

Magnétisme et pesanteur - Examen 2022

M1 de sciences de la Terre, ENS Lyon.

Durée 1 h 30 min.

— o —

1 Pesanteur : Isostasie du Tibet

Le plateau du Tibet est assimilé à un plateau infini

- de hauteur $h = 5$ km,
- de densité $\rho_c = 2,7$,
- au dessus d'un manteau de densité $\rho_m = 3,2$.

Rappel : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$.

1. En supposant l'isostasie réalisée, calculer l'épaisseur de croûte au niveau du plateau tibétain. On supposera que l'épaisseur de croûte est de 35 km dans les régions continentales où le relief est nul.

On veut maintenant faire une autre estimation en considérant la valeur mesurée de pesanteur.

2. Déterminer l'attraction d'un plateau infini à l'aide du théorème de Gauss.

3. Calculer le surplus d'attraction (par rapport à la plaine environnante) que le plateau tibétain crée à sa surface.

4. A sa surface, on mesure une anomalie de pesanteur (différence de pesanteur par rapport à la pesanteur mesurée à la même altitude au dessus d'une région de relief nul) $\delta g = -50 \text{ mGal}$ à changer en $+50$ (1 Gal = 1 cm/s^2). Comparez à la valeur trouvée à la question précédente : que peut-on en déduire ?

5. On considère maintenant une racine crustale assimilée à un plateau d'épaisseur h' qui remplace un plateau de densité mantellique.

a) Quelle est le surplus d'attraction créé par le plateau tibétain et la racine ?

b) Calculer cette attraction en mGal pour les valeurs suivantes de h' : 10, 20, 30, 40 km.

c) À l'aide de l'anomalie de pesanteur observée, en déduire une estimation de l'épaisseur crustale à cet endroit.

2 Déclinaison et inclinaison

A l'observatoire de Chambon La Forêt (CLF), les trois composantes du champ magnétique de la Terre sont actuellement

$$X = 21300 \text{ nT}, Y = 450 \text{ nT}, Z = 43100 \text{ nT},$$

où X est dans la direction du nord géographique, Y est dans la direction de l'Est et Z est dans la direction verticale, vers le bas, par convention en géomagnétisme. Déterminez la déclinaison D et l'inclinaison I .

3 Paléomagnétisme

Des mesures d'aimantation on été faites sur des roches en place trouvées à 10°N , 20°E . L'inclinaison trouvée est de $30 \pm 2^\circ$, la déclinaison de 40° . Que pouvez-vous en déduire sur le mouvement de la plaque lithosphérique de cette roche ? On donnera des explications des hypothèses et des calculs éventuellement effectués.

4 Magnétomètre de type « Fluxgate »

Page suivante.

Magnétomètre de type "Fluxgate"

Le fluxgate est un type de magnétomètre très commun. Il est supplanté en précision par les magnétomètres quantiques (SQUID), mais il est encore utilisé, notamment dans les satellites d'observation, pour sa conception robuste, légère et compacte.

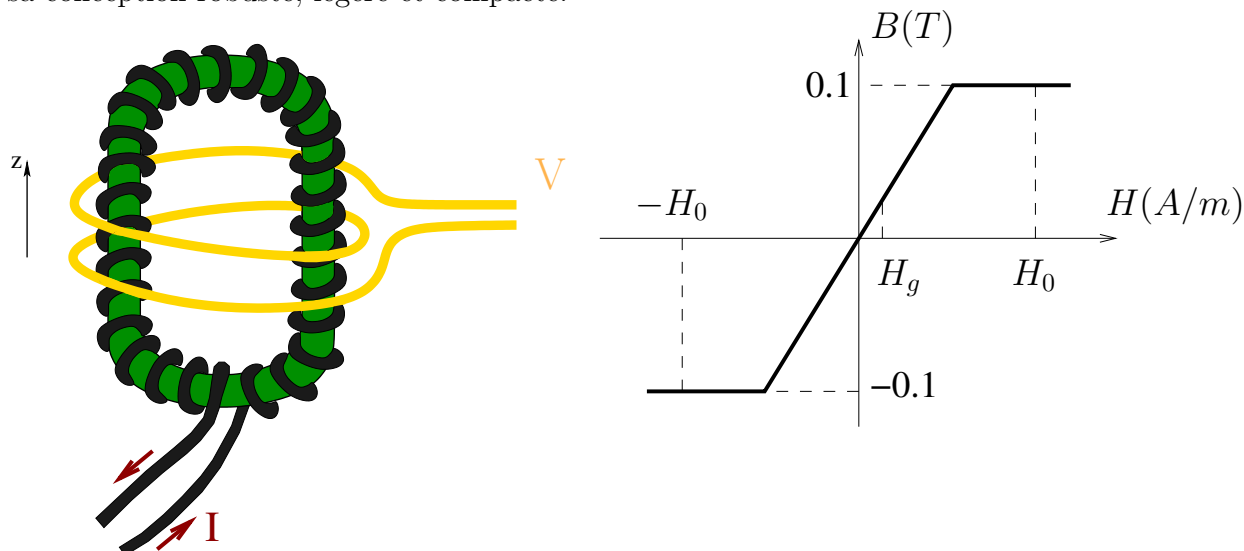


Figure 1: Schéma de principe d'un magnétomètre fluxgate (gauche). Courbe d'aimantation de l'anneau magnétique (droite).

Un anneau composé de métal magnétique ferreux (en vert) est entouré d'un fil (noir) dans lequel un courant électrique alternatif I est imposé. Le matériau magnétique possède une forte perméabilité magnétique, sature à une faible valeur d'induction magnétique (0.1 T) et ne présente pas d'hysteresis. Sa courbe d'aimantation est modélisée sur la figure. Le courant imposé est assez fort pour saturer le matériau alternativement dans un sens et dans l'autre (de $-H_0$ à H_0).

- 1) Supposons d'abord que le champ magnétique ambiant est nul. Pour un courant I quel est la géométrie du champ magnétique créé ?
- 2) Pour une variation sinusoïdale du courant électrique I , tracez qualitativement la courbe de l'intensité de l'induction magnétique B dans l'anneau.
- 3) L'anneau est entouré d'un enroulement de cuivre (en jaune). Quelle équation (forme globale et forme locale) gouverne la tension électrique V aux bornes de l'enroulement. Justifiez que cette tension reste nulle.
- 4) On suppose maintenant qu'il règne un champ géomagnétique ambiant H_g dans la direction z . Tracez qualitativement les courbes d'évolution de l'induction magnétique B dans la partie gauche et dans la partie droite de l'anneau.
- 5) Tracez qualitativement la courbe de tension aux bornes de l'enroulement.

NB : on pourra supposer que l'induction magnétique est principalement dans l'anneau, au moins dans la région entourée par l'enroulement.