

Travaux Dirigés de Géophysique Appliquée

Sismique

Exercice 1

Développer la loi de Hooke en milieu homogène et isotrope (σ_{xx} , σ_{xy} , σ_{xz} ...).

Exercice 2

Déterminer les coefficients de Lamé λ et μ , le module d'Young E et le coefficient de Poisson σ pour un calcaire dont on connaît les vitesses de propagation des ondes longitudinales et transversales : $V_L=3.4$ km/s ; $V_T=2.0$ km/s et la densité par rapport à l'eau $d=2$.

Exercice 3

Pour obtenir l'équation d'ondes dans un milieu homogène, isotrope et élastique, on applique le principe fondamental de la dynamique à un cube élémentaire. Selon la direction Ox on obtient l'expression suivante :

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

Démontrer que l'équation d'ondes dans cette direction est la suivante :

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \mu \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

Exercice 4

On effectue un profil de sismique réfraction, doublé d'un profil inverse. Les hodochrones obtenues coïncident et présentent un seul point de brisure.

Résultats expérimentaux :

x m	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
t 10^{-3} s	13.9	28.0	56.0	83.0	111.5	135.0	154.0	174.0	192.7	212.0	234.0	250.5	269.6

x représente la distance point de tir-géophone et t la durée du parcours le plus rapide entre ces 2 points.

- 1) Quelles remarques pouvez vous effectuer concernant la pente et la vitesse des ondes dans les couches ?
- 2) Donnez la structure du terrain.

Exercice 5

On considère un terrain à 4 couches horizontales :

$h_1=4$ m	$h_2=15$ m	$h_3=12$ m	$h_4=?$
$V_1=700$ m/s	$V_2=1950$ m/s	$V_3=2500$ m/s	$V_4=3700$ m/s

- 1) Trouver à partir de quelle distance la première conique est la première onde enregistrée.
- 2) Trouver à partir de quelle distance la deuxième conique est la première onde enregistrée.
- 3) Trouver à partir de quelle distance la troisième conique est la première onde enregistrée.

Exercice 6

Différents tirs de sismique réflexion effectués le long d'une ligne donnée et enregistrés à côté du point de tir fournissent un premier écho arrivant à θ (s) après le tir. θ dépend du point ainsi qu'il apparaît dans le tableau suivant :

Point	O	A	B	C	D	E	F
x (m)	0	150	400	500	800	1000	1200
θ (s)	0.15	0.17	0.19	0.18	0.15	0.13	0.15

x représente la distance à un point de repère 0 commun.

Par ailleurs, en utilisant un tir unique et plusieurs géophones, on obtient une onde directe de pente 0.5×10^{-3} s/m et une onde réfractée qui, approximée par une droite (moyenne) a une pente de 0.2×10^{-3} s/m.

- 1) Indiquer comment déterminer la position du premier réflecteur et la vitesse dans le second milieu.
- 2) Réaliser une figure montrant θ en fonction de x (traces juxtaposées). Comment doit-on modifier l'axe temps pour voir apparaître la coupe véritable du terrain (de la surface jusqu'au premier réflecteur) ?

3) Indiquer l'intérêt de la juxtaposition des traces.

Exercice 7

En sismique réflexion à couverture multiple, on considère une flûte composée de 96 géophones espacés de 10 m. La distance entre tirs est de 20 m.

- 1) Combien image-t-on de points miroirs (PM) à chaque tir ?
- 2) Quelle est la distance entre 2 PM consécutifs ?
- 3) Quel est l'ordre de couverture de chaque profil ?

Exercice 8

En sismique marine, quelle est la résolution latérale sur le fond pour des fréquences de 15 et de 1500 Hz et 1000 m d'eau ? Quelle fréquence d'onde choisiriez-vous pour obtenir la meilleure résolution lors de mesures de bathymétrie ?

Exercice 9

Calculer les limites de résolution verticale pour les conditions d'enregistrement suivantes:

Vitesse des ondes P (m/s)	Fréquence dominante de la source sismique (Hz)	Limite de la résolution verticale (m)
1500	25	
1500	100	
3000	25	
3000	100	

Calculer les limites de résolution latérale (1^{ère} zone de Fresnel) pour les conditions d'enregistrement suivantes:

Vitesse des ondes P (m/s)	Fréquence dominante de la source sismique (Hz)	Profondeur de l'interface (m)	Limite de la résolution latérale (m)
1500	25	1000	
1500	100	1000	
1500	25	100	
1500	100	100	
3000	25	1000	
3000	100	1000	

Exercice 10

Une prospection sismique est réalisée en surface d'un terrain composée d'une couche de sable reposant sur un encaissant calcaire. L'interface entre les deux milieux est considérée comme horizontale.

1) En tenant compte des données, calculez les grandeurs suivantes :

- vitesse des ondes P dans la couche de sable (V1).
- épaisseur de la couche de sable (H1).
- angle critique (θ_c).
- vitesse des ondes P dans la couche de calcaire (V2).

2) Donnez les temps d'arrivée des ondes directes, réfléchies et coniques à 5 m, 20 m et 100 m de la source. Les temps seront exprimés en 10^{-3} s avec un chiffre décimal. Commentez ces résultats.

Données :

Le temps de trajet de l'onde directe entre la source et un géophone situé à 10 m est de 4.0×10^{-3} s.

Le temps de trajet de l'onde réfléchie sur la première interface pour parcourir la distance entre la source et un géophone situé à 8 m est de 5.1×10^{-3} s.

La première conique apparaît à 8 m de la source.

Exercice 11

Un tir de sismique réfraction est effectué le long d'un profil de 50 m. La position des 12 géophones (x) et le temps d'arrivées des premières ondes (t) sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

x (m)	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
t (ms)	2.0	6.0	10.0	20.0	23.0	25.5	28.0	30.5	33.0	35.5	38.0	40.5

Le tir inverse donne les mêmes résultats.

1) Reporter sur un graphique les temps d'arrivées en fonction de la position des géophones. A combien d'ondes différentes les premières arrivées correspondent-elles ? Combien de couches géologiques pourront donc être caractérisées ?

2) Donner la vitesse des ondes P de chacune des couches identifiées. A l'aide de l'expression ci-dessous, déduire l'épaisseur de la première couche.

$$t = \frac{x}{V_2} + \frac{2h_1 \cos \theta c}{V_1}$$

3) Quel est le pendage de l'interface entre les 2 premières couches ?

Exercice 12

En sismique réflexion à couverture multiple, on dispose d'une flûte composée de 96 géophones espacés de 10 m. La distance entre la source et le premier géophone est de 20 m.

- 1) Pour obtenir un ordre de couverture égale à 48, de combien de mètres devra-t-on espacer 2 tirs consécutifs ?
- 2) Combien image-t-on de points miroirs (PM) à chaque tir ?
- 3) Quelle est la distance entre 2 PM consécutifs ?