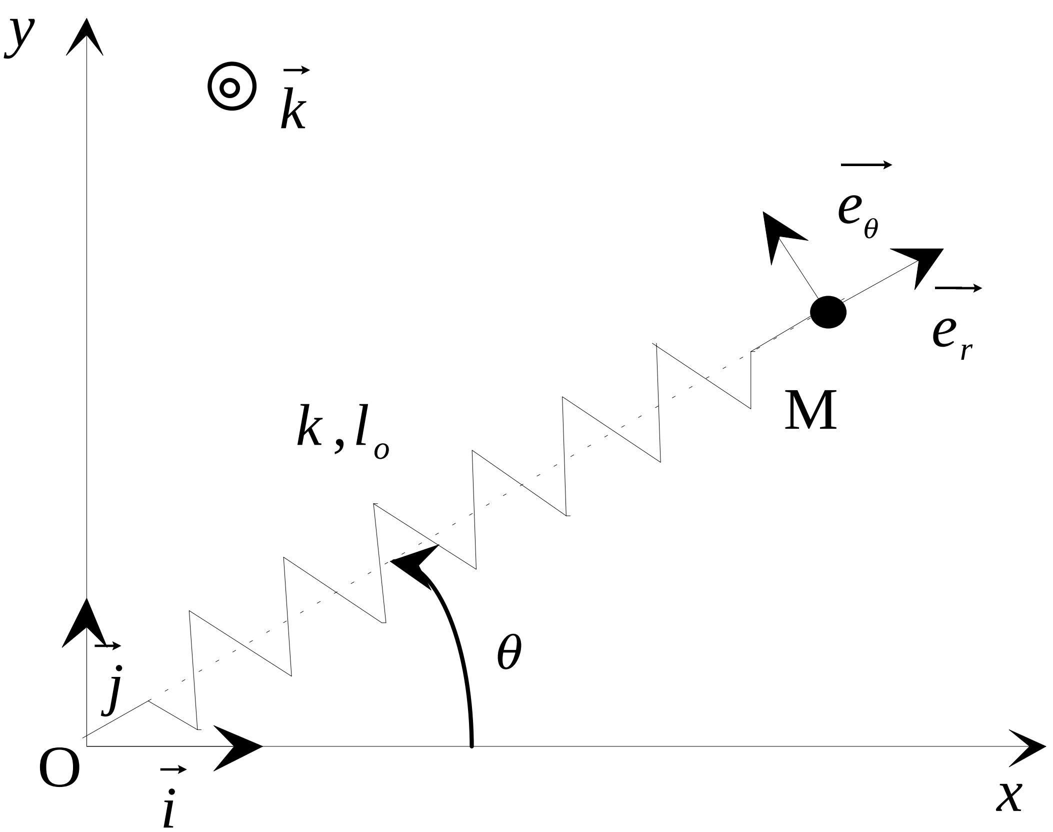
Analogies et différences

Les 3 problèmes de physique sont indépendants. De même, les parties sont indépendantes sauf pour les questions B-6 et F-2-6 . Les questions peuvent être traitées dans l'ordre choisi par le candidat. Il prendra toutefois soin de bien numéroter les questions.

PHYSIQUE I : Etude d'un ressort dans 2 référentiels

Attention : Ce n'est pas une étude comparée dans les deux référentiels.

A- Etude dans le référentiel R du laboratoire :



Le mouvement est étudié dans le référentiel du laboratoire assimilé à un référentiel galiléen et associé à un repère (O, $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$). Un palet M de masse m peut se mouvoir sans frottement dans le plan (O, x, y) horizontal (table à coussin d'air par exemple). Le champ de pesanteur est suivant la verticale Oz : $\vec{g} = -g\vec{k}$.

La masse m est accrochée à l'extrémité d'un ressort (point M) de longueur à vide l_o, de raideur k, dont l'autre extrémité est fixée en O. La position de M est repérée dans la base $(\vec{i}, \vec{j})$ par $\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$ ou dans la base $(\vec{e_r}, \vec{e_\theta})$ par $\overrightarrow{OM} = r\vec{e_r}$.

A-1 Faire un bilan des forces. Montrer qu'il y a conservation du moment cinétique, $\overrightarrow{L_o}$ par rapport à O.

A-2

A t=0, la masse est lâchée, sans vitesse initiale d'une longueur $1,2l_0$: $\overrightarrow{OM}(t=0) = 1,2l_0\vec{i}$.

A-2-1 Calculer $\overrightarrow{L_o}$. Quelle est la nature de la trajectoire ?

A-2-2 Déterminer l'évolution temporelle de la longueur du ressort, $l(t) = OM(t)$. Préciser l'intervalle de variation de l, longueur du ressort.

A-3

On lance la particule d'un point $\overrightarrow{OM_o} = \overrightarrow{OM}(t=0) = l_1\vec{i}$, avec une vitesse initiale $\vec{v_o} = l_1\omega\vec{j}$, orthogonale à $\overrightarrow{OM_o}$. Dans la suite, on travaillera en coordonnées polaires dans le plan (O, x, y).

A-3-1 Préciser $\overrightarrow{L_o}$ en fonction r et $\frac{d\theta}{dt}$ puis en fonction des conditions initiales et des vecteurs de base. On notera L, le module de $\overrightarrow{L_o}$.

A-3-2 Rappeler l'expression de l'énergie potentielle élastique.

Doit-on tenir compte de l'énergie potentielle de pesanteur pour étudier le mouvement ?

Montrer qu'il y a conservation de l'énergie mécanique, E_m.

Préciser l'expression de E_m :

- en fonction des conditions initiales,
- en fonction de r, $\frac{dr}{dt}$, $\frac{d\theta}{dt}$, m, k et l_o.

A-3-3 Montrer que l'énergie mécanique peut s'écrire : $E_m = \frac{1}{2}m\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + E_{eff}(r)$.

Préciser l'expression de $E_{eff}(r)$. Tracer l'allure de $E_{eff}(r)$.

A-3-4 La masse peut-elle s'éloigner indéfiniment du pôle d'attraction ?

A-3-5 La vitesse de la particule peut-elle s'annuler au cours de son mouvement ?

A-3-6 La particule peut-elle passer par le centre d'attraction au cours de son mouvement ?

A-4

On cherche à déterminer une condition entre l_1 et ω pour avoir un mouvement circulaire.

A-4-1 Montrer que dans ce cas, le mouvement est uniforme.

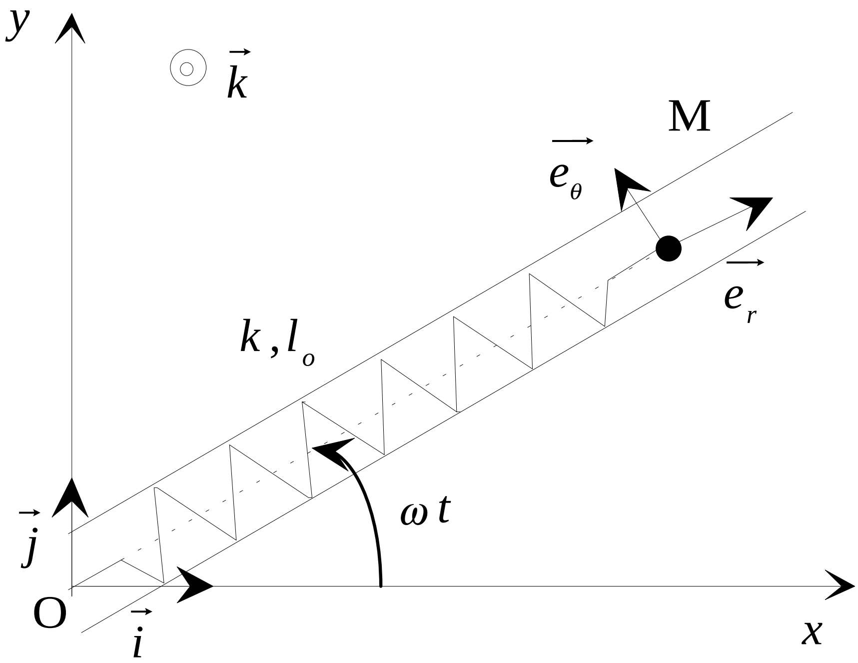
A-4-2 Déterminer l_1 en fonction de k, l_o et ω. Est-elle valable pour tout ω ?

B - Etude dans un référentiel R' en rotation uniforme autour d'un axe fixe :

Le mouvement est étudié dans le référentiel R' en rotation uniforme autour d'un axe Oz fixe, de vecteur vitesse $\vec{\Omega} = \omega \vec{k}$, et associé au repère $(O, \vec{e_r}, \vec{e_\theta}, \vec{k})$.

On considère une particule M de masse m pouvant se mouvoir sans frottement le long de l'axe $\left(O, \vec{e_r}\right)$. Le champ de pesanteur est toujours suivant la verticale Oz : $\vec{g} = -g\vec{k}$.

La masse m est accrochée à l'extrémité d'un ressort (point M) de longueur à vide l_o, de raideur k, dont l'autre extrémité est fixée en O. La position de M est repérée dans la base $(\vec{e_r}, \vec{e_\theta})$ par $\overrightarrow{OM} = r\vec{e_r}$.



B-1 Préciser les expressions vectorielles des forces d'inertie dans la base $(\vec{e_r}, \vec{e_\theta}, \vec{k})$.

B-2 Montrer que la force d'inertie d'entraînement dérive d'une énergie potentielle $E_{pf_{ie}}$ que l'on précisera.

B-3 En est-il de même pour la force d'inertie de Coriolis ou complémentaire ?

B-4 Déterminer l'énergie potentielle totale. Tracer l'allure de $E_p(r)$. On distinguera les 3 cas possibles selon la valeur de ω.

B-5 Déterminer la longueur l_2 correspondant à la position d'équilibre dans le référentiel R'.

A quelle condition sur ω le résultat est-il possible ? Cet équilibre est-il stable ?

Quel est alors le mouvement dans le référentiel du laboratoire ?

B-6 Comparer l_2 à l_1 du paragraphe précédent. Conclusion.

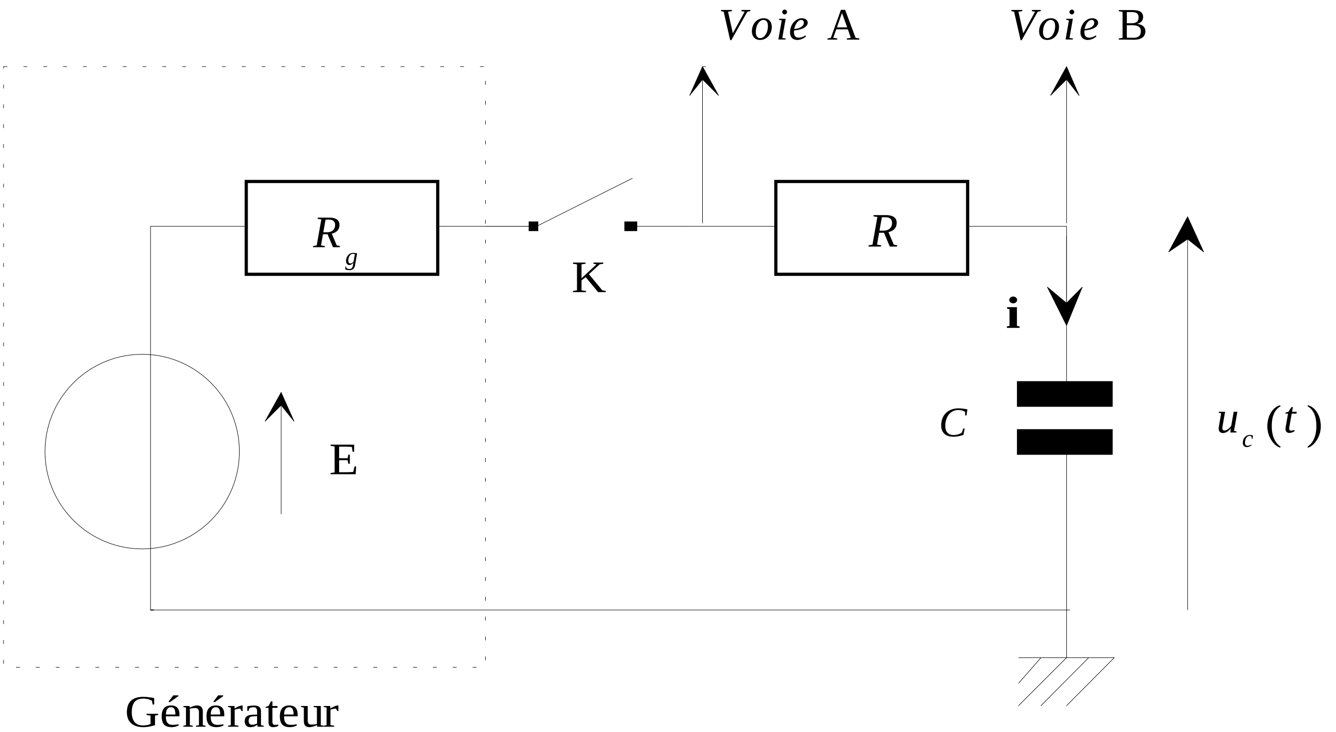
Physique II : Transitoires thermiques et électriques

C - Transitoire électrique :

Un dipôle comporte entre ses bornes un résistor de résistance R et un condensateur de capacité C placés en série.

On le place aux bornes d'un générateur de force électromotrice E et de résistance interne R_g en série avec un interrupteur K.

Initialement, le circuit est ouvert et le condensateur déchargé. Soit u_c, la tension aux bornes du condensateur. A l'instant t=0, on ferme l'interrupteur, K.



C-1 Déterminer, sans calcul et en le justifiant $u_c(0^+)$, $i(0^+)$.

C-2 Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit $u_c(t)$.

C-3 Déterminer la constante de temps τ du circuit, et donner son interprétation physique.

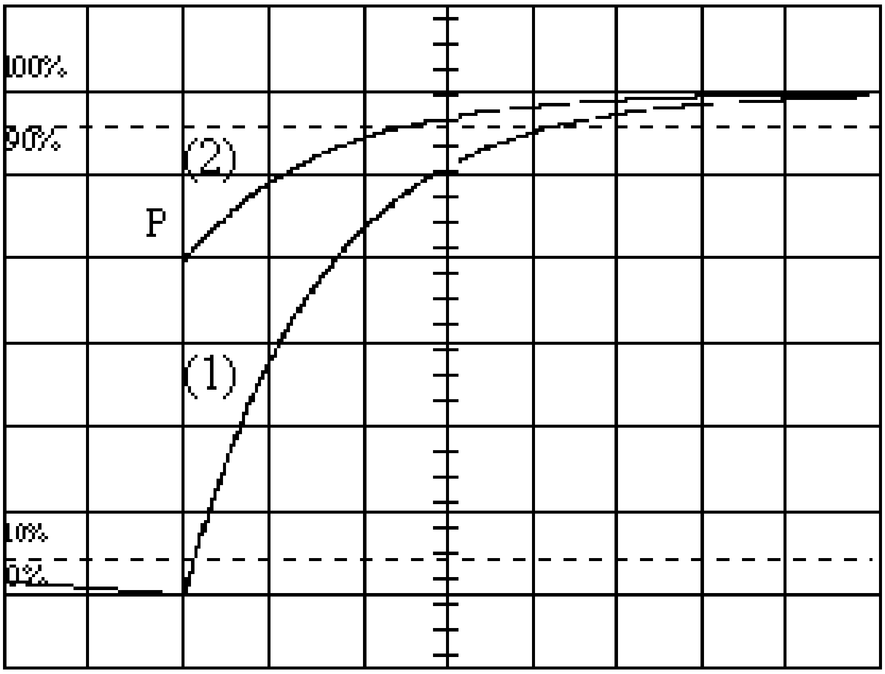
C-4 Etablir l'expression de $u_c(t)$.

C-5 Déterminer l'expression de t_1 pour que $u_C = 0,9E$.

Dans l'étude expérimentale du circuit RC, on observe l'oscillogramme ci-dessous en utilisant un générateur délivrant des signaux créneaux.

Les sensibilités sont : 1V/carreau vertical ; 0,1 ms/carreau horizontal .

On néglige les caractéristiques de l'oscilloscope.



C-6 Identifier les courbes (1) et (2) aux voies A et B en justifiant votre choix.

C-7 Doit-on être sur le couplage alternatif AC ou le couplage continu DC ?

C-8 Préciser l'expression de la tension au point P. Sachant que R =100 Ω, déterminer R_g .

C-9 En déduire la valeur de C et E .

C-10 Estimer une majoration de la fréquence du signal carré utilisé.

C-11 Comment pourrait-on observer l'intensité ?

D- Transitoire thermique :

On donne : $m = 200 g$; $c = 4{,}18\ J/K/g$; $\Gamma = 50\ J/K$;
On rappelle que $T(K) = T(°C) + 273{,}15$.

Dans un calorimètre de capacité thermique Γ à la température extérieure, T_{ext}, on verse une masse m d'eau à la température extérieure, T_{ext} et on plonge une résistance chauffante de valeur R, alimentée sous une tension continue U .

On considérera comme système {eau-calorimètre}
On note T la température, t le temps et c la capacité thermique massique de l'eau.
On admet de plus que les fuites thermiques peuvent se traduire par une puissance de perte $p = k(T - T_{ext})$.

D-1 A quelle variation de fonction d'état s'identifie δQ.

D-2 Faire un bilan d'énergie pendant un intervalle de temps dt. Montrer que $\frac{dT}{dt} + \frac{T}{\tau} = \frac{T_M}{\tau}$.

Exprimer τ et T_M en fonction de m , c , Γ , U , R , k et T_{ext} .

Quelle est l'interprétation physique de T_M ?

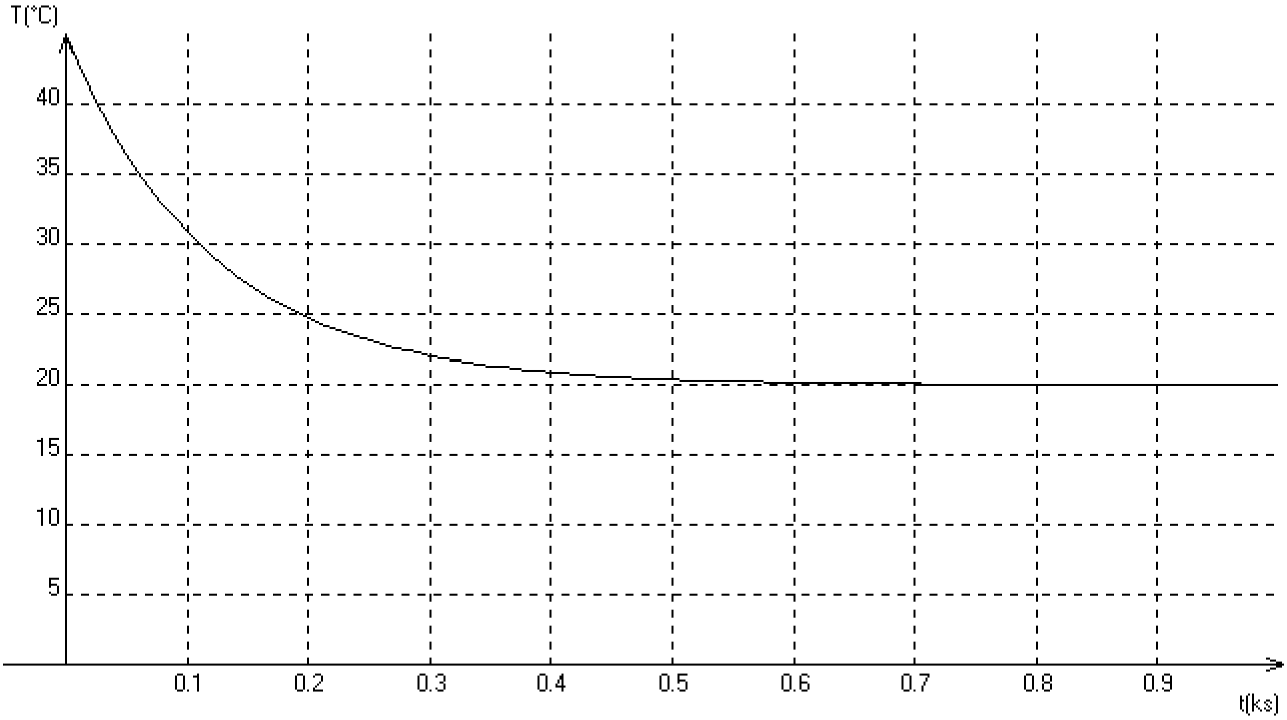
On coupe le chauffage. On négligera la capacité thermique de la résistance chauffante.

D-3 Refaire un bilan d'énergie pendant un intervalle de temps dt. En déduire $T(t)$.

On notera $T_o = T(0)$, la température à l'instant t=0.

D-4 On enregistre grâce à une interface la température $T(t)$ au cours du refroidissement.

Déterminer sur l'enregistrement τ et T_{ext}. En déduire k.



D-5 En déduire, littéralement puis numériquement entre les instants initial et final :

- la variation d'entropie pour le calorimètre, $\Delta S_{calorimètre}$;
- la variation d'entropie pour l'eau, ΔS_{eau} ;
- l'entropie échangée, S_e ;
- l'entropie créée, S_C ;

Conclusion.