

**FICHE TECHNIQUE :**  
**METTRE EN EVIDENCE LA DUALITE DE LA CROUTE TERRESTRE PAR LA SISMOLOGIE**

**NOTIONS À CONSTRUIRE**

Dualité de la croûte terrestre : croûte continentale et croûte océanique

**PRÉREQUIS**

CYCLE 3 : L'ÉTUDE DE LA PLANÈTE TERRE ET DE SA PLACE DANS LE SYSTÈME SOLAIRE

**SITUATION PROBLÈME**

La vitesse des ondes sismiques peut être influencée par les matériaux traversés dans le globe, ainsi elles peuvent nous renseigner sur la nature physico-chimique des milieux traversés

**ACTIVITÉS**

Les ondes sismiques sont de formidables outils pour scanner les zones profondes des planètes. Pour comprendre comment la lecture des sismogrammes peut nous renseigner sur la dualité de la croûte terrestre, nous porterons notre attention sur la vitesse de propagation des ondes de volume P dans les premières dizaines de kilomètres de profondeur.

**Préparatifs :**

- le logiciel © Tectoglob3D
- des sismogrammes au format .SAC (séisme de Barcelonnette du 07 avril 2014)

**CONSIGNES :**

On va donc travailler sur un séisme régional, enregistré par des stations pas trop éloignées de l'épicentre (entre 100 et 350 kms). Les ondes sismiques se sont propagées majoritairement dans la croûte terrestre. On travaille sur trois stations déployées dans le quart Sud Est de la France (CFF : Aubière, SPVF : Sète, et CORT : Corte)

**ÉTAPE 1 :** Ouvrir Tectoglob3D et charger un jeu de sismogrammes (> séisme de Barcelonnette). Veiller à afficher (menu sismogrammes) le temps d'origine du séisme (> afficher To).

**ÉTAPE 2 :** Pointer à l'aide du curseur les temps d'arrivée des ondes de volume P (> Pointer P) pour chaque tracé. Évaluer le délai  $T_p - T_o$ . Il ne reste plus qu'à lire la distance épacentrale qui sépare chaque station à l'épicentre (> hocrone) ... et remplir le tableau ci-dessous par exemple.

	CFF	SPVF	CORT
<b>T<sub>p</sub>-T<sub>o</sub> (s)</b>			
<b>Distance (km)</b>			

**ÉTAPE 3 :** Une fois les tracés traités et les informations recueillies, on peut estimer la vitesse moyenne de propagation des ondes P dans la croûte terrestre pour chaque station d'enregistrement. On peut constater une augmentation de la vitesse moyenne de propagation des ondes P ( $V_p$ ) avec la distance ... donc avec la profondeur.

	CFF	SPVF	CORT
<b>Vitesse (km/s)</b>			

## Petits rappels de géophysique :

La vitesse des ondes est toutefois difficile à évaluer à priori. La vitesse dépend des caractéristiques élastiques des milieux traversés et de leur masse volumique, et peut se calculer à partir des formules suivantes :

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3} * \mu}{\rho}} \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

$K / \mu : \text{Pa} ; \rho : \text{kg m}^{-3} \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$   
[Elasticité / densité]<sup>1/2</sup> → [Pa m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>]<sup>1/2</sup>  
⇔ [kg m<sup>-1</sup> s<sup>-2</sup> m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>]<sup>1/2</sup>  
⇔ [m<sup>2</sup> s<sup>-2</sup>]<sup>1/2</sup>

où **K** est le coefficient d'incompressibilité décrivant la variation de volume en fonction de l'application d'un chargement hydrostatique, **μ** est le coefficient de cisaillement simple (ou rigidité) qui décrit un glissement sans changement de volume, et **ρ** la masse volumique, à pression et la température du milieu.

Avec la profondeur, la vitesse devrait diminuer car la température augmente, et la masse volumique aussi. Cependant, avec la profondeur le coefficient **K** et la rigidité **μ** augmentent bien plus rapidement que la masse volumique **ρ** et l'effet de la température est moins important sur ces mêmes paramètres élastiques. De plus, la composition des roches change aussi (changement de comportement élastique, de masse volumique), ce qui redéfinit le calcul de la vitesse.

Il n'empêche que la comparaison des résultats obtenus sur CORT et CFF amène une nouvelle question ? la vitesse moyenne des ondes P ayant atteint CORT (Corte), c'est à dire ayant traversé en partie le bassin ligure, est plus rapide que prévu en comparaison avec le parcours des ondes parvenues à CFF (Aubièrre)

**ETAPE 4 :** On peut alors formuler l'hypothèse de croûtes terrestres différentes (milieux de propagation des ondes P dans cet exemple – les ondes P ont atteint lors de leur parcours une profondeur maximale de 15 km). Il ne reste plus qu'à mettre à l'épreuve cette hypothèse à l'aide d'une carte géologique (> importer une carte géologique au format kmz\*) et d'un profil crustal (> actions > coupe (modèle CRUST et LVZ chargés) mettant en évidence les variations des épaisseurs des croûtes terrestres entre l'épicentre, Aubièrre et Corte).

La dualité crustale peut aussi être mise en évidence par la sismologie : croûte océanique (gabbro/basalte) plus rapide que croûte continentale (granite).

## COMPÉTENCES MOBILISÉES

Pratiquer des langages: utilisation d'outils numériques

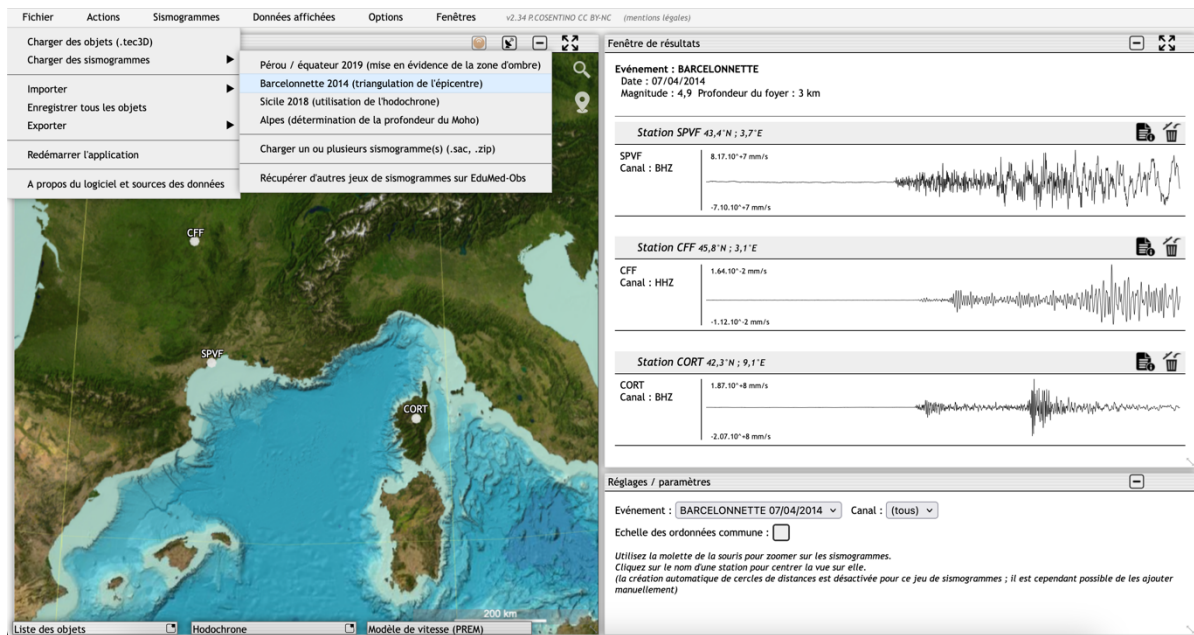
SITOGRAFIE ET BIBLIOGRAPHIE

Tectoglob3D, <https://edumed.unice.fr>

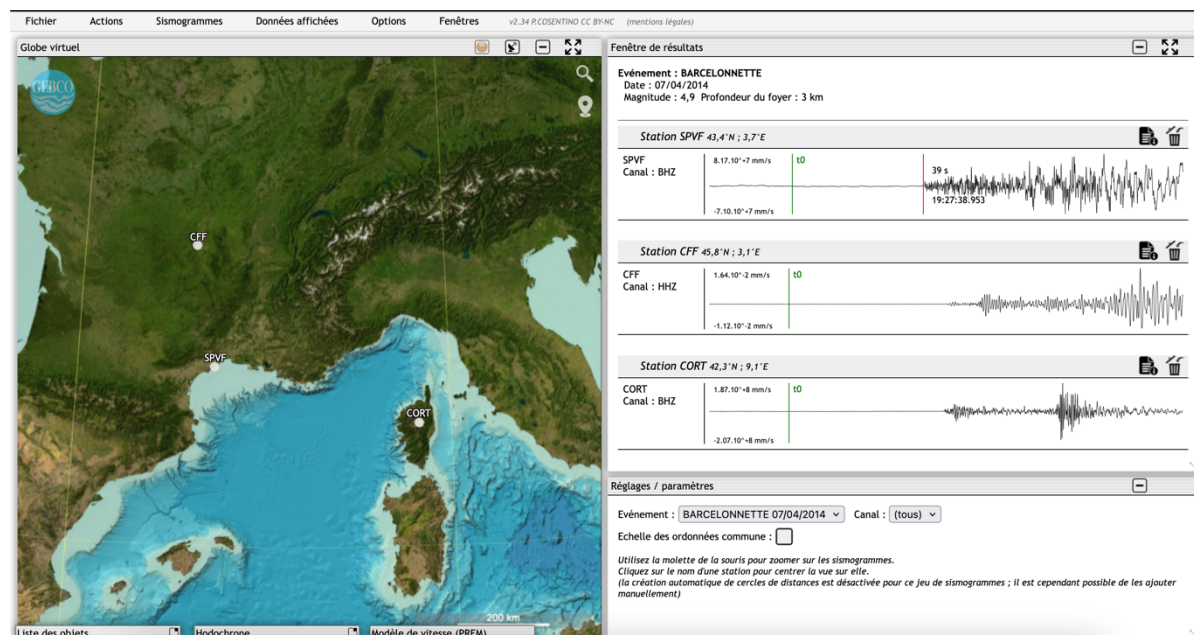
Proposé par Jean-Luc Berenguer (Lycée International de Valbonne), Julien Balestra (Université Côte d'Azur) et Hubert

Ferry (Lycée J. Moulin – Draguignan)

## 1 / Affichage des sismogrammes pour le séisme de Barcelonnette (M4.9 / 07 avril 2014)

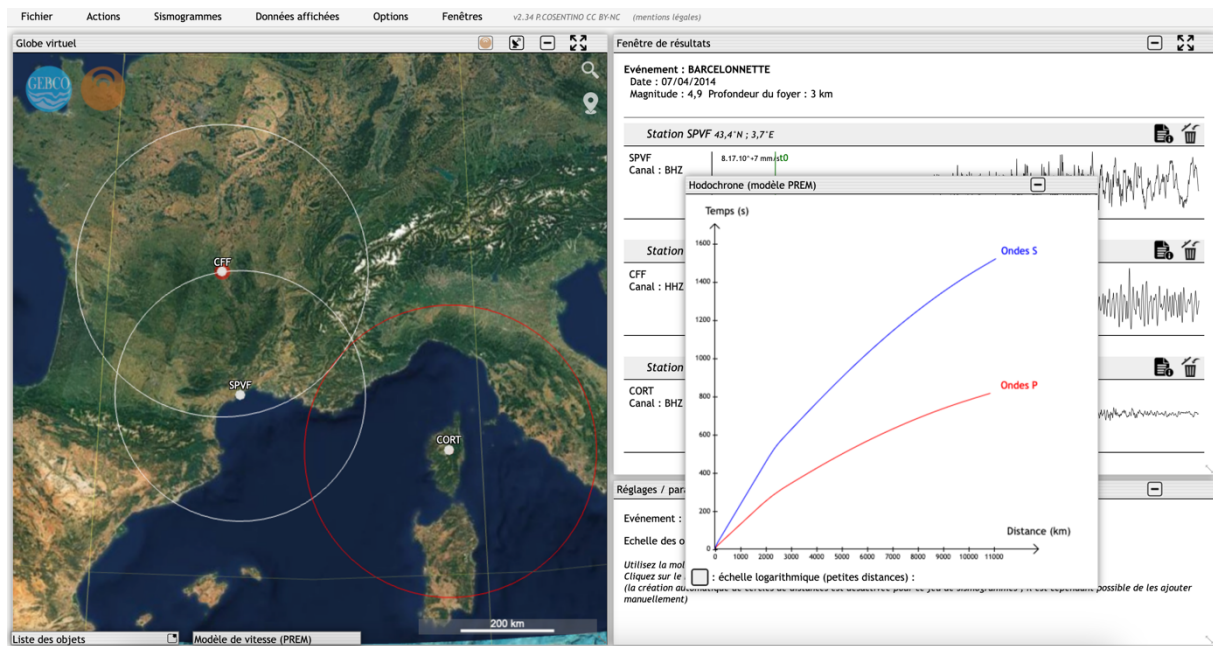


2/ Estimation du délai  $T_p$ - $T_0$ , après pointage des ondes P sur les sismogrammes ? Ne pas hésiter de zoomer pour visualiser le plus précisément possible le premier train d'ondes.



3/ Localiser l'épicentre du séisme à partir des distances évaluées à partir de l'hodochrone (modele PREM).

En utilisant l'outil 'hodochrone' pour évaluer les distances épacentrales et l'outil 'Actions > ajouter cercle', on aboutit à une localisation de l'épicentre.



#### 4/ Evaluation de la vitesse moyenne de propagation des ondes P pour chaque enregistrement.

CFF et CORTE sont à équidistance de l'épicentre. Pourtant, l'eures d'arrivée de l'onde P à ces deux stations n'est pas exactement la même. Elle arrive plus tôt (environ 1 seconde) à Corte.

#### 5/ Mettre à l'épreuve une hypothèse sur les variations de vitesse des ondes P.

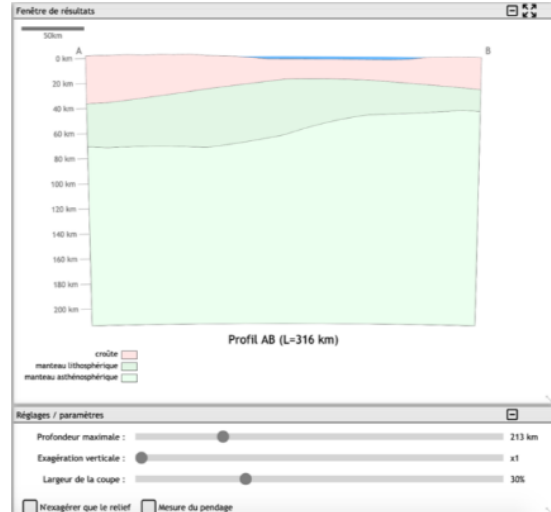
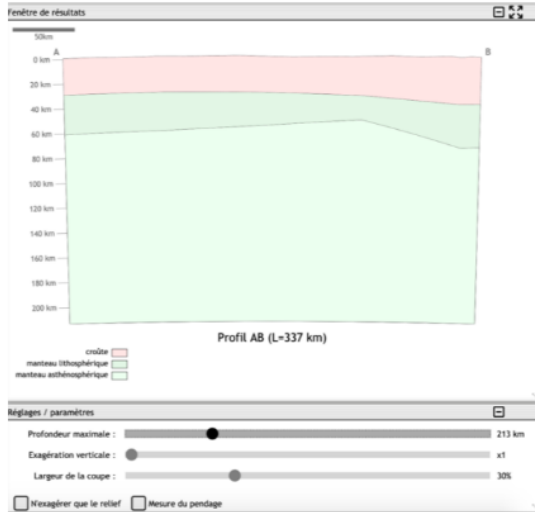
On peut intégrer une carte géologique du bassin ligure (Fichier > importer un dossier GE .kmz). Ici, carte géologique simplifiée du bassin ligure mettant en évidence une croûte océanique.

$V_p = 7,0 \text{ km/s}$

$V_p = 7,3 \text{ km/s}$

On peut aussi tracer des coupes : épicentre > Aubière, et épicentre > Corte qui montrent l'épaisseur de la croûte et la profondeur de la LVZ dans chaque cas.

Coupe Barcelonnette > Aubière (croûte continentale). Coupe Barcelonnette > Corte (CC puis croûte océanique)



ROLLET ET AL.: LIGURIAN SEA BACK ARC STRUCTURE AND EVOLUTION

