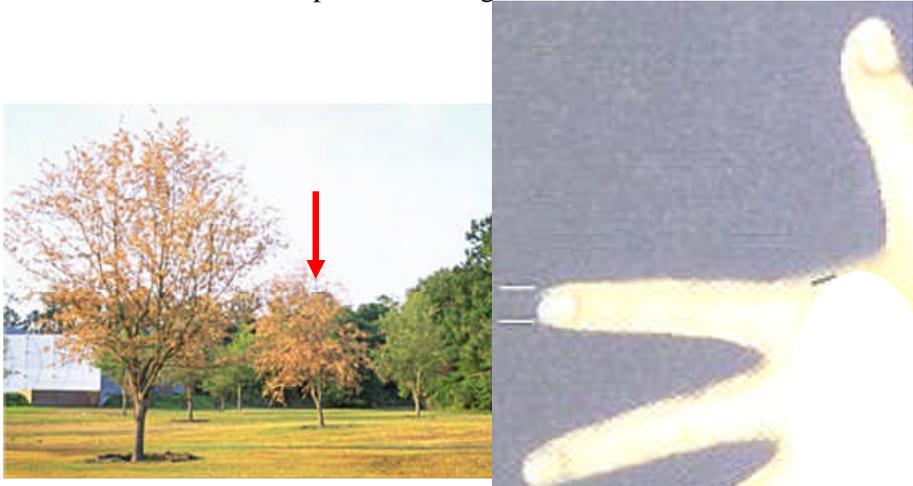
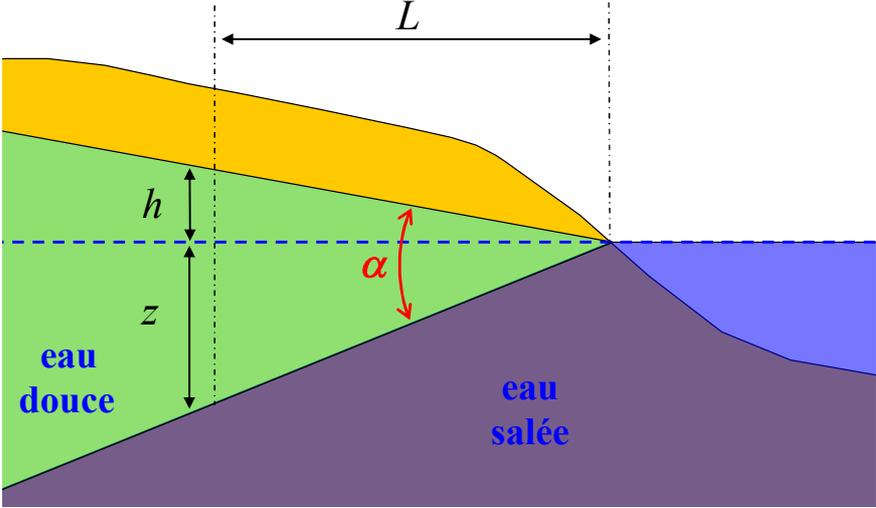


GE2008 TD2: Exercices pour le 22 avril 2008

| | |
|----|--|
| E1 | <p>Estimer la distance entre vous et le petit arbre rouge.</p>  |
| E2 | <p>Dans une cavité située à 10 mètres sous la surface dans la zone insaturée, on observe que les variations de pression atmosphérique à 12 heures sont atténuées d'un facteur 2 par rapport au forçage de surface. Estimer la valeur de la perméabilité totale si la porosité moyenne du milieu est 10 % et la saturation moyenne 50 %.</p> |
| E3 | <p>Considérons une nappe côtière libre. On cherche à creuser un puits à une distance L de la mer. Soit h la hauteur d'eau au dessus du niveau de la mer à cet endroit. On va supposer que l'eau de mer a pénétré dans les roches et qu'il existe une interface nette et stationnaire entre l'eau douce et l'eau salée. Soit z la profondeur de cette interface. On supposera que l'équilibre entre l'eau de la mer et l'eau douce dans l'aquifère est uniquement hydrostatique (principe de Ghyben-Herzberg).</p>  <p>Donner la relation entre z et h en utilisant $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ pour la masse volumique de l'eau douce et $1025 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ pour la masse volumique de l'eau de mer. Si on fait l'hypothèse que la surface piézométrique est un segment de droite et qu'on a $h=2 \text{ m}$ pour $L=200 \text{ m}$, calculer l'angle α du biseau d'eau douce.</p> |

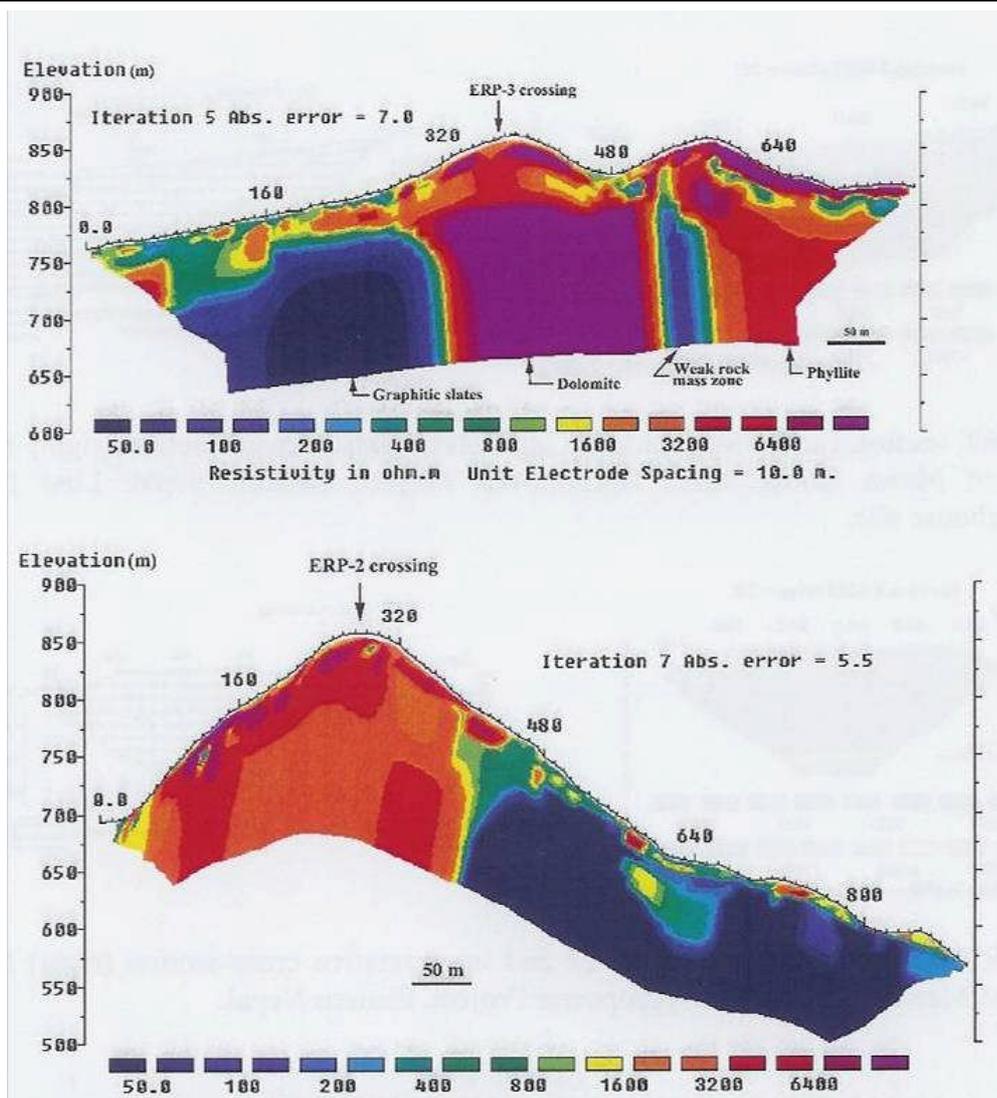
| E4 | <p>Considérons la carrière de Vincennes de volume total environ $60\,000\text{ m}^3$. A priori, en l'absence d'information supplémentaire, à combien peut-on évaluer le débit de suintement au toit? Quel serait le débit total sur les 3 hectares de toit de la carrière en grammes d'eau par seconde? Les mesures de la concentration du radon indiquent que, pendant l'hiver, le taux de ventilation est environ $4 \times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$. Considérons que l'air qui tombe en hiver dans la carrière est froid et sec et que l'air qui sort est à la température d'équilibre de la carrière ($12.7\text{ }^\circ\text{C}$) et saturé en eau. Quel est le flux d'eau sortant de la carrière? Quel est le taux d'évaporation par unité de surface de toit? Comparez à la valeur estimée de l'infiltration. La pression de vapeur saturante à 12°C sera prise égale à 1400 Pa.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|------|-------|---|-------|------|-------|--------------|------------|---|-------|------|-------|------|-------|----|-------|--------------|------------|------|-------|----|-------|------|-------|-------|-------|---|-------|-------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|----|-------|-------|----|-------|-------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|
| E5 | <p>On soupçonne un méchant dictateur d'avoir caché des chars et d'autres indécitesses dans un tunnel de rayon 2 mètres à une profondeur d'environ 10 mètres. Estimer la taille de l'anomalie gravimétrique induite en surface. Est-ce détectable? Quelle autre méthode pourriez-vous suggérer?</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E6 | <p>On récolte les données gravimétriques suivantes sur deux profils G1 et G2 parallèles séparés de 10 m:</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th>Position (m)</th> <th>Profil G1 (μGal)</th> <th>Profil G2 (μGal)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>-2.6</td><td>-2.5</td></tr> <tr><td>1</td><td>-4.2</td><td>-2.9</td></tr> <tr><td>2</td><td>-3.3</td><td>-4.8</td></tr> <tr><td>3</td><td>-5.2</td><td>-3.1</td></tr> <tr><td>4</td><td>-4.0</td><td>-4.9</td></tr> <tr><td>5</td><td>-6.8</td><td>-4.5</td></tr> <tr><td>6</td><td>-8.9</td><td>-9.4</td></tr> <tr><td>7</td><td>-9.7</td><td>-9.6</td></tr> <tr><td>8</td><td>-10.6</td><td>-12.9</td></tr> <tr><td>9</td><td>-16.0</td><td>-12.9</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <thead> <tr> <th>Position (m)</th> <th>Profil G1 (μGal)</th> <th>Profil G2 (μGal)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>-15.2</td><td>-12.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>-12.8</td><td>-12.3</td></tr> <tr><td>12</td><td>-9.2</td><td>-9.5</td></tr> <tr><td>13</td><td>-8.8</td><td>-9.2</td></tr> <tr><td>14</td><td>-6.0</td><td>-6.9</td></tr> <tr><td>15</td><td>-4.3</td><td>-3.2</td></tr> <tr><td>16</td><td>-4.0</td><td>-4.8</td></tr> <tr><td>17</td><td>-2.0</td><td>-2.1</td></tr> <tr><td>18</td><td>-2.1</td><td>-1.6</td></tr> <tr><td>19</td><td>-2.0</td><td>-2.2</td></tr> </tbody> </table> <p>Ces données d'anomalies Bouguer sont corrigées d'effets topographiques. Quelles conclusions tirez-vous de ces observations?</p> | Position (m) | Profil G1 (μGal) | Profil G2 (μGal) | 0 | -2.6 | -2.5 | 1 | -4.2 | -2.9 | 2 | -3.3 | -4.8 | 3 | -5.2 | -3.1 | 4 | -4.0 | -4.9 | 5 | -6.8 | -4.5 | 6 | -8.9 | -9.4 | 7 | -9.7 | -9.6 | 8 | -10.6 | -12.9 | 9 | -16.0 | -12.9 | Position (m) | Profil G1 (μGal) | Profil G2 (μGal) | 10 | -15.2 | -12.0 | 11 | -12.8 | -12.3 | 12 | -9.2 | -9.5 | 13 | -8.8 | -9.2 | 14 | -6.0 | -6.9 | 15 | -4.3 | -3.2 | 16 | -4.0 | -4.8 | 17 | -2.0 | -2.1 | 18 | -2.1 | -1.6 | 19 | -2.0 | -2.2 |
| Position (m) | Profil G1 (μGal) | Profil G2 (μGal) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | -2.6 | -2.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | -4.2 | -2.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | -3.3 | -4.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | -5.2 | -3.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | -4.0 | -4.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | -6.8 | -4.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | -8.9 | -9.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | -9.7 | -9.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | -10.6 | -12.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | -16.0 | -12.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Position (m) | Profil G1 (μGal) | Profil G2 (μGal) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | -15.2 | -12.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | -12.8 | -12.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | -9.2 | -9.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | -8.8 | -9.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | -6.0 | -6.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | -4.3 | -3.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | -4.0 | -4.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | -2.0 | -2.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | -2.1 | -1.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | -2.0 | -2.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E7 | <p>Considérons un déficit de masse volumique concentré sur une ligne horizontale à une profondeur z. Donnez l'expression de l'anomalie gravimétrique en tout point de la surface. En déduire l'anomalie d'une ligne infinie en fonction de la distance horizontale x à cette ligne. En déduire aussi l'anomalie associée à un déficit homogène dans un cylindre horizontal infini de rayon R à la profondeur z.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E8 | <p>On cherche un tunnel de un mètre de rayon à une profondeur de 10 mètres. Ce tunnel est rempli de déchets organiques et plastiques. Pensez-vous pouvoir utiliser un profil gravimétrique?</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E9 | <p>Vous souhaitez comparer les résultats de coupes de tomographie sismique (modèle de vitesse onde P) et de tomographies électriques multiélectrodes (modèle de résistivité). Quelle relation simple pouvez-vous proposer entre la vitesse sismique et la résistivité électrique dans un milieu saturé en eau?</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E10 | <p>Considérons une aquifère dans une roche de porosité 20 %, surmontée par une zone non-saturée de saturation moyenne 50 %. La résistivité de l'eau est $40\ \Omega\text{m}$. Quelles sont les valeurs approximatives des résistivités électriques attendues dans ces deux milieux? Comment ces valeurs sont-elles modifiées en présence d'argiles caractérisées par une conductivité de surface d'environ 1 mS/m? Que pouvez-vous en conclure sur la possibilité de déduire la hauteur de la nappe de sondages électriques?</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E11 | <p>On effectue un profil de sismique-réflexion et, pour un tir à l'origine, on obtient les temps d'arrivée suivants:</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th>Position (m)</th> <th>Temps (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>23.81</td></tr> <tr><td>2</td><td>23.93</td></tr> <tr><td>4</td><td>24.28</td></tr> <tr><td>6</td><td>24.86</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th>Position (m)</th> <th>Temps (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8</td><td>25.64</td></tr> <tr><td>10</td><td>26.62</td></tr> <tr><td>12</td><td>27.77</td></tr> <tr><td>14</td><td>29.06</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <thead> <tr> <th>Position (m)</th> <th>Temps (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>16</td><td>30.49</td></tr> <tr><td>18</td><td>32.03</td></tr> <tr><td>20</td><td>33.67</td></tr> </tbody> </table> <p>Quelle interprétation proposez-vous?</p> | Position (m) | Temps (ms) | 0 | 23.81 | 2 | 23.93 | 4 | 24.28 | 6 | 24.86 | Position (m) | Temps (ms) | 8 | 25.64 | 10 | 26.62 | 12 | 27.77 | 14 | 29.06 | Position (m) | Temps (ms) | 16 | 30.49 | 18 | 32.03 | 20 | 33.67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Position (m) | Temps (ms) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 23.81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 23.93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 24.28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 24.86 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Position (m) | Temps (ms) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 25.64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 26.62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 27.77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 29.06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Position (m) | Temps (ms) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 30.49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 32.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 33.67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E12 | <p>On effectue un sondage Schlumberger dans la région parisienne et on trouve les résultats suivants:</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| a (m) | m (m) | I (mA) | V (mV) |
|------------|------------|-------------|-------------|
| 1 | 0.2 | 50 | 1280 |
| 1.2 | 0.2 | 100 | 1532 |
| 1.5 | 0.2 | 100 | 761 |
| 2 | 0.2 | 150 | 491 |
| 2.5 | 0.2 | 150 | 243 |
| 2.5 | 0.4 | 150 | 487 |
| 3 | 0.4 | 150 | 264 |
| 3.5 | 0.4 | 150 | 161 |
| 4 | 0.4 | 100 | 71.8 |
| 4.5 | 0.4 | 150 | 79.0 |
| 5 | 0.4 | 150 | 61.1 |
| 5.5 | 0.4 | 150 | 49.9 |
| 6 | 0.4 | 200 | 56.5 |
| 7 | 0.4 | 200 | 41.6 |
| 8 | 0.4 | 150 | 23.5 |
| 8 | 0.8 | 150 | 45.5 |
| 9 | 0.8 | 150 | 35.6 |
| 10 | 0.8 | 150 | 28.1 |
| 11 | 0.8 | 150 | 22.8 |
| 12 | 0.8 | 150 | 18.8 |
| 13 | 0.8 | 150 | 15.8 |
| 15 | 0.8 | 150 | 11.5 |
| 20 | 0.8 | 150 | 7.5 |

Tracer la courbe de la résistivité apparente en fonction de a . Que pouvez-vous en conclure avant d'entreprendre une inversion ultérieurement? Si vous le souhaitez, vous pouvez essayer de jouer avec un logiciel d'inversion disponible auprès de l'équipe d'enseignement.

| | |
|-----|--|
| E13 | Quel est le sondage Schlumberger le plus grand possible (AB) alors que la résistivité moyenne attendue est environ $400 \Omega\text{m}$, que le courant maximal disponible est 10 mA (par exemple en utilisant une batterie de voiture), que la largeur maximale MN autorisée par les câbles est 40 m, et que la limite de résolution en potentiel est 1 mV. |
| E14 | Le sondage dipôle dipôle est défini par la géométrie suivante: sur une ligne, on a $AB=MN=d$ et la distance entre le centre de AB et le centre de MN est L . Quelle est l'expression de la résistivité apparente en fonction de d, L, I et V ? |
| E15 | Une faille verticale sépare un demi-espace entre deux zones de résistivité électrique ρ_1 et ρ_2 . On injecte un courant I en un point du milieu 1 situé à une distance d de la faille. Quelle est la distribution du potentiel électrique à la surface? |
| E16 | Considérons un dipôle magnétique. A une distance donnée, quelle est la position qui donne le maximum de l'intensité du champ? A quelle(s) position(s) l'intensité est-elle la moitié de l'intensité maximale et de l'intensité minimale? A quelle(s) position(s) les composantes radiales et orthoradiales ont-elles la même intensité? |
| E17 | Considérons qu'on dispose d'un système de gradiométrie magnétique permettant de révéler une anomalie magnétique si son amplitude est au moins environ 4 nT à la surface du sol. Dix fûts métalliques de 200 litres cachés dans une cavité souterraine à une profondeur de 10 mètres sont-ils détectables? Le moment magnétique d'un fût est approximativement $10 \text{ A}\cdot\text{m}^2$. Jusqu'à quelle profondeur sera-t-il possible de détecter un char caché dans un tunnel souterrain? On fera l'hypothèse que le moment magnétique du char est environ $2000 \text{ A}\cdot\text{m}^2$. Le moment magnétique d'une brique de 200 g est environ $0.2 \text{ A}\cdot\text{m}^2$. Peut-on détecter le signal magnétique d'un ancien mur d'environ quarante briques enterré à une profondeur de 1 m? |
| E18 | Un industriel peu scrupuleux veut se débarrasser d'une certaine quantité de sol de son usine, sol contaminé par du plomb à un niveau de 200 mg par kg. Il en remplit un caisson de bois de 2 mètres de longueur, pour 1 m de largeur et de profondeur, puis, ni vu ni connu, il fait enterrer le caisson à deux mètres de profondeur moyenne dans le champ du voisin. Manque de chance, le paysan propriétaire de ce terrain a un neveu qui fait un MASTER STEP et qui suit le cours de Géophysique de l'Environnement. Cet étudiant a même fabriqué un magnétomètre pour s'amuser et, à la demande de son oncle, il effectue un petit profil magnétique sur le champ. Pourra-t-il détecter le caisson? Que conseillez-vous à l'industriel? |

E19



On a obtenu sur deux sites par MERT (Multielectrode Electrical Resistivity Tomography) les coupes de résistivité électrique ci-dessus (courtesy Surendra Raj Pant). Proposer des interprétations et des conséquences en termes de stabilité de pente ou d'hydrologie.