

Outils Géophysiques

Contrôle Terminal - session 2

6 février 2025 - durée 1 h 30

Documents interdits - Calculatrices autorisées

1 Rhéologie

1. Une contrainte tectonique de $\sigma = 20$ MPa comprime une plaque élastique dont le module élastique vaut $E = 40$ GPa. Sur une distance de 1 km, quel est le raccourcissement de la plaque ?

2 Analyse dimensionnelle. Les exercices sont indépendants les uns des autres.

1. **Ondes sonores dans un liquide.** Dans un liquide de masse volumique ρ , la relation entre la variation adiabatique de pression δP et la variation de masse volumique $\delta\rho$ est

$$\delta P = -K \frac{\delta\rho}{\rho}, \quad (1)$$

où K est l'incompressibilité adiabatique. Quelle est la dimension de K ? Avec des arguments dimensionnels seulement, écrire la vitesse des ondes élastiques (ou ondes sonores) dans ce liquide.

2. Aplatissage de la Terre

- (a) Soit a le rayon équatorial de la Terre, c son rayon polaire et $\epsilon = \frac{a-c}{a}$ son aplatissement aux pôles : est-ce que ce nombre est petit devant 1, grand devant 1, ou voisin de 1 ? A quelle force ou accélération est dû l'aplatissement de la Terre ?
 - (b) Soit Ω la vitesse angulaire de rotation de la Terre en un jour, R son rayon, g sa pesanteur à la surface : construire un nombre sans dimension à partir de ces quantités.
 - (c) En déduire un ordre de grandeur de l'aplatissement. A partir de vos connaissances, faire l'application numérique.
3. **Vitesse de Stokes.** Considérons une sphère de rayon a et masse volumique ρ dans un fluide de masse volumique ρ_f et viscosité dynamique η dont l'unité du système international est le Pa s. On suppose que a est suffisamment petit devant l'étendue spatiale du fluide pour considérer ce dernier comme infini. L'ensemble est soumis à l'accélération de la pesanteur g .
 - (a) La force de flottabilité (différence entre la poussée d'Archimède et le poids) de la sphère est proportionnelle à la différence de masse volumique entre les deux milieux. Elle est aussi proportionnelle de façon évidente à une autre des quantités données, laquelle ?
 - (b) En équilibrant, par analyse dimensionnelle, cette force avec la force visqueuse agissant sur la sphère, exprimer la vitesse v de la sphère, appelée vitesse de Stokes.

- (c) La viscosité de l'air est de l'ordre de 2×10^{-5} Pa.s. Un sable de petite taille mesure $100 \mu\text{m}$, une poussière de sable $1 \mu\text{m}$. En prenant des masses volumiques raisonnables, calculer leur vitesse de chute en km/jour. Conclure sur la taille du « sable » transporté dans l'atmosphère depuis le Sahara et qui tombe parfois en France.

3 Ondes

1. Que désigne la *polarisation* d'une onde ?
2. Comment sont polarisées les ondes sismiques dans la Terre, et les ondes lumineuses dans le vide ou dans l'atmosphère ?
3. Un séisme a lieu sur l'équateur et est enregistré par une station sismique située elle aussi sur l'équateur. Le sismomètre enregistre le mouvement du sol sur 3 composantes : Est-Ouest (EW), Nord-Sud (NS) et Vertical (Z). Sur quelles composantes sont visibles les ondes P, S, L (Love) et R (Rayleigh) ? On justifiera rapidement, si besoin avec un schéma.
4. Citer des ondes électromagnétiques absorbées par l'atmosphère et d'autres qui la traversent en étant peu absorbées.
5. Rappeler (en expliquant) la loi de Snell-Descartes.
6. Pourquoi est-ce que les vagues arrivent le plus souvent parallèlement au rivage ?
7. (a) Rappeler comment s'écrit l'équation d'onde à une dimension.
 (b) Soit $u(x, t) = f(kx - \omega t)$ le déplacement transverse d'une corde tendue soumise à un ébranlement. A quelle condition cette forme de u satisfait-elle l'équation d'onde ?
 (c) Comment s'appellent les quantités k et ω ?
 (d) Quelle est leur dimension ?
 (e) On prend $f(X) = X e^{-X^2}$. Dessiner la forme de la corde à plusieurs instants.
8. Soit un front d'onde qui arrive sur une interface. En considérant le front localement (donc plan) et à deux instants séparés d'un temps dt , montrer que la vitesse du point de contact entre le front et l'interface est $c/\sin i$ (que sont c et i ?). En déduire la loi de Snell-Descartes.
9. (a) Comment appelle-t'on l'équation $\partial_t^2 p = c^2 \partial_x^2 p$?
 (b) En posant $p(t, x) = P(x)e^{i\omega t}$, puis $k = \omega/c$, résoudre cette équation.
 (c) Si p est nul en $x = 0$ que cela impose-t-il sur la solution ?
 (d) Et si de plus p est nul en $x = L$?
 (e) Dessiner les solutions.
 (f) Quelles sont les longueurs d'onde et les fréquences de ces oscillations ?
 (g) Quelle est la longueur d'une flûte traversière dont la note la plus grave est un *do* à 261.6 Hz ?