Deuxième Année — Lanière N
Année scolaire 2004/2005

PHYSIQUE
Interrogation n°3

Lundi 13 Décembre 2004 — **Durée : 1,30 h**

Barême approximatif : Exercice 1 : 10 points, Question de cours : 2,5 points, Exercice 2 : 7,5 points

Exercice 1 : Circuits en régime quasi-permanent

Un dipôle AB est constitué d'une résistance R en série avec un condensateur de capacité C (figure 1). Lorsque l'interrupteur K est en position (1), le dipôle est alimenté par une source de tension de f.e.m. E constante et de résistance interne r. Les extrémités A et B du dipôle peuvent être court-circuitées en plaçant l'interrupteur en position (2).

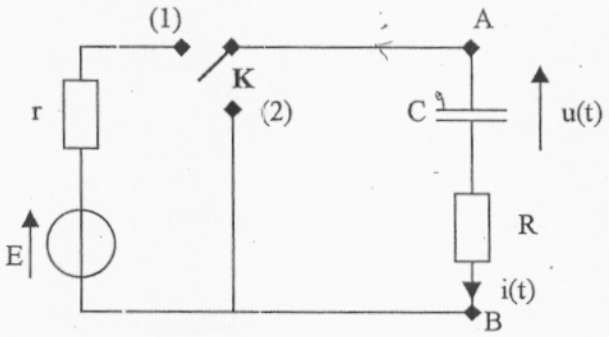


Figure 1

i(t) désigne l'intensité instantanée du courant dans le dipôle AB et u(t) la tension aux bornes du condensateur.

1) Le condensateur (C) étant initialement déchargé, on place l'interrupteur K en position (1), à l'instant initial t = 0. On s'intéresse à la charge du condensateur.
   1.1. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par u(t).
   1.2. En déduire l'expression de u(t).
   1.3. Qu'appelle-t-on et que représente la constante de temps τ du circuit ?
   1.4. Déterminer l'expression de l'intensité i(t).
   1.5. Représenter graphiquement l'allure de u(t) et de i(t).
   1.6. *Application numérique :* R = 1 kΩ; r = 100 Ω; C = 15 μF.
   Calculer la constante de temps de charge du condensateur.
   1.7. Exprimer, au bout d'un temps infini, l'énergie fournie par le générateur, l'énergie électrostatique emmagasinée par le condensateur et l'énergie dissipée par effet Joule. Conclusion.

2) Au bout d'un temps t' très long (très supérieur à la constante de temps de charge du condensateur), on bascule l'interrupteur en position (2). On prend l'instant t' comme nouvelle origine des temps.
   2.1. Déterminer l'expression de u(t).
   2.2. Donner l'expression de i(t).
   2.3. Représenter graphiquement l'allure de u(t) et de i(t).
   2.4. Donner, sans démonstration, la forme sous laquelle le condensateur restitue, au cours de la décharge, l'énergie qu'il avait emmagasinée.

3) On remplace la source de tension continue par une source de tension sinusoïdale de f.e.m $e(t) = E_M\cos(\omega t)$ et d'impédance interne r. Le condensateur (C) est déchargé. A l'instant t = 0, on bascule l'interrupteur K en position (1).
   Déterminer l'expression de la tension u(t).

$\frac{1}{2}Cu^2$

Question de cours ONDES

1) Quelle est la différence entre une vague et une ride à la surface de l'eau ?

2) Quel est le type d'onde de surpression qui est représenté par l'équation $p=\frac{1}{r}f(r+Vt)$?

3) Donner un exemple d'onde de matière. Citer une application de ce type d'onde.

Exercice 2 : Ondes acoustiques

La figure 1 représente les deux « images », prises aux instants $t_1 = -0{,}2$ s et $+0{,}3$ s de la surpression d'une onde acoustique émise sous la forme d'un « train » d'onde sinusoïdale se propageant dans un tuyau à paroi rigide de section $S = 1$ cm², d'axe Ox (onde 1D). La masse volumique du fluide est $\rho_0 = 2$ kg/m³.

1) On demande de déterminer les caractéristiques suivantes de la perturbation : vitesse de propagation V, longueur d'onde λ, fréquence f, impédance spécifique Z du milieu.

2) Sachant que la source a commencé à émettre à l'instant $t = -0{,}4$ s, déterminer la position x_0 de la source sur l'axe Ox.

3) Donner l'expression littérale représentant la variation de la surpression p(x, t), en utilisant les paramètres P_M (amplitude de la surpression), f, t_0, x_0 et λ.

4) Représenter la surpression, puis le déplacement u des « particules » en fonction du temps, pour un « observateur » situé à l'origine x = 0, sur les graphiques de la figure 2 (justifier les éléments conduisant au tracé du graphe). Quelle conclusion, relative à la réalisation pratique d'une telle onde, pouvez-vous tirer de l'examen du graphe u(t) ?

5) Déterminer l'expression littérale, puis la valeur numérique de l'énergie totale transportée par l'onde.

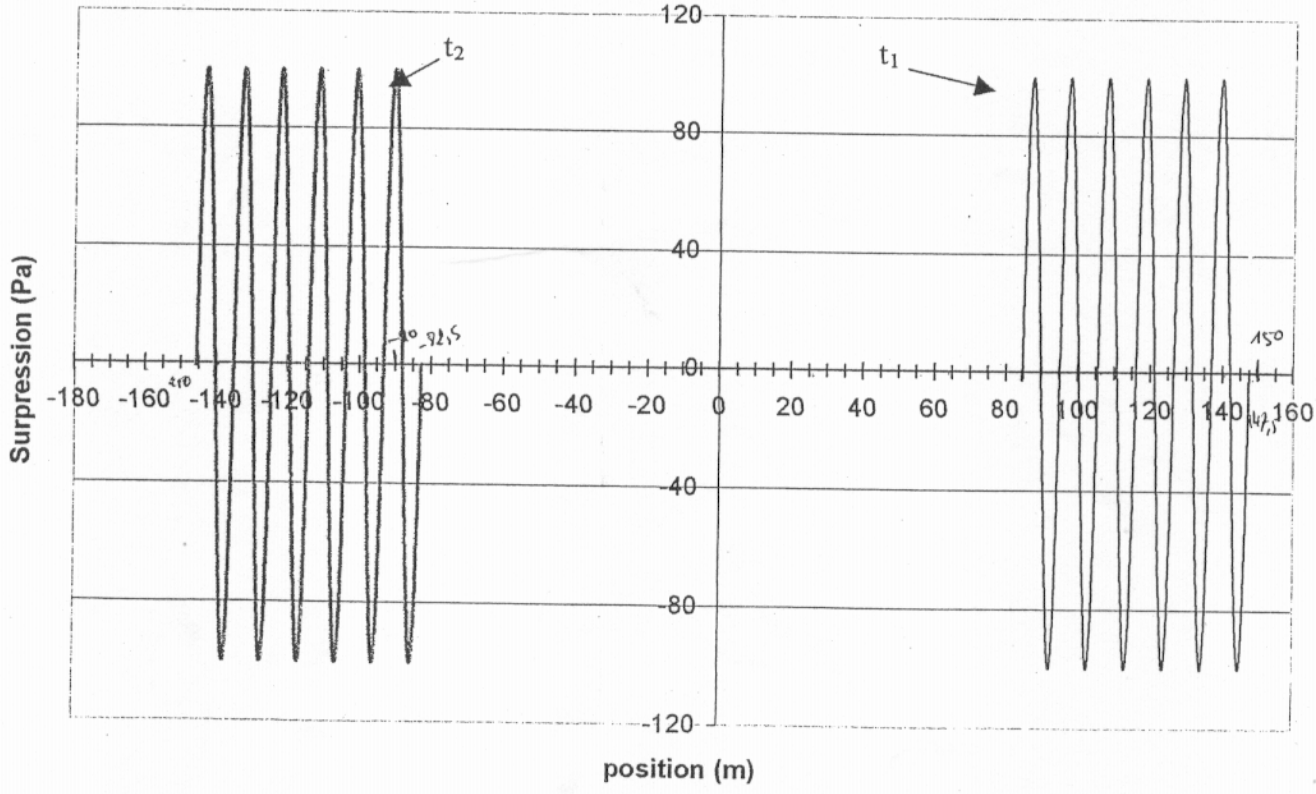


Figure 1 : Images de la surpression aux instants t_1 (trait fin) et t_2 (trait gras).

Corrigé – barème Interro Physique n°3 du 1 » Décembre 2004

Exercice 1

1.

1.1 $E = (r+R)i + u$ 0,25

et $i(t) = C\frac{du(t)}{dt}$ 0,25

Equation différentielle vérifiée par u(t) : $\boxed{(R+r)C\frac{du(t)}{dt} + u(t) = E}$ 0,5

1.2 Régime transitoire : $\boxed{u(t) = Ke^{-\frac{t}{(R+r)C}}}$ 0,25

Régime forcé : $u = E$ 0,25

Condition initiale : $u(0) = 0$ donc $K = -E$ 0,25

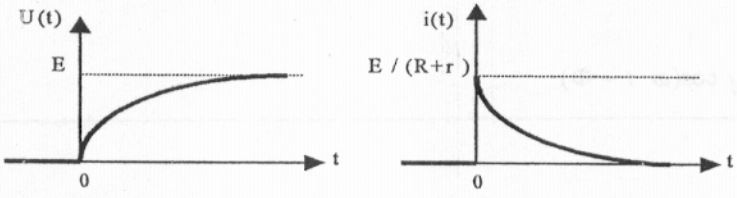
$\boxed{u(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{(R+r)C}})}$ 0,25

1.3 $\tau = (R+r)C$ 0,25

τ caractérise la rapidité de l'évolution temporelle de la tension u(t) pour « atteindre » le régime forcé. Pour $t = 3\tau$, u(t) ne diffère plus de sa valeur en régime permanent que de 5 %. 0,25

1.4 $i(t) = C\frac{du(t)}{dt}$ donc $\boxed{i(t) = \frac{E}{R+r}e^{-\frac{t}{\tau}}}$ 0,25

1.5 Représentations de u(t) et i(t)



0,5 + 0,5

1.6 *Application numérique* $\tau = 16{,}5$ ms 0,25

1.7 Au bout d'un temps infini :

l'énergie fournie par le générateur vaut $W_G = \int_0^{+\infty} E\, i(t)\, dt = CE^2$ 0,5

l'énergie électrostatique emmagasinée par le condensateur vaut

$W_C = \int_0^{+\infty} u(t)\, i(t)\, dt = \frac{1}{2}QE = \frac{1}{2}CE^2$ 0,25

l'énergie dissipée par effet Joule dans (R+r) vaut $W_J = \int_0^{+\infty} (R+r)\, i^2(t)\, dt = \frac{1}{2}CE^2$ 0,5

Au bout d'un temps infini, l'énergie fournie par le générateur est emmagasinée pour moitié par le condensateur et dissipée par effet Joule pour l'autre moitié. 0,25

2. **2.1** L'équation différentielle s'écrit : $RC\frac{du(t)}{dt} + u(t) = 0$

régime transitoire : $\boxed{u(t) = Ke^{-\frac{t}{\tau'}}}$ avec $\tau' = RC$ 0,25

régime forcé : $u = 0$ 0,25

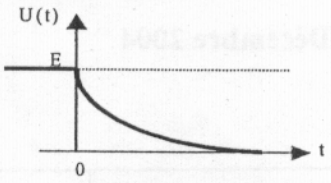
conditions initiale : $u(0) = E$ 0,25

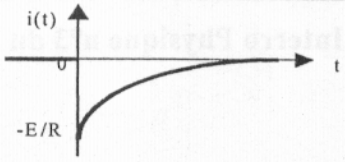
$\boxed{u(t) = E\,e^{-\frac{t}{\tau'}}}$ avec $\tau' = RC$ 0,25

2.2

$\boxed{i(t) = C\frac{du(t)}{dt} = -\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}}$ 0,25

2.3 Représentations de u(t) et i(t)





0,25 + 0,25

2.4 Lors de la décharge, l'énergie que le condensateur avait emmagasinée est dissipée par effet Joule à travers la résistance R. 0,25

3. a) $\boxed{(R+r)C\frac{du(t)}{dt}+u(t)=e}$

Régime transitoire : $\boxed{u(t) = K(e^{-\frac{t}{\tau}})}$ avec $\tau = (R + r)C$ 0,25

Régime forcé : $\underline{i}=jC\omega\underline{u}$ soit $j(r+R)C\omega\underline{u}+\underline{u}=\underline{e}$

Soit $\underline{u}=\frac{\underline{e}}{1+j(r+R)C\omega}$ 0,5

En posant $u = U_M \cos(\omega t - \Phi)$

$$U_M = \frac{E_M}{\sqrt{1+(r+R)^2C^2\omega^2}}$$ 0,5

$$\Phi = \arctan(r+R)C\omega$$ 0,5

$$u = Ke^{-\frac{t}{\tau}} + U_M\cos(\omega t - \Phi)$$

à $t = 0$, $u=0$ donc $K = U_M\cos\Phi$ 0,25

donc $u = U_M e^{-\frac{t}{\tau}} + U_M\cos(\omega t - \Phi)$ 0,5

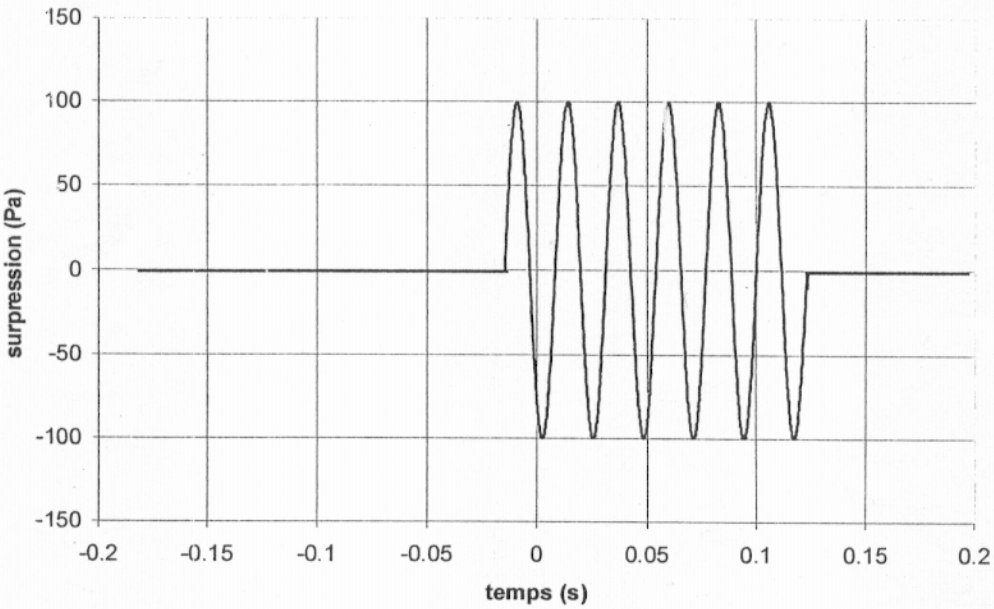
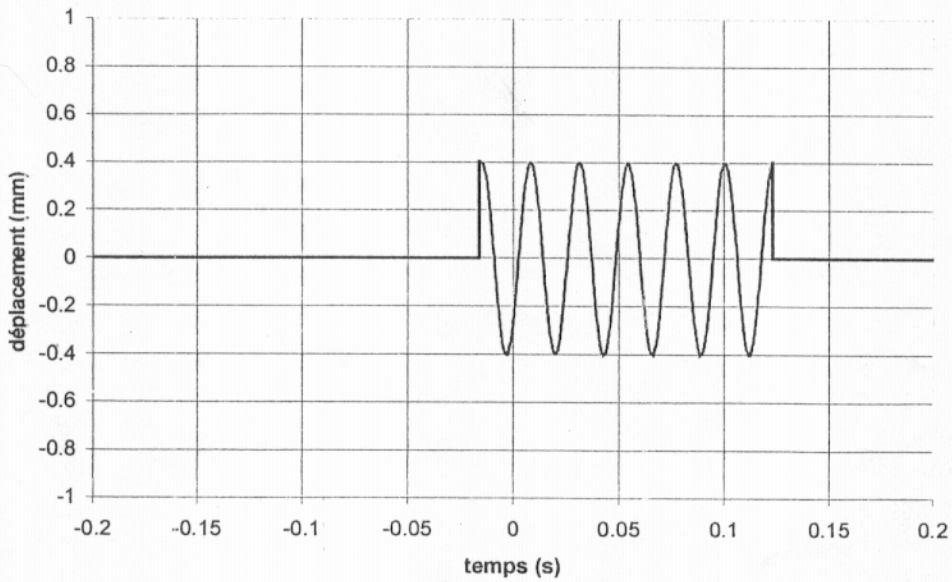
TOTAL **10 points**

Questions de cours :

1) Vague ↔ mécanisme de gravité Ride ↔ effet de la tension de surface.	**0,5** **0,5**
2) Onde **sphérique convergente** *Si "r décroissant" au lieu de "convergente" noter 0,25/0,5*	**0,25 + 0,5**
3) Onde d'électrons – application à la diffraction ou à l'examen de la structure cristallographique	**0,5 + 0,25**
Total :	**2,5**

Exercice 3 :

1) $V = \Delta x/\Delta t = 460$ m/s $\lambda = 10,5$ m $f = c/\lambda = 44$ Hz $Z = \rho_0 V = 920$ rayls	**0,5** **0,5** **0,5** **0,25+0,25**
2) $x_0 = 85 + 46 = 177$ m	**0,5**
3) $p = P_M \cos[2\pi f(t-t_0)+2\pi(x-x_0)/\lambda - \pi/2)]$ (dans le domaine du train d'onde) noter 0,25 pour chacun des éléments suivants : $2\pi f(t-t_0)$, signe + (propagation dans le sens x décoissant), $2\pi(x-x_0)/\lambda$, $-\pi/2$ (avec fonction cos)	**4*0,25**
4) Instant de début des oscillations (en $x = 0$) $= t_d = - 0,4 + x_0/V = - 0,015$ s Instant de fin des oscillations $= t_f = t_d + 6*T = + 0,12$ s Sur le graphe $p = f(t)$ noter **sens** correct de début et de fin des oscillations $\partial u/\partial t = - p/Z$ (0,25 pour le signe) u se déduit de $\int \partial u/\partial t$ Amplitude $U_M = P_M/(Z\omega) = 0,4$ mm *(peut être noté directement sur le graphe)*	**0,5** **0,5** **0,5** **0,5 + 0,25** **0,25** **0,25+0,25**

Sur le graphe u = f(t) noter **début et fin tronquées correctement** + **signe** correct de début et de fin des oscillations. La réalisation de u(t) nécessiterait un déplacement instantané ce qui est impossible à réaliser.	**0,25+0,25** **0,25**
5) Puissance instantanée = $\gamma_i = Sp^2/Z$ $E = S\int_{6T} (p^2/Z)dt$ $= 3TSP_M^2/Z$ $= 0,95\ 10^{-4}$ J *Noter 0 toute autre expression fournie exacte (puissance ou intensité moyenne en régime sinusoïdal par exemple) ou erronée*	**0,25** 0,5 bonus 0,5 bonus 0,5 bonus
Total	**7,5**

TOTAL **10 points**