D.S. DE PHYSIQUE N°1

Durée 2h00

De nombreuses questions sont indépendantes ou proches du cours !

Lire tout l'énoncé avant de commencer, **numéroter** les feuilles et les questions, utiliser les **notations de l'énoncé**, apporter des **justifications** brèves mais précises et complètes, fournir des résultats **homogènes et** $\boxed{\textbf{encadrés}}$ et des applications numériques **soulignées** et accompagnées d'une **unité.**

Calculatrice INTERDITE

PROBLEME 1 : SOLIDE SUR UN PLAN INCLINE (ENVIRON 33 % DU BAREME)

On s'intéresse au mouvement d'un solide, considéré comme un point matériel *M* de masse *m*, lâché sans vitesse initiale au point O, et qui glisse sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale : **figure 1** ci-dessous. On néglige toute force de frottement dans un premier temps.

Données : $m = 2$ kg ; $g = 10$ m.s^{-2} ; $\alpha = 30°$; $L = OA = 10$ m

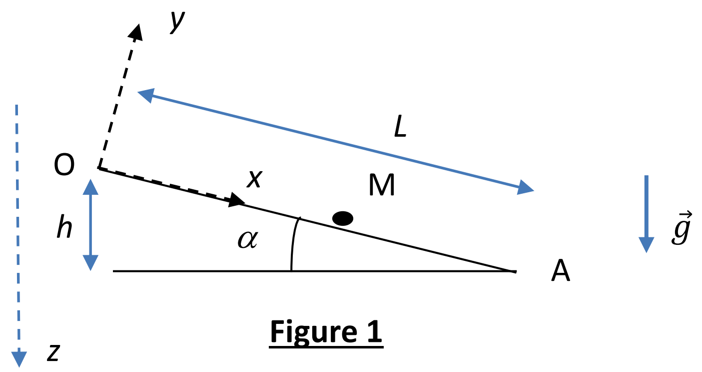


Figure 1

A) Etude par le PFD

1) Reproduire le schéma sur votre copie en y représentant les Actions Mécaniques Extérieures (forces) appliquées au système de masse *m*. Nommer et décrire les forces représentées.
2) Donner les expressions des forces précédentes dans le repère *(O, x, y).*
3) Le mouvement est-il unidirectionnel ? Justifier.
4) Appliquer le PFD (ne pas oublier de préciser le Référentiel et le Système) et établir l'expression de l'accélération $a(t) = \ddot{x}(t) = a_0$ selon l'axe x. De quel type de mouvement s'agit-il ?
5) Donner les expressions de la vitesse $v(t) = \dot{x}(t)$ selon l'axe x, puis la position $x(t)$.

B) Etude énergétique

On s'intéresse au mouvement du point matériel du point O jusqu'au point A situé à une distance *L = OA* du point O (**figure 1**).

6) Donner l'expression de *h*, en fonction de *L* et α. Faire l'application numérique.

7) En considérant l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} comme nulle au point O, donner l'expression de E_{PP} au point A (l'axe vertical est gradué vers le bas), en fonction de m, g et h.
8) Donner l'expression de l'énergie cinétique E_C du point matériel.

On rappelle l'expression de l'énergie mécanique : $E_m = E_C + E_{PP}$.

9) En appliquant la conservation de l'énergie mécanique entre les points O et A, déterminer l'expression de la vitesse $v(A)$, en fonction de g et h. Vérifier l'homogénéité du résultat. Faire l'application numérique.
10) Donner les expressions des travaux de chaque force entre les points O et A.
11) Retrouver le résultat du 9) en appliquant le Théorème de l'Energie Cinétique.

C) Prise en compte d'une force de frottement fluide

On prend maintenant en compte une force de frottement fluide du type $\vec{f} = -h.\vec{v}$.

12) Représenter cette nouvelle force sur le schéma du A)1).
13) Donner l'expression de cette nouvelle force dans le repère *(O, x, y).*
14) Appliquer le PFD et établir l'équation différentielle de la vitesse $v(t) = \dot{x}(t)$ selon l'axe *x*.

PROBLEME 2 : LE LIEVRE ET LA TORTUE (ENVIRON 35 % DU BAREME)

« Rien ne sert de courir ; il faut partir à point.

Le Lièvre et la Tortue en sont un témoignage ».

Dans la fable de La Fontaine, la tortue défie le lièvre à la course ; celui se moque d'elle, mais elle insiste. Le départ de la course donné, le lièvre

« laisse la Tortue

Aller son train de Sénateur…
Elle se hâte avec lenteur ».

Le lièvre, lui,

« Croit qu'il y va de son honneur
De partir tard. Il broute, il se repose,
Il s'amuse à toute autre chose

À la fin, quand il vit
Que l'autre touchait presque au bout de la carrière,
Il partit comme un trait ; mais les élans qu'il fit
Furent vains : la Tortue arriva la première ».

Nous allons étudier cette course et vérifier qui du lièvre ou de la tortue gagne.

Après avoir fait la sieste sous un arbre à une distance $D = 100,0\ m$ de la ligne d'arrivée, le lièvre de masse $m_l = 3$ kg se réveille et aperçoit la tortue de masse $m_t = 4$ kg qui se trouve à la distance

$d = 50\ cm$ de l'arrivée. Elle file vers le succès dans cette ligne droite avec une vitesse égale à $v_1 = 0{,}36\ km.h^{-1}$.

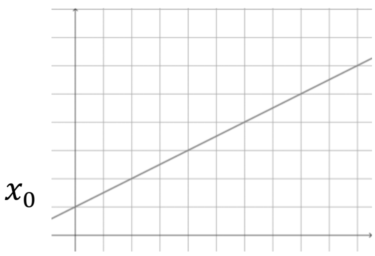
Affolé, le lièvre se met alors à courir avec une accélération égale à $a_2 = 5{,}0\ m.s^{-2}$ jusqu'à atteindre sa vitesse maximale égale à $v_2 = 72\ km.h^{-1}$ et s'y maintenir.

On souhaite vérifier grâce aux indications ci-dessus que la fin de la fable est vraie.

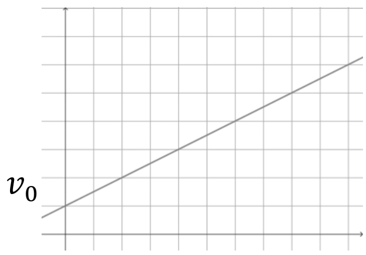
Généralités

1) Préciser le référentiel choisi. Peut-on le considérer comme galiléen ? Justifier.

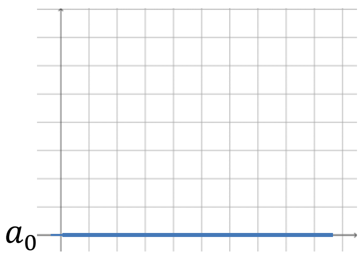
2) On donne ici les allures des courbes représentant les allures des évolutions temporelles des positions, vitesses et accélérations du lièvre et de la tortue, malencontreusement mélangées. Attribuer à chaque animal les courbes qui lui sont associées en justifiant brièvement, sans développer de calculs complets (ni les échelles ni les valeurs initiales ne sont respectées, seules les allures seront discutées).



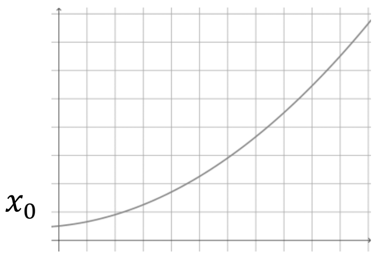
Courbe 1



Courbe 2

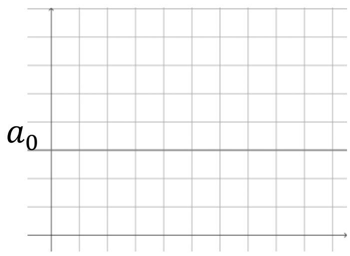


Courbe 3



Courbe 4

Courbe 5



Courbe 6

Étude du mouvement de la Tortue

On souhaite caractériser le mouvement de la Tortue. On repère la position de la Tortue grâce à la variable $x_T(t)$ et on suppose que l'origine de ce repère spatial est au niveau de l'arbre.

À l'instant $t = 0$, le Lièvre se réveille.

3) Faire un schéma faisant apparaître l'origine du repère, l'arbre, la ligne d'arrivée, l'instant initial $t = 0$. Préciser les conditions initiales $x_T(0)$ et $v_T(0) = \dot{x}_T(0)$ relatives au mouvement de la Tortue.

4) Établir l'équation horaire $x_T(t)$ de la Tortue en fonction des données de l'exercice. On attend une <u>expression littérale</u>.

5) Déterminer l'<u>expression littérale</u> de la durée du parcours de la Tortue t_T jusqu'à la ligne d'arrivée. Faire l'application numérique.

Étude du mouvement du Lièvre

En conservant les mêmes repères d'espace et de temps, on souhaite caractériser le mouvement du Lièvre. On appelle t_1 l'instant où le Lièvre atteint sa vitesse maximale et t_L l'instant où il atteint la ligne d'arrivée.

6) Pour le Lièvre, dessiner l'allure des chronogrammes donnant les évolutions de l'accélération $a_L(t)$ et de la vitesse $v_L(t)$ en faisant apparaître les valeurs remarquables.

7) Préciser les conditions initiales $x_L(0)$ et $v_L(0) = \dot{x}_L(0)$ relatives au mouvement du Lièvre. Déterminer, lorsque le Lièvre accélère, l'équation donnant $v_L(t)$, puis l'équation horaire du mouvement $x_L(t)$.

8) En déduire l'<u>expression littérale</u> de t_1 en fonction des données de l'énoncé. Faire l'application numérique. Exprimer <u>littéralement</u> x_1 la distance alors parcourue par le Lièvre. Faire l'application numérique.

En cas d'absence de réponse pour la distance parcourue, vous pourrez prendre pour la fin de l'exercice $x_1 = 60\ m$ (qui n'est pas la réponse attendue).

9) En considérant que la vitesse dans la phase 2 est constante, déterminer l'<u>expression littérale</u> de t_L en fonction des données de l'énoncé. Faire l'application numérique.

10) Conclure sur le problème posé. Préciser le retard du perdant à l'arrivée.

PROBLEME 3: MODELISATION D'UNE SUSPENSION DE VEHICULE (EXTRAIT CONCOURS) (ENVIRON 20 % DU BAREME)

- **QUESTIONS 1 A 3 ET 7 A 9**

Il existe différents types de suspensions et, dans ce problème, nous nous intéresserons à un type très répandu : les suspensions à ressorts. De manière simplifiée, ces suspensions se composent d'un ressort qui assure la liaison entre les roues (masses non suspendues) et la caisse (masse suspendue) et d'un système d'amortissement.

Le but de ce problème est d'étudier certaines caractéristiques des suspensions à ressort. En particulier, nous étudierons les mouvements verticaux du véhicule dans différentes situations : véhicule non amorti, véhicule amorti en régime libre, véhicule se déplaçant sur un sol non plat…
Pour l'ensemble du problème, le référentiel d'étude est le référentiel terrestre considéré comme galiléen.
Le véhicule est soumis au champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$.

Données :
champ de pesanteur : $g = 10$ m.s^{-2}.

Hypothèses :
tout au long du problème, on considèrera que :
- l'extrémité supérieure du ressort est en contact avec le véhicule et l'extrémité inférieure du ressort est reliée à une roue qui se trouve en contact avec le sol ;
- la roue reste en contact avec le sol à tout instant ;
- les dimensions de la roue sont telles qu'on la suppose ponctuelle de sorte qu'elle suit parfaitement le profil de la route, y compris lorsque le sol n'est pas plat.

Première partie : suspension sans amortissement

Le véhicule à vide (masse suspendue) est assimilé à une masse $m = 1{,}0 \times 10^3$ kg.
La suspension est constituée d'un ressort de masse négligeable, de raideur $k = 1{,}0 \times 10^5$ N.m^{-1} et de longueur au repos l_0.

Dans cette première partie, on néglige tout amortissement. On ne s'intéresse qu'au mouvement de translation verticale du véhicule.
La position du véhicule est repérée par sa coordonnée $z(t)$, l'axe Oz étant vertical, orienté vers le haut et muni d'un vecteur unitaire $\overrightarrow{u_z}$ (figure 1).
$z(t)$ représente la coordonnée de l'extrémité supérieure du ressort.
A l'équilibre, en l'absence de tout mouvement vertical, la position du véhicule est repérée par sa coordonnée z_e.

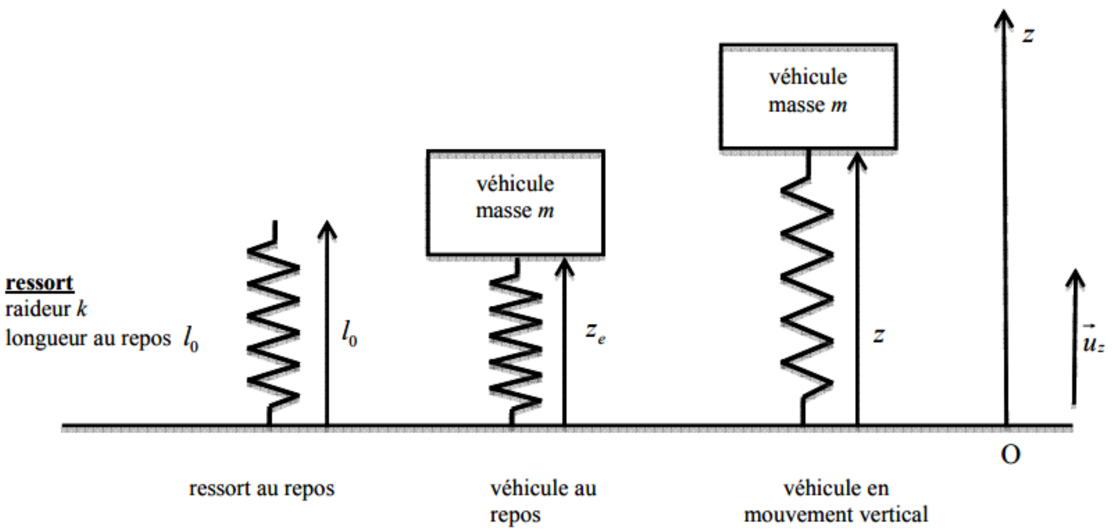


Figure 1 : suspension sans amortissement

1 – Faire le bilan des forces auxquelles le véhicule est soumis lorsqu'il est hors d'équilibre. On détaillera clairement chaque force en indiquant sa direction, son sens et sa norme.

2 – En appliquant le principe d'inertie (première loi de Newton), écrire la relation (équation (1)) entre ces différentes forces lorsque le véhicule est à l'équilibre. En déduire l'expression de la cote z_e à l'équilibre en fonction de m, g, k et l_0.

3 – En appliquant le principe fondamental de la dynamique (deuxième loi de Newton) au véhicule lorsqu'il est hors d'équilibre, déterminer l'équation différentielle (équation (2)) vérifiée par $z(t)$. L'équation (2) reliera les différentes grandeurs z_e, k, m, $z(t)$ et ses dérivées temporelles.

On montrera que l'on peut écrire :

$$\ddot{z}+\frac{k}{m}z=\frac{k}{m}z_e$$

Deuxième partie : suspension avec amortissement

On suppose dans cette partie que la suspension décrite dans la partie précédente comporte maintenant un dispositif qui exerce, sur le véhicule de masse m, une force d'amortissement visqueux donnée par $\vec{F}=-h\vec{v}$ où $\vec{v}$ représente la vitesse verticale du véhicule par rapport à la roue et h un coefficient appelé coefficient de frottement fluide (figure 2).

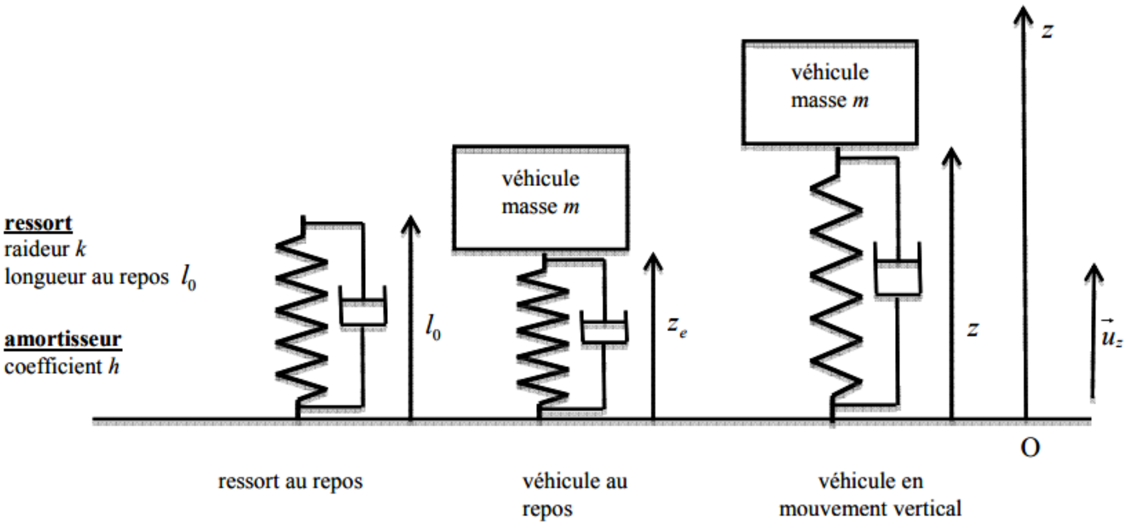


Figure 2 : suspension avec amortissement

7 – Quelle est l'unité de h dans le système international ?
8 – Faire le bilan des forces appliquées au véhicule hors d'équilibre. On détaillera clairement chaque force en indiquant sa direction, son sens et sa norme. Ecrire la relation entre ces différentes forces lorsque le véhicule est à l'équilibre.
9 – En appliquant le principe fondamental de la dynamique (deuxième loi de Newton) au véhicule hors d'équilibre, déterminer l'équation différentielle vérifiée par la coordonnée $z(t)$ au cours du temps. L'équation reliera les différentes grandeurs z_e, k, h, m, $z(t)$ et ses dérivées temporelles.

On montrera que l'on peut écrire :

$$\ddot{z}+\frac{h}{m}\dot{z}+\frac{k}{m}z=\frac{k}{m}z_e$$

PROBLEME 4: PROBLEME OUVERT (ENVIRON 12 % DU BAREME)

Monsieur et Madame Durand partent en vacances à deux voitures avec leurs enfants et leurs animaux.

Monsieur tracte deux chevaux dans un van et roule à 90 km/h sur l'autoroute. Madame décide de suivre Monsieur à 90 km/h, puis décide de s'arrêter faire une pause, tandis que Monsieur continue sa route à la même vitesse.

Après une pause de 15 minutes, Madame reprend la route à 120 km/h, avec l'objectif de rejoindre Monsieur.

Les deux questions qui suivent ne sont pas guidées et nécessitent de l'initiative. Les pistes de recherche doivent apparaître sur la copie et, si elles sont pertinentes, seront valorisées.

1) Au bout de combien de temps Madame rejoint-elle Monsieur ?
2) Combien de km doit-elle parcourir avant de le rejoindre ?

- On pourra mettre en équation les deux mouvements.