



Mettre en évidence la dualité de la croûte terrestre par la sismologie

NOTIONS À CONSTRUIRE

Dualité de la croûte terrestre : croûte continentale et croûte océanique

PRÉREQUIS

CYCLE 3 : L'ETUDE DE LA PLANETE TERRE ET DE SA PLACE DANS LE SYSTEME 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

ACTIVITES

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 quatre stations déployées dans le quart Sud Est de la France (ANNE : Annecy, SPVF : Sète, CORT : Corté, et ACDF : Aurillac.)

ETAPE 1 : Ouvrir Tectoglob3D et charger un jeu de sismogrammes (> séisme de Barcelonnette), et sélectionner tous les sismogrammes (composante Z) des stations. Six stations sont disponibles dont ANNE (Annecy), SPVF (Sète), CORT (Corté), ACDF (Aurillac). Veiller à afficher (menu sismogrammes) le temps d'origine du séisme (> afficher To).

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

	ACDF	ANNE	CORT	SPVF
$T_p - T_o$ (s)				
	ACDF	ANNE	CORT	SPVF
distance (km)				

ETAPE 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.

	ACDF	ANNE	CORT	SPVF
vitesse (km/s)				

On peut constater une augmentation de la vitesse moyenne de propagation des ondes P (V_p) avec la distance ... donc avec la profondeur.

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]^{1/2} $\rightarrow [\text{Pa m}^3 \text{ kg}^{-1}]^{1/2}$
 $\Leftrightarrow [\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}]^{1/2}$
 $\Leftrightarrow [\text{m}^2 \text{ s}^{-2}]^{1/2}$

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 ACDF amène une nouvelle question ? la vitesse moyenne des ondes P ayant atteint CORT (Corté), 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 ACDF (Aurillac)

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, Aurillac et Corté).

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

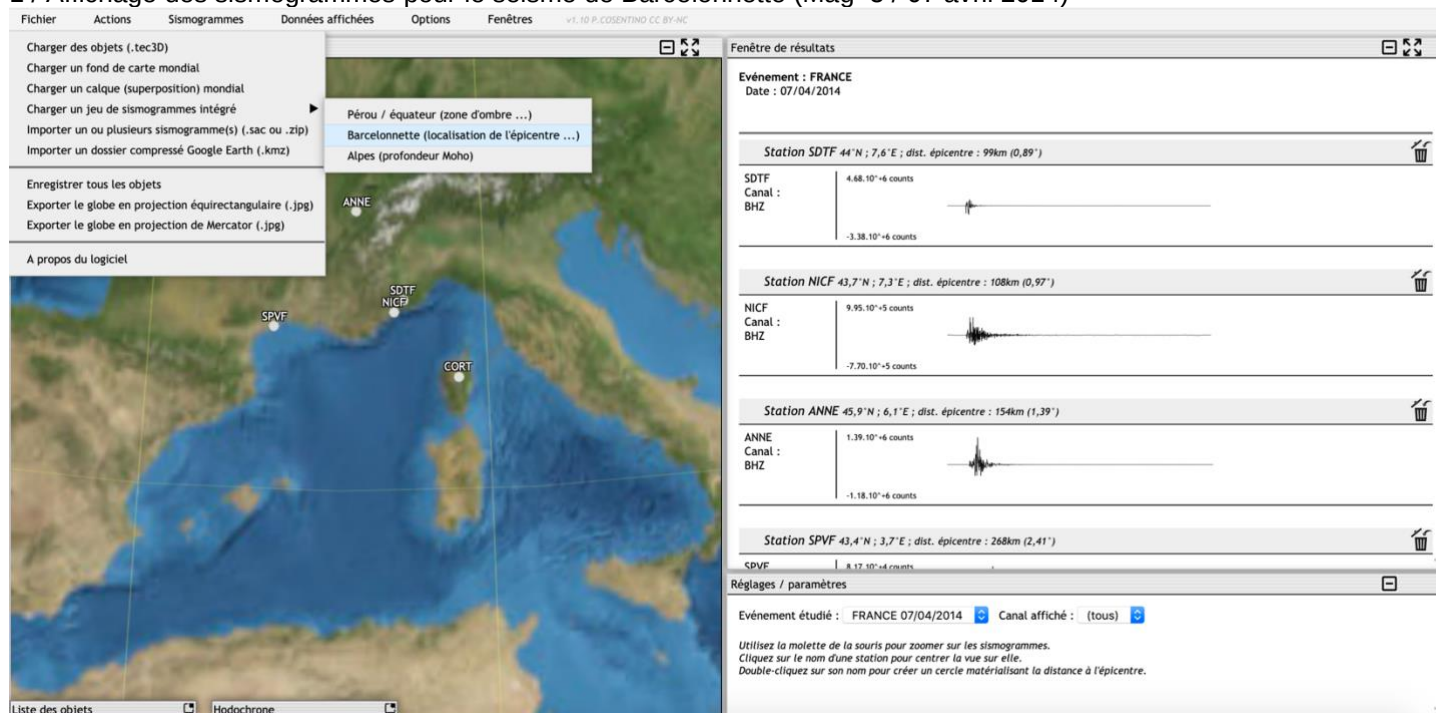
COMPÉTENCES MOBILISÉES

Pratiquer des langages: utilisation d'outils numériques

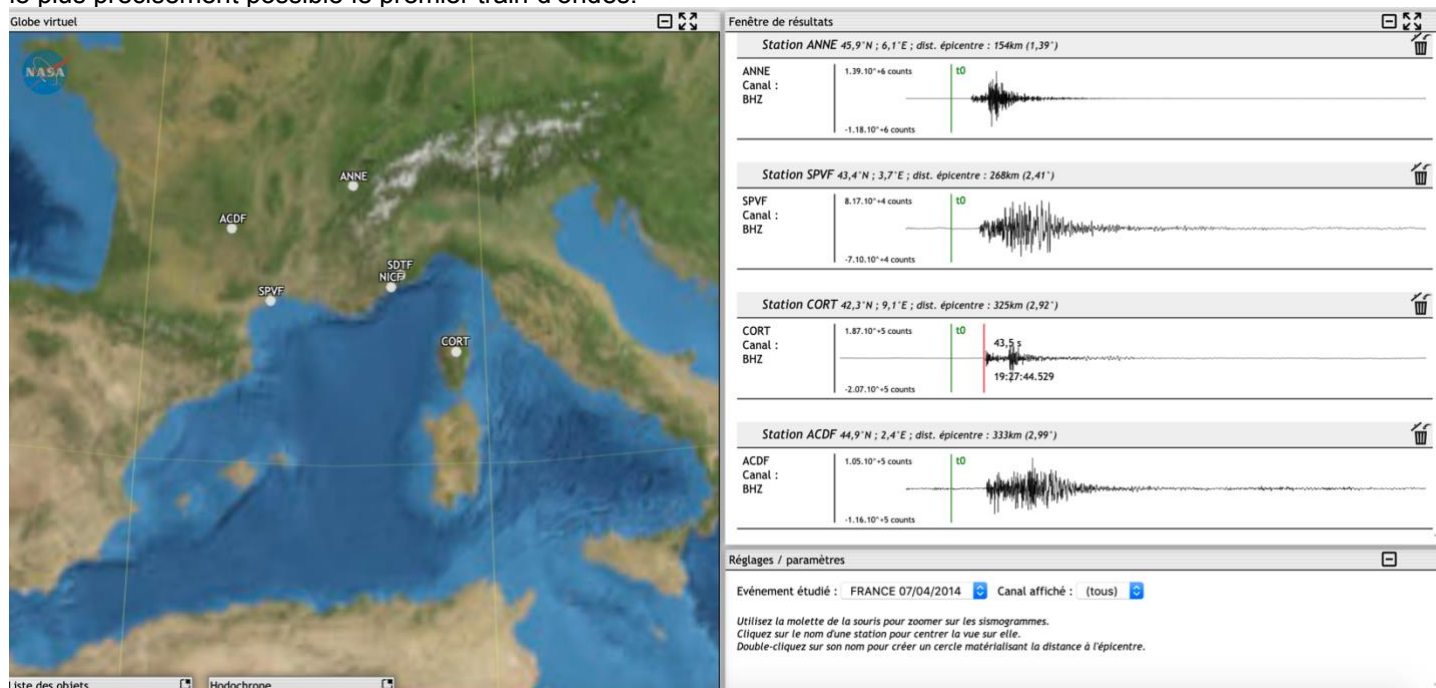
SITOGRAPHIE ET BIBLIOGRAPHIE

Logiciel SeisGram2K, Educarte, profil crustal
<http://edumed.unice.fr/>

1 / Affichage des sismogrammes pour le séisme de Barcelonnette (Mag=5 / 07 avril 2014)



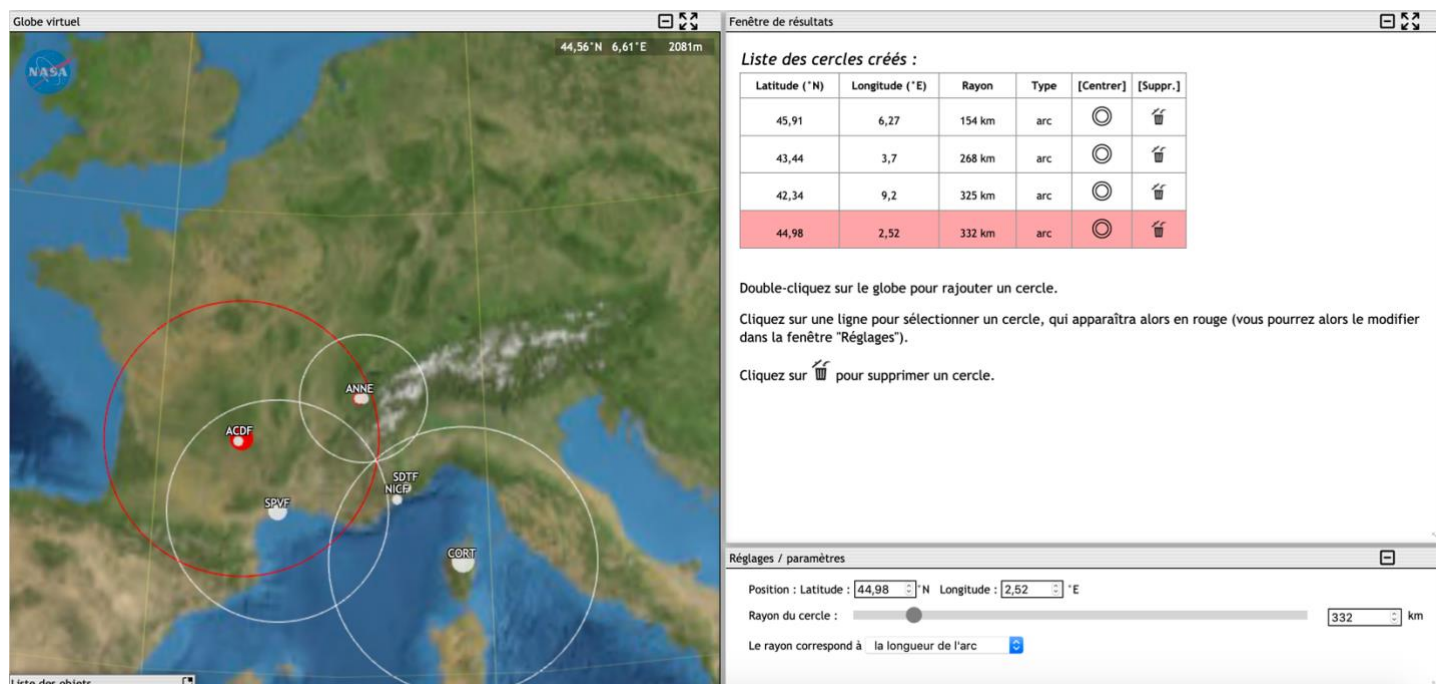
2/ Estimation du délai Tp-To, après pointage des ondes P sur les sismogrammes ? Ne pas hésiter de zoomer pour visualiser le plus précisément possible le premier train d'ondes.



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

	ANNE	SPVF	CORT	ACDF
Tp-To (s)	27,1	37,9	43,9	47,4
distance (km)	154	268	325	332

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



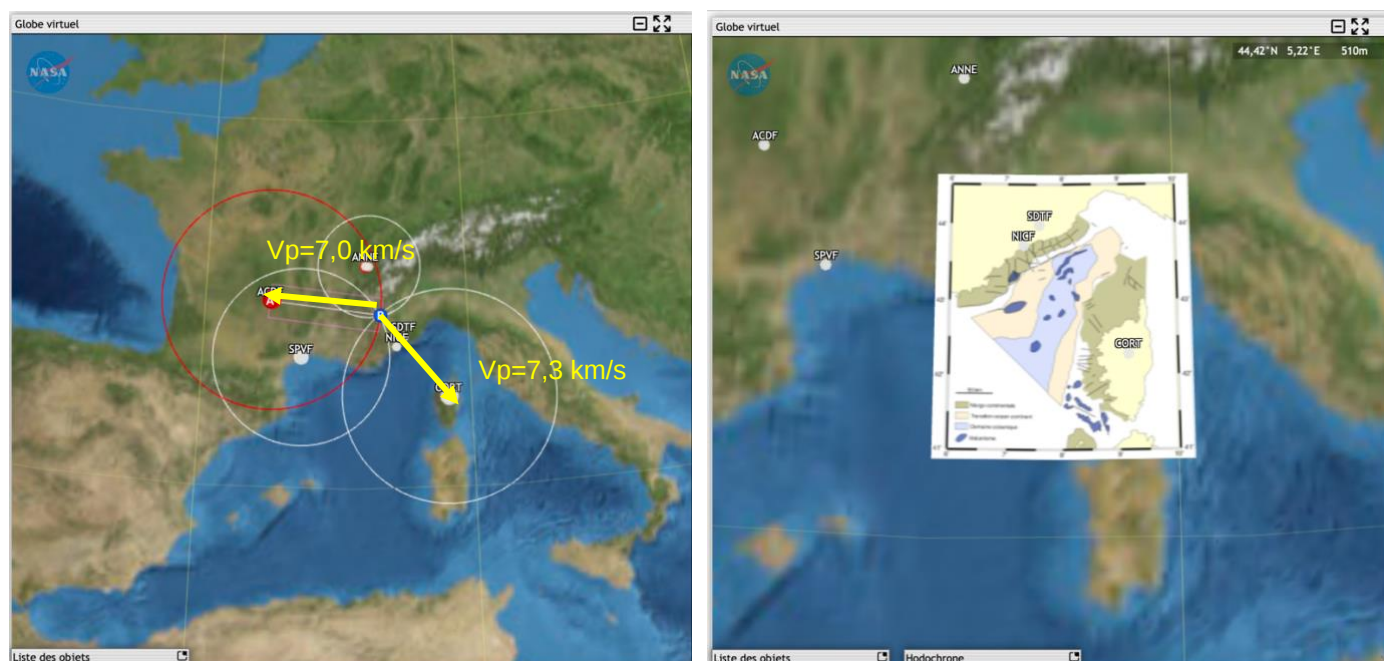
3/ Evaluation de la vitesse moyenne de propagation des ondes P pour chaque enregistrement.

	ANNE	SPVF	CORT	ACDF
Tp-To (s)	27,1	37,9	43,9	47,4
distance (km)	154	268	325	332
vitesse (km/s)	5,7	7,1	7,4	7,1

La vitesse des ondes P augmente avec la distance, les ondes de volume parcourant des zones de plus en plus profondes dans le globe. Cependant, il semble que la vitesse soit étonnamment faible pour Aurillac en comparaison avec Corté.

4/ 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.



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

Coupe Barcelonnette > Aurillac (croûte continentale).

Coupe Barcelonnette > Corté (CC puis croûte océanique)

