Evolution temporelle des systèmes physiques et chimiques

Bac S 2006 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 4 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1 Affirmation 1 : l'onde qui se propage le long de la corde est transversale.

Chaque point de la corde se déplace verticalement, alors que l'onde avance horizontalement, le long de la corde. La perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

VRAI : l'onde est transversale.

COMPRENDRE
Une onde est longitudinale quand la perturbation est parallèle à la direction de propagation : c'est le cas du son dans l'air ou d'une compression le long d'un ressort.

2 Affirmation 2 : la célérité de l'onde est $v = 20\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Données utiles $f = 25$ Hz ; photo de la corde (figure 1)

Sur la figure 1, la corde coupe l'axe à 10 cm, 30 cm et 50 cm. Deux passages consécutifs par l'axe sont séparés d'une demi-longueur d'onde, donc $\lambda = 2 \times 20 = 40\ \text{cm} = 0{,}40\ \text{m}$.

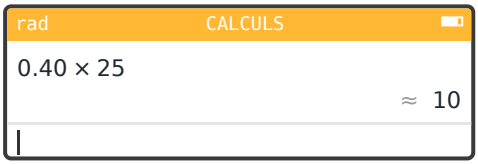
$v = \lambda \times f = 0{,}40 \times 25 = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

FAUX : $v = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, et non $20\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

PIÈGE
Prendre pour λ la distance entre deux passages consécutifs par l'axe (20 cm) : c'est une demi-longueur d'onde. Penser aussi à convertir les centimètres en mètres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme f et la lecture de λ sur la figure.

À LA CALCULATRICE



3 Affirmation 3 : la célérité de l'onde dépend de la fréquence de la source.

L'énoncé précise que le milieu n'est pas dispersif : par définition, la célérité d'une onde y est la même quelle que soit sa fréquence.

FAUX : dans un milieu non dispersif, la célérité ne dépend pas de la fréquence.

COMPRENDRE
Si f change, c'est $\lambda = \dfrac{v}{f}$ qui change. La célérité, elle, est fixée par le milieu (ici la tension et la masse linéique de la corde).

4 Affirmation 4 : au moment de la prise de vue, le point M descend.

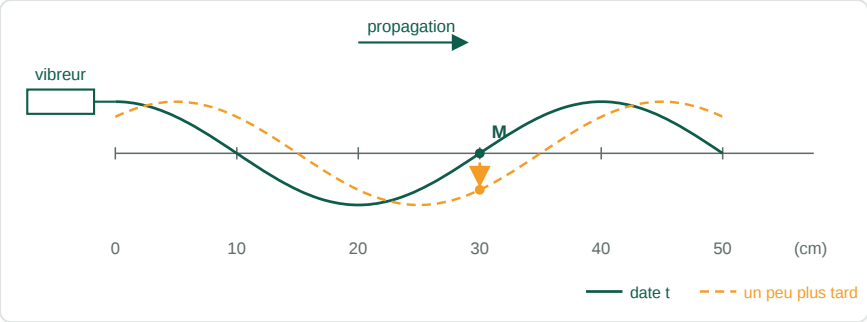
L'onde se propage du vibreur vers la droite, sans déformation. Un court instant après la photo, toute la courbe s'est décalée vers la droite (tracé orange).

Le point M, à l'abscisse 30 cm, prend alors la position qu'occupaient les points situés juste à sa gauche. Or, entre 10 cm et 30 cm, la corde est sous l'axe : l'ordonnée de M, nulle sur la photo, devient négative.

VRAI : M descend.

PIÈGE
Croire que M « suit la courbe » et avance vers la droite : un point de la corde ne se déplace que verticalement.

MÉTHODE
Pour connaître le sens du mouvement d'un point, redessiner l'onde décalée d'une petite distance dans le sens de propagation, puis comparer les deux positions du point sur la même verticale.



4 · Figure 1 complétée : la corde à la date t et un court instant plus tard

5 Affirmation 5 : le phénomène de diffraction par la fente est d'autant plus marqué que la fréquence de l'onde est grande.

Pour une fente de largeur a, l'écart angulaire de diffraction vérifie $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$: à largeur fixée, la diffraction est d'autant plus marquée que λ est grande.

Le milieu n'étant pas dispersif, v est constante et $\lambda = \dfrac{v}{f}$: si f augmente, λ diminue, donc θ diminue.

FAUX : c'est quand la fréquence est faible (λ grande) que la diffraction est la plus marquée.

6 Affirmation 6 : la demi-vie du radon 222 est $t_{1/2} = 5{,}5$ jours.

Données utiles courbe $A(t)$ et sa tangente à l'origine (figure 2)

L'activité est proportionnelle au nombre de noyaux restants : au bout d'une demi-vie, elle est divisée par deux.

$A_0 = 600$ Bq, donc $A(t_{1/2}) = 300$ Bq. Sur la figure 2, l'activité vaut 300 Bq à la date $t \approx 3{,}8$ jours.

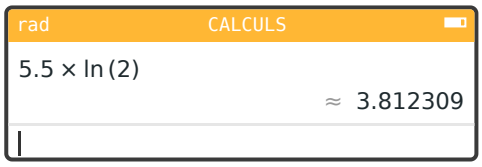
La valeur 5,5 jours est l'abscisse du point où la tangente à l'origine coupe l'axe des temps : c'est la constante de temps τ. On vérifie : $t_{1/2} = \tau \ln 2 = 5{,}5 \times \ln 2 = 3{,}8$ jours.

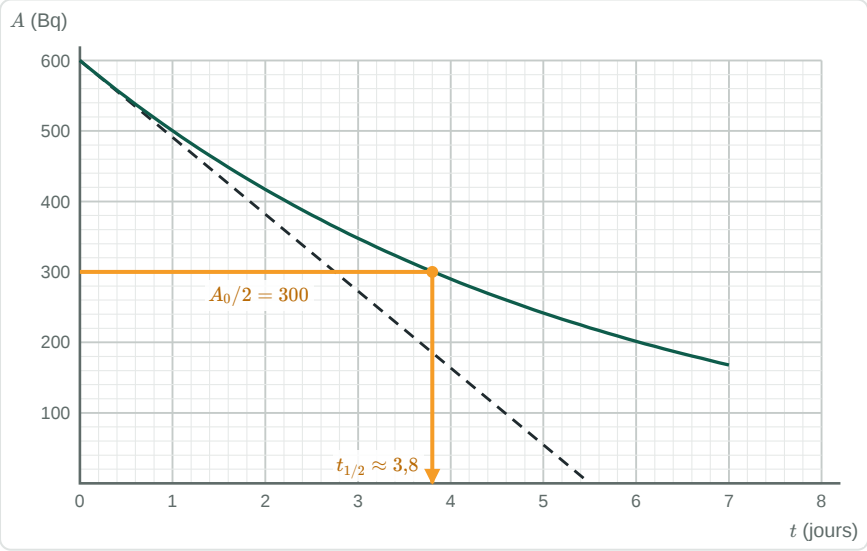
FAUX : $t_{1/2} \approx 3{,}8$ jours ; 5,5 jours est la constante de temps τ.

PIÈGE

Confondre $t_{1/2}$ et $\tau = \dfrac{1}{\lambda}$. À la date τ, il reste 37 % de l'activité initiale, pas 50 %.

À LA CALCULATRICE





6 · Figure 2 : lecture de la demi-vie et de la constante de temps

7 Affirmation 7 : à la date $t = 1{,}0$ jour, il reste environ $2{,}4 \times 10^8$ noyaux de radon 222 dans l'échantillon.

Données utiles $\tau = 5{,}5$ jours (figure 2, tangente à l'origine) ; 1 jour $= 24 \times 3600$ s

L'activité et le nombre de noyaux sont liés par $A(t) = \lambda N(t)$, avec $\lambda = \dfrac{1}{\tau}$, donc $N(t) = \tau \times A(t)$.

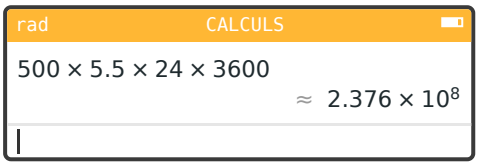
Sur la figure 2, à $t = 1{,}0$ jour : $A = 500$ Bq. Avec τ en secondes :

$$N = 5{,}5 \times 24 \times 3600 \times 500 = 2{,}4 \times 10^8$$

VRAI : $N(1{,}0 \text{ jour}) \approx 2{,}4 \times 10^8$ noyaux.

PIÈGE
Laisser τ en jours : le becquerel est une désintégration par seconde, il faut donc $\tau = 5{,}5 \times 86\,400 = 4{,}8 \times 10^5$ s.

À LA CALCULATRICE



8 Affirmation 8 : à la date $t = 0$ s, le condensateur est déchargé.

Sur la figure 4, les deux courbes partent de l'origine : $u_C(0) = 0$ V. La charge $q = C\,u_C$ est donc nulle à cette date.

VRAI : $u_C(0) = 0$ V, le condensateur est déchargé.

9 Affirmation 9 : en régime permanent, l'intensité du courant qui circule dans le circuit est nulle.

L'intensité vérifie $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

En régime permanent, u_C est constante (palier de la courbe), donc $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = 0$ et $i = 0$ A.

VRAI : en régime permanent, $i = 0$ A.

COMPRENDRE
Le condensateur chargé se comporte comme un interrupteur ouvert. On le retrouve par la loi des mailles : $u_R = E - u_C = 0$, donc $i = \dfrac{u_R}{R} = 0$.

10 Affirmation 10 : pour obtenir la courbe 1, il faut donner à la résistance la valeur $R = 2{,}0\ \text{k}\Omega$.

Données utiles $C = 1{,}0\ \mu\text{F}$; $E = 6{,}0$ V ; courbe 1 (figure 4)

Pour la courbe 1, la tangente tracée à l'origine rencontre l'asymptote horizontale $u_C = E = 6{,}0$ V à la date $\tau = 2{,}0$ ms.

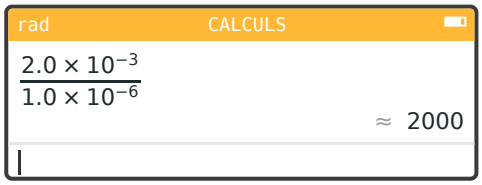
Pour un circuit RC, $\tau = R\,C$, donc $R = \dfrac{\tau}{C}$.

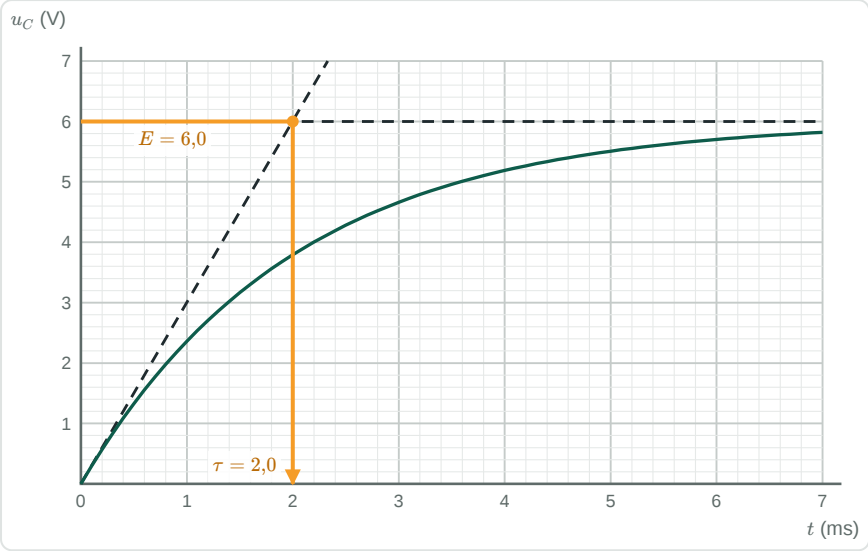
$$R = \frac{2{,}0 \times 10^{-3}}{1{,}0 \times 10^{-6}} = 2{,}0 \times 10^3\ \Omega$$

VRAI : $R = 2{,}0\ \text{k}\Omega$.

MÉTHODE
Autre lecture de τ : c'est la date à laquelle $u_C = 0{,}63\,E = 3{,}8$ V. Sur la courbe 1, on retrouve $t \approx 2$ ms.

À LA CALCULATRICE





10 · Figure 4, courbe 1 : tangente à l'origine et asymptote

11 Affirmation 11 : pour passer de la courbe 1 à la courbe 2, il suffit de diminuer la valeur de la résistance.

Diminuer R diminue $\tau = RC$: la charge est plus rapide, mais la tension finale reste $u_C = E = 6{,}0$ V.

Or la courbe 2 tend vers un palier à 7 V, différent de celui de la courbe 1 : la tension E du générateur a aussi été modifiée.

FAUX : changer R ne modifie pas la valeur finale de u_C ; il faut aussi porter E à 7 V.

COMPRENDRE
R et C fixent la durée de la charge, E fixe la valeur atteinte. Toujours comparer les deux : pente à l'origine et asymptote.

12 Affirmation 12 : l'intensité du courant dans le circuit de la figure 5 vérifie l'équation différentielle $i - \dfrac{L}{R}\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = E$.

Loi d'additivité des tensions : $E = u_R + u_L$, avec $u_R = Ri$ et, pour une bobine de résistance négligeable, $u_L = L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$.

$$E = Ri + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} \quad \text{soit} \quad i + \frac{L}{R}\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{E}{R}$$

FAUX : l'équation est $i + \dfrac{L}{R}\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \dfrac{E}{R}$ (signe et second membre erronés).

COMPRENDRE
La bobine et le circuit RL ne figurent plus au programme actuel de la spécialité. La démarche (loi des mailles, puis équation différentielle du premier ordre) est celle du circuit RC.

MÉTHODE
Contrôle rapide par les unités : i est en ampères, E en volts. Une équation qui égale un courant à une tension est forcément fausse.

13 Affirmation 13 : la courbe de la figure 6 représente la tension aux bornes du conducteur ohmique.

D'après la loi d'additivité des tensions, $u_R = E - L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$.

En régime permanent, i est constante, donc $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = 0$ et $u_R = E = 6{,}0$ V. De plus, à $t = 0$ s, $i = 0$ donc $u_R = Ri = 0$ V.

La courbe de la figure 6 fait l'inverse : elle part de 6 V et tend vers 0 V.

FAUX : u_R croît de 0 à E ; la figure 6 représente u_L.

COMPRENDRE
La bobine retarde l'établissement du courant : i ne peut pas varier brutalement. À la fermeture, toute la tension E se retrouve donc à ses bornes, puis $u_L = E - u_R$ décroît vers zéro.

14 Affirmation 14 : à la date $t = 0$ h, la vitesse de la réaction est nulle.

La vitesse volumique de réaction est $v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$: elle est proportionnelle au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x(t)$.

À $t = 0$ h, la tangente à la courbe 1 n'est pas horizontale : son coefficient directeur est positif.

FAUX : à $t = 0$ h, la vitesse est non nulle (c'est même là qu'elle est la plus grande).

PIÈGE
Confondre $x(0) = 0$ et $v(0) = 0$. L'avancement est nul au départ, mais c'est la pente qui donne la vitesse.

15 Affirmation 15 : une élévation de température du milieu réactionnel modifie la vitesse de réaction.

La température est un facteur cinétique : quand elle augmente, la vitesse de la réaction augmente.

VRAI : une température plus élevée accélère la réaction.

16 Affirmation 16 : la vitesse de la réaction diminue au cours du temps.

La courbe 1 est de moins en moins pentue : le coefficient directeur de sa tangente décroît, jusqu'à s'annuler sur le palier. Comme $v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, la vitesse diminue.

VRAI : la vitesse décroît et s'annule à l'équilibre.

COMPRENDRE
Les réactifs sont consommés : leur concentration, autre facteur cinétique, diminue. C'est donc au tout début que la vitesse est maximale.

17 Affirmation 17 : l'ajout d'un catalyseur dans le milieu réactionnel permet d'obtenir la courbe 2.

Un catalyseur augmente la vitesse de la réaction sans modifier l'état d'équilibre : l'avancement final resterait $x_f \approx 0{,}66$ mol, simplement atteint plus tôt.

Or la courbe 2 tend vers un avancement final d'environ 1 mol, différent de celui de la courbe 1.

FAUX : un catalyseur ne change pas l'avancement final.

COMPRENDRE
Avec un catalyseur, la courbe aurait une pente à l'origine plus forte, mais le même palier à 0,66 mol. La courbe 2 atteint $x_{max} = 1$ mol : elle correspondrait à une transformation totale.

18 Affirmation 18 : l'ion permanganate n'est pas le réactif limitant.

Seul l'ion permanganate absorbe : d'après la loi de Beer-Lambert, $A = k\,[\mathrm{MnO_4^-}]$.

Sur la figure 8, l'absorbance se stabilise à $A = 0{,}5$, valeur non nulle : il reste des ions permanganate à l'état final. La transformation étant totale, le réactif limitant est entièrement consommé ; ce n'est donc pas l'ion permanganate.

VRAI : il reste des ions $\mathrm{MnO_4^-}$ en fin de réaction, le réactif limitant est l'acide oxalique.

PIÈGE
Conclure à partir de la seule baisse de l'absorbance. C'est la valeur finale qui compte : nulle, le permanganate serait limitant.

19 Affirmation 19 : quand le courant circule dans le circuit extérieur, la transformation qui s'effectue dans la pile est une transformation forcée.

Le circuit extérieur ne contient qu'un conducteur ohmique, sans générateur. La pile débite un courant parce que le système chimique évolue de lui-même vers son état d'équilibre.

FAUX : dans une pile qui débite, la transformation est spontanée.

COMPRENDRE
Une transformation forcée exige un générateur qui impose au courant le sens contraire : c'est l'électrolyse, ou la recharge d'un accumulateur.

20 Affirmation 20 : le sens spontané d'évolution de la réaction (1) est le sens direct.

Données utiles $\mathrm{Fe^{3+}\,(aq) + Ag\,(s) = Fe^{2+}\,(aq) + Ag^{+}\,(aq)}$; $K = 0{,}31$; concentrations initiales toutes égales à $0{,}20\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

Quotient de réaction initial (l'argent solide n'y figure pas) :

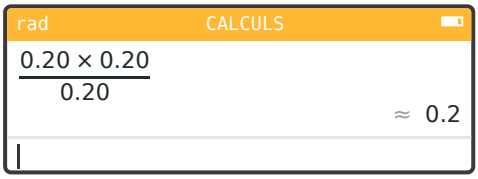
$$Q_{r,i} = \frac{[\mathrm{Fe^{2+}}]_i\,[\mathrm{Ag^{+}}]_i}{[\mathrm{Fe^{3+}}]_i} = \frac{0{,}20 \times 0{,}20}{0{,}20} = 0{,}20$$

$Q_{r,i} < K$: le système évolue dans le sens direct.

VRAI : $Q_{r,i} = 0{,}20 < K = 0{,}31$, évolution dans le sens direct.

PIÈGE
Écrire $[\mathrm{Ag}]$ au dénominateur : un solide n'apparaît pas dans le quotient de réaction.

À LA CALCULATRICE



21 Affirmation 21 : en multipliant par 2 la concentration initiale des ions $\mathrm{Ag^{+}\,(aq)}$, sans changer les autres, on inverse le sens d'évolution de la réaction (1).

Données utiles $[\mathrm{Ag^{+}}]_i = 0{,}40\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $[\mathrm{Fe^{2+}}]_i = [\mathrm{Fe^{3+}}]_i = 0{,}20\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $K = 0{,}31$

$$Q_{r,i} = \frac{[\mathrm{Fe^{2+}}]_i\,[\mathrm{Ag^{+}}]_i}{[\mathrm{Fe^{3+}}]_i} = \frac{0{,}20 \times 0{,}40}{0{,}20} = 0{,}40$$

$Q_{r,i} > K$: le système évolue cette fois dans le sens inverse de la réaction (1).

VRAI : $Q_{r,i} = 0{,}40 > K = 0{,}31$, le sens d'évolution est inversé.

COMPRENDRE
Dans la pile, le sens du courant s'inverse aussi : l'argent, qui était oxydé (pôle négatif), devient le siège d'une réduction (pôle positif).

À LA CALCULATRICE

