

## PHYSIQUE-CHIMIE. DEVOIR SURVEILLÉ 8 (D)

Jeudi 19/02/2026. Durée : 2h

### CONSIGNES

- ▷ **La calculatrice est autorisée.** Les autres outils électroniques (téléphone, tablette...) et documents papier sont strictement interdits. Un brouillon est autorisé.
- ▷ Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.
- ▷ Ne pas utiliser de correcteur.
- ▷ Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.
- ▷ Numéroté les pages de votre composition.

Le sujet se compose de trois parties complètement indépendantes.

### Partie I - Oscillations électriques entretenues

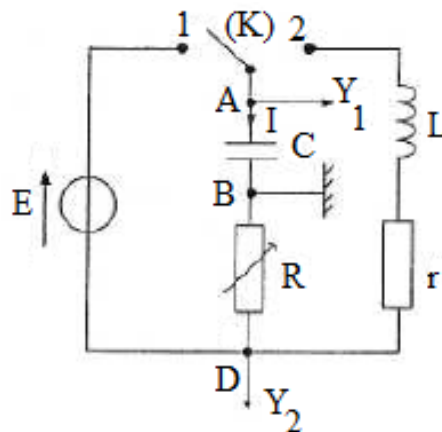
Au cours d'une séance de travaux pratiques, un étudiant réalise le circuit schématisé ci-dessous.

Ce circuit est constitué des éléments suivants :

- un générateur délivrant une tension continue constante de valeur  $E = 4,0V$  ;
- une résistance  $R$  réglable ;
- un condensateur de capacité  $C = 2,0\mu F$  ;
- 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.



On étudie la charge du condensateur. À l'instant de date  $t = 0$ , le condensateur est déchargé et on bascule le commutateur en position 1.

**Q1.** Représenter, sur la figure 2 en annexe, par des flèches :

— la tension  $u_{DB}(t)$  aux bornes de la résistance ;

— la tension  $u_{AB}(t)$  aux bornes du condensateur.

**Q2.** Établir et mettre sous forme canonique l'équation différentielle vérifiée par  $u_{AB}(t)$ .

**Q3.** Résoudre cette équation différentielle en tenant compte de la condition initiale. Représenter graphiquement  $u_{AB}(t)$  en faisant figurer la tangente à l'origine, l'asymptote aux temps longs et un temps caractéristique  $\tau$ .

**Q4.** Déterminer l'expression littérale  $E_{e,max}$  de l'énergie électrique maximale stockée dans le condensateur et calculer sa valeur.

Une fois le condensateur chargé, l'étudiant 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.

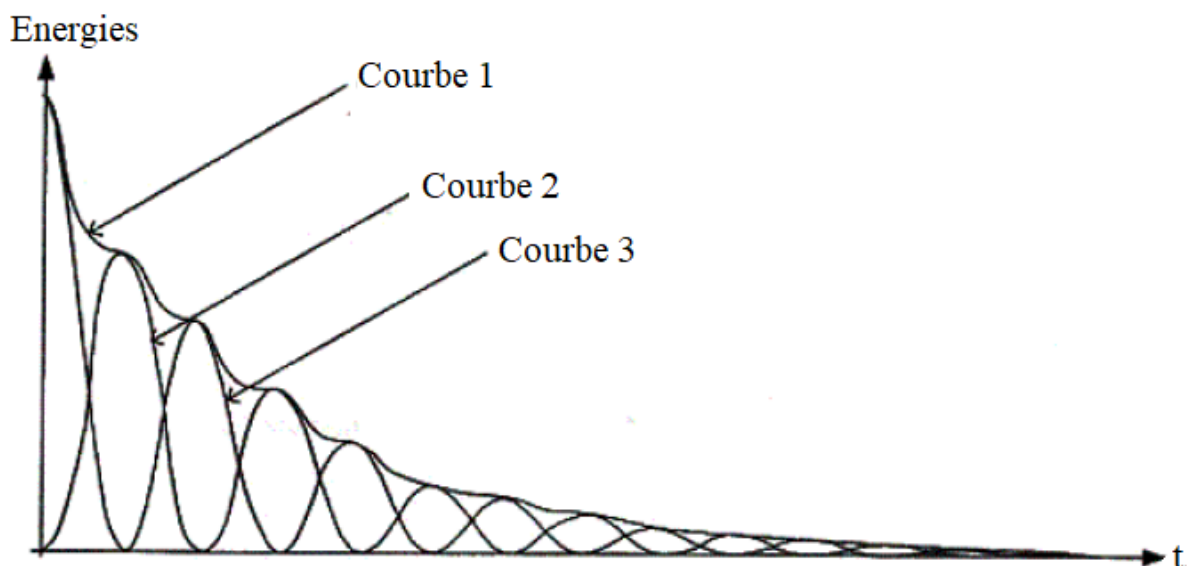
Après transfert des données vers un tableur-grapheur, l'étudiant souhaite étudier l'évolution des différentes énergies au cours du temps.

**Q5.** Exprimer littéralement, en fonction de  $i(t)$ , l'énergie magnétique  $E_m$  emmagasinée dans la bobine.

**Q6.** 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.

**Q7.** En déduire l'expression de l'énergie totale  $E_T$  du circuit en fonction des tensions  $u_{AB}(t)$  et  $u_{DB}(t)$ .

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



**Q8.** Identifier chaque courbe en justifiant. Quel phénomène explique la décroissance de la courbe 1 ?

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

**Q9.** Tracer sur la figure 3 en annexe, à rendre avec la copie, les deux courbes manquantes. Préciser ce que chacune des trois courbes représente. Expliquer pourquoi le dispositif ajouté est qualifié de "résistance négative" et exprimer sa résistance  $R_N$ .

## Partie II - Suspension de voiture

Les suspensions d'un véhicule ont pour objectif principal d'assurer la meilleure tenue de route possible, de façon à garantir la sécurité des occupants. Il existe de nombreux types de suspensions dont le rôle est notamment de contrôler le déplacement vertical d'un véhicule. Par la suite, nous allons nous intéresser aux suspensions à ressorts disposant d'amortisseurs rhéomagnétiques.

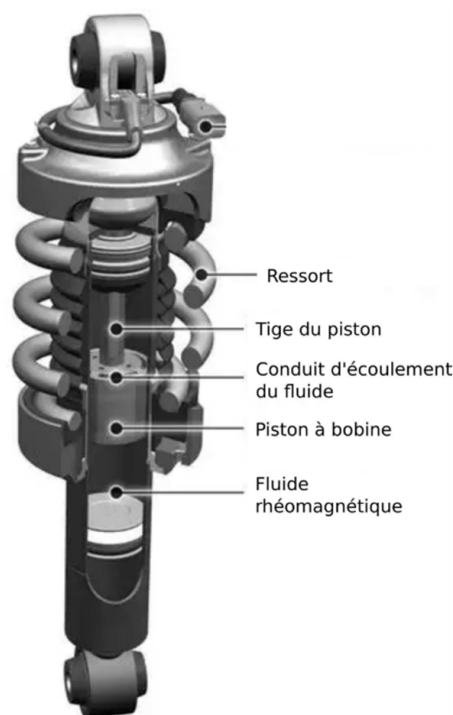


FIGURE 1 – Schéma d'une suspension à ressort avec amortisseur rhéomagnétique

Différents éléments participent à l'amortissement mais tous les effets seront ramenés au niveau des suspensions dont seul le déplacement vertical est étudié. L'étude est menée en référentiel galiléen et l'on note  $\vec{g} = -g\vec{e}_z$  l'accélération du champ de pesanteur.

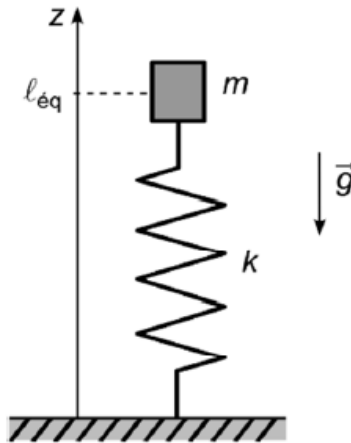
**Q10.** Le référentiel de Copernic, centré sur le centre de masse du système solaire, est supposé galiléen. Rappeler la définition d'un référentiel galiléen. Préciser le lien qui

existe entre deux référentiels galiléens, puis donner une condition pour qu'un référentiel terrestre puisse être considéré galiléen.

Le véhicule, de masse  $M$ , repose de façon équivalente sur quatre amortisseurs supposés identiques. On note  $m$  la masse supportée par un seul amortisseur.

**Q11.** Quelle masse  $m$  supporte un amortisseur ?

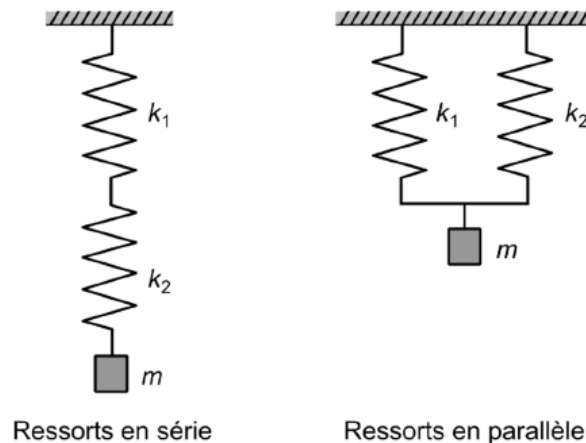
On modélise la suspension sans amortisseurs d'une voiture par un ressort de constante de raideur  $k$  et de longueur à vide  $l_0$ , sur lequel repose la masse  $m$  (voir figure ci-dessous).



**Q12.** En vous appuyant sur des arguments physiques et une analyse dimensionnelle, proposer une expression pour la longueur à l'équilibre du ressort,  $l_{eq}$ , en fonction de  $g$ ,  $k$ ,  $l_0$  et  $m$ . Démontrer ensuite cette relation par un raisonnement énergétique dans le cadre d'un mouvement conservatif à un degré de liberté.

**Q13.** Donner sans justification, en fonction de  $k$  et de  $m$ , l'expression de la pulsation propre  $\omega_0$  du système.

Une association simple de deux ressorts peut se faire en série ou en parallèle (voir figure ci-dessous).



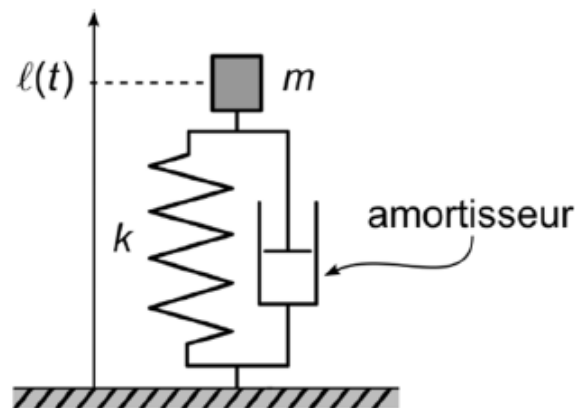
Soient deux ressorts de longueur à vide identique  $l_0$  et de constantes de raideur  $k_1$

et  $k_2$ . Selon l'association réalisée, la constante de raideur équivalente vaut  $k_s$  en série ou  $k_p$  en parallèle.

**Q14.** Démontrer que  $k_p = k_1 + k_2$ . Proposer, sans justification, une expression pour  $k_s$  en fonction de  $k_1$  et  $k_2$ .

**Q15.** Les quatre amortisseurs étant supposés identiques, donner l'expression de la constante de raideur équivalente  $k_v$  de l'ensemble du véhicule, en fonction de la constante de raideur  $k$  de l'un d'entre eux. En déduire l'expression de la pulsation propre de la voiture  $\Omega_0$  en fonction de  $\omega_0$ .

Pour le confort des occupants du véhicule, il est préférable d'en réduire rapidement les oscillations. Pour ce faire, la suspension comporte un dispositif amortisseur (voir figure ci-dessous) qui exerce une force de frottement fluide  $\vec{F}_f$ .



La force de frottement fluide s'écrit :

$$\vec{F}_f = -h \frac{dz}{dt} \vec{e}_z$$

avec  $z(t) = l(t) - l_0 + \frac{mg}{k}$  la variable repérant la position de la masse  $m$  à partir de sa position d'équilibre.

**Q16.** Montrer que l'équation différentielle du mouvement vertical d'un amortisseur de la voiture soutenant la masse  $m$  se met sous la forme :

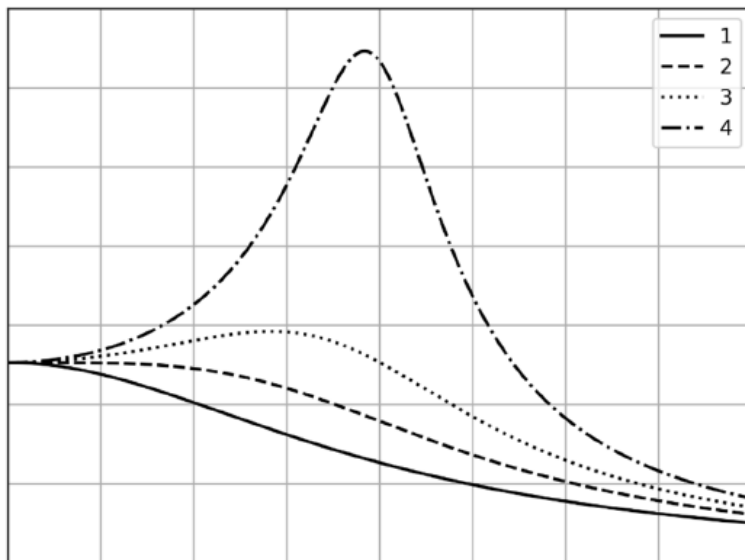
$$\frac{d^2 z}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{dz}{dt} + \omega_0^2 z = 0$$

et déterminer les expressions de  $\omega_0$  et  $Q$  en fonction de  $k$ ,  $h$  et de  $m$ .

**Q17.** En déduire, en fonction de  $h$  et de  $m$ , la valeur limite  $k_c$  de  $k$  permettant le retour le plus rapide du système à sa position d'équilibre et nommer le régime correspondant.

**Q18.** À la construction du véhicule, le régime d'oscillations correspond au régime apériodique. Si l'on charge trop le véhicule, existe-t-il un risque de passer en régime pseudo-périodique ?

L'amortisseur a été soumis à une excitation sinusoïdale de fréquence variable et l'amplitude des oscillations obtenues a été enregistrée pour différentes valeurs de  $m$ , ce qui a permis d'obtenir les courbes de résonance de la figure ci-dessous.



**Q19.** Proposer des grandeurs pour l'axe des abscisses et des ordonnées de la figure ci-dessus.

**Q20.** Expliquer quelle courbe correspond à la masse la plus élevée.

### Partie III - Le pendule du professeur Tournesol

Le professeur Tournesol est un des personnages principaux de la série de bandes dessinées Tintin.



**Q21.** Estimer la période d'oscillation du pendule du professeur Tournesol.

**FIN**

## Annexe à rendre avec la copie

### 1. Étude énergétique du condensateur

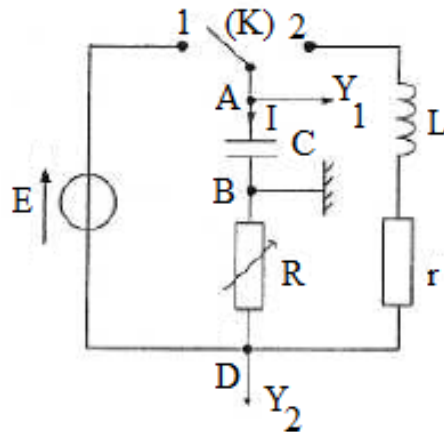


FIGURE 2 – Figure pour la question **Q1**

### 2. Entretien des oscillations

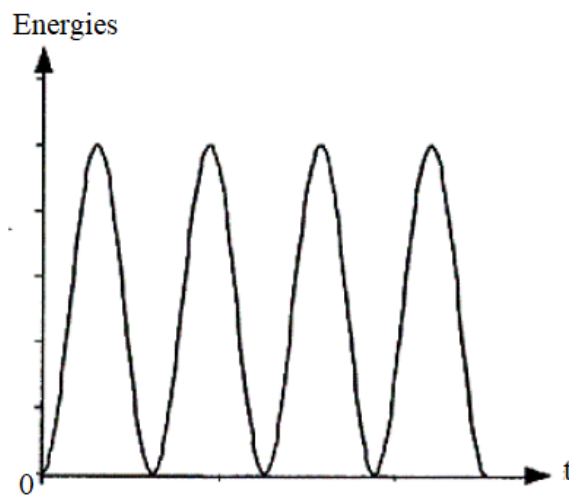


FIGURE 3 – Figure pour la question **Q9**

