

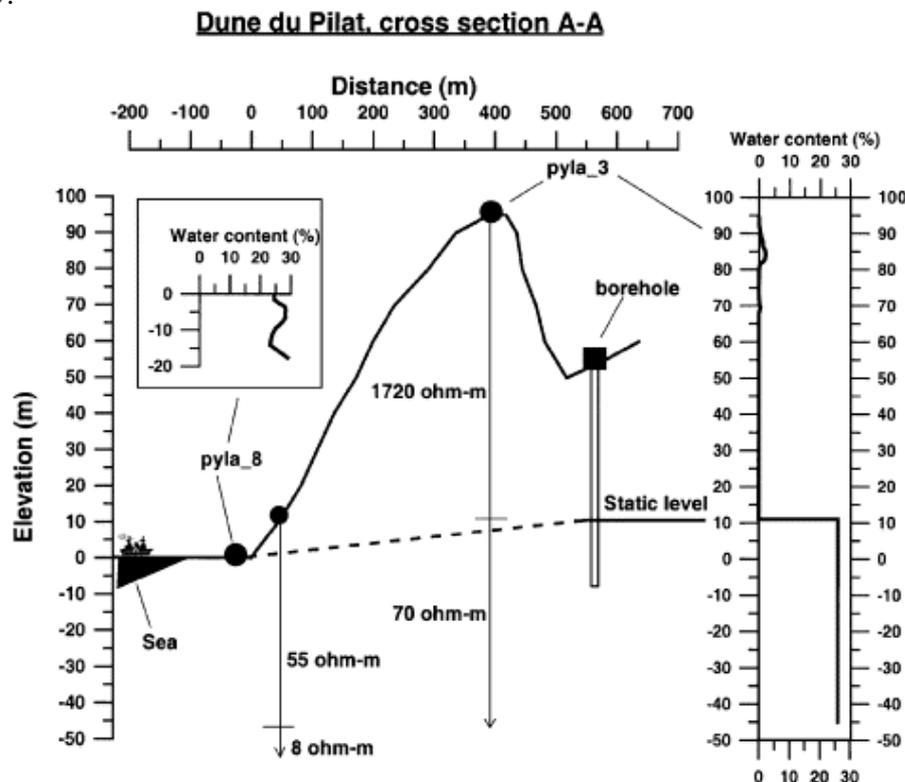
Document autorisés : néant, calculatrice : tolérée, durée: 4 heures

<p>n°1 (3.5pt)</p> <p>(0.5+1+0.5 + 0.5+1)</p>	<p>On observe une onde thermique annuelle d'amplitude 0.6 °C crête-crête dans une cavité souterraine isolée située dans la région parisienne.</p> <p>1) Quelle est la profondeur de la cavité?</p> <p>2) Si la cavité est approximativement une sphère de rayon 2 m, quel est le pic de l'anomalie gravimétrique qu'on peut attendre en surface? Est-ce détectable? Cette cavité est surmontée d'un fontis en formation, qu'on va modéliser par une sphère, tangente à la cavité, de même rayon et de densité deux fois inférieure à la roche encaissante. Comment la présence du fontis change-t-il la valeur de l'anomalie gravimétrique? Est-ce détectable?</p> <p>3) Supposons maintenant qu'il n'y a pas de fontis, mais que la cavité est entourée d'un halo de roche fracturée (EDZ=excavation damage zone) due à l'utilisation d'explosif lors du creusement et d'épaisseur égale au rayon de la cavité. Quelle est alors la valeur du pic de l'anomalie gravimétrique attendue?</p> <p>4) Cette cavité contient dix fûts de déchets chacun de moment magnétique approximatif 50 A·m<sup>2</sup>. Quel est l'ordre de grandeur du pic d'anomalie magnétique en surface? Est-ce détectable?</p> <p>5) Supposons maintenant que cette cavité est entièrement remplie de déchets de susceptibilité magnétique 10<sup>-2</sup>. Quel est le pic d'anomalie magnétique en surface? Est-ce détectable?</p>
<p>n°2 (2pt)</p> <p>(1+1)</p>	<p>Considérons une île constituée d'une roche poreuse homogène ayant la forme d'un cylindre vertical de hauteur 100 m et de diamètre 20 km, posée sur un fond marin étanche. La hauteur d'eau au bord de l'île est 20 m. La pluviométrie annuelle du site est 2000 mm par an.</p> <p>1) Dans un forage de diamètre 20 cm situé au centre de l'île, on observe que le niveau piézométrique se situe 10 m sous la surface. On effectue dans ce forage un test de pompage dans un forage et on observe un rabattement de 2.6 m pour un débit de 1 L/s. Quelle est la perméabilité? On estimera le rayon d'influence du forage à 50 m.</p> <p>2) Quelle est la forme analytique de l'aquifère libre de l'île dans l'approximation de Dupuit? En déduire une deuxième estimation de la perméabilité de l'île.</p>
<p>n°3 (3pt)</p> <p>(0.5+0.5 +0.5+1.5)</p>	<p>Considérons une roche de constante diélectrique 10, de porosité 10 %, de conductivité de surface 0.2 mS/m en présence d'une eau de salinité 1 g/L.</p> <p>1) Quelles sont les valeurs de la résistivité électrique de la roche saturée en eau et de la roche sèche?</p> <p>2) Quelles sont les constantes diélectriques et les vitesses d'onde électromagnétique GPR de la roche saturée en eau et de la roche sèche?</p> <p>3) Quelles sont les longueurs de pénétration de l'onde électromagnétique VLF dans la roche saturée en eau et dans la roche sèche?</p> <p>4) Quelles sont les profondeurs de pénétration de l'onde géoradar 100 MHz dans la roche saturée en eau et dans la roche sèche? Quelles sont les longueurs d'onde et les résolutions GPR? Comparer à la résolution qu'on peut attendre avec une onde sismique P de fréquence 200 Hz dans un milieu de vitesse 800 m/s.</p>
<p>n°4</p>	<p>Considérons les résultats obtenus par Legchenko et collaborateurs sur la dune du Pilat</p>

(2.5pt)

dans les Landes. La figure ci-dessous en présente un résumé et le "water content", déterminée par sondage par résonance magnétique (MRS), y désigne la fraction volumique d'eau relativement au volume total de roche.

- 1) Quel est le principe du sondage MRS?
- 2) Quelle est la valeur typique de la porosité d'un sable? Quelle est la valeur de la porosité d'un empilement compact de sphères identiques? La valeur moyenne de 26 % trouvée ci-dessous par Legchenko et collaborateurs est-elle conforme à ces valeurs classiques?
- 3) Quelle est la valeur typique de la résistivité électrique de l'eau de mer? Dans la figure ci-dessous, la valeur  $8 \Omega\cdot m$  correspond probablement à du sable saturé en eau de mer. En déduire la valeur de la résistivité de l'eau de mer sous la dune du Pilat.
- 4) Les valeurs  $55$  et  $70 \Omega\cdot m$  correspondent à du sable saturé en eau douce. Quelles en sont les valeurs approximatives de résistivité de l'eau et de sa salinité si on néglige la contribution de la conductivité de surface?
- 5) Quelle est la saturation moyenne de la zone insaturée si on néglige la contribution de la conductivité de surface? Est-ce conforme aux résultats du sondage MRS? Qu'en conclure?



(0.5+0.5+0  
0.5+0.5+  
0.5)

n°5

(3pt)

On effectue sur un site un sondage électrique, un profil de sismique réfraction et un profil GPR CMP. Ces sondages permettent d'obtenir les trois modèles stratifiés résumés dans la figure ci-dessous. On a par ailleurs mesuré dans un forage que la conductivité de l'eau interstitielle est  $100 \text{ mS/m}$ . On considère que la nappe phréatique sépare le milieu saturé et un milieu insaturé de saturation moyenne 50 %. D'autre part, des mesures électriques effectuées en laboratoire à partir de poudres récupérées lors de forages indiquent que la conductivité électrique de surface de la première couche (la plus proche de la surface) est identique à celle de la quatrième couche et que la conductivité de surface de la deuxième couche est  $10 \text{ mS/m}$ .

Où se trouve la nappe? Pourquoi? Déterminer pour chaque couche la porosité, la saturation, la conductivité électrique de surface, la vitesse sismique dans la matrice, la constante diélectrique de la roche ainsi que la constante diélectrique de la matrice

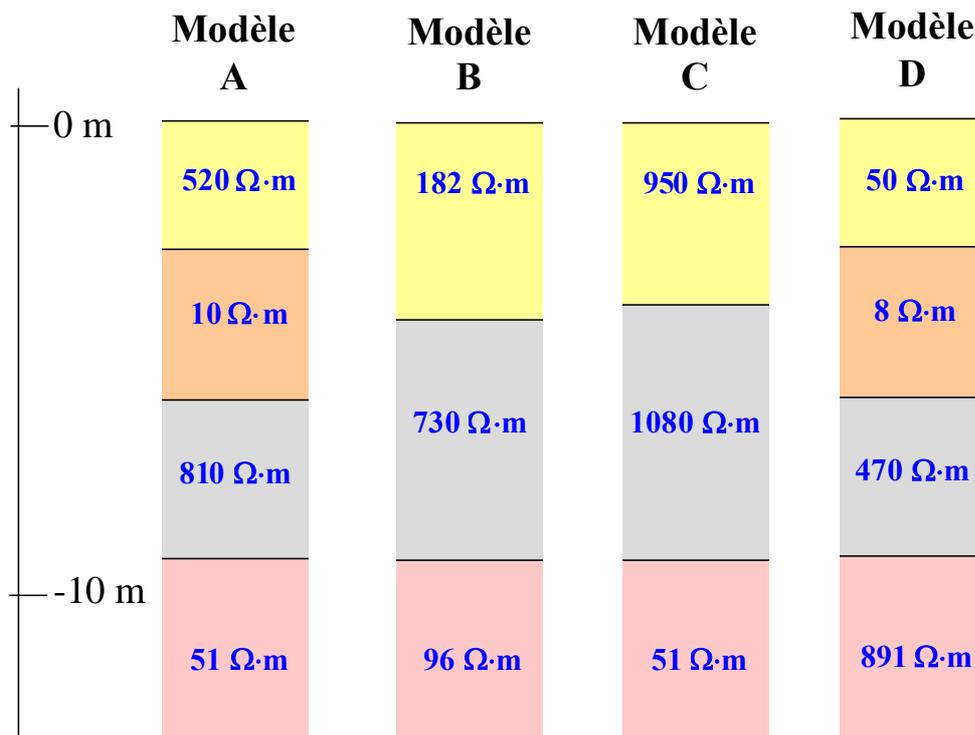
	<p>minérale.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Sondage électrique</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Sismique réfraction</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Sondage GPR CMP</b></p> </div> </div>
<p>n°6 (2pt)</p>	<p>Considérons les résultats de tomographie électrique ERT ci-dessous.</p> <p>1) Expliquer le principe de fonctionnement de l'ERT. Si dispose de 64 électrodes et qu'on souhaite une résolution latérale en surface de 5 mètres et une profondeur de pénétration de 100 m, combien faut-il faire de profils?</p> <p>2) Proposer une interprétation des résultats ci-dessous (Pant, 2005). La conductivité de l'eau d'une source située près du profil est 500 <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>.</p>
<p>n°7 (2pt)</p>	<p>Qu'est-ce qu'un sondage audiomagnétotellurique? On travaille près d'une faille verticale. Définir les directions TE et TM. A la fréquence de 10 Hz, on mesure une amplitude de 2 mV alors que l'amplitude de l'onde magnétique dans la direction perpendiculaire est 2 nT. A la fréquence de 1 kHz, on observe 5 mV pour 1 nT. Quelles sont les résistivités apparentes MT à 10 Hz et 1 kHz? Quelles sont les profondeurs de pénétration à ces fréquences? La longueur du dipôle électrique est 10 m.</p>

n°8  
(2pt)

On a effectué au Népal, sur un site situé au front des Siwaliks dans la plaine, un sondage Schlumberger et on a obtenu les résultats suivants:

		<i>Profil NS</i>	
$a$ (m)	$m$ (m)	$I$ (mA)	$V$ (mV)
1	0.2	10	1210
1.2	0.2	10	850
1.5	0.2	10	451
2	0.2	10	279
2.5	0.2	10	201
2.5	0.4	10	387
4	0.4	10	168
5	0.4	20	212
6	0.4	20	149
8	0.4	50	175
8	0.8	50	345
10	0.8	100	385
12	0.8	100	246
15	0.8	50	60
20	0.8	50	21.3
20	1.6	100	89.0
25	1.6	50	20
40	1.6	20	1.1
50	1.6	20	0.5

Tracer la courbe de la résistivité apparente en fonction de  $a$ . Discuter qualitativement ces résultats. Parmi les modèles suivants, lequel est susceptible de correspondre à ce site?



n°9 (2pt)	<p>Quel est le principe du géoradar? Que signifient profils géoradars CO et CMP? Expliquer avec un exemple à quoi peuvent ressembler des hodochrones géoradars CMP et comment elles se distinguent des hodochrones de sismique réfraction.</p>								
n°10 (2pt)	<p>Un matin, lors de travaux de terrassement sur le terrain d'une ancienne usine désaffectée, destiné à installer une colonie de vacances, un coup de pelle mécanique révèle des fûts enterrés à quelques deux mètres de profondeur à peine. L'ouvrier appelle son responsable qui alerte la préfecture car aucun des documents dont il disposait n'indiquait la présence de déchets et une odeur nauséabonde et irritante commence à se dégager. Le préfet déclenche la procédure, un périmètre de sécurité est défini et des mesures sont effectuées. Les déchets s'avèrent être des liquides toxiques, instables à la chaleur, et en plus légèrement radioactifs. Le préfet est furieux et il convoque, en présence d'un juge d'instruction, les quatre ingénieurs de l'usine, qui profitaient tranquillement de leur retraite anticipée dans des grands domaines de la côte d'Azur. Les quatre ingénieurs, Messieurs A, B et Mesdames C et D, amenés par la gendarmerie, n'ont même pas eu le temps de se concerter. Ils sont mis en isolement et convoqués un par un dans le bureau du préfet. Chacun dit un et un seul mensonge pendant l'interrogatoire. Voici leurs déclarations:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Mr. A</td> <td> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La nappe est à 10 m</li> <li>2. C'est C qui a enterré ces déchets</li> <li>3. Ces déchets sont dangereux</li> <li>4. Je n'ai pas mis ces déchets</li> </ol> </td> </tr> <tr> <td>Mr. B</td> <td> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le site était vierge avant la fermeture de l'usine</li> <li>2. Ces déchets sont dangereux</li> <li>3. La résistivité électrique chute à 10 m</li> <li>4. Je n'ai pas mis ces déchets</li> </ol> </td> </tr> <tr> <td>Mme. C</td> <td> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La diffusivité thermique est ici <math>10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}</math>.</li> <li>2. La pénétration de l'onde thermique annuelle est ici 1 m.</li> <li>3. Ce n'est pas D qui a enterré ces déchets</li> <li>4. Je n'ai pas mis ces déchets</li> </ol> </td> </tr> <tr> <td>Mme. D</td> <td> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La diffusivité thermique de ce site est <math>10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}</math>.</li> <li>2. La pénétration de l'onde thermique annuelle est ici 10 m.</li> <li>3. La porosité du sable est ici entre 5 et 40 %.</li> <li>4. C'est moi qui ai enterré ces déchets.</li> </ol> </td> </tr> </table> <p>Le préfet et le juge d'instruction écoutent ces déclarations avec perplexité. Mais le préfet, qui n'en est pas à sa première affaire, a bien veillé à se faire assister par une jeune thésarde qui, justement, avait fait un module de Géophysique de l'Environnement. Celle-ci chuchote quelques mots à l'oreille du préfet qui fait passer un mot au juge d'instruction. Celui-ci fait immédiatement arrêter le ou la coupable pour négligence, dissimulation et mise en danger de la vie d'autrui. Les trois autres sont envoyés au nettoyage du site pour incompétence et complicité passive. Qui est le ou la coupable? Expliquer le raisonnement.</p>	Mr. A	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La nappe est à 10 m</li> <li>2. C'est C qui a enterré ces déchets</li> <li>3. Ces déchets sont dangereux</li> <li>4. Je n'ai pas mis ces déchets</li> </ol>	Mr. B	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le site était vierge avant la fermeture de l'usine</li> <li>2. Ces déchets sont dangereux</li> <li>3. La résistivité électrique chute à 10 m</li> <li>4. Je n'ai pas mis ces déchets</li> </ol>	Mme. C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La diffusivité thermique est ici <math>10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}</math>.</li> <li>2. La pénétration de l'onde thermique annuelle est ici 1 m.</li> <li>3. Ce n'est pas D qui a enterré ces déchets</li> <li>4. Je n'ai pas mis ces déchets</li> </ol>	Mme. D	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La diffusivité thermique de ce site est <math>10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}</math>.</li> <li>2. La pénétration de l'onde thermique annuelle est ici 10 m.</li> <li>3. La porosité du sable est ici entre 5 et 40 %.</li> <li>4. C'est moi qui ai enterré ces déchets.</li> </ol>
Mr. A	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La nappe est à 10 m</li> <li>2. C'est C qui a enterré ces déchets</li> <li>3. Ces déchets sont dangereux</li> <li>4. Je n'ai pas mis ces déchets</li> </ol>								
Mr. B	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le site était vierge avant la fermeture de l'usine</li> <li>2. Ces déchets sont dangereux</li> <li>3. La résistivité électrique chute à 10 m</li> <li>4. Je n'ai pas mis ces déchets</li> </ol>								
Mme. C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La diffusivité thermique est ici <math>10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}</math>.</li> <li>2. La pénétration de l'onde thermique annuelle est ici 1 m.</li> <li>3. Ce n'est pas D qui a enterré ces déchets</li> <li>4. Je n'ai pas mis ces déchets</li> </ol>								
Mme. D	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La diffusivité thermique de ce site est <math>10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}</math>.</li> <li>2. La pénétration de l'onde thermique annuelle est ici 10 m.</li> <li>3. La porosité du sable est ici entre 5 et 40 %.</li> <li>4. C'est moi qui ai enterré ces déchets.</li> </ol>								

Corrigé



Pas tout de suite tout de même!!!