

Physique Générale A

Série d'exercices 2: Dynamique - corrigé - 7 octobre 2025

1.) Livre sur une table

- A. Faux. Dans le contexte de ce problème, seules deux forces sont pertinentes : le poids du livre, dirigé vers le bas, et la force normale exercée par la table, dirigée vers le haut. D'autres forces existent théoriquement (gravitation d'autres corps, forces électromagnétiques...), mais elles sont négligeables ici.
- B. Vrai. La table exerce une force de soutien sur le livre, dirigée vers le haut. Cette dernière est opposée au poids du livre : $\vec{F}_{T \rightarrow L} = -m\vec{g}$. Par la troisième loi de Newton, le livre exerce sur la table une force opposée à cette force de soutien, $\vec{F}_{L \rightarrow T} = -\vec{F}_{T \rightarrow L}$.
- C. Faux. Le livre est soumis à la force de gravité et à la force de soutien de la table.
- D. Vrai. Les deux forces s'appliquant au livre sont opposées. Selon la deuxième loi de Newton, $\sum F = ma$ et $a = 0$, donc $\sum F = -mg + F_{T \rightarrow L} = 0$.

2.) Marcher sur un chariot

C. Vous partez vers l'avant, cela implique une accélération vers l'avant. Donc la force exercée par le chariot sur vous pointe vers l'avant (par la 2ème loi de Newton).

La 3ème loi de Newton implique que vous appliquez une force vers l'arrière sur le chariot.

Donc le chariot se déplace en sens opposé à vous.

3.) Tir au menhir

C. La deuxième loi de Newton permet de relier la somme de toutes les forces à l'accélération d'un objet:

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}$$
$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Comme le problème se passe à une dimension, on peut faire abstraction des vecteurs (en projetant sur un axe horizontal orienté vers la droite). La force \vec{F}_1 est orientée vers la droite, elle est donc positive (avec un axe horizontal orienté vers la droite). Quant à \vec{F}_2 opposée à \vec{F}_1 , elle sera négative. L'accélération étant dans le même sens que \vec{F}_1 , on peut alors écrire:

$$ma = F_1 - F_2$$

Et comme on cherche à connaître F_2 :

$$F_2 = F_1 - ma = 400 \text{ N} - 100 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 300 \text{ N}$$

4.) **Deux ressorts**

A. À l'équilibre, le ressort exerce la force de rappel suivante :

$$F_R = k \cdot \Delta L = m \cdot g \implies k = \frac{mg}{\Delta L} \quad (1)$$

Premier ressort : $L_{0,1} = 0.12 \text{ m}$, $L_1 = 0.16 \text{ m}$.

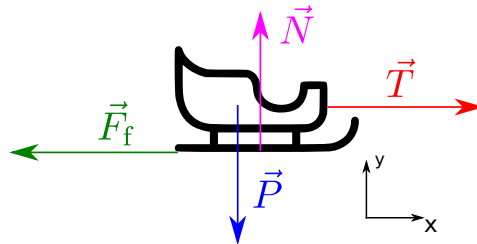
$$k_1 = \frac{m_1 \cdot g}{\Delta L_1} = \frac{0.8 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{0.16 \text{ m} - 0.12 \text{ m}} = 200 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \quad (2)$$

Deuxième ressort : $L_{0,2} = 0.10 \text{ m}$, $L_2 = 0.15 \text{ m}$.

$$k_2 = \frac{m_2 \cdot g}{\Delta L_2} = \frac{0.5 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{0.15 \text{ m} - 0.10 \text{ m}} = 100 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \quad (3)$$

Ainsi, le premier ressort a une raideur deux fois plus grande que le deuxième.

5.) **Luge**



Quatre forces s'exercent sur la luge. On a la force de traction exercée vers l'avant \vec{T} , la force de frottement du sol \vec{F}_f , le poids \vec{P} et la force normale du sol sur la luge \vec{N} .

- A. Vrai. Les deux seules forces sur l'axe vertical (axe y sur le schéma) sont le poids \vec{P} et la force normale \vec{N} . Comme la luge ne bouge pas verticalement, alors $\vec{P} + \vec{N} = \vec{0} \rightarrow \vec{N} = -\vec{P}$. Projeté sur l'axe y , on obtient $N = -(-mg) = mg = 10 \text{ m/s}^2 \cdot (24 + 50) \text{ kg} = 10 \text{ m/s}^2 \cdot 74 \text{ kg} = 740 \text{ N}$
- B. Vrai. Par définition de la force de frottement maximale correspond au cas statique : $F_s^{\text{max}} = \mu_s N = 0.2 \cdot 740 \text{ N} = 148 \text{ N}$. Note : dans le cas dynamique la force de frottement n'est que de $\mu_d N = 0.15 \cdot 740 \text{ N} = 111 \text{ N}$.
- C. Faux. Initialement avec deux passagers la luge était en mouvement car avec un poids de 50 kg , la force de frottement maximale (statique) valait $F_s = \mu_s N = \mu_s mg = 0.2 \cdot 50 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ N}$, qui était inférieure à la force de traction de 110 N . Comme la force de frottement dynamique n'était que de $F_d = \mu_d N = 0.15 \cdot 50 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 75 \text{ N}$, la luge accélérât même. Mais, dès que le troisième passager est à bord, la force de frottement vaut $F_d = \mu_d N = 0.15 \cdot 74 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 111 \text{ N}$. Cette force est légèrement supérieure à la force de traction (110 N), donc la luge va commencer à décélérer.
- D. Vrai. Une fois au repos, d'après la 1^{ère} loi de Newton, il faut que la somme des forces soit nulle :

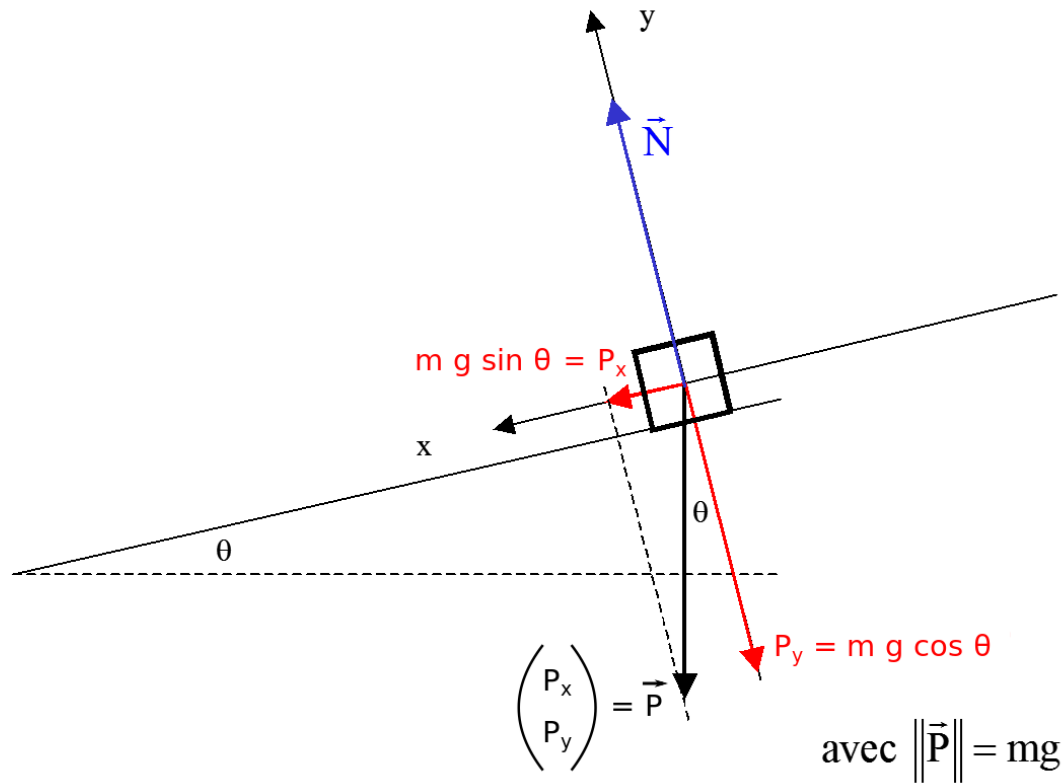
$$\vec{a} = 0 \implies m\vec{a} = \sum \vec{F} = \vec{0}$$

Sur l'axe y , nous avons $\vec{N} = -\vec{P}$, comme discuté ci-dessus. Sur l'axe x maintenant, nous avons $\vec{T} = -\vec{F}_f$. Leurs normes sont ainsi égales: $\|\vec{F}_f\| = \|\vec{T}\| = 110 \text{ N}$.

6.) Plan incliné

La norme du poids vaut $P = mg = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ N}$. On peut projeter le vecteur poids \vec{P} sur les axes $x : P_x$ et $y : P_y$.

- A. Vrai. $P_x = 100 \text{ N} \times \sin(5.74^\circ) = 10 \text{ N}$.
- B. Vrai. L'objet ne se déplace pas selon l'axe y et par conséquent la somme des forces selon l'axe y est nulle. Sur cet axe, la projection de la première loi de Newton donne $N + P_y = 0$, donc $N = -P_y = mg \cos \theta = 100 \text{ N} \times \cos(5.74^\circ) = 99.5 \text{ N}$. La force normale est donc dirigée suivant y et sa norme vaut 99.5 N .
- C. Vrai. La force de frottement statique maximale vaut $F_s^{max} = \mu_s N = 0.2 \cdot 99.5 \text{ N} = 19.9 \text{ N}$.
- D. Faux. La force qui "tire" la masse vers le bas du plan incliné est $P_x = 10 \text{ N}$ qui est plus petite que la force maximale de frottement statique. L'objet reste immobile.



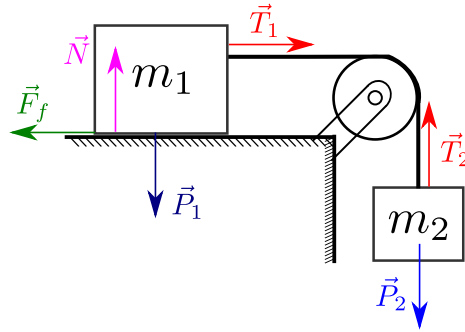
7.) Blocs et poulie

E. On va commencer par établir quelles forces s'exercent sur chaque bloc, à l'aide du schéma ci-dessous.

Comme le bloc 2 en particulier ne bouge pas, par la première loi de Newton, la somme des forces qui s'exercent dessus est nulle. Il subit la tension de la corde \vec{T}_2 et son poids $\vec{P}_2 = m_2 \vec{g}$. On aura donc simplement :

$$\vec{T}_2 + \vec{P}_2 = \vec{0} \text{ donc } \|\vec{T}_2\| = \|\vec{P}_2\| = m_2 g.$$

Le bloc 1 sera tiré par le fil, via la force de tension \vec{T}_1 . Il subit également \vec{F}_f le frottement de la table, son poids \vec{P}_1 et la force normale \vec{N} . On a supposé que la poulie permet de transmettre les forces, alors $\|\vec{T}_1\| = \|\vec{T}_2\|$.



On peut ainsi établir la norme de la tension \vec{T}_1 qui s'exerce sur le bloc 1 :

$$\|\vec{T}_1\| = \|\vec{T}_2\| = \|\vec{P}_2\| = m_2g = 5 \cdot 10 = 50 \text{ N.}$$

Le bloc 1 est lui aussi immobile. Par la première loi de Newton, on a :

$$\sum F = 0 = \vec{P}_1 + \vec{N} + \vec{T}_1 + \vec{F}_f = 0,$$

ce qui se traduit sur l'horizontale par :

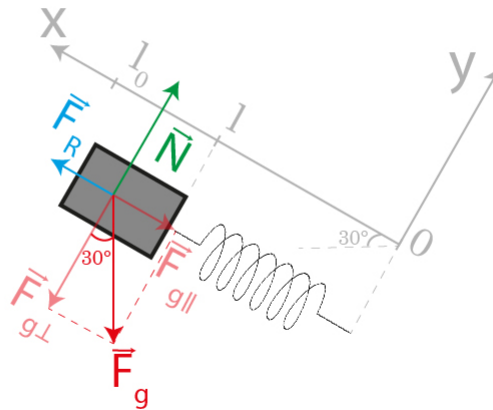
$$F_f + T_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad F_f = -T_1$$

Leurs normes seront donc égales :

$$\|\vec{F}_f\| = \|\vec{T}_1\| = 50 \text{ N.}$$

8.) Système bloc-ressort sur plan incliné

Réponse E.



Il faut utiliser la 2ème loi de Newton $\sum \vec{F} = m\vec{a}$. Vu que le système est à l'équilibre: $\sum \vec{F} = 0$. Ensuite, il faut décomposer les forces le long des axes x et y. Le long de l'axe y on a simplement $P \cos(\theta) = N$, donc $mg \cos(\theta) = N$ et le long de l'axe x on obtient:

$$P_x + F_r = 0$$

$$-mg \sin(\theta) - k(l - l_0) = 0$$

On isole pour l :

$$mg \sin(\theta) = k(l_0 - l)$$

$$\frac{mg}{k} \sin(\theta) = l_0 - l$$

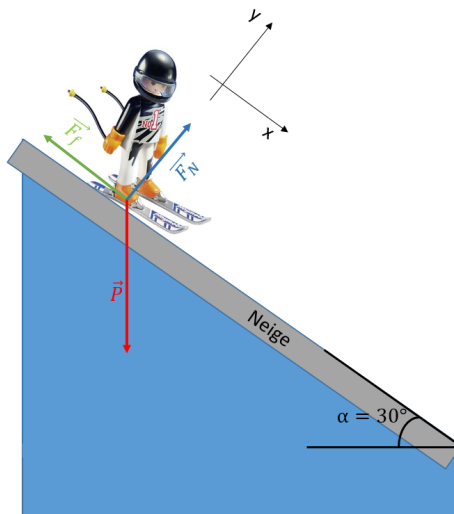
$$l = l_0 - \frac{mg}{k} \sin(\theta)$$

$$l = 0.15 \text{ m} - \frac{0.1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{10 \text{ N/m}} \sin(30^\circ)$$

$$l = 0.15 \text{ m} - 0.1 \text{ m} \cdot \sin(30^\circ) = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

9.) **Skieur sur une piste glacée** Il faut séparer le chemin du skieur en trois parties: la descente sur neige, le plat sur glace et le plat sur neige. Il faut ensuite calculer l'accélération sur chaque partie, et le temps que met le skieur à traverser chaque partie.

A. Descente sur neige.



Le skieur subit le poids, la force de frottement entre la neige et les skis, et la force normale du sol. On positionne le référentiel selon le schéma. Soit m la masse du skieur. On a donc (2ème loi de Newton):

$$\sum F_x = ma_x = mg \sin(\alpha) - F_f = mg \sin(\alpha) - \mu_c N$$

$$\sum F_y = ma_y = -mg \cos(\alpha) + N$$

On extrait N de la deuxième équation, et en utilisant $a_y = 0$:

$$N = mg \cos(\alpha)$$

Et on remplace dans la première:

$$ma_x = mg \sin(\alpha) - \mu_c mg \cos(\alpha)$$

$$a_x = g(\sin(\alpha) - \mu_c \cos(\alpha))$$

On a donc:

$$v_x(t) = g(\sin(\alpha) - \mu_c \cos(\alpha))t + v_0$$

$$x(t) = g(\sin(\alpha) - \mu_c \cos(\alpha)) \frac{t^2}{2} + v_0 t$$

Soit d_{des} la distance que doit descendre le skieur. Le temps que met le skieur à descendre la piste de descente de neige est donc la solution de:

$$d_{des} = g(\sin(\alpha) - \mu_c \cos(\alpha)) \frac{t^2}{2} + v_0 t$$

On ré-écrit l'équation sous la forme $At^2 + Bt + C = 0$ afin d'utiliser la formule de Viète $t_{\pm} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$

$$g(\sin(\alpha) - \mu_c \cos(\alpha)) \frac{t^2}{2} + v_0 t - d_{des} = 0$$

On a: $A = \frac{g(\sin(\alpha) - \mu_c \cos(\alpha))}{2}$ On a: $B = v_0$ On a: $C = -d_{des}$

On a donc:

$$t = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 4 \frac{1}{2} g(\sin(\alpha) - \mu_c \cos(\alpha)) d_{des}}}{\frac{1}{2} 2g(\sin(\alpha) - \mu_c \cos(\alpha))}$$

Il faut mettre toutes les grandeurs numériques en unités SI:

$$v_0 = 10 \text{ km.h}^{-1} = 2.78 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d_{des} = 300 \text{ m}$$

$$\mu_c = 0.15$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2}$$

$$t_{\pm} = \frac{-2.78 \text{ m.s}^{-1} \pm \sqrt{(2.78 \text{ m.s}^{-1})^2 + 4 \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ m.s}^{-2} \cdot (\sin(30^\circ) - 0.15 \cos(30^\circ)) \cdot 300 \text{ m}}}{\frac{1}{2} 2 \cdot 10 \text{ m.s}^{-2} \cdot (\sin(30^\circ) - 0.15 \cos(30^\circ))}$$

Comme un temps négatif est impossible, la solution physique est $t = 12.11 \text{ s}$.

B. On avait:

$$v(t) = g(\sin(\alpha) - \mu_c \cos(\alpha))t + v_0$$

En substituant le temps trouvé ci-dessus:

$$v = 10 \text{ m.s}^{-2} \cdot (\sin(30^\circ) - 0.15 \cos(30^\circ)) \cdot 12.11 \text{ s} + 2.78 \text{ m.s}^{-1}$$

On trouve donc $v = 46.76 \text{ m.s}^{-1}$.

C. Partie plate sur la glace.

Dans la direction verticale, le poids est compensé par la force normale. Dans la direction horizontale, il n'y a aucune force, et donc aucune accélération. Il y a uniquement la vitesse initiale, correspondant à la vitesse au bas de la piste de ski.

On avait $v = 46.76 \text{ m.s}^{-1}$. Comme la partie plate sur glace mesure 100 m, le skieur la traverse en $t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{100 \text{ m}}{46.76 \text{ m.s}^{-1}} = 2.14 \text{ s}$.

D. Partie plate sur la neige.

Verticalement, le skieur subit le poids et la force normale, qui sont de norme égale. Horizontalement, le skieur subit la force de frottement, qui est opposé à son déplacement. On a donc (2ème loi de Newton):

Sur l'axe vertical: $F_N = mg$

Sur l'axe horizontale: $m_a x = -\mu_c F_N = -\mu_c mg$

D'où:

$$a_x = -\mu_c g$$

$$v(t) = at + v_0 = -\mu_c g t + v_0$$

$$x(t) = at^2 + v_0 t + x_0 = -\mu_c g \frac{t^2}{2} + v_0 t + 0$$

A partir de l'équation de la vitesse, on peut isoler le temps que met le skieur pour s'arrêter:

$$v(t_{\text{arret}}) = 0 = -\mu_c g t_{\text{arret}} + v_0$$

$$t = \frac{46.76 \text{ m.s}^{-1}}{0.15 \cdot 10 \text{ m.s}^{-2}} = 31.78 \text{ s}$$

En la mettant dans l'équation de la position:

$$x(t_{\text{arrêt}}) = -\mu_c g \frac{t_{\text{arrêt}}^2}{2} + v_0 t_{\text{arrêt}}$$

$x(t_{\text{arrêt}}) = -0.15 \cdot 10 \text{ m.s}^{-2} \cdot \frac{(31.78 \text{ s})^2}{2} + 46.76 \text{ m.s}^{-1} \cdot 31.78 \text{ s} = 728.5 \text{ m}$
on trouve que le skieur s'arrête après 728.5 m.

10.) **Approfondissement : Mouvement harmonique**

A. La force élastique agissant sur le corps est proportionnelle au déplacement à partir de la position d'équilibre et opposée à la direction du mouvement: $F(x) = -k(x - l_0)$. Donc

$$m x'' = -k(x - l_0).$$

B. Par calcul direct, et en se rappelant que $\frac{d}{du} \cos u = -\sin u$ et $\frac{d}{du} \sin u = \cos u$ et $\{f[g(u)]\}' = g'(u)f'[g(u)]$, on obtient :

$$x'(t) = -\omega A_0 \sin(\omega t + \phi) \quad \text{et} \quad x''(t) = -\omega^2 A_0 \cos(\omega t + \phi)$$

Selon les définitions, $x'(t)$ est la vitesse du corps, et $x''(t)$ est l'accélération.

C. Comme nous avons $x(t) = l_0 + A_0 \cos(\omega t + \phi)$, nous pouvons aussi reconnaître que $x''(t) = -\omega^2 A_0 \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 [x(t) - l_0]$. En insérant cette expression de $x''(t)$ dans l'équation $m x'' = -k(x - l_0)$, on obtient que $-\omega^2 m [x(t) - l_0] = -k[x(t) - l_0]$, c'est-à-dire :

$$(\omega^2 m - k)[x(t) - l_0] = 0.$$

Pour que cette équation soit vraie, pour tout x , nous devons avoir $(\omega^2 m - k) = 0$, donc :

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

D. À $t = 0$ nous avons :

$$x(t = 0) = x_0 = l_0 + A_0 \cos \phi \quad \text{et} \quad x'(t = 0) = v_0 = -\omega A_0 \sin \phi.$$

On a donc :

$$x_0 - l_0 = A_0 \cos \phi \tag{4}$$

$$v_0 = -\omega A_0 \sin \phi. \tag{5}$$

On a alors, d'après l'équation 4

$$A_0 = \frac{x_0 - l_0}{\cos \phi},$$

où on détermine ϕ en divisant (5) par (4) de sorte à éliminer A_0 :

$$\omega \tan \phi = -\frac{v_0}{x_0 - l_0},$$

donc :

$$\phi = \arctan \frac{v_0}{\omega(l_0 - x_0)}. \tag{6}$$

E. Si $v_0 = -\omega A_0 \sin \phi = 0$, on obtient $\sin \phi = 0$. Donc $\phi = 0$ et $\cos \phi = 1$ ou $\phi = \pi$ et $\cos \phi = -1$. Comme \sin et \cos sont périodiques de période 2π , on peut se limiter à l'intervalle $0 \leq \phi < 2\pi$. Donc deux solutions sont possibles :

$$\phi = 0 \quad \text{et} \quad A_0 = \frac{x_0 - l_0}{\cos \phi} = x_0 - l_0,$$

ou

$$\phi = \pi \quad \text{et} \quad A_0 = l_0 - x_0.$$

Toutefois, on voit que ces deux solutions donnent les mêmes résultats pour $x(t)$ et de $v(t)$, si nous rappelons qu'en fait $\cos(x + \pi) = -\cos(x)$ et $\sin(x + \pi) = -\sin(x)$. En prenant l'expression pour $x(t)$, en insérant la solution pour $\phi = \pi$ nous avons :

$$x(t) = l_0 + (l_0 - x_0) \cos(\omega t + \pi) = l_0 - (x_0 - l_0) \cos(\omega t),$$

qui est la solution pour $\phi = 0$. On obtient un résultat similaire pour la vitesse : dans l'expression pour $x'(t) = v(t)$ on insère la solution pour $\phi = \pi$ et obtenons :

$$v(t) = -\omega t(l_0 - x_0) \sin(\omega t + \pi) = -\omega t(x_0 - l_0) \sin(\omega t),$$

qui se trouve aussi être l'expression qu'on obtient avec la solution $\phi = 0$.