

Question #1

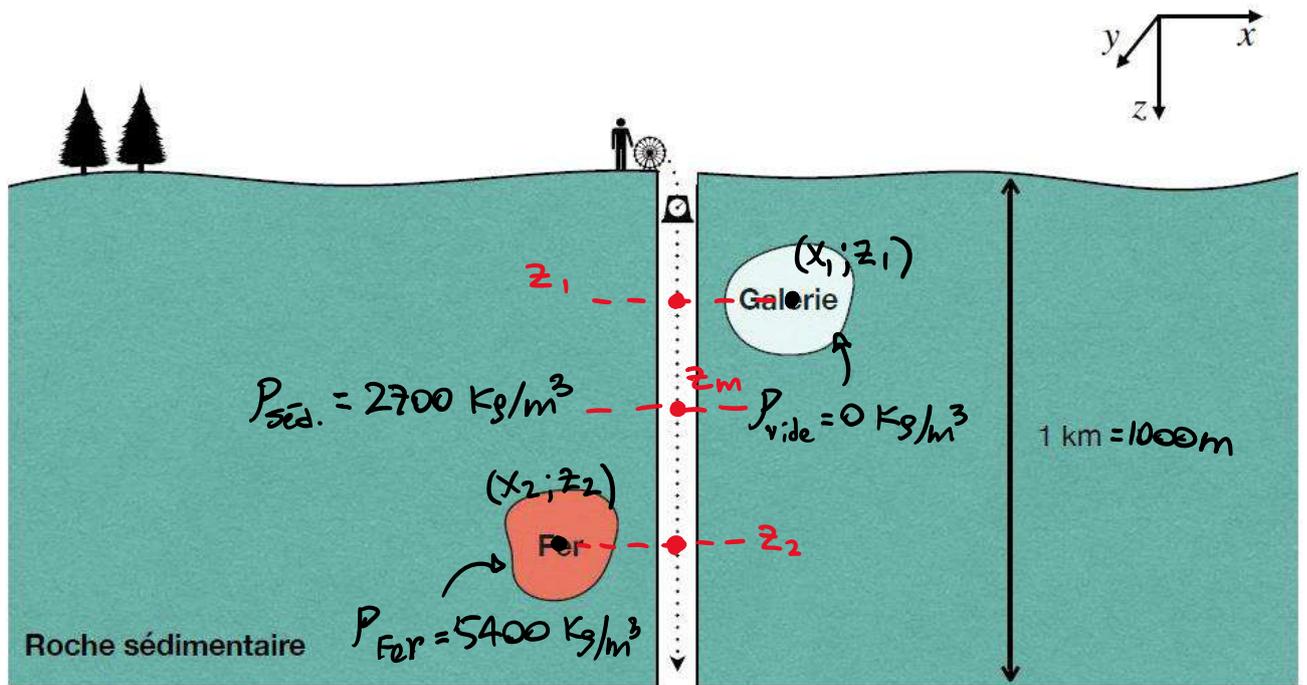


Figure 1 – Sondage gravimétrique en forage.

a) Correction de dérive

$$\Delta g_z \text{ initial } (t_1) = 15 \text{ mGal} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ Gal} = 15 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2 = \gamma_1$$

$$\Delta g_z \text{ final } (t_2) = 9 \text{ mGal} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ Gal} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2 = \gamma_2$$

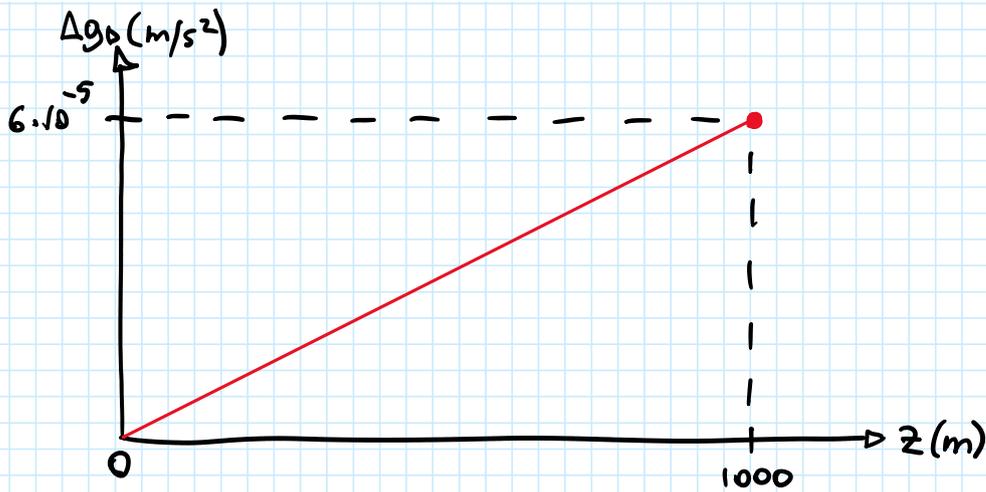
$$\Rightarrow \Delta g_D = -\tau(t-t_1) = -\left(\frac{\gamma_2 - \gamma_1}{t_2 - t_1}\right)(t-t_1)$$

On suppose une vitesse constante du levé de 1 m/s et que la dérive est linéaire dans le temps, alors

$$\Rightarrow \Delta g_D = -(\gamma_2 - \gamma_1) \left(\frac{t-t_1}{t_2-t_1}\right)$$

$$= -(\gamma_2 - \gamma_1)$$

$$= -(9 \cdot 10^{-5} - 15 \cdot 10^{-5}) = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$$



b) Correction de latitude

Il faut appliquer une correction de latitude quand on se déplace du sud vers le nord ou vice-versa, car on se rapproche du centre de la terre à cause de la forme d'ellipsoïde de la Terre. Ici, on ne se déplace que dans la direction en z vers le centre de la terre, la variation de latitude est donc nulle et la correction de latitude sera aussi nulle :

$$\Delta g_L = \frac{-g_e C \sin(2\phi)}{R_e} (x - x_0) = 0 \text{ m/s}^2$$



c) Correction d'altitude

$$\Delta g_A = \frac{2Gm}{r^3} (z - z_0)$$

$$= 3,033 \cdot 10^{-6} z$$

où

$$G = 6,67408 \cdot 10^{-11}$$

$$m = 5,942 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$r = 6,671 \cdot 10^3 \text{ m}$$

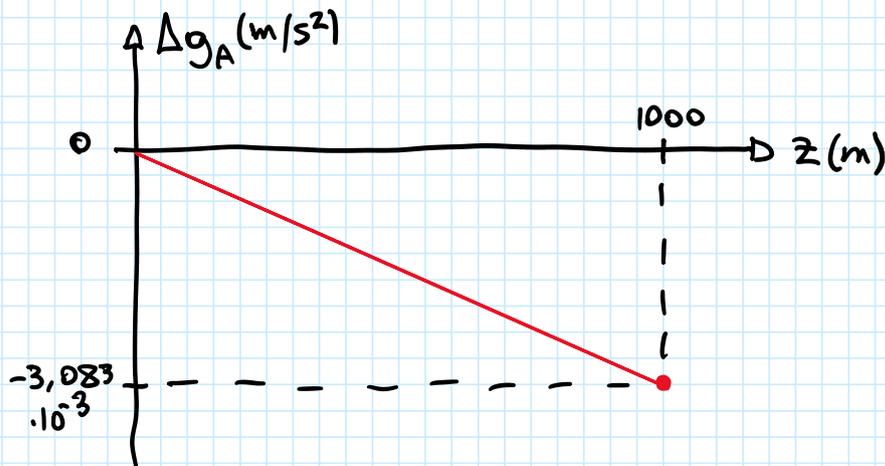
$$z_0 = 0 \text{ m (station base)}$$

$$z_{\max} = -1000 \text{ m}$$

À z_{\max} (le fond du trou) :

À z_{\max} (le fond du trou) :

$$\Delta g_A = 3,083 \cdot 10^{-6} (-1000)$$
$$= -3,083 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$$



d) Correction de plateau

Il faut prendre en compte l'effet de la masse du terrain pendant qu'on descend le gravimètre de $z_0 = 0 \text{ m}$ à $z_{\max} = -1000 \text{ m}$:

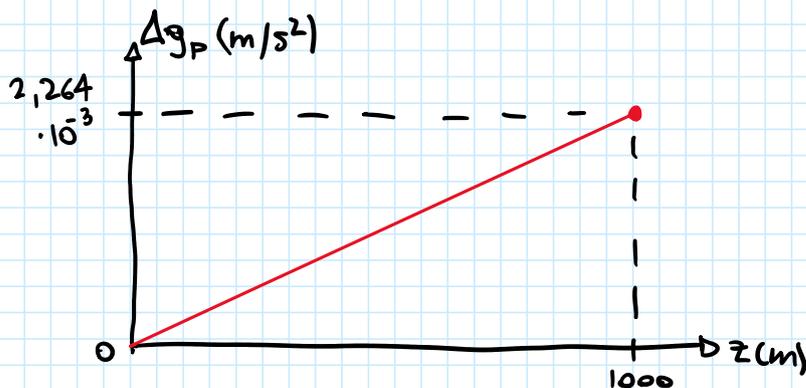
$$\Delta g_p = -4\pi G \rho_{\text{séd.}} (z - z_0) \quad \text{où } z_0 = 0 \text{ m}$$

\hookrightarrow En forage *

$$z_{\max} = -1000 \text{ m}$$
$$\rho_{\text{séd.}} = 2700 \text{ kg/m}^3$$

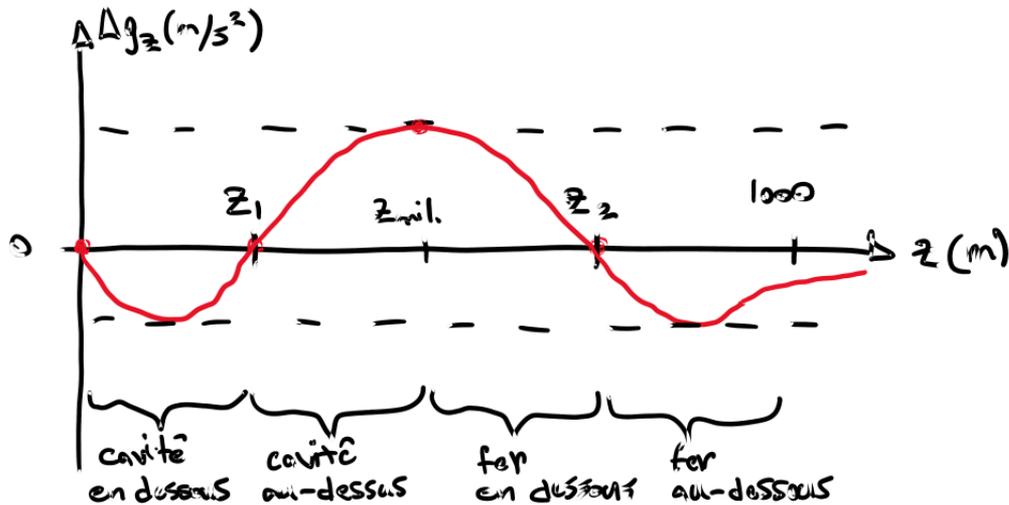
À $z_{\max} = -1000 \text{ m}$:

$$\Delta g_p = -4\pi \cdot 6,67408 \cdot 10^{-11} \cdot 2700 (-1000 - 0)$$
$$= 2,264 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$$



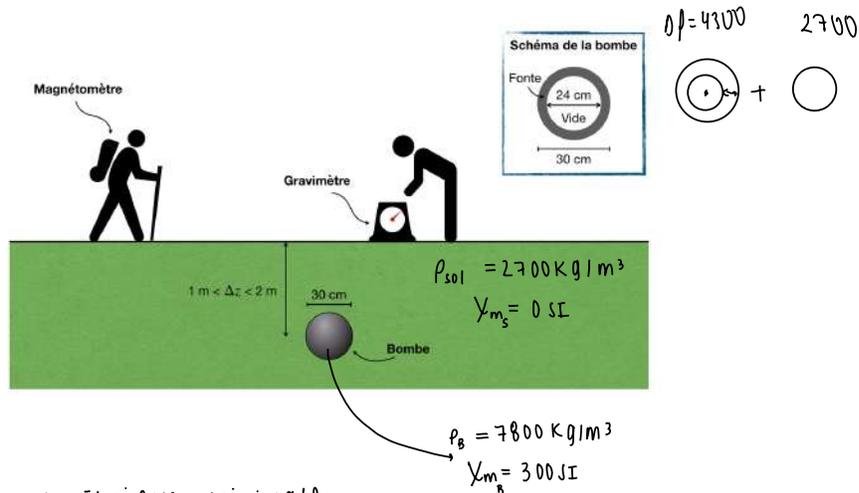
e) Anomalie de Bouguer

On obtient l'anomalie de Bouguer en appliquant les 4 corrections calculées ci-haut. On peut donc isoler le contraste de densité de la formation de fer et de la galerie minière.



QUESTION #2 : Conception d'un levé géophysique

a) Estimation



b) Anomalie gravimétrique minimale

$$\Delta g_z = 6 \Delta \rho \left(\frac{4\pi a^3}{3} \right) \frac{\Delta z}{(\Delta x^2 + \Delta z^2)^{3/2}}$$

→ puisqu'on recherche l'anomalie gravimétrique causée par le boulet minimale, on utilise $z=2\text{m}$ puisque plus

le boulet est creux, plus bas l'anomalie va être. * $\Delta x = 0$ pour le Δg_{max}

$$\Delta g_z = 6.6744 \cdot 10^{-11} (7800 - 2700) \left(\frac{4\pi (0.15)^3 - (0.12)^3}{3} \right) \left(\frac{1}{2^2} \right) + 6.6744 \cdot 10^{-11} (0 - 2700) \left(\frac{4\pi (0.12)^3}{3} \right) \left(\frac{1}{2^2} \right)$$

$$= 2.61 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$$

$$= \boxed{0.0261 \text{ } \mu\text{Gal}}$$

c) Anomalie magnétique minimale.

$$\Delta T = \left(\frac{a^3}{3} \right) \chi_m f \left[\frac{2\Delta z^2 - \Delta x^2}{(\Delta z^2 + \Delta x^2)^{5/2}} \right]$$

→ même principe que la b), il faut prendre $z=2\text{m}$ pour déterminer l'anomalie minimale produite par le boulet

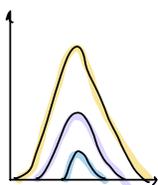
* $\Delta x = 0$

$$\Delta T = \left(\frac{(0.15)^3 - (0.12)^3}{3} \right) 300 \cdot 55000 \cdot 10^{-9} \left[\frac{2(2^2)}{(2^2)^{5/2}} \right]$$

$$\Delta T = 2264.63 \text{ nT}$$

d) La valeur de l'anomalie gravimétrique est trop petite pour être détectée par un instrument de gravimétrie ce qui fait que la méthode avec l'utilisation du gravimètre n'est pas la bonne pour ce problème. Cependant, la réponse magnétique du boulet serait détectable en utilisant une méthode magnétique dû à sa signature d'anomalie forte. La méthode à utiliser pour faire ce problème est donc la méthode magnétique.

La fréquence d'échantillonnage choisie ne doit pas rater la cible, on doit donc se baser sur un $z = 1\text{m}$, puisque c'est lui qui offre une réponse d'anomalie magnétique la plus étroite.



$z = 2\text{m}$
 $z = 1.5\text{m}$
 $z = 1\text{m}$

⇒ Pour trouver la largeur à la mi-hauteur, selon les notes de cours, la largeur à la mi-hauteur est directement proportionnelle à la valeur de z . ⇒

$$2f_{\max} = \left(\frac{1/2}{z}\right)^{-1} = 4\text{m}^{-1}$$

$$2 \times 1/2 = 1$$

$$\Rightarrow f_e > 2f_{\max} \Rightarrow f_e > 4\text{m}^{-1} \Rightarrow \text{on pose } f_e = 5\text{m}^{-1}$$

e) Bref, pour détecter la bombe, la méthode gravimétrique n'est pas appropriée puisqu'elle ne détecterait pas l'anomalie ($0,0261 < 0,1 \mu\text{Gal}$). Nous devons donc utiliser la méthode magnétique pour détecter l'anomalie causée par la bombe. De plus, la fréquence minimale pour détecter est de 5m^{-1} , soit un échantillonnage à chaque $0,2\text{m}$. Une fréquence élevée ne change pas les coûts puisqu'on doit seulement régler le magnétomètre d'une valeur différente. Les étapes principales du travail de traitement des données sont la réduction aux pôles, le prolongement vers le haut, la séparation résiduelle - régionale, le calcul des dérivés et le calcul du signal analytique.

QUESTION 3

a) roche sédimentaire $\chi_i = 10^{-6} \text{SI}$ $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$

4/5 Basalte $\chi_i = 10^{-1} \text{SI}$ $\rho = 3000 \text{ kg/m}^3$

Mort terrain $\chi_i = 0 \text{SI}$ $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$, car le mort-terrain est une couche sédimentaire.

$F = 55000 \text{ T}$

on voit que magnétiquement il y a 2 zones de contraste

1) Roche sédimentaire - Mort terrain. $\Delta\chi_i = 0,00001$ $\Delta\rho = 0$

2) Basalte - Roche sédimentaire $\Delta\chi_i = 0,099999$ $\Delta\rho = 300$

b) Vu que la roche sédimentaire et le mort-terrain ont pratiquement la même densité, il n'y aura pas d'anomalie de gravité, cela combiné au fait que leur différence de susceptibilité est minime.

bien vu

relation de Poisson :

$$\Delta F = \Delta B = -\nabla V = -\frac{C_m}{GAP} \nabla M g \cos\theta$$
 1, parce qu'on est à $I = 90^\circ$ et que le Basalte est paramagnétique,

$$= -\frac{\mu_0}{4\pi GAP} \times \frac{F \chi_m}{M_0} \times \nabla(2G + \Delta\rho) \left[\frac{\pi}{2} + \arctan\left(\frac{\Delta x}{\Delta z}\right) \right]$$

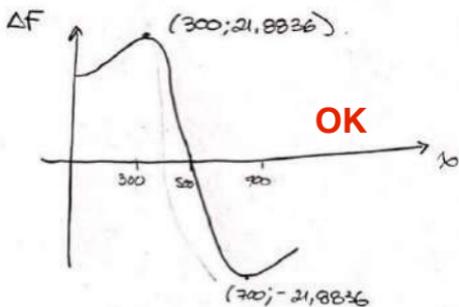
$$= -\frac{1}{4\pi} \times F \chi_m \times \nabla \left[\frac{\pi}{2} + \arctan\left(\frac{\Delta x}{\Delta z}\right) \right]$$

$$= -\frac{F \chi_m}{2\pi} \times \nabla \left[\frac{\pi}{2} + \arctan\left(\frac{\Delta x}{\Delta z}\right) \right]$$

$$= -\frac{F \chi_m}{2\pi} \times \nabla \left[\arctan\left(\frac{\Delta x}{\Delta z}\right) \right] = -\frac{F \chi_m}{2\pi} \left[\frac{\Delta z}{\Delta x^2 + \Delta z^2} F - \frac{\Delta x}{\Delta z^2 + \Delta x^2} F \right]$$
 0, parce que notre anomalie est juste verticale

$$\| \Delta F \| = \left| \frac{F \chi_m}{2\pi} \cdot \left[-\frac{\Delta x}{\Delta z^2 + \Delta x^2} \hat{z} \right] \right| = \frac{F \chi_m}{2\pi} \left[\frac{-(k-500)}{(200)^2 + (k-500)^2} \right]$$

$$= \frac{55000 \cdot 0,099999}{2\pi} \left[\frac{-(k-500)}{200^2 + (k-500)^2} \right]$$



d) en marchant le long de l'axe des x , note lorsque le magnétisme atteint un maximum (en coordonnée des x) et faire la même chose lorsqu'il atteint son minimum. Le point milieu de ses 2 coordonnées devrait être la localisation de la faille, pourvu que \vec{F} soit vertical.

on calcule d/dx
-0.5

e) Créer une ^{fonction} qui demande en paramètre, le champ, les 13 degrés de l'IGRF de la journée du levé

la fonction.

1. Trouve le champ du noyau avec les 13 degrés
2. Soustrait le champ du noyau au champ mesuré sur le levé
3. Affiche un graphique représentant le reste du 2) selon l'axe des x .

Ainsi l'utilisateur pourrait juger où en x , l'anomalie de champ change de signe, car le reste en 2) n'est que un champ créé par des contrastes dans la croûte, telle une faille.

non on calcule d/dx
dans le domaine spectral
-0.5

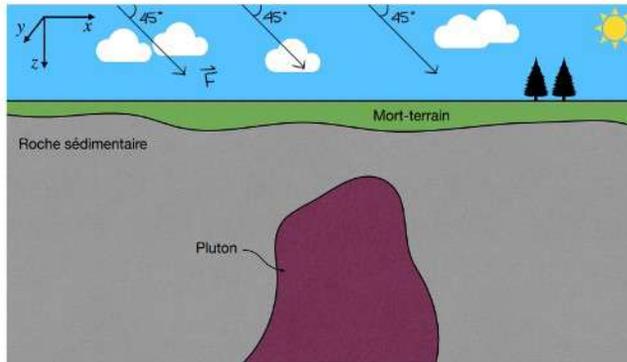


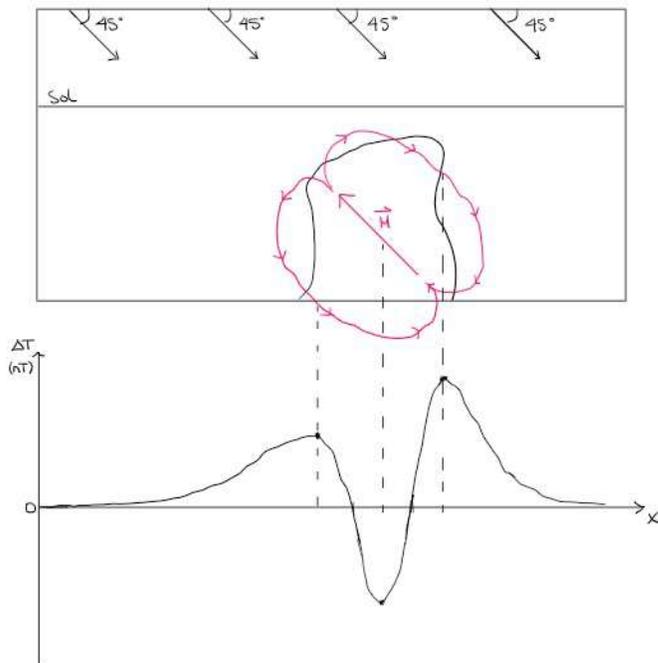
Figure 4 - Illustration d'un pluton qui recoupe une roche sédimentaire.

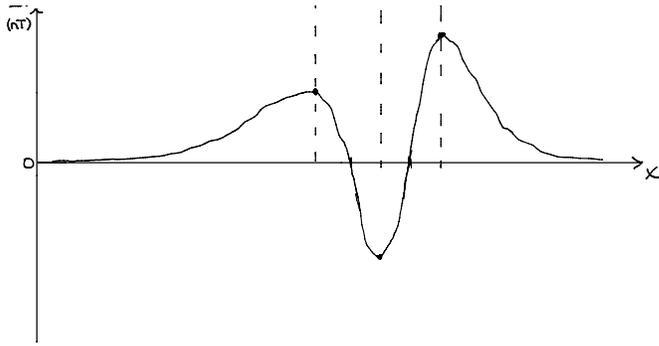
Sachant que $\Delta T = \vec{F} \cdot \Delta \vec{F}$, l'anomalie $\Delta T = 0$ lorsque \vec{F} & $\Delta \vec{F}$ sont perpendiculaires, $\Delta T > 0$ quand \vec{F} & $\Delta \vec{F}$ sont de même sens, $\Delta T < 0$ quand \vec{F} & $\Delta \vec{F}$ sont de sens opposé.

Aussi, le pluton pourra être paramétrisé par une combinaison de plusieurs dipôles dont on analysera le comportement en interaction avec le champ externe.

a) Anomalie diamagnétique

Diamagnétisme: s'oppose à la présence du champ externe \vec{F} , crée un petit champ magnétique interne. L'amplitude de l'anomalie est assez faible.
 Km de l'ordre de 10^{-6} SI pour les minéraux diamagnétiques en général.

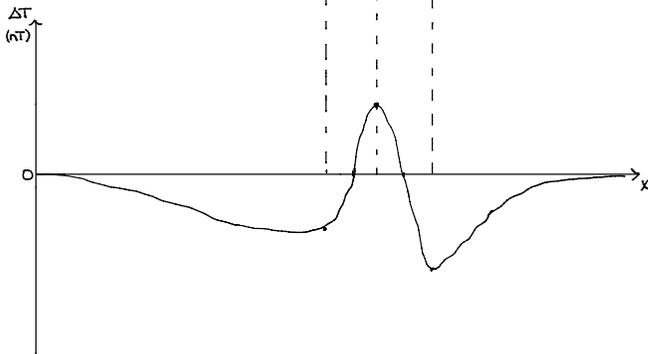
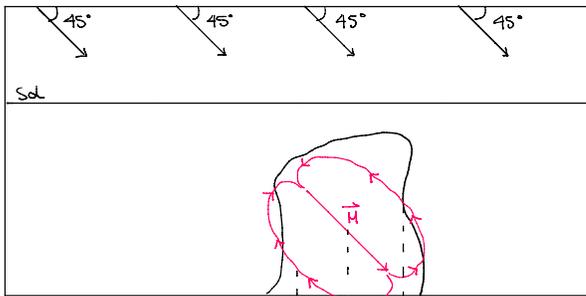




b) Anomalie paramagnétique

Paramagnétisme : tous les moments magnétiques s'alignent avec le champ externe. χ_m de l'ordre de 10^{-3} en général pour les

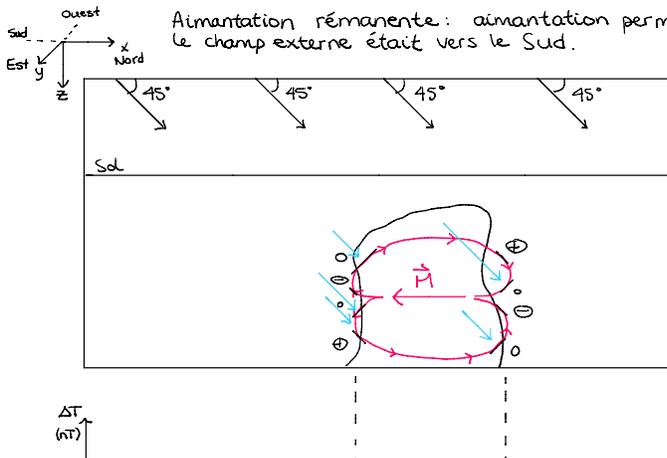
minéraux paramagnétiques. Amplitude des anomalies généralement plus grande que pour les minéraux diamagnétiques (et de sens contraire), mais plus faible que pour les minéraux ferromagnétiques (mais de même sens).

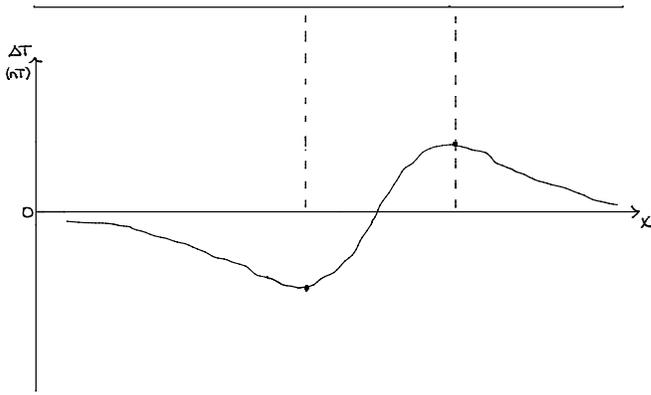


c) Ferromagnétique, aimantation rémanente vers le sud

Aimantation rémanente : aimantation permanente de la roche acquise dans le passé quand le champ externe était vers le Sud.

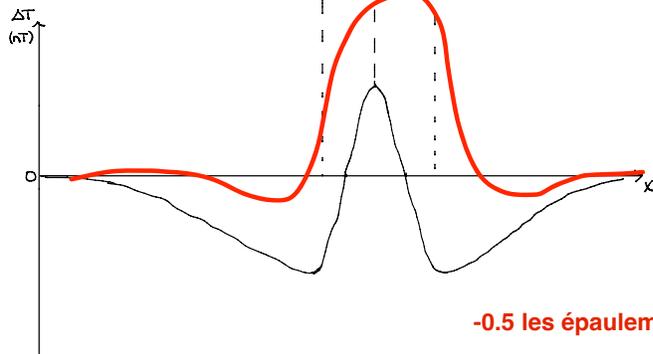
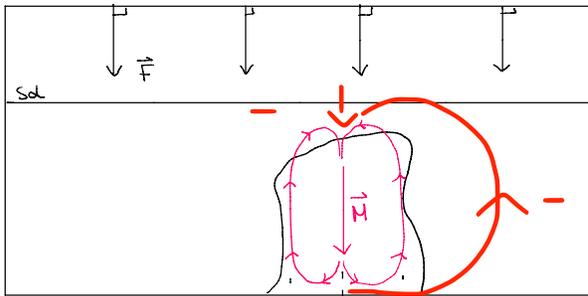
Les matériaux ferromagnétiques ont un χ_m pouvant aller dans l'ordre de 10^6 comme pour la fonte, par exemple. L'amplitude de leur anomalie est plus grande.





d) Paramagnétique, après réduction aux pôles

Paramagnétique: comme en b)
 Réduction au pôle: rotation du champ externe comme si on était au pôle Nord ($I = 90^\circ$)
 → l'anomalie va être symétrique à cause de la réduction.



-0.5 les épaulements négatifs sont plus subtiles que le pic central

e) Paramagnétique, à l'hémisphère sud.

Paramagnétique: les moment s'alignent avec le champ externe.
 χ_m de l'ordre de 10^{-3} SI.

