

## Question 1

a)

- i. Si le sol est plus compact, le volume interstitiel  $V_i$  diminue. Comme  $m_g$ ,  $m_i$  et  $V_g$  restent constants (ils ne sont pas affectés par la compaction), **la densité apparente se retrouve augmentée.**

$$\rho_a = \frac{m_g + m_i}{V_g + V_i}$$

Le dénominateur diminue car  $V_i$  diminue, donc  $\rho_a$  augmente.

- ii. **Il n'y a aucun effet sur la densité squelettique**, car  $m_g$  et  $V_g$  ne sont pas affectés par la compaction. On considère qu'ils sont incompressibles, donc leur volume ne diminue pas. La masse reste constante aussi.

$$\rho_s = \frac{m_g}{V_g}$$

Comme  $V_g$  et  $m_g$  restent constants,  $\rho_s$  reste constant aussi.

- iii. La susceptibilité magnétique d'une roche dépend de sa composition géochimique (contenu en fer dans les minéraux) et de sa composition minéralogique (minéraux ferro-, ferri- et antiferromagnétiques). Pour un volume donné de matériau, la compaction entraîne une réduction du volume des vides. Il y a donc proportionnellement plus de grains solides pour un volume donné (c'est-à-dire une augmentation de la densité apparente comme vu au 1.a.i). Par conséquent, **si le sol contient du fer, les proportions de contenu en fer augmentent pour un sol compacté, ce qui fait augmenter la susceptibilité magnétique. Si le sol ne contient aucun fer alors la compaction n'a aucun effet sur sa susceptibilité magnétique.**
- b) Sur un même affleurement, il peut y avoir plusieurs lithologies différentes. La susceptibilité magnétique **peut donc varier énormément sur un même affleurement**. Par exemple, s'il y a une formation de fer qui recoupe un pluton felsique, la susceptibilité ne sera pas du tout la même selon où on prend la mesure sur l'affleurement (la susceptibilité d'une roche felsique étant beaucoup plus faible que celle d'une formation de fer). **Il est donc important de prendre plusieurs valeurs et d'en faire la moyenne pour mieux représenter la susceptibilité magnétique à l'échelle de la carte du secteur.**
- c) **Par modélisation inverse.** Avec la carte de l'anomalie de Bouguer, on crée un modèle de ce qui cause ces anomalies. Le profil gravimétrique de ce modèle **doit représenter le plus fidèlement possible celui obtenu grâce aux données provenant du levé**. Cependant, comme il nous manque des paramètres (profondeur et diamètre), il y a une infinité de modèles obtenus. Il faut donc se demander si le modèle a du sens géologiquement et le valider avec d'autres méthodes, par exemple avec des forages.
- d) **Comme le manteau a une densité supérieure à la croûte, il y a un contraste de densité négatif lorsqu'on passe au-dessus de la chaîne de montagne**, car la croûte y est plus épaisse que normalement. **Aussi, il y aura un contraste de densité positif lorsqu'on passe au-dessus de l'océan, car le manteau est plus épais à cet endroit.** **Cependant, comme la racine orogénique est plus épaisse que l'anti-racine dans ce cas-ci**, le pic de l'anomalie causée par les montagnes sera plus élevé que celui causé par les océans, comme on peut voir à la figure 1.1.

Le dessin dans le questionnaire n'est pas à l'échelle.

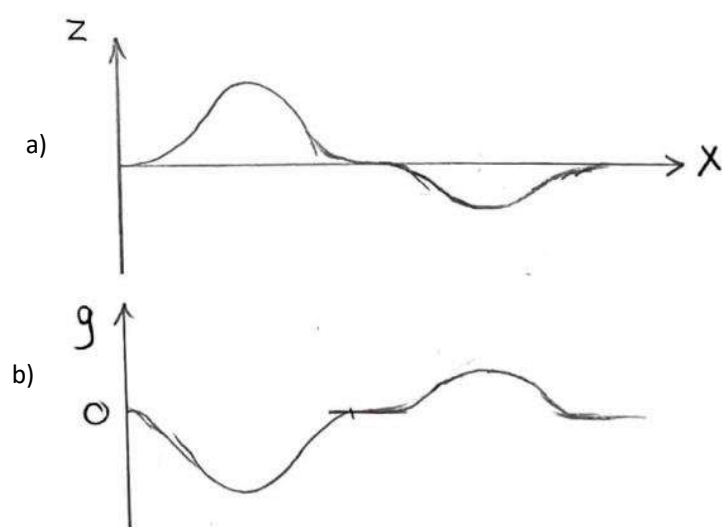


Figure 1.1 : a) Profil topographique b) gravité en fonction de la position  $x$ . La racine orogénique sous la montagne crée un contraste de densité négatif, et l'anti-racine sous l'océan crée un contraste de densité positif

- e) Contraste de densité positif. L'anomalie circulaire est de couleur rouge. En se référant à l'échelle, on voit que cette couleur est associée à des valeurs positives de gravité (autour de 2.4mGal). Cette anomalie est donc un **contraste positif de densité**.

## QUESTION 2

• Galeries:  $-15^\circ$  p/r au Nord géographique

- diamètre minimum: 3m

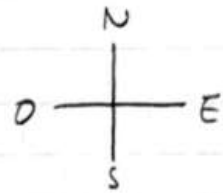
- diamètre maximum: 5m

- centre: entre 10 - 20 m de profondeur  
sous la surface du sol

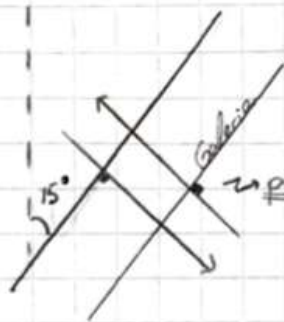
- remplies d'air

-  $\rho_{roc} = 2900 \text{ kg/m}^3$

- Galeries TRÈS LONGUES

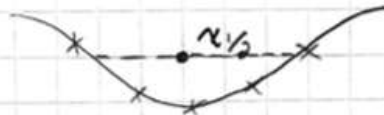


a) Orientation des traverses optimales:



$\rightarrow$  perpendiculaire à l'orientation des galeries.  
( $15^\circ + 90^\circ = 105^\circ$  par rapport  
au nord géographique)

b)



$\rightarrow$  Quel est la largeur à  
mi-hauteur des plus  
petites anomalies?

Par un cylindre:  $x_{1/2} \approx z_{\min}$

$\Rightarrow$  Les galeries à 10m de profondeur vont  
donc générer les anomalies les plus **étroites**

$$z_{\min} = 10\text{m} \Rightarrow x_{1/2} \approx 10\text{m}$$

On peut donc écrire:  $f_{\max} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ m}^{-1}$

$\Rightarrow$  Selon le théorème d'échantillonnage:

$$f_e > 2f_{\max}$$

$$\therefore f_e > 2 \cdot 0,1$$

$$f_e > 0,2 \text{ m}^{-1}$$

$\Rightarrow$  On peut donc proposer, par exemple,  
 $f_e = 0,25 \text{ m}^{-1} > 0,2 \text{ m}^{-1}$

c)  $\Delta I$    $g_{max}$

Pour un cylindre: Plus petites anomalies: (plus petite amplitude)

- Galerie la plus profonde :  $z' = 20m$
- $\Delta\rho$  le plus petit possible :  $\Delta\rho = -2900 \frac{kg}{m^3}$
- Rayon le plus petit :  $R = \frac{3}{2} = 1,5m$

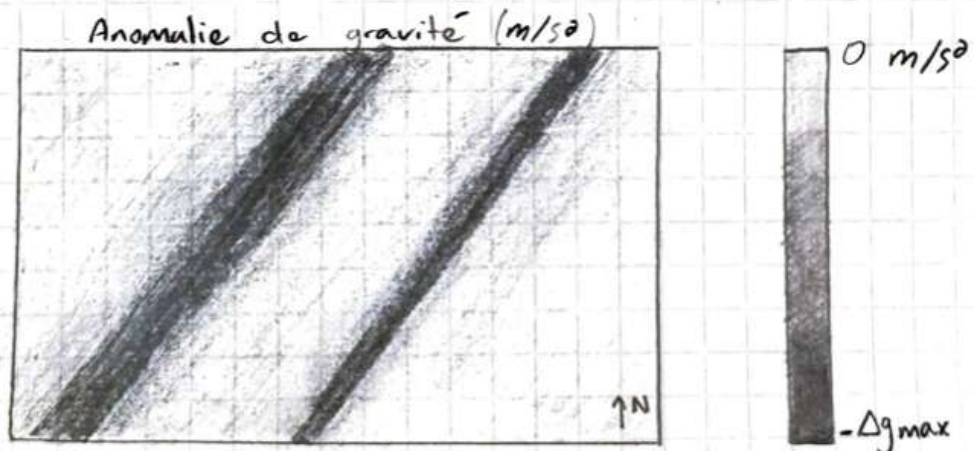
$$A = \Delta g_{max} = \frac{2\pi G R^2 \Delta\rho}{z'}$$

$$= \frac{2\pi (6,674 \times 10^{-11}) (1,5)^2 (-2900)}{20}$$

$$= -1,368 \times 10^{-7} m/s^2$$

d) L'obtention des données d'altitude de façon très précise est cruciale (imprie). Il en va de même par les coordonnées GPS. En effet, l'effet de l'altitude est majeur et doit être considéré pour retrouver la borne anomalie de Bouguer et, par la même occasion, les cavités sous-terraines. Il en va de même par les corrections de latitude et de plateau qui sont également non-négligeable. Un relevé d'arpentage précis doit donc être effectué.

e)



Question #3. corrections gravimétriques

a) la correction de latitude;

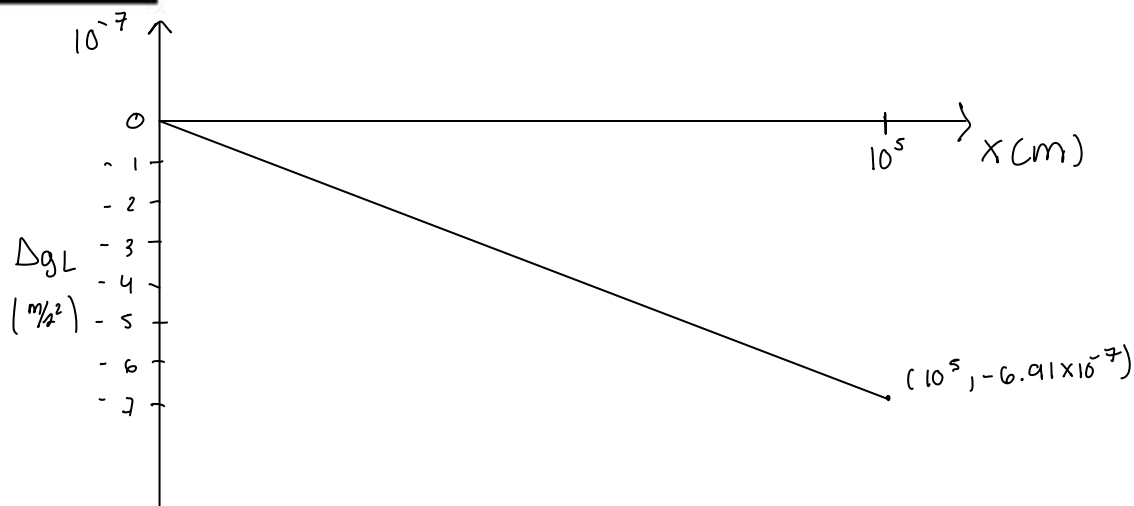
① Calculs

$$\text{formule: } \Delta g_L = - \frac{g_{eq} C_1 \sin(2\varphi)}{R_{eq}} (y' - y_0)$$

→ correction latitude fin du profil

$$\Delta g_{L_{fn}} = - \frac{(9.780327)(5.2790414 \times 10^3) \sin(2 \cdot 60.7)}{6.378 \times 10^6} (100 - 0) = -6.91 \times 10^{-7} \frac{m}{s^2}$$

② Graphique de la correction de latitude



Source: Chapitre gravimétrie section 2.3.2

★ hypothèse pour la suite: l'alluvion est en plein milieu du profil, donc entre 35 km et 65 km.

b) la correction d'altitude;

① Calculs

$$\text{formule: } \Delta g_A = \frac{2 G m}{r^3} (z' - z_0) = 3.083 \times 10^{-6} (z' - z_0)$$

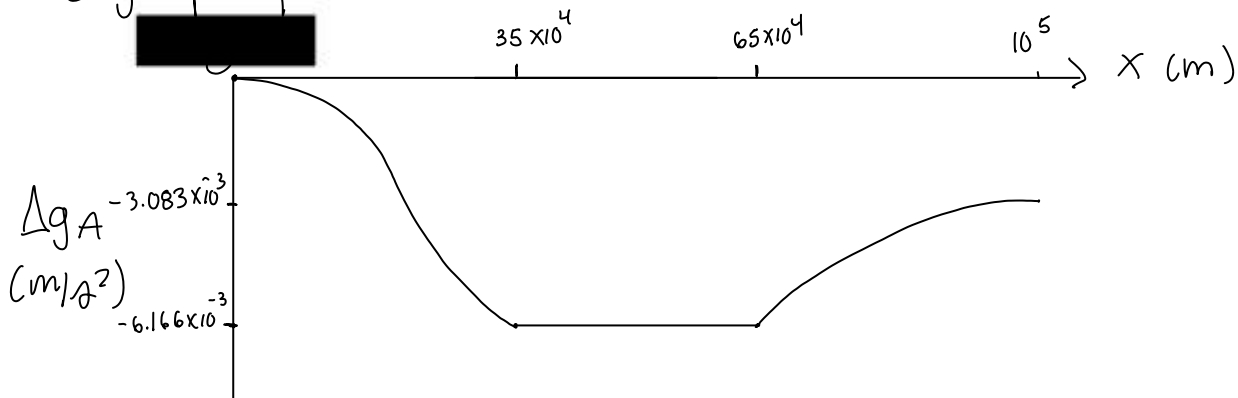
→ correction altitude fin du profil

$$\Delta g_{A_{\text{fin}}} = 3.083 \times 10^{-6} (1 \times 10^3 - 2 \times 10^3) = -3.083 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

→ correction altitude à l'alluvion

$$\Delta g_{A_{\text{all}}} = 3.083 \times 10^{-6} (0 - 2 \times 10^3) = -6.166 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

② graphique de la correction d'altitude



Source: Chapitre gravimétrie section 2.3.3

c) la correction de plateau;

① Calculs

formule :  $\Delta g_p = -2\pi G\rho(z' - z_0)$  ↗ station de base

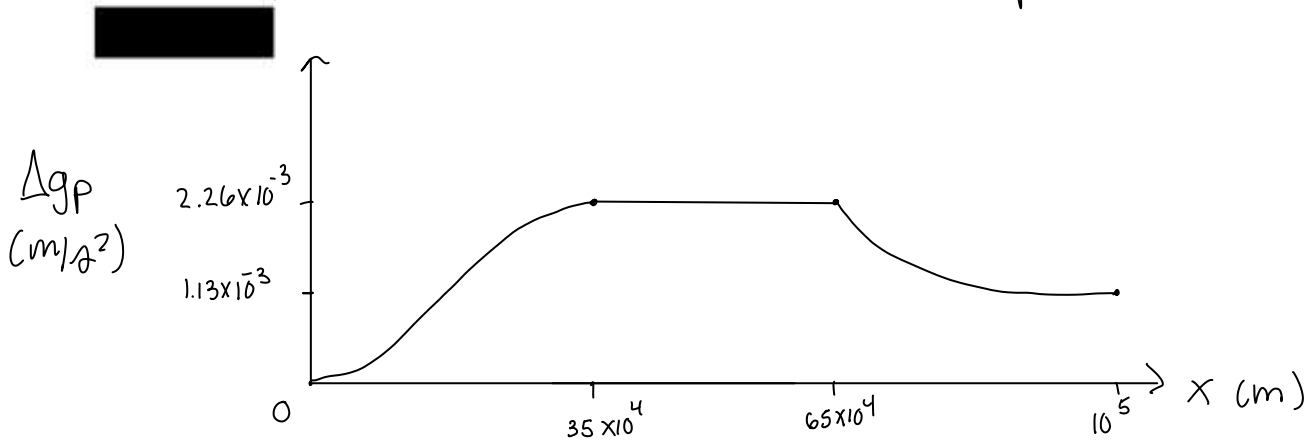
→ correction plateau à l'alluvion

$$\Delta g_{p_{all}} = -2\pi (6.67408 \times 10^{-11}) (2700) (0 - 2 \times 10^3) = 2.26 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

→ correction plateau fin du profil

$$\Delta g_{p_{fin}} = -2\pi (6.67408 \times 10^{-11}) (2700) (1 \times 10^3 - 2 \times 10^3) = 1.13 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

② graphique de la correction de plateau



Source: chapitre gravimétrie section 2.3.4

d) la correction de topographie

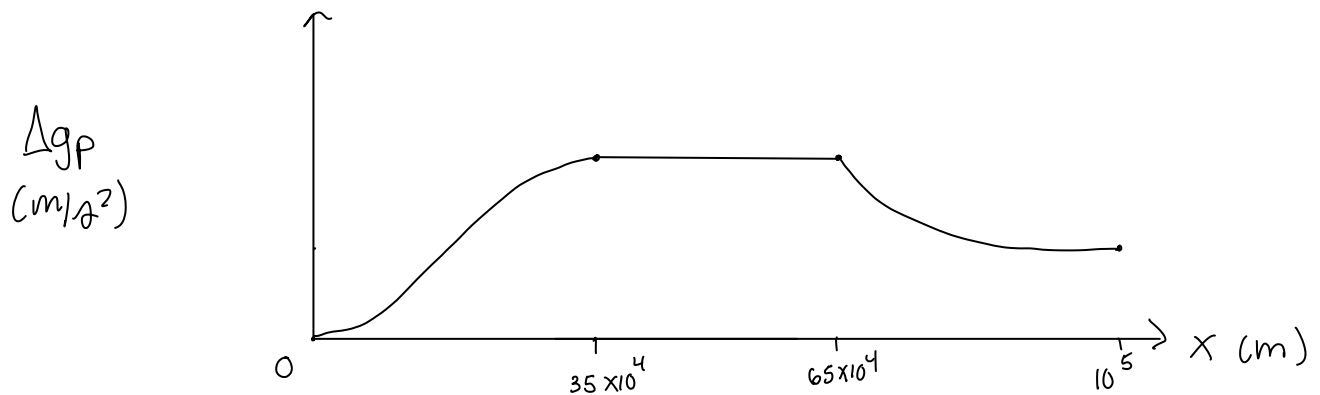
① Formule: 
$$\Delta g_R(x_i, y_i, z) = 6 \Delta \rho S \sum_i \cdot \left( \frac{1}{\alpha_i} - \frac{1}{\beta_i} \right)$$

$$= \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \qquad = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$$

donc  $\beta_i$  toujours  $> \alpha_i$

★ hypothèse: Le graphique de la correction de topographie ressemble beaucoup au graphique de la correction de plateau. En effet, on utilise la correction de relief lorsque la topographie sur la région du levé varie de façon importante car la correction de plateau n'est qu'une approximation.

② Graphique de la correction de relief



Source: chapitre gravimétrie section 2.3.4 et 2.3.5

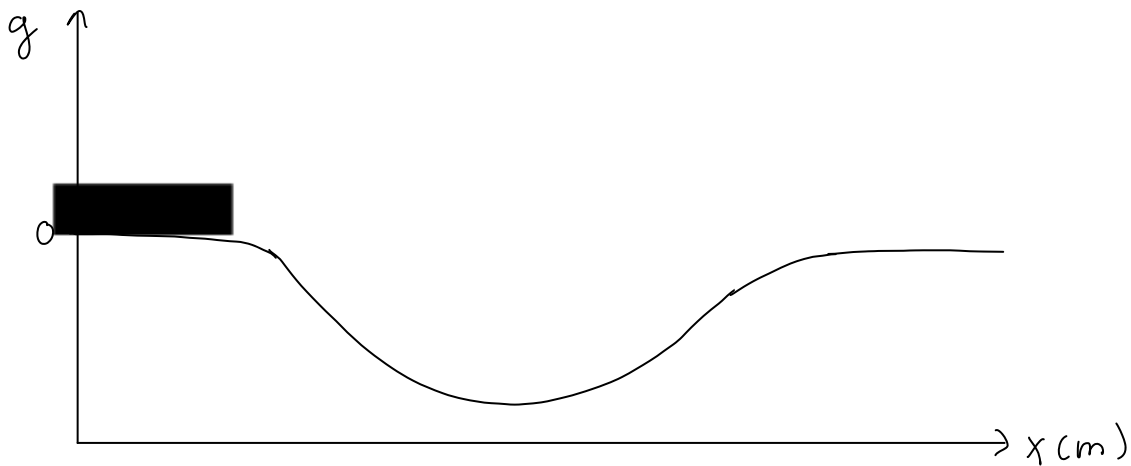


e) l'anomalie de Bouguer.

L'anomalie de Bouguer est les valeurs d'un levés gravimétrique qui ont été corrigés. Elle représente donc le signal attribuable aux variations de la densité du sol.

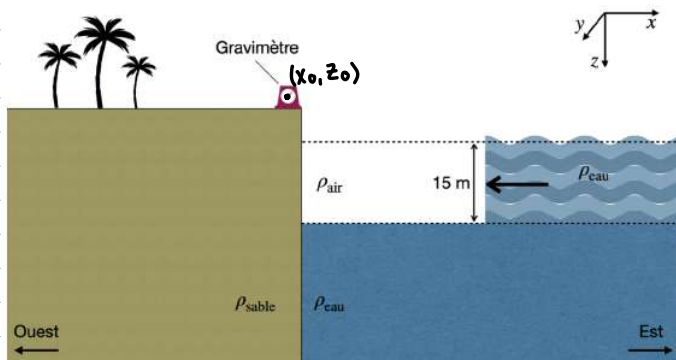
Ici, puisque la densité de l'alluvion ( $1900 \text{ kg/m}^3$ ) est plus faible que la croûte (roche encaissante) ( $2700 \text{ kg/m}^3$ ) on se retrouve avec un contraste de densité négatif. On a donc une anomalie négative.

graphique de l'anomalie de Bouguer

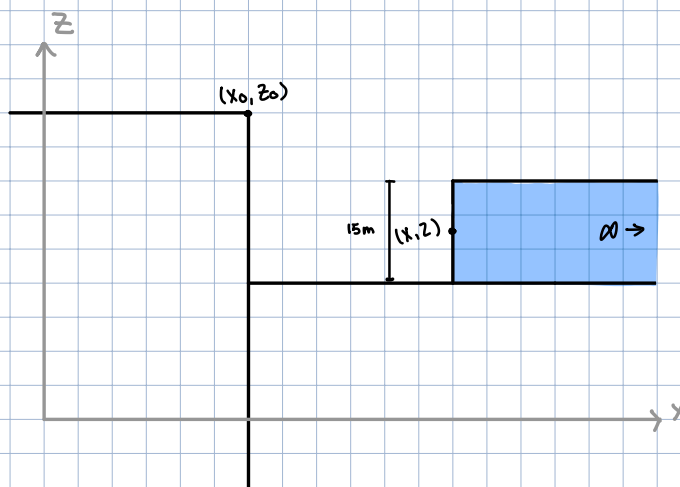


Source: Chapitre gravimétrie section 2.2.5

## Question 4 - Modélisation gravimétrique



① paramétrisation de la vague en une plaque horizontale semi-infinie



posons

$$\rho_{\text{air}} = 0 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\Delta\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

- puisque le milieu encaissant est l'air
- contraste positif, car l'eau possède une plus grande densité que l'air

② Calcul de la gravité

→ Lorsque la vague arrive à l'île ( $x = x_0$ )

$$\Delta g_z = 2Gt\Delta\rho \left[ \frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \left( \frac{x'}{z'} \right) \right] = 2Gt\Delta\rho \left[ \frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \left( \frac{x_0 - x_0}{z'} \right) \right] = 2Gt\Delta\rho \left[ \frac{\pi}{2} + \tan^{-1}(0) \right]$$

$$= 2Gt\Delta\rho \left( \frac{\pi}{2} \right)$$

$$= 2 \left[ 6.674 \times 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \right] (15\text{m}) (1000 \text{ kg/m}^3) \left( \frac{\pi}{2} \right)$$

$$= 3.145 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2$$

→ différence de  $\Delta g$  max. entre l'état initiale et l'apparition de la vague

$$\Delta g_z(x_0) = 3.145 \mu\text{m/s}^2$$

→ lorsque la vague est loin  $x = -\infty$

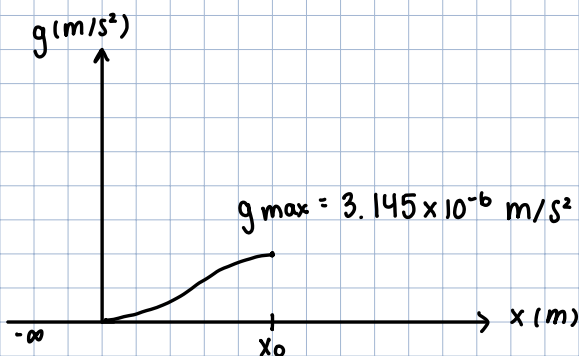
$$\Delta g_z = 2Gt\Delta\rho \left[ \frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \left( \frac{x'}{z'} \right) \right] = 2Gt\Delta\rho \left[ \frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \left( \frac{x-x_0}{z-z_0} \right) \right]$$

$$= 2Gt\Delta\rho \left[ \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \left( \frac{x-x_0}{z_0-z} \right) \right] = 2Gt\Delta\rho \left[ \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}(\infty) \right]$$

$$= 2Gt\Delta\rho \left[ \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} \right]$$

$$\Delta g_z = 0 \text{ m/s}^2$$

③ graphique de l'anomalie de gravité en fonction du déplacement de la vague



Le graphique à cette allure, car le  $g$  est calculer à partir d'une fonction arctan

④ remarque sur l'amplitude de l'anomalie

L'anomalie créée par la vague est arrêtée lorsque  $g$  atteint son maximum, c'est-à-dire à amplitude maximum. La raison est que la vague ne peut continuer son passage à cause de l'île. De plus, l'amplitude est à son maximum, car c'est à cet endroit que la distance entre l'anomalie et le gravimètre est la plus petite, voir même inexistence. Ils sont à la même distance.

**Est-ce que l'anomalie calculée est assez grande pour être détectée par un gravimètre moderne?**