

Chapitre 7

La mécanique de Newton

MOTS CLÉS

Repère	Position	Temps	Référentiel Galiléen
Horloge	Vitesse	Les 3 lois de Newton	Système
Référentiel	Accélération	Le Principe d'inertie	Bilan des forces

EXERCICES

N'omettez sous aucun prétexte les exercices résolus pages 198 à 200.

7.1 À bâtons rompus

- Quelle est la différence entre un référentiel et un repère ?
- Expliquer en quoi le Principe d'inertie n'est pas simple à mettre en évidence expérimentalement. Citer un dispositif moderne permettant cette mise en évidence.
- N°2 p. 201.
- N°3 p. 201.
- Aristote associait la vitesse à la présence d'une force, Newton indiquait lui que l'effet d'une force est liée à l'accélération. Lequel des deux est dans le vrai ? Expliquer cela en termes modernes.
- N°7 p. 201.
- Donner des exemples pratiques, compréhensibles par l'homme de la rue, de référentiels galiléens et non-galiléens.
- Dans le principe des actions réciproques, est-il envisageable de considérer que les deux forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ n'aient pas même droite d'action ?

7.2 N°14 p. 201 : Parachutiste

7.3 N°19 p. 202 : À Kourou

7.4 N°22 p. 202 : Montgolfière

7.5 Dans l'ascenseur

La cabine d'un ascenseur, de masse M égale à 400 kg, transporte 5 personnes dont la masse m est de 300 kg. Pendant la montée de la cabine, la câble tracteur exerce sur cette dernière une force constante \vec{F} , verticale et ascendante, d'une valeur F égale à 8 500 N.

- Effectuez l'inventaire des forces extérieures exercées sur la cabine, en négligeant les forces de frottement.
- Faire un schéma du système, et représenter les forces.
- Énoncer la deuxième loi de Newton. L'appliquer au système précédent.

- En déduire la valeur et les caractéristiques du vecteur accélération du centre d'inertie de la cage d'ascenseur au cours de cette phase ascendante.

La cabine, initialement au repos, part maintenant vers le bas, en transportant les mêmes personnes.

- Quels sont la direction et le sens du vecteur accélération du centre d'inertie de la cabine au moment du démarrage ?
- Sans calcul, comparer la nouvelle valeur F' de la tension du câble tracteur pour la descente à la valeur F pour la montée puis à la valeur $P + P'$ du poids de l'ensemble.

7.6 N°21 p. 202 : Dans l'ascenseur (bis)

7.7 Skieur

On considère un skieur de masse $m = 70$ kg. On négligera les frottements de l'air sur le skieur. On étudie le mouvement du skieur le long d'une piste noire supposée parfaitement rectiligne, inclinée d'un angle $\alpha = 10^\circ$ par rapport à l'horizontale.

- Faire le bilan des forces s'exerçant sur l'ensemble {skieur+ski} lors d'une descente. Appliquer la seconde loi de Newton et projeter l'équation vectorielle précédente sur deux axes bien choisis.
- Recommencer pour la phase de montée, lorsque le skieur est tiré vers le haut par une perche inclinée de $\beta = 30^\circ$ par rapport à la pente de la piste.
- Applications numériques : trouvez les valeurs des composantes normale et tangentielle de la force de contact {ski – piste enneigée}, dans chacun des cas précédents, en considérant que le skieur a une vitesse constante et que, lors de la montée, la tension exercée par la perche vaut $T = 700$ N.

7.8 N°25 p. 203 : Un mobile autoporteur

Corrigé 7

La mécanique de Newton

EXERCICES

7.1 À bâtons rompus

- a. Un repère $(Oxyz)$ est un objet mathématique, regroupant un point d'origine O et trois axes. En Physique on prends un repère lié à un *solide de référence*, typiquement le sol terrestre ou plus prosaïquement un coin de la salle de classe, chaque angle définissant les axes horizontaux (Ox) , (Oy) et vertical (Oz) . Un référentiel ajoute en plus un repérage dans le temps, donc une horloge.
- b. Les frottements sont difficiles à annuler. Du coup beaucoup de mouvements cessent dès la fin de l'application des forces qui en sont la cause, donnant l'impression intuitive d'un lien entre vitesse et force :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} \propto \vec{v}_G$$

et empêchant d'observer qu'un mouvement perdure indéfiniment en l'absence de toute force appliquée (cas d'un système *isolé*, mouvement *perpétuel*). Ce dernier s'explique en considérant que :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} \propto \vec{a}_G$$

Une table à coussin d'air est un dispositif facilitant la mise en évidence expérimentale de cette dernière relation.

- c. Une force peut modifier :
- la valeur du vecteur vitesse (mouvement rectiligne accéléré ou décéléré) ;
 - la direction du vecteur vitesse (vecteur accélération perpendiculaire au vecteur vitesse, la direction du mouvement change mais pas la valeur du vecteur vitesse, mouvement circulaire).
- Il est intéressant de noter que tout mouvement peut être décomposé en une succession de ces deux modifications : translation et rotation.
- d. Un corps est pseudo-isolé lorsque la résultant des forces extérieures est nulle : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$. Toutes les forces se compensent alors entre elles, et, du point de vue de la deuxième loi de Newton, le corps va se comporter comme si il était isolé. Un satellite est quant à lui en chute libre, dans le vide. Il n'est soumis qu'à l'attraction de la Terre (en négligeant les effets de la Lune et du Soleil). Il n'est donc pas pseudo-isolé, rien dans le vide ne venant contre-carrer l'attraction de la Terre !

- e. C'est NEWTON, suivant la voie tracée par GALILÉE, qui a définitivement rendues caduques les explications d'ARISTOTE.
- En termes modernes, il faut exprimer le principe fondamental de la dynamique.
- f. Non, la réaction du support compense à la fois le poids et la force centrifuge, qui apparaît en raison de la rotation imposée par le manège. Oui, dans le cas du bloc de glace, la réaction du support est orthogonale au support, elle compense exactement le poids, lui même orthogonal au manège, horizontal.
- g. Quelques référentiels galiléens :
- référentiel terrestre pour tous les mouvements de courte durée et de faible vitesse (= à notre échelle) ;
 - référentiel lié à la voiture tant que l'on se limite à un mouvement rectiligne uniforme ;
 - référentiel de Copernic (dont l'origine est le centre d'inertie du Système Solaire, et dont les axes pointent vers trois étoiles supposées lointaines) pour l'étude du mouvement des planètes.
- Quelques référentiels non galiléens :
- référentiel terrestre pour l'étude des marées ;
 - référentiel lié à la voiture dans un virage ;
 - référentiel lié à un manège.
- h. Non, c'est tout à fait exclu.

7.2 N°14 p. 201 : Parachutiste

- a. Système étudié : le parachutiste.
Référentiel d'étude : le référentiel terrestre supposé galiléen.
Bilan des forces extérieures agissant sur le parachutiste :
- son poids \vec{P} ;
 - la force \vec{F} exercée par le parachute.
- Il est indispensable de dresser un schéma pour représenter ces forces.

Le parachutiste se déplace à vitesse constante. Le principe d'inertie s'applique :

$$\vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$$

Projection sur un axe vertical descendant :

$$P - F = 0$$

D'où $F = P = mg$, et donc finalement :

$$F = 70 \times 10 = 700 \text{ N}$$

b. Système étudié : le parachute.

Référentiel d'étude : le référentiel terrestre supposé galiléen.

Bilan des forces extérieures agissant sur le parachute :

- son poids \vec{P}' ;
- la force \vec{F}' exercée par le parachutiste ;
- la force \vec{f} exercée par l'air.

Le parachute se déplace à vitesse constante. Le principe d'inertie s'applique :

$$\vec{P}' + \vec{F}' + \vec{f} = \vec{0}$$

Projection sur un axe vertical descendant :

$$P' - F' - f = 0$$

D'après le principe des actions réciproques (troisième loi de Newton) : $\vec{F}' = -\vec{F}$. Applications numériques $F' = F = 700$ N et $f = P' - F' = 8 \times 10 - 700 = 100$ N.

7.3 N°19 p. 202 : À Kourou

La poussée est la force exercée par les moteurs. Si on néglige la résistance de l'air, les deux seules forces en présence sont le poids de la fusée et la poussée des moteurs :

$$\vec{F} + \vec{P} = m \vec{a}$$

Nous pouvons projeter ces vecteurs selon un axe vertical ascendant :

$$F - mg = ma \Rightarrow F = m(g + a)$$

Application numérique :

$$F = 30 \times 10^3 \times (9,8 + 8,4) = 546 \text{ kN}$$

7.4 N°22 p. 202 : Montgolfière

Système étudié : la montgolfière, de masse M .

Référentiel d'étude : terrestre supposé galiléen.

Bilan des forces extérieures appliquées au système : poids, résistance de l'air négligée, action de l'enveloppe sur la nacelle.

Deuxième loi de Newton, notations évidentes, lors de la descente :

$$\vec{P} + \vec{F} = M \vec{a}$$

Même loi, après lâché d'un lest de masse m , lors de la montée :

$$\vec{P}' + \vec{F}' = (M - m) \vec{a}$$

Projection des deux relations vectorielles sur un axe vertical ascendant :

$$\begin{cases} -P + F = -Ma \\ -P' + F = +(M - m)a \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F = M(g - a) \\ F = (M - m)(g + a) \end{cases}$$

Or on n'a pas changé la force de poussée exercée par le ballon, donc ces deux forces sont égales :

$$M(g - a) = (M - m)(g + a)$$

On isole la valeur de la masse du lest m , en fonction des données du problème :

$$m = \frac{2M}{1 + \frac{g}{a}}$$

7.5 Dans l'ascenseur

a. Inventaire des forces : Poids de la cabine \vec{P} , poids des passagers \vec{p}' , traction du câble \vec{F} . Pour chaque force il faut donner les quatre caractéristiques.

c. Deuxième loi de Newton :

$$\begin{aligned} \vec{P} + \sum \vec{F}'_{\text{ext}} &= (M + m) \vec{a} \\ \Rightarrow \vec{P} + \vec{P}' + \vec{F} &= (M + m) \vec{a} \\ \Rightarrow M \vec{g} + m \vec{g} + \vec{F} &= (M + m) \vec{a} \end{aligned}$$

d. Projection sur un axe (Oz) vertical ascendant :

$$\begin{aligned} -Mg - mg + F &= (M + m)a \\ \Rightarrow a &= \frac{F - (M + m)g}{M + m} \end{aligned}$$

Application numérique :

$$a = \frac{8500 - (400 + 300) \times 9,81}{400 + 300} = 2,34 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Caractéristiques : direction verticale, sens vers le haut.

e. Direction verticale, sens vers le bas.

f. La traction F' du câble sera plus faible que lors de la montée, et aussi inférieure au poids total $P + P'$ de l'ensemble.

7.6 N°21 p. 202 : Dans l'ascenseur (bis)

7.7 Skieur

7.8 N°25 p. 203 : Un mobile autoporteur