BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**

obligatoire

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne necessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, annexes comprises.
Les feuilles annexes (pages 9, 10 et 11) **SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE.**

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

I. **Un séisme dans le Jura (5,5 points)**
II. **Savon et parfum (6,5 points)**
III. **Évolution énergétique d'un circuit RLC série (4 points)**

EXERCICE I. UN SÉISME DANS LE JURA (5,5 points)

Les données et les informations utilisées dans cet exercice sont issues des sites Internet du Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS) et de l'École et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) : http://renass.u-strasbg.fr et http://eost.u-strasbg.fr.

Le 23 février 2004, un séisme de magnitude 5,1 selon le Réseau National de Surveillance Sismique s'est produit à Roulans (dans le département du Doubs), à 20 km au nord-est de Besançon. Ce séisme a été ressenti très largement en dehors du Doubs dans tout l'est de la France, en Suisse et dans le nord-ouest de l'Allemagne, sans faire de victimes ni de dégâts significatifs.

Lors d'un séisme, des ondes traversent la Terre. Elles se succèdent et se superposent sur les enregistrements des sismomètres. Leur vitesse de propagation et leur amplitude sont modifiées par les structures géologiques traversées. C'est pourquoi les signaux enregistrés sont la combinaison d'effets liés à la source, aux milieux traversés et aux instruments de mesure.

Parmi les ondes sismiques, on distingue :
- les ondes P ou ondes primaires, qui sont des ondes de compression ou ondes longitudinales ; leur célérité v_P vaut en moyenne $v_P = 6{,}0\ km.s^{-1}$.
- les ondes S ou ondes secondaires, appelées également ondes de cisaillement ou ondes transversales ; leur célérité v_S vaut en moyenne $v_S = 3{,}5\ km.s^{-1}$.

1. Étude d'un sismogramme

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.
Le document 1 ***EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE*** *présente un extrait de sismogramme relevé dans une station d'enregistrement après le séisme du 23 février de Roulans.*
On notera t_0 la date correspondant au début du séisme, date à laquelle les ondes P et S sont générées simultanément.

1.1. En utilisant des informations du texte encadré, associer, sur le document 1 **EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, à chaque signal observé sur le sismographe, le type d'ondes détectées (ondes S ou ondes P). Justifier.

1.2. 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.

1.3. *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.

1.4. Retrouver l'expression de la distance d :

$$d = \frac{v_S \cdot v_P}{v_P - v_S} (t_S - t_P)$$

1.5. En déduire la valeur numérique de cette distance d.

2. Fonctionnement d'un sismomètre

Pour obtenir des sismogrammes comme celui présenté sur le document 1 ***EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE****, on utilise des sismomètres. Un sismomètre est un appareil capable de détecter de très petits mouvements du sol et de les enregistrer, par un procédé analogique ou numérique, en suivant une base de temps très précise. Il fonctionne sur le même principe qu'un oscillateur solide-ressort amorti lié à un bâti fixé au sol. Les sismomètres sont sensibles aux vibrations verticales ou horizontales du sol. On s'intéresse ici au fonctionnement d'un sismomètre horizontal.*

2.1. Étude des oscillations libres en l'absence de tout séisme

On modélise le sismomètre horizontal par un système solide-ressort. Le ressort de constante de raideur k est fixé par une extrémité à un bâti B. Le solide de masse m et de centre d'inertie G se déplace le long d'un support rectiligne horizontal. La projection de G est repérée sur l'axe Ox par son abscisse x(t) (voir document 2 ***EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE****).*
L'origine O représente la projection du point G lorsque la longueur du ressort correspond à sa longueur à vide. En l'absence de tout séisme, on étudie les oscillations libres du système solide-ressort et on néglige tout frottement.
Le bâti est alors supposé fixe dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

2.1.1. Faire un inventaire des forces extérieures exercées sur le solide et les représenter sur le schéma du document 2 **EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.**

2.1.2. Appliquer la deuxième loi de Newton au centre d'inertie G du solide pour établir l'équation différentielle vérifiée par *x(t)*.

2.1.3. La période propre T_0 des oscillations libres du solide est $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Vérifier la cohérence de cette expression par une analyse dimensionnelle.

2.2. Étude des oscillations forcées lors d'un séisme

Lors d'un séisme, le sismomètre fonctionne en oscillations forcées. Le solide est en mouvement relatif par rapport au bâti. C'est ce mouvement relatif qui est enregistré par un dispositif mécanique, optique ou électronique. On admettra que, pendant un séisme, le sol et donc le bâti, ont un mouvement de vibration sinusoïdale.

2.2.1. Quel est l'excitateur ? Quel est le résonateur ?

Il existe différentes classes de sismomètres en fonction de la fréquence des ondes sinusoïdales qui composent le signal. En effet un signal sismique peut comporter des ondes dont les périodes vont de quelques centièmes de seconde à plusieurs minutes. Le sismomètre entre en résonance pour une fréquence particulière. Il comporte également un système d'amortissement, nécessaire pour obtenir une restitution fidèle du mouvement du sol.

2.2.2. En admettant que l'amortissement est suffisamment faible, pour quelle période de l'excitateur ce phénomène de résonance se produit-il ?
Remarque : sans ce phénomène de résonance, le mouvement relatif est d'amplitude trop faible pour pouvoir être enregistré de façon fiable.

2.2.3. *Pour simplifier le raisonnement on considère que les ondes P et S sont périodiques.*
En analysant le document 1 **EN ANNEXE PAGE 9 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, dire si l'ordre de grandeur de la période des ondes P et S est plutôt de 10 s, ou 1 s, ou 0,1 s. Justifier la réponse.

2.2.4. À partir de l'expression de la période propre T_0 donnée à la question **2.1.3.**, calculer la valeur approchée de la masse *m* du solide qui, dans le cas de ce tremblement de terre, a permis de relever le sismogramme des ondes P et S. La constante de raideur du ressort est $k = 100\ \text{N.m}^{-1}$.

Aide au calcul : $\pi^2 = 10$

2.2.5. Certaines ondes se propageant lors d'un séisme sont de fréquences beaucoup plus basses que celles des ondes P et S. Comment faudrait-il modifier la masse *m* pour pouvoir les enregistrer ?

3. À propos des séismes

Répondre aux questions posées dans le document 3 **EN ANNEXE PAGE 10 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE** en justifiant brièvement dans le cadre.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE II. SAVON ET PARFUM (6,5 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Étude de la fabrication d'un savon

Les premiers savons dits " durs " ont été élaborés dans le Nord de l'actuelle Syrie au VIII ème siècle (Un savon est mou si l'on utilise de la potasse, dur si l'on emploie de la soude).
Le Savon d'Alep est obtenu par traitement à chaud d'huile d'olive par l'hydroxyde de sodium.
Le processus chimique qui aboutit au savon peut se formuler ainsi :

huile d'olive + soude = savon + glycérol

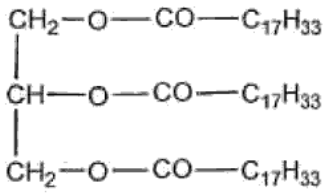
Les deux produits de la réaction sont séparés lors de l'opération de relargage.

Fabrication « en chaudron » du savon d'Alep

La technique, pratiquée à l'ancienne, dure plus d'une semaine et comprend les quatre phases suivantes :
L'empâtage : il consiste à mettre en présence l'huile d'olive et la soude caustique dans des proportions données (de telle manière que la soude soit en quantité suffisante pour saponifier complètement l'huile) et à les mélanger intimement en les faisant bouillir en présence d'eau dans une cuve.
Le relargage : les deux produits sont séparés en ajoutant de l'eau salée. L'ensemble se divise en deux couches. La partie inférieure, mélangée avec de l'eau, est retirée par le fond du chaudron à travers une tubulure.
La cuisson : la pâte de savon restant dans le chaudron est chauffée à ébullition pendant de nombreuses heures avec un excès de soude caustique.
Les lavages : ils éliminent l'excès de soude restant dans le savon. On fait bouillir la pâte de savon avec de l'eau salée en deux ou trois lavages successifs, jusqu'à ce que le savon ne contienne plus qu'une proportion donnée de soude. Enfin, la pâte chaude de savon d'Alep est sortie de la cuve pour être étendue, sur une feuille de papier, afin qu'elle refroidisse et perde une partie de son eau.

D'après un article de la compagnie générale de cosmétique

1.1. D'après le texte, quels sont les réactifs de la saponification produisant le savon d'Alep ?
1.2. Donner la formule chimique de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ainsi que la formule du glycérol (ou propan - 1,2,3 - triol).
1.3. *Un des corps gras utilisés pour la fabrication du savon d'Alep est l'oléine de formule :*



Écrire l'équation chimique de la réaction associée à la transformation qui conduit au savon d'Alep.
1.4. D'après le texte, quel réactif est introduit en excès lors de la saponification ?
1.5. Parmi les quatre techniques citées (soulignées dans le texte), laquelle est utilisée pour extraire le savon du milieu réactionnel ? Expliquer son principe à l'aide du tableau suivant :

	Eau	Eau salée
Savon	Peu soluble	Très peu soluble

1.6. *Les ions carboxylate présents dans ce savon comportent deux parties, une partie hydrophile et une partie hydrophobe.* Définir ces deux termes.
1.7. Donner la formule semi-développée de l'ion carboxylate en indiquant les deux parties précédemment citées.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Étude de la fabrication d'un parfum

Le savon d'Alep est parfumé à partir d'essences naturelles. Aujourd'hui, de nombreux savons sont parfumés par ajout d'un ester synthétique. On s'intéresse dans cette partie à la fabrication d'un ester dont l'odeur rappelle celle de l'abricot. Il s'agit du butanoate de pentyle de formule semi-développée $CH_3-(CH_2)_2-CO_2-(CH_2)_4-CH_3$.

2.1. Estérification

2.1.1. Donner les formules semi - développées et les noms respectifs de l'acide carboxylique A et de l'alcool B qui réagissent pour donner cet ester.
2.1.2. Écrire l'équation chimique de la réaction d'estérification modélisant cette transformation.
2.1.3. Cette transformation est-elle lente ou rapide ? Totale ou limitée ?

2.2. Suivi cinétique de l'estérification

Afin de suivre l'évolution au cours du temps de l'avancement x de cette réaction chimique, on réalise l'expérience suivante : on mélange 16,0 mL de l'acide carboxylique A pur, 0,17 mol de l'alcool B et 2 mL d'une solution aqueuse d'acide sulfurique concentrée. Le mélange est réparti dans plusieurs ampoules chauffées à 50°C. À intervalles de temps réguliers, on dose le contenu des ampoules par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 2{,}0\ mol.L^{-1}$ *en présence d'un indicateur coloré. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution d'hydroxyde de sodium noté* V_{BE}.

2.2.1. Le mélange réactionnel préparé est-il équimolaire ? Justifier.
Données : * *Masse volumique de l'acide carboxylique A :* $\rho_A = 0{,}96\ g.mL^{-1}$
* *Masse molaire de l'acide carboxylique A :* $M_A = 88\ g.mol^{-1}$

Aide au calcul		
$\frac{0{,}96}{16\times 88} = 6{,}8\times 10^{-4}$	$\frac{0{,}96\times 16}{88} = 0{,}17$	$\frac{88}{0{,}96\times 16} = 5{,}7$

2.2.2. *On plonge chaque ampoule dans l'eau glacée avant d'effectuer le dosage.* Pourquoi ?

2.2.3. *Lors de l'ajout de la solution d'hydroxyde de sodium, les ions hydroxyde réagissent simultanément avec les deux acides présents dans l'ampoule :*
- d'une part avec les ions oxonium (H_3O^+) *libérés par l'acide sulfurique selon l'équation*

$$H_3O^+ + HO^- = 2\,H_2O$$

- d'autre part avec l'acide carboxylique A (de formule notée RCO_2H*) selon l'équation*

$$RCO_2H + HO^- = RCO_2^- + H_2O$$

Montrer que la quantité d'acide carboxylique A présent dans une ampoule à un instant de date *t* est donnée par la relation : $n_{RCO_2H}(t) = c_B.V_{BE} - n_{H_3O^+}$

$n_{H_3O^+}$ *représente la quantité de matière d'ions oxonium libérés par l'acide sulfurique.*

2.2.4. Montrer que l'avancement de la réaction d'estérification à ce même instant de date *t* a pour expression :

$$x(t) = n_{RCO_2H}(t=0) - c_B.V_{BE} + n_{H_3O^+}$$

On pourra s'aider d'un tableau d'évolution du système.

2.2.5. À l'aide des données ci-dessous, calculer x_{60} l'avancement de la réaction à l'instant de date t = 60 min.

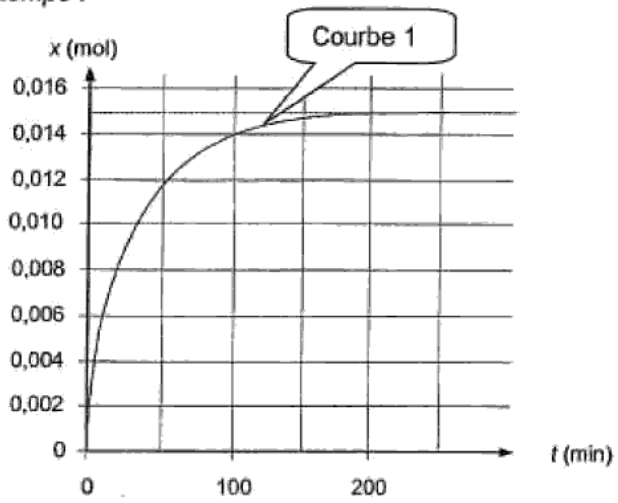
Données :

** Un dosage par la solution d'hydroxyde de sodium des ions oxonium apportés par l'acide sulfurique dans chaque ampoule fournit, après calculs, la quantité de matière en ions oxonium* $n_{H_3O^+} = 3{,}2 \times 10^{-3}$ *mol.*

** Quantité de matière d'acide carboxylique A introduit à t = 0 s :* $n_{RCO_2H}(t=0) = 2{,}3 \times 10^{-2}$ *mol.*

** Volume équivalent de la solution d'hydroxyde de sodium versé lors du dosage d'une ampoule à l'instant de date t = 60 min :* V_{BE} = 6,7 mL.

2.3. *Les dosages ayant été effectués, on trace le graphe de la variation de l'avancement x de la réaction en fonction du temps :*



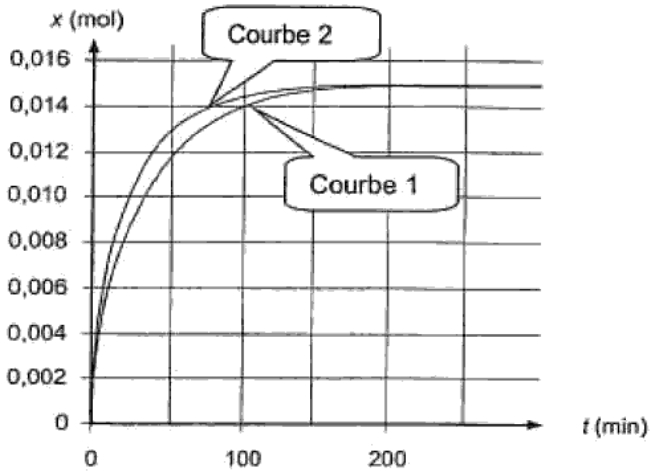
Répondre par VRAI ou FAUX aux propositions données ci-dessous en justifiant clairement la réponse.

2.3.1. Proposition 1 : On peut obtenir « davantage d'ester » en éliminant l'eau formée au cours de la transformation.

2.3.2. Proposition 2 : La vitesse volumique instantanée de la réaction augmente au cours du temps.

2.3.3. Proposition 3 : Le temps de demi-réaction vaut 100 min.

2.3.4. Proposition 4 : Si la température du milieu réactionnel augmente, on peut obtenir la courbe 2 suivante :



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III. ÉVOLUTION ÉNERGÉTIQUE D'UN CIRCUIT RLC SÉRIE (4 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève réalise le circuit schématisé ci-dessous (figure 1).
Ce circuit est constitué des éléments suivants :
- un générateur délivrant une tension continue constante de valeur E = 4,0 V ;
- une résistance R réglable ;
- un condensateur de capacité C = 2,0 µF ;
- une bobine d'inductance L et de résistance r.
Un commutateur (K) permet de relier le dipôle (RC) soit au générateur, soit à la bobine.
L'entrée Y_1 d'une interface, reliée à un ordinateur, est connectée à la borne A ; l'autre entrée Y_2 est connectée à la borne D. La masse de l'interface est connectée à la borne B.
Les entrées Y_1 , Y_2 et la masse de l'interface sont équivalentes respectivement aux entrées Y_1 , Y_2 et à la masse d'un oscilloscope.

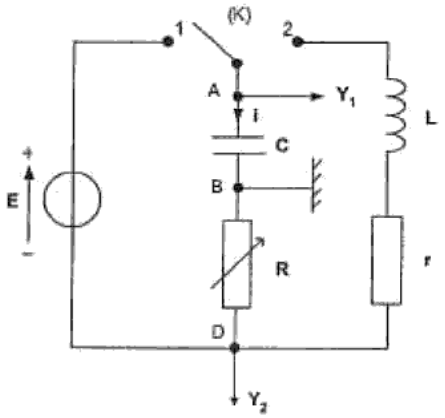


Figure 1

1. Étude énergétique du condensateur

Au cours de cette question, on étudie la charge du condensateur. À l'instant de date t = 0 s, le condensateur est déchargé et on bascule le commutateur en position 1.

1.1. Tensions
Représenter, sur la figure 1 **EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE,** par des flèches :
- la tension $u_{DB}(t)$ aux bornes de la résistance ;
- la tension $u_{AB}(t)$ aux bornes du condensateur.

1.2. Charge du condensateur

1.2.1. Donner, en le justifiant, le signe de la charge q portée par l'armature A du condensateur au cours de sa charge et la relation existant entre la charge q et la tension u_{AB}.

1.2.2. En tenant compte de l'orientation du circuit, donner la relation vérifiée à chaque instant par l'intensité $i(t)$ du courant et la charge $q(t)$.

1.2.3. À partir des expressions des tensions aux bornes des trois dipôles, établir l'équation différentielle vérifiée par $u_{AB}(t)$.

1.2.4. Vérifier que l'expression suivante de $u_{AB}(t)$ est solution de cette équation différentielle :

$$u_{AB}(t) = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R.C}}\right)$$

1.3. Énergie électrique E_e emmagasinée par le condensateur

1.3.1. Donner en fonction de $u_{AB}(t)$ l'expression littérale de l'énergie électrique E_e emmagasinée par le condensateur.

1.3.2. En déduire l'expression littérale $E_{e\,max}$ de sa valeur maximale et calculer sa valeur.

2. Étude énergétique du circuit RLC

2.1. Une fois le condensateur chargé, l'élève bascule rapidement le commutateur (K) de la position 1 à la position 2 : il prend l'instant du basculement comme nouvelle origine des dates.
Le condensateur se décharge alors dans la bobine.
L'acquisition informatisée des tensions permet de visualiser l'évolution des tensions $u_{AB}(t)$ et $u_{DB}(t)$ en fonction du temps.
Après transfert des données vers un tableur-grapheur, l'élève souhaite étudier l'évolution des différentes énergies au cours du temps.

2.1.1. Exprimer littéralement, en fonction de $i(t)$, l'énergie magnétique E_m emmagasinée dans la bobine.

2.1.2. À partir de l'une des tensions enregistrées $u_{AB}(t)$ et $u_{DB}(t)$, donner l'expression de l'intensité instantanée $i(t)$.
En déduire l'expression de l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine en fonction de l'une des tensions enregistrées.

2.1.3. En déduire l'expression de l'énergie totale E_T du circuit en fonction des tensions $u_{AB}(t)$ et $u_{DB}(t)$.

2.2. À partir du tableur-grapheur, l'élève obtient le graphe ci-dessous (figure 2) qui montre l'évolution, en fonction du temps, des trois énergies : E_e énergie électrique, E_m énergie magnétique et E_T énergie totale.

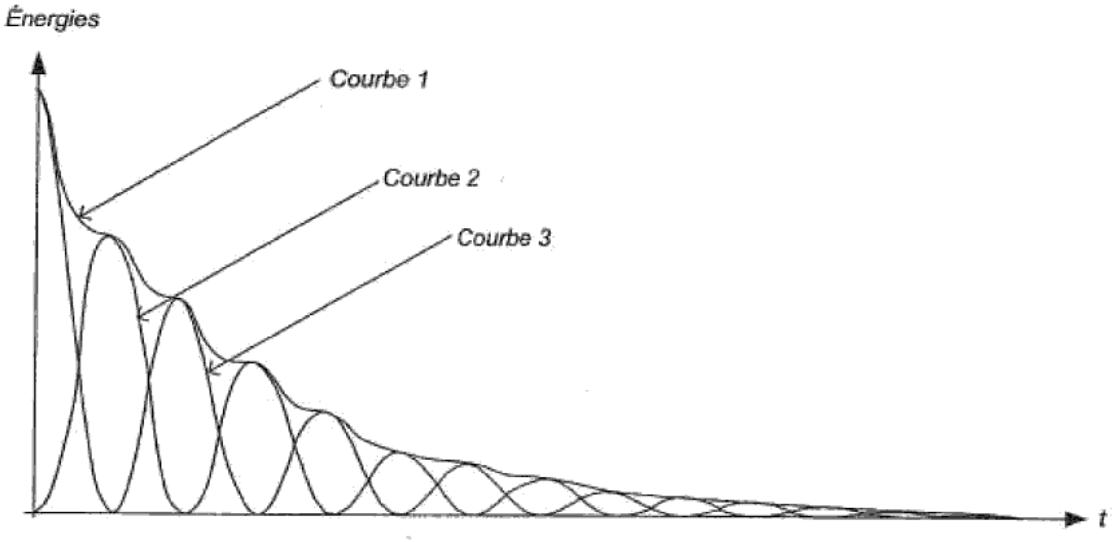


Figure 2

Identifier chaque courbe en justifiant. Quel phénomène explique la décroissance de la courbe 1 ?

3. Entretien des oscillations

Pour entretenir les oscillations, on ajoute en série dans le circuit précédent un dispositif assurant cette fonction. On refait alors une acquisition informatisée.

3.1. Tracer sur la figure 3 **EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, les deux courbes manquantes. Préciser ce que chacune des trois courbes représente.

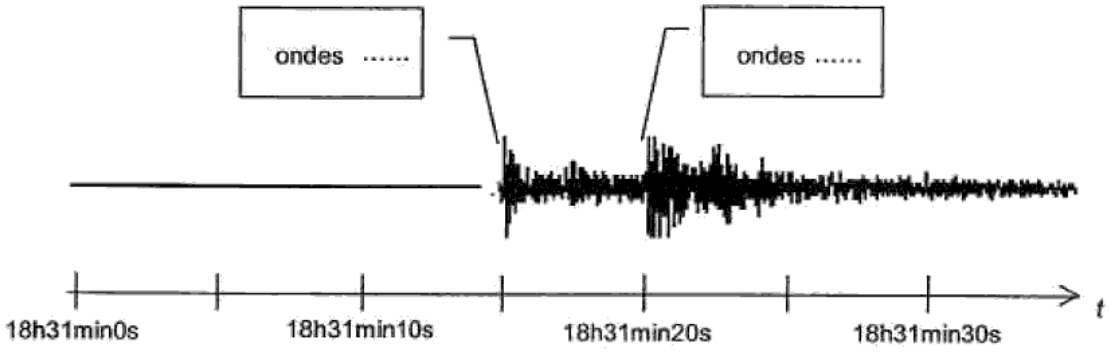
3.2. Pourquoi un tel régime est-il qualifié d'entretenu ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

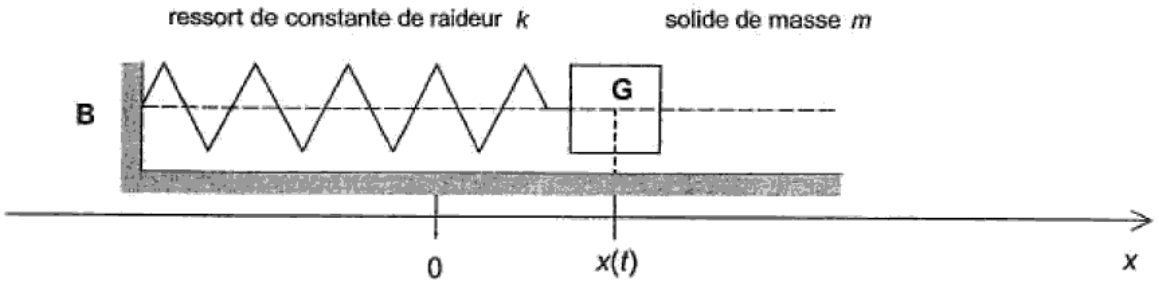
ANNEXE DE L'EXERCICE I.

1. Étude d'un sismogramme



Document 1 : Extrait de sismogramme relevé après le séisme du 23 février de Roulans

2. Fonctionnement d'un sismomètre



Document 2 : Schéma du modèle du sismomètre horizontal

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I.

3. À propos des séismes

Document 3 :

Question	Réponse
À partir de l'épicentre, les ondes sismiques se propagent-elles dans une direction privilégiée ?	
Les ondes sismiques se propagent-elles avec transport de matière ?	
À propos des ondes P, le texte évoque des ondes longitudinales. Définir une onde longitudinale.	
Exprimer et calculer numériquement la longueur d'onde λ d'une onde P de période T = 0,2 s.	
Pourquoi le texte donne-t-il les valeurs moyennes pour les célérités des ondes sismiques ?	

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III.

1. Étude énergétique du condensateur

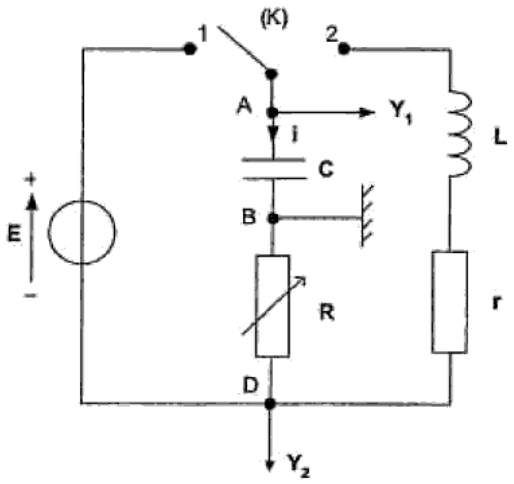


figure 1

3. Entretien des oscillations

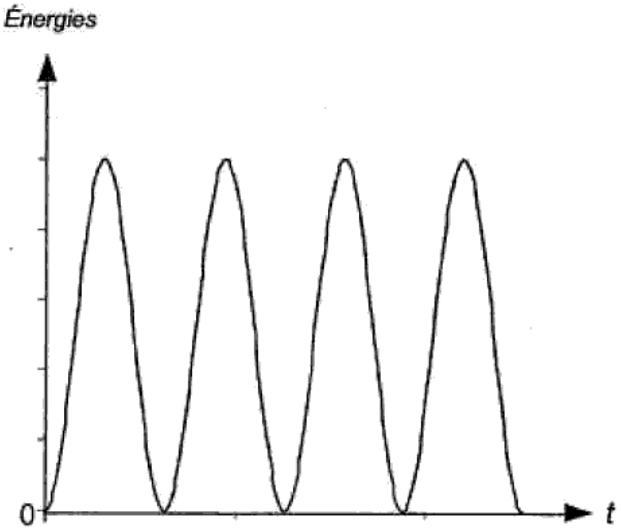


figure 3