



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 © Audacity ;
- le logiciel © SeisGram2K80_ECOLE et son tutoriel ;
- le logiciel © EduCarte ;
- le logiciel © Profil crustal ;
- 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 SeisGram2K, et sélectionner tous les sismogrammes (composante Z) des stations éducatives, ANNE, SPVF, CORT, ACDF du séisme du 07/04/2014 à Barcelonnette. Veiller à afficher (menu Affichage) le temps d'origine du séisme (> Date/heure), ranger les stations selon leur distance (> trier selon GCARC), synchroniser les tracés (> aligner temps à ...synchroniser) et verrouiller les alignements.

ETAPE 2 : Pointer les temps d'arrivée des ondes de volume P (> Pointer P) pour chaque tracé. Le temps $T_p - T_o$ vous est calculé automatiquement. Il ne reste plus qu'à lire la distance épicentrale qui sépare chaque station à l'épicentre (> Affichage Sismogramme Info) ... 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 :

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

$K / \mu : \text{Pa} ; \rho : \text{kg m}^{-3} \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
 $[\text{Elasticité} / \text{densité}]^{1/2} \rightarrow [\text{Pa m}^3 \text{ kg}^{-1}]^{1/2}$
 $\Leftrightarrow [\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}]^{1/2}$
 $\Leftrightarrow [\text{m}^2 \text{ s}^{-2}]^{1/2}$

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 (nature physico chimique des croûtes terrestres) et d'un profil crustal (variation des épaisseurs des croûtes terrestres).

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

COMPÉTENCES MOBILISÉES

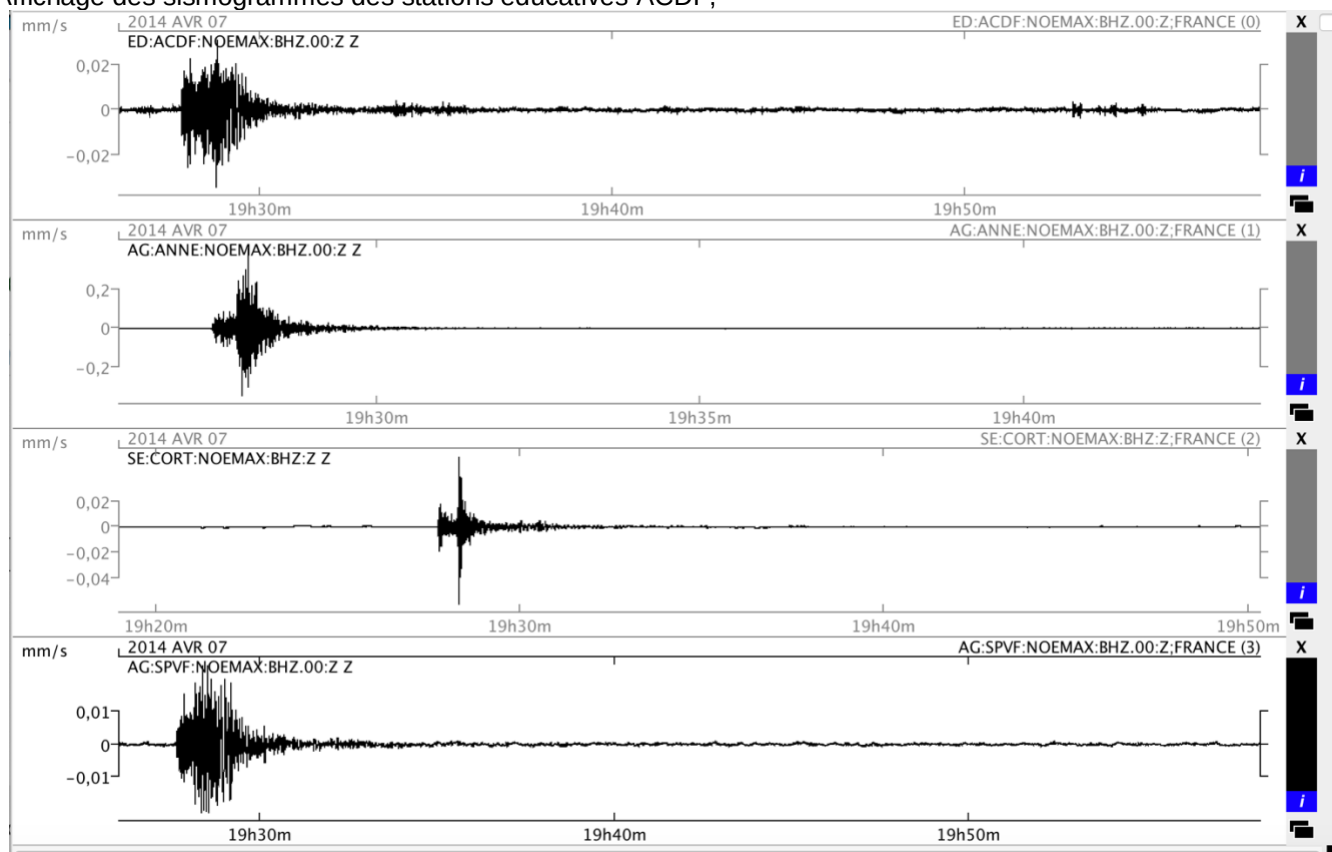
Pratiquer des langages: utilisation d'outils numériques

SITOGRAPHIE ET BIBLIOGRAPHIE

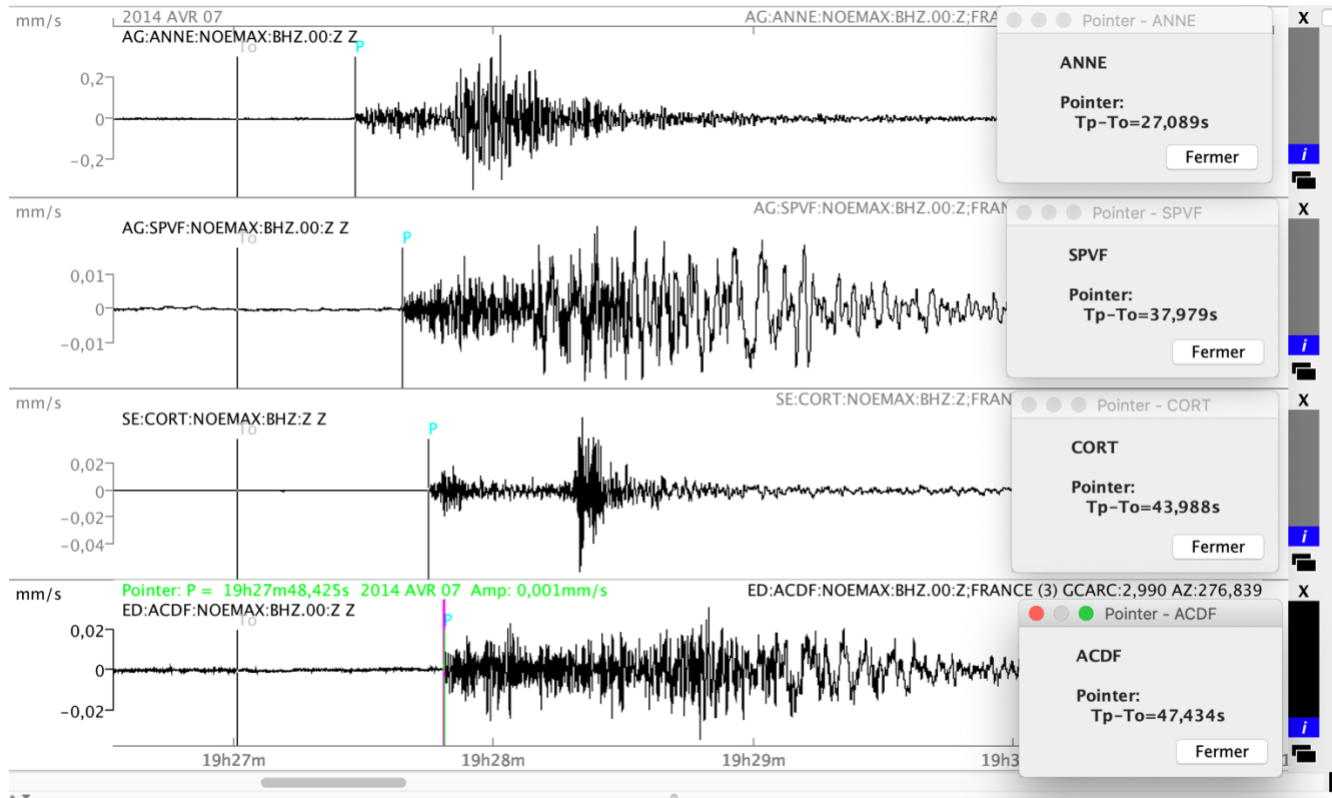
Logiciel SeisGram2K, Educarte, profil crustal
<http://edumed.unice.fr/>

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 des stations éducatives ACDF,



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

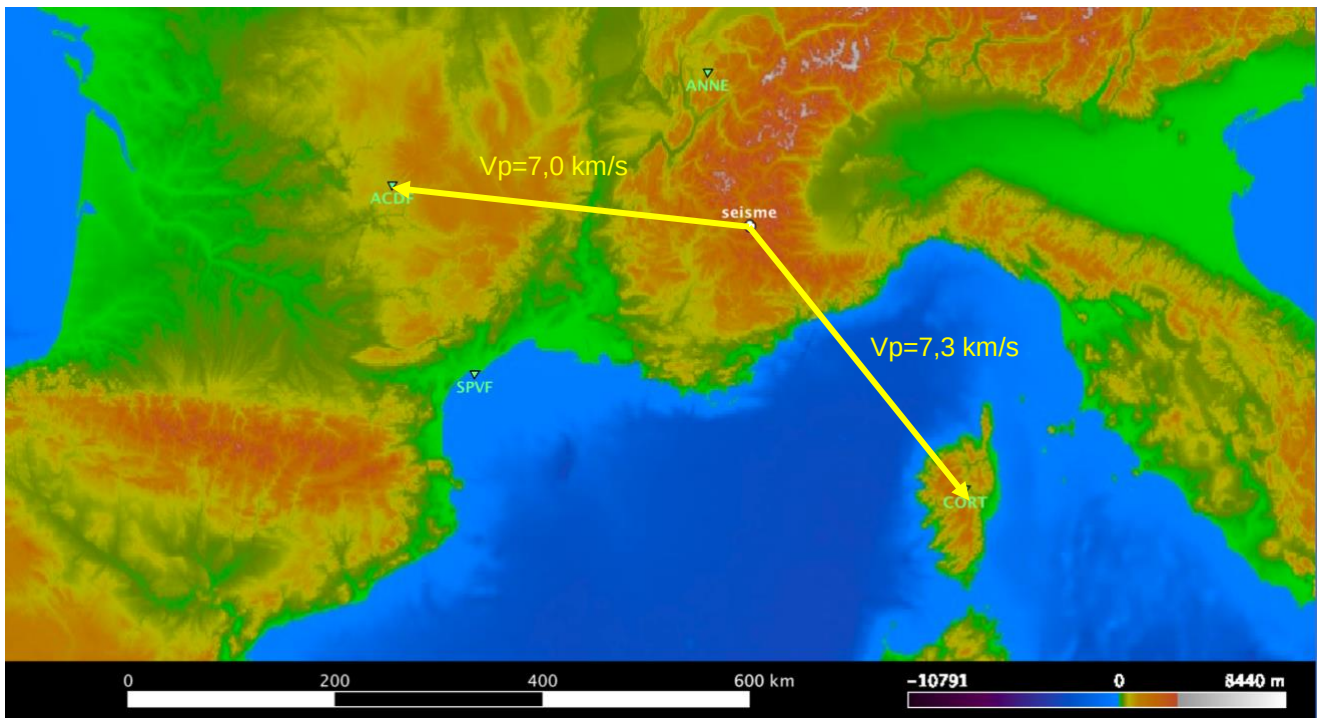


3/ Evaluation de la vitesse moyenne de propagation des ondes P pour chaque enregistrement.

	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 semble élevée pour Corté, ou faible pour Aurillac

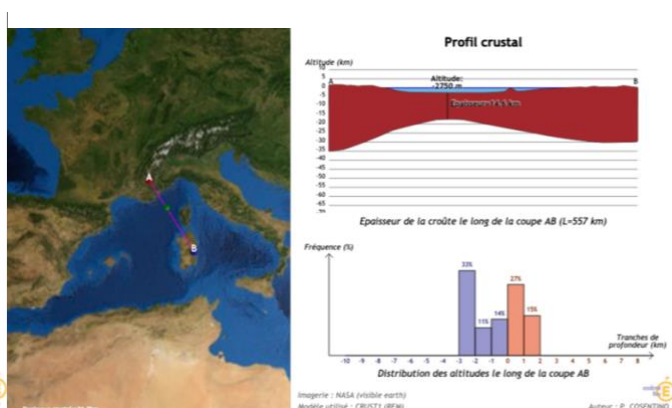
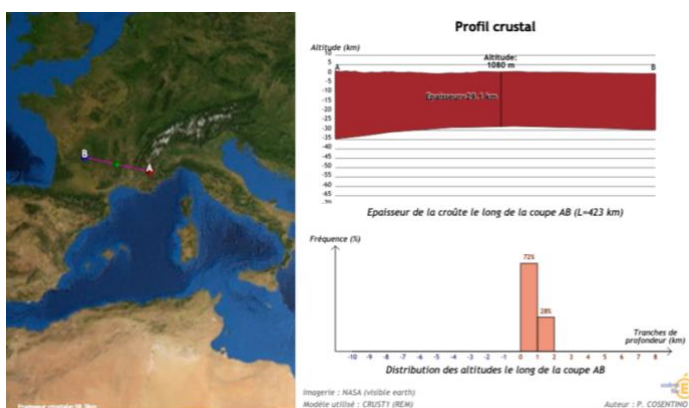
4/ Localiser l'épicentre sur une carte ou un SIG (comme ici Educarte) en plaçant les stations d'étude.



A l'aide du logiciel ©profil crustal, on peut réaliser des coupes sur le trajet le plus direct des ondes P

Coupe Barcelonnette > Aurillac (croûte continentale).

Coupe Barcelonnette > Corté (CC puis croûte océanique)



On peut aussi compléter par une carte géologique du bassin ligure et de ses marges, mettant en évidence un plancher océanique entre Corse et continent.

