Un titre de transport intelligent

Bac S 2008 Nouvelle-Calédonie rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 À l'aide de la figure 9 et du texte, vérifier que les ondes échangées entre le lecteur et l'étiquette appartiennent au domaine des ondes radio.

Données utiles $f = 13{,}56$ MHz ; figure 9 : ondes radio en dessous de 3×10^7 Hz

Le texte indique $f = 13{,}56\ \text{MHz} = 1{,}356 \times 10^7\ \text{Hz}$.

Sur la figure 9, le domaine des ondes radio s'étend jusqu'à 3×10^7 Hz.

$1{,}356 \times 10^7\ \text{Hz} < 3 \times 10^7\ \text{Hz}$: il s'agit bien d'ondes radio.

PIÈGE
Le texte écrit « Mhz » : il faut lire MHz, mégahertz, soit 10^6 Hz. Sans conversion en hertz, la comparaison avec la graduation de la figure 9 n'a pas de sens.

1.2 Calculer la longueur d'onde du signal radio dans l'air, assimilé au vide.

Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f = 1{,}356 \times 10^7$ Hz (1.1)

Dans le vide, l'onde se propage à la célérité c : $\lambda = \dfrac{c}{f}$

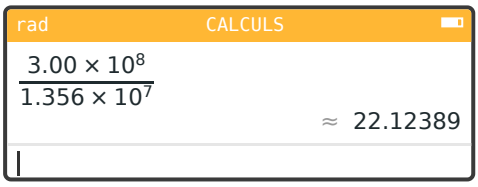
$$\lambda = \frac{3{,}00 \times 10^8}{1{,}356 \times 10^7}$$

$\lambda = 22{,}1\ \text{m}$

PIÈGE
Laisser la fréquence en MHz donne une longueur d'onde un million de fois trop grande.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs : c en a trois, f en a quatre, le résultat garde la précision de la donnée la moins précise.

À LA CALCULATRICE



1.3 Retrouver la ou les bonnes propositions parmi a, b et c sur la propagation des ondes mécaniques et électromagnétiques.

Une onde mécanique est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel : elle ne se propage pas dans le vide. Une onde électromagnétique, comme la lumière, se propage dans le vide.

Seule la proposition **c** est correcte.

COMPRENDRE
La proposition a est fausse à cause de la lumière, qui traverse le vide entre le Soleil et la Terre ; la b est fausse à cause du son, qui ne s'y propage pas.

1.4 Une onde sonore dans l'air est-elle longitudinale ou transversale ? Définir le type d'onde choisi.

Le son dans l'air est une succession de compressions et de dilatations des couches d'air, qui se déplacent parallèlement à la direction dans laquelle le son avance.

L'onde sonore est **longitudinale** : la perturbation a la même direction que la propagation de l'onde.

PIÈGE
Répondre sans définir ne rapporte qu'une partie des points. Pour une onde transversale, la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation (vague, corde).

1.5 Quelle grandeur physique l'onde radio transfère-t-elle à l'étiquette pour qu'elle fonctionne sans pile ?

L'onde reçue fait naître un courant dans la bobine de l'étiquette et charge le condensateur.

L'onde radio transfère de l'**énergie**, sans transport de matière.

COMPRENDRE
C'est la propriété commune à toutes les ondes, mécaniques ou électromagnétiques : elles transportent de l'énergie d'un point à un autre sans déplacement global de matière.

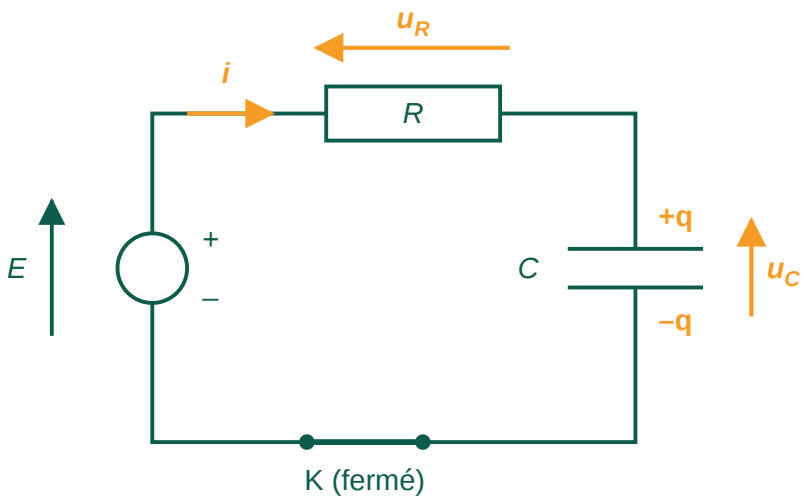
2.1 Compléter la figure 10 : sens du courant dans la branche du condensateur lorsque K est fermé, charges $+q$ et $-q$ des armatures, flèches des tensions u_C et u_R en convention récepteur.

Le courant sort par la borne $+$ du générateur : il traverse R puis arrive sur l'armature supérieure du condensateur, qui porte donc la charge $+q$; l'armature inférieure porte $-q$.

En convention récepteur, la flèche d'une tension est de sens opposé à celui du courant.

Voir la figure complétée : i de la borne $+$ vers R, $+q$ sur l'armature du haut, flèches u_R et u_C opposées au sens de i.

MÉTHODE
La pointe de la flèche tension désigne la borne par laquelle le courant entre dans le dipôle. L'armature qui reçoit le courant est celle qui porte $+q$.



2.1 · Figure 10 (partie A) complétée : en orange, ce que l'élève ajoute

2.2 Pour un condensateur, donner la relation entre q et i, puis entre q et u_C, en précisant les unités.

Avec le sens positif choisi en 2.1 (le courant arrive sur l'armature de charge q) :

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} \qquad \text{et} \qquad q = C\,u_C$$

Unités : i en ampères (A), q en coulombs (C), t en secondes (s), u_C en volts (V), capacité C en farads (F).

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} \; ; \; q = C\,u_C$$

PIÈGE
Ne pas confondre la capacité C (grandeur, en farads) et le coulomb C (unité de charge). La relation $i = \mathrm{d}q/\mathrm{d}t$ suppose que q est la charge de l'armature sur laquelle arrive le courant.

2.3 Montrer que la tension u_C vérifie l'équation différentielle $u_C + RC\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E$.

Loi des mailles (additivité des tensions), K fermé : $E = u_R + u_C$

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$

Or $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ et $q = C\,u_C$ avec C constante, donc $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ et $u_R = RC\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

$$u_C + RC\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E$$

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement pour un circuit RC : 1) loi des mailles ; 2) loi d'Ohm ; 3) $i = C\,\mathrm{d}u_C/\mathrm{d}t$; 4) on remplace pour ne garder que u_C.

2.4 Vérifier que $u_C(t) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/RC}\right)$ est solution de cette équation différentielle.

On dérive : $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E \times \dfrac{1}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/RC} = \dfrac{E}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/RC}$

On reporte dans le membre de gauche :

$$u_C + RC\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E - E\,\mathrm{e}^{-t/RC} + RC \times \frac{E}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/RC} = E$$

Le membre de gauche vaut E à toute date t : la fonction proposée est bien solution.

PIÈGE
Erreur de signe dans la dérivée : la dérivée de $-\mathrm{e}^{-t/RC}$ est $+\dfrac{1}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/RC}$, les deux signes « moins » se compensent.

2.5 Vers quelle valeur tend u_C pour un temps de charge très long ? En déduire graphiquement la valeur de E et la faire apparaître sur la figure 11.

Quand t devient très grand, $\mathrm{e}^{-t/RC}$ tend vers 0, donc u_C tend vers E.

Sur la figure 11, la courbe admet une asymptote horizontale d'ordonnée 7,0 V (tracée sur la figure de la question 2.7).

$u_C \to E$ et $E = 7{,}0$ V

2.6 Donner l'expression littérale de la constante de temps τ du circuit et vérifier son unité par analyse dimensionnelle.

$\tau = RC$

Loi d'Ohm $u_R = R\,i$: $[R] = \dfrac{[U]}{[I]}$

Relation $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$: $[I] = [C]\,\dfrac{[U]}{[T]}$, donc $[C] = \dfrac{[I]\,[T]}{[U]}$

$$[\tau] = [R]\,[C] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[I]\,[T]}{[U]} = [T]$$

$\tau = RC$ est homogène à un temps : elle s'exprime en secondes.

MÉTHODE
Pour une analyse dimensionnelle, exprimer chaque grandeur à partir d'une relation connue qui la contient, puis simplifier. On peut aussi lire l'équation de 2.3 : $RC\,\mathrm{d}u_C/\mathrm{d}t$ doit être une tension.

2.7 Montrer par un calcul que $u_C(\tau) = 0{,}63\,E$. En déduire graphiquement la valeur de τ en faisant apparaître la construction sur la figure 11. Calculer ensuite la valeur de la capacité C du condensateur.

Données utiles $E = 7{,}0$ V (2.5) ; $R = 1{,}0\ \mathrm{M\Omega} = 1{,}0 \times 10^6\ \Omega$

À la date $t = \tau = RC$: $u_C(\tau) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-RC/RC}\right) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-1}\right) = 0{,}63\,E$

$u_C(\tau) = 0{,}63 \times 7{,}0 = 4{,}4$ V

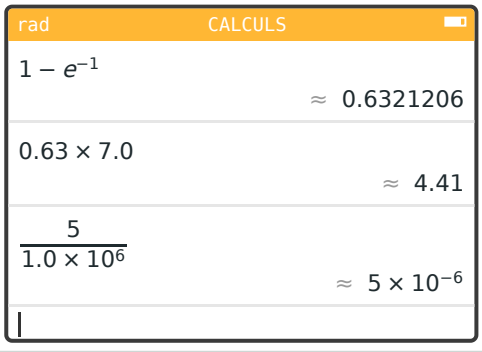
Sur la figure 11, le point de la courbe d'ordonnée 4,4 V a pour abscisse 5 s.

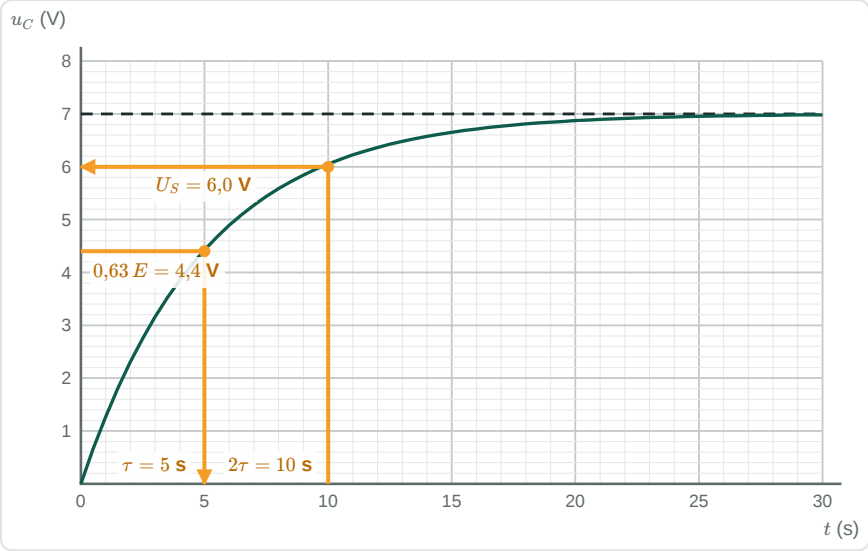
Comme $\tau = RC$: $C = \dfrac{\tau}{R} = \dfrac{5}{1{,}0 \times 10^6} = 5 \times 10^{-6}$ F

$\tau = 5$ s ; $C = 5 \times 10^{-6}$ F $= 5\ \mu$F

COMPRENDRE
Une lecture graphique sur ce quadrillage ne donne τ qu'à une demi-seconde près : on écrit $\tau = 5$ s, ou $\tau \approx 5{,}0$ s.

À LA CALCULATRICE





2.7 · Figure 11 complétée : asymptote $u_C = E = 7{,}0$ V (tirets), lecture de τ (2.7) et de U_S à 2τ (2.8)

2.8 Le composant P n'alimente le haut-parleur qu'au bout d'une durée 2τ. En déduire graphiquement U_S. Le condensateur est-il complètement chargé à cette date ? Ce temps de réponse est-il vraisemblable pour un passe Navigo ?

Données utiles $\tau = 5$ s (2.7) ; $E = 7{,}0$ V (2.5)

Temps de réponse : $2\tau = 2 \times 5 = 10$ s. Le haut-parleur se déclenche quand u_C atteint U_S, donc $U_S = u_C(2\tau)$. Sur la figure 11 complétée (2.7), à $t = 10$ s, on lit $u_C = 6{,}0$ V.

Le condensateur n'est pas complètement chargé : $6{,}0\ \text{V} < E = 7{,}0\ \text{V}$. Par le calcul, $u_C(2\tau) = E\left(1 - \text{e}^{-2}\right) = 0{,}86\,E$, soit 86 % de la tension finale.

Un temps de réponse de 10 s n'est pas vraisemblable : le texte insiste sur la rapidité de l'opération, et un usager ne reste pas dix secondes devant le lecteur.

$U_S = 6{,}0$ V ; condensateur chargé à 86 % seulement ; temps de réponse de 10 s beaucoup trop long pour un passe réel.

PIÈGE
Trois questions sont posées : une lecture, une comparaison à E, un avis argumenté. Chacune attend sa réponse justifiée ; un simple « non » ne rapporte rien.

COMPRENDRE
Le modèle reproduit le principe, pas la durée. Comme $\tau = RC$, il faudrait une résistance ou une capacité bien plus faibles pour obtenir une réponse quasi instantanée.

À LA CALCULATRICE

