



GENDRON Faustine

Maison d'Education de la Légion d'honneur

Saint Denis – Académie de Créteil

Spécialité S.V.T. en 1^{ère}



Workshop
InSight

Les apports de la sismique à la connaissance de la planète Mars : travail en autonomie en S.V.T. à partir de données scientifiques

9-10 juin
2022

Introduction de l'activité :

Depuis 2018, nous recevons les enregistrements réalisés par les capteurs situés sur le lander InSight situé sur la planète Mars. La station géophysique nous transmet, entre autres, le mouvement du sol, enregistré par le sismomètre SEIS. Les mouvements du sol pouvant être liés à des secousses telluriques ne sont pas rares, mais quelques événements sont suffisamment nettement enregistrés pour faire l'objet d'une analyse poussée. C'est le cas du « marsquake » du sol* 173 (23 mai 2019).

sol* = ici, jour solaire martien dont la durée est de 24 h 39 min, soit environ 2,75 % plus long qu'un jour terrestre.



Lander InSight présent sur la planète Mars depuis le 26 novembre 2018

Modalités de travail :

- en salle informatique, avec imprimante à disposition, tableaux,
- 12 élèves en autonomie (sans professeur), en mars 2022
- 3 groupes de 4 élèves
- durée : 55 minutes

Consignes données aux élèves :

On cherche à déterminer les méthodes permettant d'estimer une distance épacentrale approximative entre le sismomètre SEIS et l'épicentre du séisme.

Pour cela, vous disposez exclusivement des données ci-dessous et du site : <http://namazu.unice.fr/marsview/>
Votre réponse se fera par groupes, sur les tableaux latéraux, à l'aide de textes, schémas, documents imprimés, ...

* Tout d'abord, déterminer la position du sismomètre SEIS du lander InSight sur Mars (penser à afficher la topographie martienne).

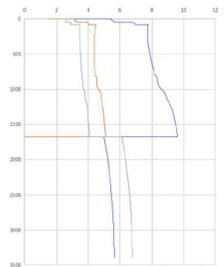
* A l'aide des données du document 1, proposer un modèle de la structure interne de la planète Mars, dont le rayon vaut environ 3390 km. Le schéma ne représentera qu'une tranche de la planète Mars.

* Dans la liste des marsquakes disponibles, afficher le sismogramme du sol 173 (modèle EH45TcoldCrust1b) et déterminer le temps d'arrivée des ondes de volume P et S, l'écart de temps entre l'arrivée des ondes P et S, et la distance épacentrale estimée, à l'aide du document 2.

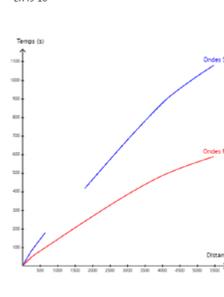
Aide à la réponse : afficher les temps d'arrivée et l'hodochrone.

* Sur le globe virtuel du logiciel, tracer un cercle dont le rayon correspond à la distance épacentrale déterminée, puis vérifier, en affichant les épicentres des marsquakes répertoriés par la mission InSight si le cercle passe par un des marsquakes répertoriés.

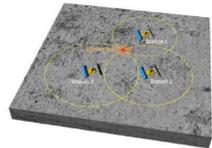
Document 1 : vitesse (en km/s) des ondes P (en bleu) et des ondes S (en rouge), et densité (en gris) en fonction de la profondeur, sur Mars, selon le modèle EH45-1b



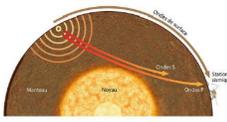
Document 2 : Hodochrone sur Mars, selon le modèle EH45-1b



Document 3 : principe de la triangulation pour localiser l'épicentre d'un séisme (© IPGP/David Ducros)



Document 4 : ondes de volume et ondes de surface, au sein du modèle Terre (© IPGP/David Ducros)



La mission InSight se propose cependant d'explorer la structure de la planète Mars à partir de données enregistrées par le seul sismomètre SEIS, alors que sur Terre on utilise une technique de triangulation avec au moins 3 sismomètres (document 3) pour déterminer la distance qui sépare la source sismique du sismomètre. Pour cela, et comme Mars est plus petite que la Terre, les chercheurs comptent utiliser une méthode en détectant sur les sismogrammes des temps de passage des ondes de Rayleigh de surface (document 4), dont la vitesse est d'environ 4 km.s⁻¹.

* Sachant que les ondes sismiques se propagent dans toutes les directions, proposer une méthode qui permettrait de déterminer avec davantage de précision la localisation de l'épicentre, en utilisant cette fois les ondes de surface.
Aide à la résolution : la réponse peut être proposée sous forme d'un schéma.

Production des élèves du groupe 1 :

LES APPORTS DE LA SISMIQUE A LA CONNAISSANCE DE LA PLANETE MARS

1^{ère} méthode : méthode pour déterminer la position de l'épicentre grâce à l'hodochrone, n'est pas efficace car les ondes S traversent un milieu liquide entre environ 200 et 400 km après le début du marsquake.

2^{ème} méthode : On utilise cette fois les ondes de surface. Ondes de Rayleigh de surface - vitesse : 4 km/s. Ts - Tp = 174 s. On cherche la distance. $d = V \times (Ts - Tp)$ $d = 4 \text{ km/s} \times 174 \text{ s}$ $d = 696 \text{ km}$

Arrivée des ONDES P : 224 s
Arrivée des ONDES S : 398 s
TS - TP : 174 s

Localisation du sismomètre SEIS (lander InSight)
→ 4,5° N
→ 135° E
→ Altitude : -2616 m
→ Azimut : 24,1°

Schéma de la tranche de la coupe transversale de la structure interne de Mars : solide (0-2000 km), liquide (2000-3390 km).

Schéma de la méthode permettant de localiser avec précision l'épicentre du séisme.

Production des élèves du groupe 3 :

Agathe x2, Madeline, Berthe

Schéma du modèle de la structure interne de Mars : SOLIDE (0-1700 km), LIQUIDE (1700-3390 km).

DEUXIEME METHODE : k = temps, Sismomètre, ondes de surface, par triangulation.

PREMIERE METHODE : Position du sismomètre SEIS du lander InSight sur Mars : 4,5° N, 135,5° E, Altitude : -2616 m, Distance/InSight : 1410 km, Azimut/InSight : 25,4°.

Temps d'arrivée des ondes : P : 221,3 s, S : 396,5 s. Différence entre les deux temps : Ts - Tp = 175,6 s.

Grâce à l'hodochrone, on obtient une distance de 1776 km.

Tracé du cercle de cette valeur : on constate que le cercle ne passe par aucun des marsquakes. On en déduit donc que cette technique n'est pas précise.

Schéma de la méthode permettant de localiser avec précision l'épicentre du séisme.

Production des élèves du groupe 2 :

Le cercle dont le rayon correspond à la distance épacentrale déterminée ne passe par aucun des marsquakes répertoriés par la mission InSight.

Modèle de la structure interne de la planète Mars selon le modèle EH45-1b (en profondeur en km) : solide (0-1700 km), liquide (1700-3390 km).

Position : 5,1° N, 135,5° E, Alt : -2653 m, Distance/InSight : 1410 km, Azimut/InSight : 25,4°.

Arrivée des ondes P : 222,1 s, Arrivée des ondes S : 396,8 s, écart de temps entre les ondes P et S : 174,7 s, distance épacentrale : 698,8 km, Grâce à l'hodochrone (EH45-1b).

