

DS n°4 de Physique & Chimie
TERMINALES S1, S2 et S3

Durée : 1h00

calculatrice autorisée

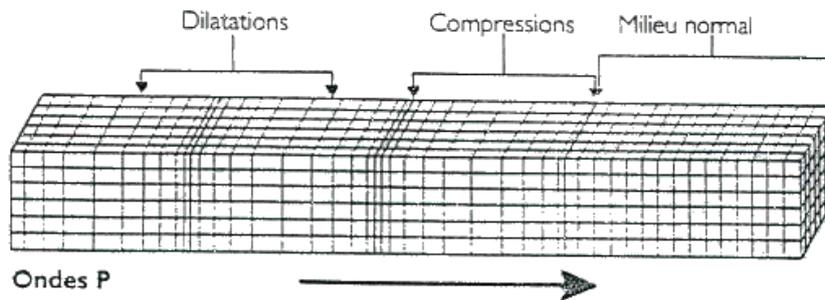
Partie Physique (10 pts)

Partie 1 : les ondes sismiques naturelles

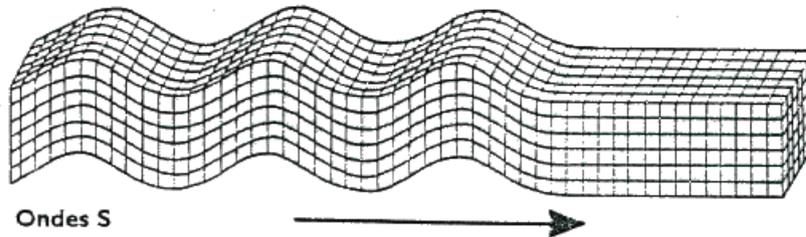
« Les ondes sismiques naturelles produites par les tremblements de Terre sont des ondes élastiques se propageant dans la croûte terrestre. (...) On distingue deux types d'ondes : les ondes de volume qui traversent la Terre et les ondes de surface qui se propagent parallèlement à sa surface. Leur vitesse de propagation et leur amplitude sont différentes du fait des diverses structures géologiques traversées. C'est pourquoi, les signaux enregistrés par les capteurs appelés sismomètres sont la combinaison d'effets liés à la source, aux milieux traversés et aux instruments de mesure. »

Les ondes de volume :

L'onde P ou onde primaire comprime et étire alternativement les roches. Sa célérité v_p vaut en moyenne $v_p = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$

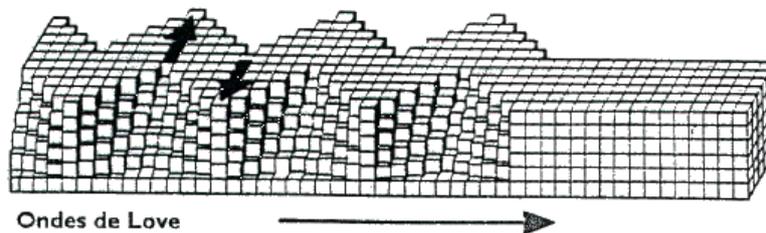


L'onde S ou onde secondaire se propage en soulevant et abaissant les roches au fur et à mesure de sa propagation. Sa célérité v_s vaut en moyenne $v_s = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$



Une onde de surface :

L'onde de Love L : elle déplace le sol d'un côté à l'autre dans un plan horizontal comme l'indique la figure ci-dessous.



D'après : Les ondes sismiques - Documents de l'E.O.S.T. (École et Observatoire des Sciences de la Terre)

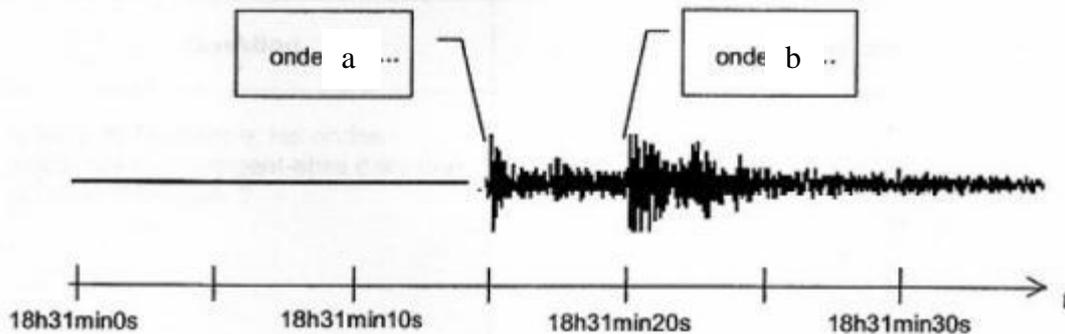
1. Nature des ondes

- 1.1. Pour chacune des trois ondes citées dans le texte, préciser en justifiant s'il s'agit d'une onde transversale ou d'une onde longitudinale. **(1,5 pts)**
- 1.2. Citer un autre exemple d'onde mécanique transversale. **(0,5 pt)**

2. L'écart entre les dates d'arrivée des ondes P et S renseigne, connaissant la célérité des ondes, sur l'éloignement du lieu où le séisme s'est produit.

Un sismographe est un appareil qui enregistre l'amplitude de la déformation du milieu matériel au cours du temps. Le document ci-dessous présente un extrait de sismogramme relevé dans une station d'enregistrement après le séisme du 23 février 2004 de Roulans, dans le Jura.

On notera t_0 la date correspondant au début du séisme, date à laquelle les ondes P et S sont générées simultanément.



2.1. Associer à chaque signal observé sur le sismogramme (a ou b) le type d'ondes détectées (ondes S ou ondes P). (1 pt)

2.2. Relever sur ce document les dates d'arrivée des ondes S et P à la station d'enregistrement notées respectivement t_s et t_p . (0,5 pt)

2.3. Soit d la distance qui sépare la station d'enregistrement du lieu où le séisme s'est produit. Exprimer la célérité notée v_s des ondes S en fonction de la distance d parcourue et des dates t_s et t_0 . Faire de même pour les ondes P avec les dates t_p et t_0 . (1 pt)

2.4. Trouver l'expression de la distance d en fonction de v_s , v_p , t_s et t_p . (2 pts)

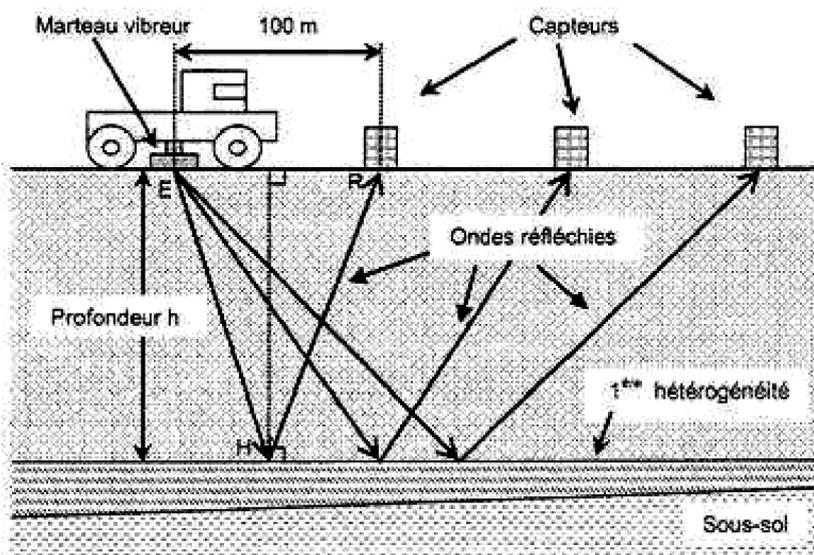
2.5. En déduire la valeur numérique de cette distance d . (0,5 pt)

Partie 2 : Les ondes sismiques artificielles

Pour la recherche d'éventuelles nappes souterraines de pétrole, sur Terre ou en pleine mer, on utilise « la sismique ».

La sismique est une technique de mesure indirecte qui consiste à enregistrer en surface des échos issus de la propagation dans le sous-sol d'une onde sismique provoquée. Ces échos sont générés par les hétérogénéités du sous-sol. Le passage par exemple d'une couche d'argile à une couche de sable dans une colonne sédimentaire s'accompagne d'une réflexion visible sur les enregistrements. Certaines couches sableuses peuvent constituer des pièges à hydrocarbures. Il faut ensuite vérifier cette hypothèse par un forage.

Un camion vibreur émet une salve d'onde à l'aide d'un marteau de masse 2500 kg venant frapper périodiquement le sol avec une fréquence $f = 14,0$ Hz (figure ci-dessous). Les capteurs sont régulièrement répartis autour du camion tous les 100 m. Le temps d'arrivée de l'écho permet de situer la position de la première hétérogénéité et l'amplitude de l'écho apporte des informations sur certains paramètres physiques des milieux en contact.



- Pendant la durée de la salve, l'onde est périodique. Calculer sa longueur d'onde sachant que, dans le premier milieu supposé homogène, l'onde s'est déplacée avec une vitesse moyenne $v = 6,21 \text{ km.s}^{-1}$. **(1 pt)**
- L'onde réfléchie par la première limite hétérogène rencontrée est détectée par le premier capteur au bout d'une durée égale, entre l'instant d'émission et l'instant de réception, à $0,580 \text{ s}$. On admettra que pour le premier capteur, la hauteur h du triangle EHR a une valeur très proche de la distance EH. En déduire la profondeur h de la première couche. **(1 pt)**
- Au cours de la réflexion, l'onde perd de l'énergie. Pour chacune des grandeurs caractéristiques suivantes de l'onde réfléchie, indiquer par oui ou par non s'il y a eu modification de cette grandeur par rapport à l'onde incidente : **(1 pt)**
 - longueur d'onde ?
 - fréquence ?
 - vitesse de propagation ?
 - amplitude ?

Partie Chimie (10 pts)

Étude d'une pile à combustible

Une pile à combustible (PAC) est un assemblage de cellules élémentaires, comprenant deux électrodes contenant un catalyseur (le plus souvent du platine), séparées par un électrolyte, dont le rôle est de permettre la migration des ions d'une électrode à l'autre.

Le comburant est du dioxygène. Le combustible est le plus souvent du dihydrogène.

Ce combustible, gazeux à température ambiante et inflammable, pose des problèmes de stockage.

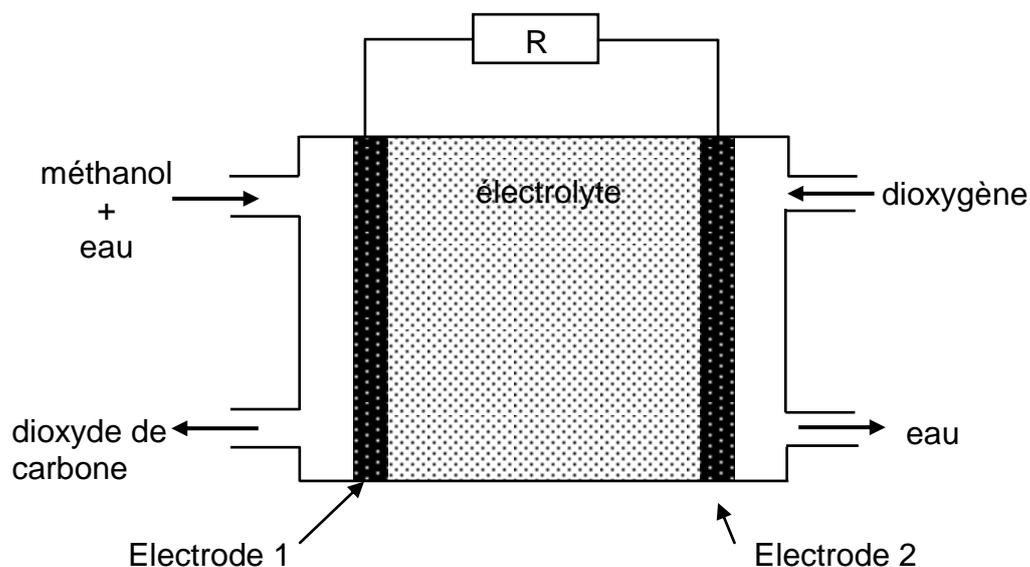
Un autre combustible possible est le méthanol. Ce combustible est certes toxique, mais liquide, à température ambiante. Il est principalement produit à partir de gaz naturel. On se dispense ainsi du problème de stockage du dihydrogène. Une telle pile à combustible est appelée DMFC (Direct Methanol Fuel Cells).

L'électrolyte utilisé est l'acide phosphorique ($3\text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$).

Données :

- La température est fixée à 298 K dans tout l'exercice.
- masses molaires : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,02205 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- charge élémentaire : $e = 1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- 1 Faraday = 96500 C.mol^{-1} .
- masse volumique du méthanol liquide : $\rho = 0,79 \text{ g.mL}^{-1}$
- Volume molaire dans les conditions de l'expérience : $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$

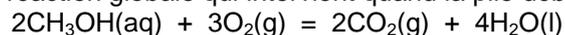
La pile débite un courant à travers un dipôle ohmique de résistance R selon le schéma ci-dessous :



- Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont $\text{CO}_2(\text{g})/\text{CH}_3\text{OH}(\text{aq})$ et $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
 - Écrire les demi-équations électroniques rendant compte des transformations se produisant à chaque électrode. Justifier. **(1 pt)**

1.2. Des électrodes, quelle est celle appelée « cathode » ? Justifier. **(1 pt)**

1.3. Montrer que l'équation de la réaction globale qui intervient quand la pile débite est : **(1 pt)**



1.4. En le justifiant, indiquer la polarité des électrodes sur le schéma de la pile à combustible et représenter le sens de circulation des porteurs de charge dans l'électrolyte et dans le circuit extérieur, lorsque la pile fonctionne. **(2 pts)**

2. La pile débite un courant de 50 mA pendant 2,0 h.

2.1. Exprimer puis calculer le nombre de moles d'électrons n_e transférés spontanément pendant cette durée. **(1 pt)**

2.2. Exprimer la masse de méthanol consommé en fonction du nombre de moles d'électrons n_e puis la calculer. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement. **(1,5 pts)**

2.3. Exprimer puis calculer le volume de méthanol consommé. **(1 pt)**

2.4. Exprimer puis calculer le volume de dioxygène consommé. **(1,5 pts)**

