

---

# Sismogrammes : De l'épicentre à la localisation du Moho

Introduction : Formaterre 2012 et son thème géophysique nous a permis de construire cet atelier. Nous espérons que cette présentation de l'atelier vous permettra de réinvestir son contenu. Nous restons à votre disposition pour toutes les questions que vous pourriez vous poser en attendant Formaterre 2013.

Carole Larose, ENS-Lyon/iFé

<carole.larose@formaterre2012.ac-rouen.fr>

Éric Le Jan, ENS-Lyon/iFé

<Éric.lejan@formaterre2012.ac-rouen.fr>

Publié par Gérard Vidal

Copyright © 2012-10-16 Ce livret est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les mêmes conditions 4.0 International [<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>] 

## Résumé

Un résumé de l'atelier qui devrait vous permettre de retrouver les liens vers les logiciels utilisés, les vidéos des exercices réalisés pendant l'atelier et le contexte de réalisation de ces TP en classe.

## Table des matières

Introduction .....	1
Localisation de l'épicentre .....	1
Seismac .....	2
La démarche .....	3
Création des grands cercles .....	3
Intégration dans QGIS .....	4
Localisation du Moho .....	5
La démarche .....	5
Modélisation du trajet des Ondes .....	6
Calcul de la profondeur du Moho .....	7
Conclusion .....	8

## Introduction

Nous mettons à votre disposition dans ce livret l'ensemble des éléments vus pendant l'Atelier que nous avons conduit avec Carole.

Bonne consultation.

## Localisation de l'épicentre

Le programme de 4ème et de Première S sont propices à l'utilisation du logiciel QGIS pour intégrer dans le cours un usage SIG. Cet usage pourra être réinvesti en Histoire et Géographie ou encore en SVT en MPS ou en TPE.

## Figure 1. Le jardin de l'iFé cadre de Formaterre



La vue du Jardin depuis la mezzanine d'@CCES

## Seismac

Ce logiciel est produit par Daniel Griscom, sur PC il peut être remplacé par l'usage d'un capteur ExAO.

### Présentation du contexte

Enregistrer un séisme repose sur les stations sismiques dont le réseau mondial met à disposition du public les sismogrammes et les localisations des séismes au jour le jour.

Plusieurs sites sont utilisables en France :

1. La page web du site Sismo à l'école : Un site qui permet aussi un lancement en ligne de SeisFGramm2K [<http://www.edusismo.org/>]
2. La page Web du site SismAlp : Un autre site pour les séismes proches/ [<http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/>]
3. La page Web du site SismAlp : Un site riche pour l'activité sismique mondiale [<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/>]
4. La page web du site REV : La encore séismes mondiaux mais une présentation très simple des données [<http://rev.seis.sc.edu/>]

Les sites lorsqu'ils donnent accès à des sismogrammes les fournissent aux formats .SIS ou .SAC. Il existe des logiciels spécialisés dans l'ouverture de ces formats.(SeisGram60K)

## Démonstration d'enregistrement : Logiciel Seismac ou Capteur ExAO

Ce petit logiciel (*seismac*) est extrêmement pratique pour présenter ce qu'est une station sismique.

Il suffit d'orienter le macBook par rapport aux points cardinaux pour que l'illustration d'une station sismique soit réalisée. En effet l'accéléromètre 3G des portables permet de capter les mouvements horizontaux «Droite gauche» (*X*) et «avant Arrière» (*Y*) de la Machine. Les mouvements verticaux sont enregistrés aussi selon l'axe (*Z*).

Il est possible avec le logiciel *Seismac Calibrate* de régler le capteur.

Un accéléromètre 3G branché sur une interface ExAO permet la même mise en évidence.

## Figure 2. Seismac et la démonstration du modèle de fonctionnement d'une station sismique

Accès à la vidéo [<http://mediaserv.climatetmeteo.fr/users/EricLeJan/Sismogrammes/videos/EnregistrementFini.mp4>] pour la visualisation dans le format **pdf**

Accès au téléchargement du logiciel : Pour accéder à la page [<http://suitable.com/>]

## La démarche

Voici comment nous allons aborder la localisation de l'épicentre

## Formulation

*Comment avec les données des Stations réparties dans le monde les géologues déterminent-ils la position de l'épicentre ?*

## Trouver un exemple de séisme sur le site REV : Accès au site [<http://rev.seis.sc.edu/earthquakes.html>]

Une fois choisi un séisme dans une zone tectonique en liaison avec le thème abordé en classe, l'élève relève les coordonnées qui lui permettront de tracer les grands cercles nécessaires à la localisation de l'épicentre et de les exporter dans un format compatible avec le logiciel QGIS.

## Utilisation d'un tableau pour stocker les données

Un exemple de tableau de données à compléter

Station	Latitude Station	Longitude Station	Latitude épicentre	Longitude épicentre	Distance à l'épicentre	Profondeur du Séisme	Heure du séisme
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

## Les étapes de collecte des données : illustration en vidéo

La vidéo illustre comment accéder à des séismes récents puis montre comment récupérer les données en choisissant trois stations.

## Figure 3. Les étapes de récupérations des données sur le séisme choisi

Accès à la vidéo [<http://mediaserv.climatetmeteo.fr/users/EricLeJan/Sismogrammes/videos/ExploitationSiteREV.mp4>] pour la visualisation dans le format **pdf**

## Création des grands cercles

Les élèves vont utiliser un calculateur automatique pour construire les grands cercles dont l'intersection correspond à l'épicentre.

## Utilisation des calculateurs

Le site GPS visualizer permet d'accéder à la production de couches vecteur exportable dans QGIS. Une précaution est à prendre, pour les latitudes Sud et les longitudes Ouest il faut affecter un signe - aux valeurs des coordonnées relevées précédemment.

## Accès au site GPS visualizer : Le lien vers la page des calculettes [<http://www.gpsvisualizer.com/calculators>]

On utilise le module «Draw range rings around a point» en veillant à exporter la carte au format .gpx. On obtient les grands cercles autour des 3 stations dont le point d'intersection est l'épicentre.

### Figure 4. Illustration du module du site GPS visualizer



Le bandeau de saisie des coordonnées

## Les étapes de la construction des grands cercles : illustration en vidéo

Les élèves réalisent le travail comme sur la vidéo ci-dessous

### Figure 5. Du choix du séisme à la collecte des données sur le site REV

Accès à la vidéo [<http://mediaserv.climatetmeteo.fr/users/EricLeJan/Sismogrammes/videos/CreationGrandCercle.mp4>] pour la visualisation dans le format pdf

## Intégration dans QGIS

Les élèves vont maintenant intégrer les fichiers .gpx qui sont des couches "vecteur" dans le logiciel QGIS. Cette étape leur permettra de visualiser l'épicentre du séisme sur un fond de carte mondial grâce à la couche OpenLayer *Google Physical* par exemple.

## Une étape de préparation pour l'enseignant : le téléchargement du logiciel

Le logiciel QGIS est un logiciel OpenSource utilisable sur tous les systèmes disponibles. La version que nous utilisons est la version 1.8.0

**Accès au site de téléchargement :** La page officielle [<http://hub.qgis.org/projects/quantum-gis/wiki/DownloadFr>]

Il faut prévoir l'installation des extensions suivantes pour utiliser l'ensemble des couches dont les élèves vont avoir besoin.

1. Open Layer Plugin : Accès aux serveur WMS et à la couche "Google Physical"
2. Find by attribute : Repérage d'une entité par sa description
3. NumÉrical Vertex : Saisie manuelle des coordonnées d'un point
4. mmQGIS : Ensemble de convertisseurs de formats
5. Table Manager : Outil pour gérer les tables d'attributs.

## Les étapes d'ajout des grands cercles dans QGIS : une illustration en vidéo

Le logiciel QGIS est capable d'afficher d'autres couches notamment celles fournies par les serveurs WFS ou WMS mais aussi des couches Raster. Il est donc possible de préparer sur les machines utilisées par les élèves un ensemble de couches qui formeront le contexte de travail pour chacun d'entre eux.

## Figure 6. QGIS un outil pour afficher des couches locales ou des couches en ligne

Accès à la vidéo [<http://mediaserv.climatetmeteo.fr/users/EricLeJan/Sismogrammes/videos/ImportationGrandCercle.mp4>] pour la visualisation dans le format **pdf**

## Localisation du Moho

Les programmes de Première S et de Terminale S permettent d'aborder la localisation du Moho et l'utilisation du logiciel QGIS s'intègre à cette démarche. Cet usage pourra être réinvesti en Histoire et Géographie ou encore en SVT en TPE. Dans le programme de Spécialité SVT les notions abordées à propos des climats sont aussi de nature à utiliser les SIG.

### Figure 7. Le parc de l'iFé entre deux ateliers



La vue du Jardin depuis la mezzanine d'@CCES

## La démarche

Voici comment nous allons aborder la localisation du Moho

### Formulation

**comment avec les données des Stations proches d'un séisme les géologues déterminent-ils la profondeur du moho dans la région ?**

### Trouver un exemple de séisme : Sismo À L'école [<http://www.edusismo.org/>]

Ce site permet de trouver des séismes récents, pour des stations proches dès qu'il s'agit de séismes alpins. Cependant les ondes PmP sont le plus souvent très difficiles à trouver sur le sismogramme.

Le logiciel sismolog contient des fichiers au format .SIS qui sont depuis longtemps utilisés pour monter ces ondes.

Nous avons donc utilisé un séisme particulier celui de Cueno survenu le 11 Mai 1991. Ce séisme présente des ondes PmP très simples à identifier.

### Utilisation de Seisgram60k pour étudier le sismogramme :

Le logiciel est disponible au téléchargement. Il impose que votre ordinateur soit muni d'une version de Java à jour.

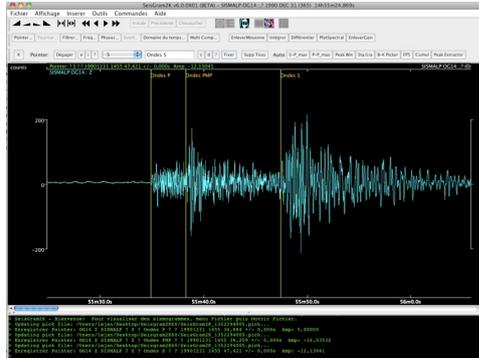
**Accès au téléchargement :** La page de l'auteur avec les consignes d'installation du logiciel [[http://alomax.free.fr/seisgram/ver60/SeisGram2K\\_install.html](http://alomax.free.fr/seisgram/ver60/SeisGram2K_install.html)]

L'affichage du séisme révèle un train d'onde supplémentaire après l'arrivée de P et avant celle de S. Les élèves sont alors amenés à proposer une hypothèse sur l'origine de ces ondes.

## Le repérage des ondes P, PmP et S : une illustration en image

L'illustration ci-dessous montre quel est l'état du sismogramme une fois repérées les ondes P, PmP et S. Le logiciel ouvre les fichiers au format .SIS ou .SAC.

**Figure 8. Le sismogramme annoté**



Le logiciel permet de placer les guides correspondant aux temps d'arrivée des Ondes.

On peut une fois ce repérage effectué calculer le délai (PmP-P) et s'interroger sur l'origine de ces ondes.

Il s'avère alors nécessaire pour un certain nombre d'élèves de préciser les choses. Pour ce faire on peut utiliser des modèles géométriques construits grâce à Cabri II plus ou à Géogebra.

## Modélisation du trajet des Ondes

Nous disposons de deux modèles.

### Choix de Cabri II plus ou de Geogebra :

Les logiciels Cabri II Plus et Geogebra permettent tous les deux de construire les modèles mathématiques.

C'est Benoit Bruder (*Calibration*) qui nous a écouté puis qui a imaginé le modèle sous Cabri pour visualiser les trajets des ondes P et PmP.

Laurent Costa a suivi notre atelier et nous a fourni un modèle Geogebra qui est en cours de production.

Ces deux modèles sont ou seront téléchargeables sur le site @CCES :

Vers le fichier Cabri II plus [<http://acces.ens-lyon.fr/acces/formation/formations/formaterre/formaterre-2012/ressources-ateliers/rouen-2012/documents-ateliers-presentation-videos-couches/le-modele-construit-avec-cabri-ii-plus-1/resolveUId/32b9a9de56dc5f359246e1277ca7a4df>]

Lieu de dépôt du document à venir [<http://acces.ens-lyon.fr/acces/formation/formations/formaterre/formaterre-2012/ressources-ateliers/rouen-2012/documents-ateliers-presentation-videos-couches/>]

## Accès aux sites de téléchargement des deux logiciels

**Téléchargement de Cabri II plus :** Le lien vers le téléchargement [<http://www.cabri.com/fr/telecharger-cabri-2-plus.html>]

**Téléchargement de Geogebra :** Le lien vers le téléchargement [<http://www.geogebra.org/cms/en/download>]

## L'utilisation du modèle Cabri II plus pour visualiser les trajets des ondes.

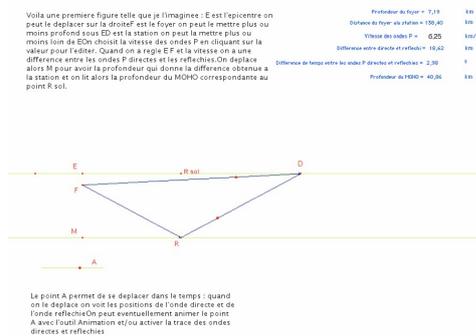
Dans Cabri II Plus on utilise le curseur A pour faire évoluer le système. Le point M et le point F sont mobiles. Le point D qui matérialise la station est lui aussi mobile.

On constate que les ondes P se réfléchissent sur la surface du Moho. Ces Ondes parcourent donc plus de distance que les ondes directes et arrivent en retard à la station sismique.

Ce délai PmP - P matérialise la profondeur du Moho sous le point de projection au sol du lieu de la réflexion (*Rsol*).

Il faut donc calculer la distance épicentre - point Rsol pour avoir une idée du lieu géographique où est mesurée la profondeur du Moho.

Figure 9. Un aperçu du modèle.



Cabri II et ses possibilités d'affichage.

## L'utilisation du modèle Geogebra pour visualiser le trajet des ondes

à venir

## Calcul de la profondeur du Moho

Il reste à l'élève à utiliser la donnée "délai" P-PmP, la distance à l'épicentre et la profondeur du séisme pour trouver la profondeur du moho sous le point Rsol, projection verticale du lieu de réflexion des ondes PmP. En effet la précision du déplacement des points dans les modèles n'est pas assez fine pour une lecture directe.

## Utilisation d'une feuille de calcul Excel : Accès à la feuille de calcul [[http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/IMG/xls/calcul\\_moho.xls](http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/IMG/xls/calcul_moho.xls)]

C'est la page de M Guy Sabatier qui permet de récupérer cette feuille de calcul.

L'élève reporte ses valeurs et obtient la profondeur du moho sous le point Rsol ainsi que la distance épicentre - point Rsol.

Il reste donc à tracer le cercle de rayon distance épicentre - Rsol centré sur l'épicentre du séisme.

## Utilisation du site GPS Visualizer

L'élève utilise de nouveau le calculateur et exporte au format .gpx le résultat.

**accès au site :** Retour vers les calculettes [<http://www.gpsvisualizer.com/calculators>]

Sur le site plusieurs modules sont disponibles. On utilise ici celui qui permet de tracer des grands cercles.

### Figure 10. L'image ci-dessous illustre le module à utiliser



On obtient les coordonnées du cercle.

## L'entrée dans QGIS des données et l'affichage du Moho : une illustration vidéo

La vidéo ci-dessous illustre la fin de cet exercice avec la vérification de la profondeur du Moho sous le point Rsol.

### Figure 11. Vers l'affichage du moho et la vérification de la pertinence de la mesure

Accès à la vidéo [<http://mediaserv.climatetmeteo.fr/users/EricLeJan/Sismogrammes/videos/CreationdecoucheVecteur.mp4>] pour la visualisation dans le format **pdf**

Cette vidéo présente la création d'une couche vecteur de type ligne pour matérialiser le point d'intersection entre le trajet Epicentre / OG14 et le cercle Epi- centre Rsol.

Une alternative est d'utiliser l'outil règle pour obtenir la ligne recherchée à l'affichage sans créer la couche vecteur.

## Conclusion

Nous restons à votre disposition pour toutes les questions que vous souhaiteriez nous poser. Nos adresses mal académiques sont disponibles dans l'entête de ce livret.