774	1995,1951		-9,45E+00

Pour éviter toute perte de données il est maintenant nécessaire d'insérer une ligne en première position pour donner un nom à chaque colonne. Une quatrième colonne destinée à accueillir les données calculées sera créée avec pour intitulé AREQ-KOUR.

A	B	C
date	AREQlat	KOURlat
1992,8816		-12,5793709
1992,8843		-12,1088269
1992,9501		-12,456177
1992,9528		-12,267506
1992,9556		-12,4049175
1992,9583		-12,3197198

Pour ordonner la série des dates il faut au préalable transformer notre tableur en base de données. Pour cela il faut mettre toutes les colonnes concernées en surbrillance et choisir "Données", "Filtre" puis "Filtre automatique".



Les têtes de colonnes se transforment alors par addition d'une petite flèche qui ouvre une boîte de dialogue.

Procéder ensuite à la mise en ordre de la colonne A par la commande "Données" puis "Trier" en choisissant la colonne A et l'ordre croissant.



On remarquera que beaucoup de données sont partielles. A certaines dates, une des deux stations n'a pas fait d'enregistrement. Toutes ces mesures ne sont pas utilisables et il faut trouver une formule pour afficher uniquement ce qui est significatif.

A	B	C
date	AREQlat	BRAZlat
1995,1814	2,79E+01	
1995,1814		-1,09E+01
1995,1841	2,77E+01	
1995,1841		-1,11E+01
1995,1869	2,83E+01	
1995,1869		-1,09E+01
1995,1896		-1,03E+01
1995,1924		-1,06E+01
1995,1951		-9,45E+00
1995,1978		-9,73E+00
1995,2006		-1,04E+01
1995,2032		-1,03E+01
1995,2061	2,86E+01	
1995,2061		-1,10E+01

Le fragment de fichier ci-contre montre que si deux cellules consécutives An et An+1 contiennent la même date on peut s'en servir pour calculer la variation de la latitude entre AREQ et KOUR. Cette variation est égale à AREQlat-KOURlat soit Bn - Cn+1. Si ce n'est pas le cas on demandera le renvoi d'un message signifiant que la mesure est absente.

Dans la cellule D2 sera saisie l'expression ci-contre qui est la traduction de la phrase ci-dessus. Cette formule sera étendue vers le bas en faisant glisser la petite croix située dans le coin inférieur droit de la cellule. La colonne D contient maintenant les variations de la différence de latitude entre AREQ et KOUR.

SOMME	A	B	C	D	E
	date	AREQlat	BRAZlat	AREQ-BRAZ	
	1994,2423	2,69E+01		=SI(A2=A3;B2-C3;"abs")	
	1994,245	2,75E+01		abs	
	1994,2478	2,79E+01		abs	
	1994,2505	2,70E+01		abs	
	1994,2533	2,67E+01		abs	

Lorsqu'une des deux mesures manque, la mention "abs" s'affiche

C	D
BRAZlat	AREQ-BRAZ
	(Tous)
	(10 premiers...)
	(Personnalis...
	-1,409526842
	-1,355151431
	-1,291252921
	-1,286172697
	-1,28330338
	-1,257626134
	-1,239524843
	-1,216763337
	-1,159114417
	-1,157117074
	-1,156693339
	-1,131189886
	-1,122510199
	-1,105842609
	-1,082681036
	-1,073692058
	-1,067507118

En utilisant la boîte de requête à droite de l'étiquette AREQ-BRAZ on affiche une boîte de dialogue qui permet de sélectionner toutes les lignes qui ne contiennent pas la mention "absent" dans la colonne D. Il faut pour cela choisir un filtre personnalisé.

**Filtre automatique personnalisé** [?] [X]

Afficher les lignes dans lesquelles :

AREQ-BRAZ

ne contient pas [abs]

Et  Ou

[ ] [ ]

Utilisez ? pour représenter un caractère  
Utilisez \* pour représenter une série de caractères

[OK] [Annuler]

On possède maintenant une table qui donne les variations de la différence de latitude en fonction du temps.

Il va être possible d'en tracer une représentation graphique.

A	B	C	D
date	AREQlat	BRAZlat	AREQ-BRAZ
1995,1759	2,87E+01		38,89548635
1995,1786	2,80E+01		38,07960539
1995,1814	2,79E+01		38,84234416
1995,1841	2,77E+01		38,7401423
1995,1869	2,83E+01		39,23573499
1995,2061	2,86E+01		39,57940231
1995,2087	2,83E+01		38,26136101
1995,2115	2,86E+01		39,04008034
1995,2499	2,87E+01		38,76688713
1995,2744	2,80E+01		39,15353209
1995,2799	2,77E+01		39,15091641
1995,2827	2,87E+01		40,0623397
1995,2854	2,68E+01		37,44049135
1995,2964	2,87E+01		38,98098413
1995,2991	2,92E+01		39,87231021

Ce travail sera aussi fait pour les variations de différences de longitudes et d'altitudes.

[Retour](#)

## Traçage de représentations graphiques

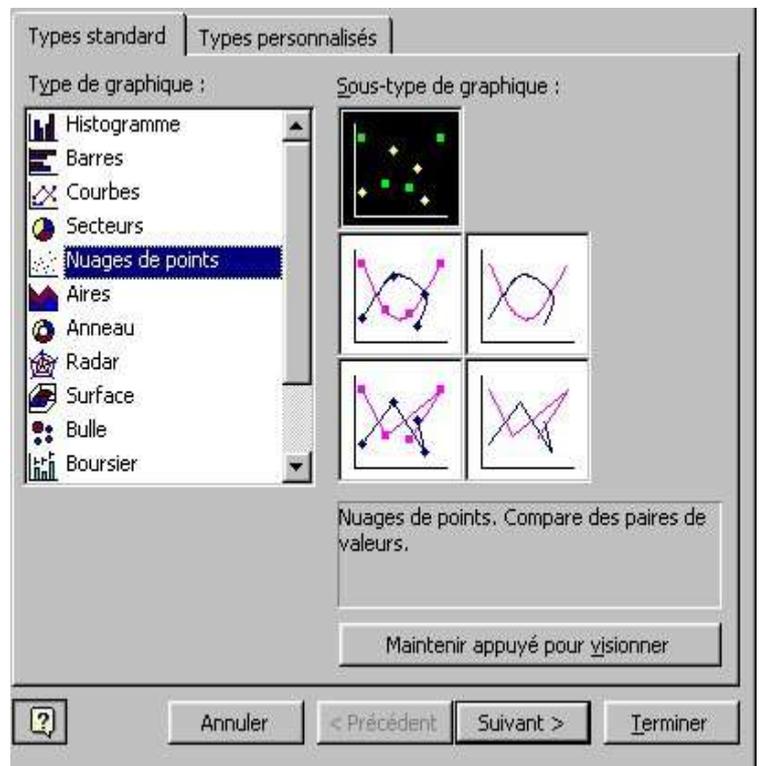
Pour représenter graphiquement la variation de différence de latitude entre AREQ et KOUR sélectionner d'abord la colonne A puis la colonne D en maintenant la touche <ctrl> enfoncée.

A	B	C	D
date	AREQlat	BRAZlat	AREQ-BRAZ
1995,1759	2,87E+01		38,89548635
1995,1786	2,80E+01		38,07960539
1995,1814	2,79E+01		38,84234416
1995,1841	2,77E+01		38,7401423
1995,1869	2,83E+01		39,23573499
1995,2061	2,86E+01		39,57940231
1995,2087	2,83E+01		38,26136101
1995,2115	2,86E+01		39,04008034
1995,2499	2,87E+01		38,76688713
1995,2744	2,80E+01		39,15353209
1995,2799	2,77E+01		39,15091641
1995,2827	2,87E+01		40,0623397
1995,2854	2,68E+01		37,44049135

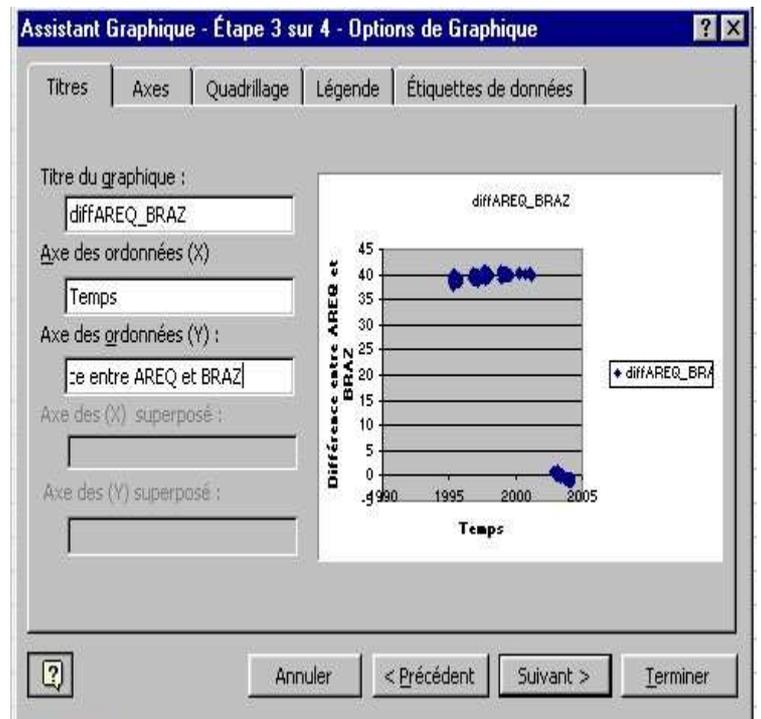
Sélectionner l'outil graphique



Choisir un graphique en nuage de points.

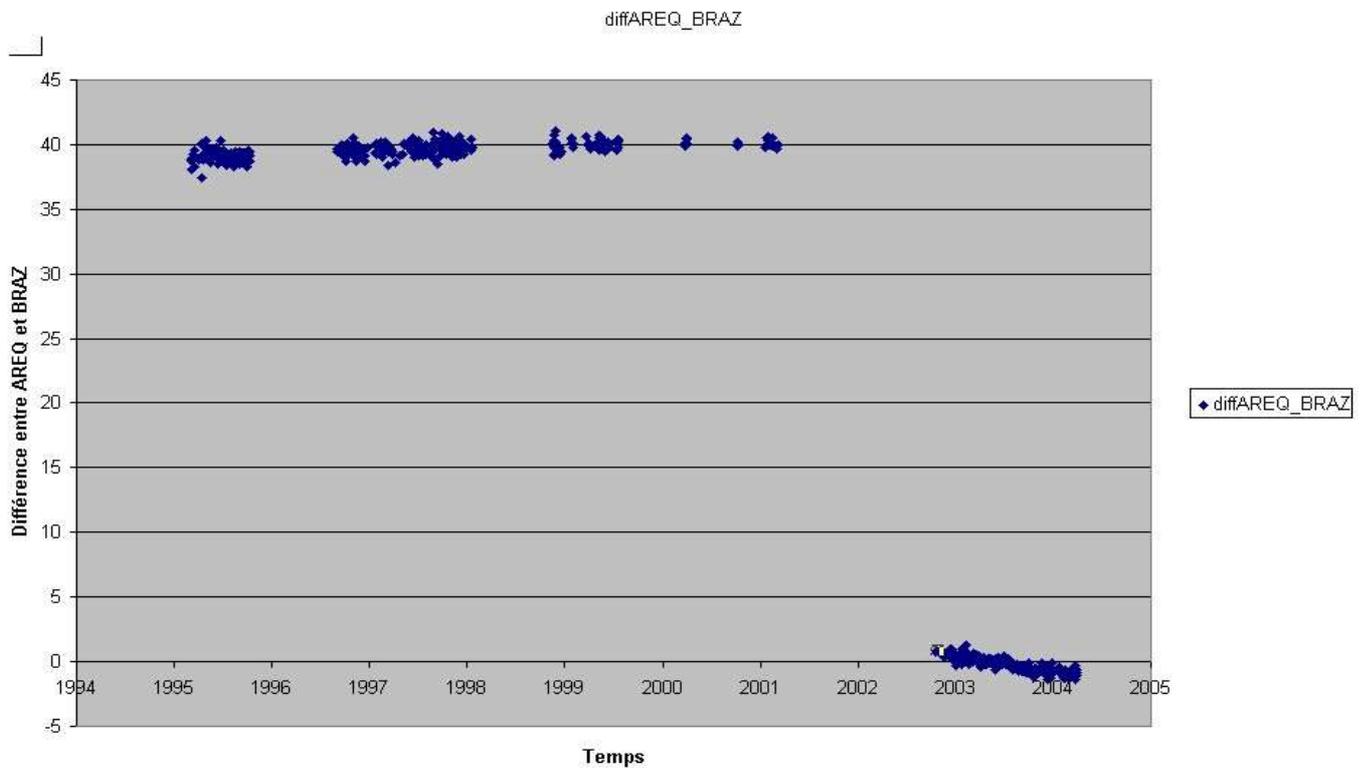


Indiquer les titres et les légendes



Placer le graphique sur une nouvelle feuille.





Au terme de ce travail sur les variations de latitude entre Aréquipa et Kourou, on voit qu'une brutale rupture de pente affecte la série temporelle. Il faut maintenant réaliser les mêmes traitements pour les variations de différences de longitude. Pour l'interprétation de ces résultats on se reportera à la page concernant le [séisme d'Arequipa](#)

[Retour](#)

## **Pistes pédagogiques**

Le traitement développé ci-dessus peut être utilisé pour tout les couples de station dont les séries temporelles sont disponibles sur le serveur

<http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html>

Il est ainsi possible de traiter tous les types de mouvements relatifs à condition de posséder des séries temporelles établies sur la même base de temps.

Pour ce qui concerne la géologie, les thèmes ci-contre seront explorés dans le présent dossier mais la liste n'est pas exhaustive. Selon le problème traité, le niveau et le type d'activité, l'étendue du travail fourni par les élèves ne sera pas la même.

[Fonctionnement d'une faille inverse liée à la subduction de la plaque Nazca sous la plaque sud américaine.](#)

[Mise en évidence des mouvements de la lithosphère liés au Tsunami du 26 décembre 2004](#)

La recherche et la conversion des fichiers bruts ne peuvent être envisagées qu'en TPE ou à la rigueur en IDD tandis que les traitements de tableurs déjà enregistrés et la construction des représentations graphiques peuvent faire partie d'une activité pratique en classe de quatrième de première ou de terminale S. On notera que les compétences nécessaires sur le tableur sont celles qui sont inscrites au B2I niveau 2.

Pour faciliter le travail des collègues un certain nombre de fichiers déjà convertis sont fournis avec différents niveaux de traitement dans une section spéciale de ce dossier.

[Données utilisées](#)

[Retour](#)