

3 Qu'est-ce que le bilan des forces ? (suite du cours)

Ces éléments de cours répondent aux questions que j'ai reçu.

3.1 Le bilan des forces

Effectuer le *bilan des forces* consiste à lister toutes les forces extérieures s'appliquant sur le système considéré.

Exemple

Lors d'un revers au tennis, on frappe la balle à l'aide d'une raquette.



La balle est soumise à plusieurs forces extérieures.

a. Effectuer le bilan des forces (= liste des forces) en précisant pour chaque force ses quatre caractéristiques.

Données : $m = 58 \text{ g}$ pour une balle de tennis, $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour l'intensité de la pesanteur terrestre et $F = 5,7 \text{ N}$ pour la valeur de la force subie par la balle (pour un service très doux, un champion applique deux cents fois cette valeur!).

b. Schématiser ces forces (avec une échelle de 1 cm pour 1 N).

3.2 La somme vectorielle des forces

Effectuer la *somme vectorielle* des forces extérieures appliquées à un système consiste à les additionner vectoriellement, afin de déterminer si une force nette non nulle s'applique sur le système.

Pour effectuer l'addition de vecteurs, il faut placer les vecteurs les uns à la suite des autres. La somme ou force nette appliquée sur le système est appelée *résultante*.

Méthode

Revoir au besoin la fiche méthode n° 14 p. 329 sur les vecteurs.

c. Trouver, par construction vectorielle, la résultante des forces extérieures s'appliquant sur une balle de tennis lors d'un service.

Prenez le temps de rédiger vos réponses avant de consulter le corrigé page 6 !

4 Quel est le lien entre force et mouvement ? (cours)

4.1 Modifier la valeur de la vitesse

On considère les trois exemples suivants :

- un chariot (au supermarché) est immobile, on le pousse en avant ;
- un chariot est en mouvement, on le retient jusqu'à l'arrêt ;
- une bille d'acier est immobile, on approche un aimant.

d. Dans chacun des trois cas, exerce-t-on une force, et si oui, de quel type ?

e. Indiquer ce qui est modifié quant au mouvement du système considéré.

Définition

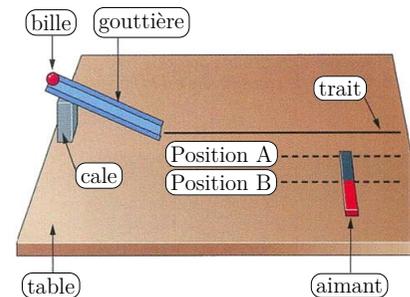
Une force appliquée à un corps peut modifier la valeur de sa vitesse.

Remarque

L'existence d'un mouvement n'est pas la preuve irréfutable de la présence d'une force.

4.2 Modifier la direction du mouvement

On considère l'exemple d'une bille en mouvement, passant à proximité d'un aimant.



f. Quelle est la nature de la trajectoire de la bille quand il n'y a pas d'aimant ?

g. Décrire les modifications du mouvement de la bille en présence de l'aimant, dans les positions A et B.

Définition

Une force appliquée à un corps peut modifier la direction de son mouvement.

4.3 Influence de la masse d'un corps

On considère les trois exemples suivants :

- on refait l'expérience précédente avec la bille et l'aimant, mais avec des billes plus lourdes ou plus légères ;
- on mesure les distances d'arrêt d'une luge au bas d'une piste enneigée, avec un élève de Seconde 9 sur la luge, puis la même expérience avec deux élèves sur la luge, puis trois, etc. ;
- on place un chapeau au sol, sur un trottoir, avec une grosse pierre cachée à l'intérieur, et l'on attend de voir le résultat. Remarque : il faut qu'un quidam passe par là et lance un coup de pied dans le chapeau. Si personne ne passe, l'expérience est un échec.

h. Quel paramètre varie dans chacune des trois expériences proposées ?

i. Quel est son effet sur le mouvement des corps considérés ? Répondre en termes simples.

Définition

L'effet d'une force sur le mouvement d'un corps est d'autant plus important que la masse de ce corps est faible.

Correction des exercices du chapitre 10 (début)

10.1 QCM p. 202

Les réponses sont données dans votre livre. N'hésitez pas à me questionner si un point n'est pas clair.

10.2 N° 12 p. 202 – Parachutiste

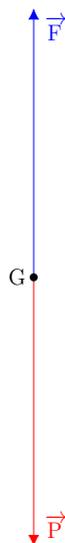
a. Si le système a un mouvement rectiligne uniforme, ce que semble indiquer l'énoncé, alors d'après la réciproque du principe d'inertie, c'est qu'il est soumis à des forces qui se compensent.

b. et c. Le système {parachutiste+parachute} est soumis aux forces suivantes :

- le poids \vec{P} , vertical, vers le bas, en G, valeur $P = 650 \text{ N}$;
- la force de frottement de l'air sur le parachute \vec{F} , vertical, vers le haut, au centre du parachute, valeur $F = P$.

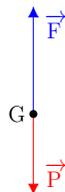
c. Représentation : avec l'échelle indiquée, les forces sont d'une longueur :

$$\frac{650}{130} = 5,0 \text{ cm}$$

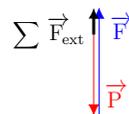


sont d'une longueur :

$$\frac{1600}{800} = 2,0 \text{ cm} \quad \text{et} \quad \frac{1200}{800} = 1,5 \text{ cm}$$



b. Pour réaliser la somme vectorielle des deux forces, on applique une force à l'extrémité de l'autre, en les décalant légèrement pour mieux voir ; la résultante est le vecteur qui relie l'origine de la première force et l'extrémité de la dernière force :



Le schéma étant à l'échelle, on peut mesurer la longueur de la résultante : 0,5 cm, et en déduire sa valeur en newton en utilisant l'échelle :

$$0,5 \times 800 = 400 \text{ N}$$

c. Puisque les forces qui s'appliquent sur le système ne se compensent pas ($\sum \vec{F}_{\text{ext}} \neq \vec{0}$), alors d'après le principe d'inertie, le système ne restera pas immobile ou en mouvement rectiligne uniforme : le vecteur vitesse \vec{v}_G ne sera pas constant $\vec{v}_G \neq \text{cte}$. Autrement dit, le système subit une accélération, qui est ici verticale et vers le haut. Le jet pack monte de plus en plus vite.

Exercices pour la rentrée (confinée!) – N° 21, 22, 26 et 27 p. 205 et 207.

Correction des questions de la séance « 10 Principe d'inertie 1 »

R1 Il faut soumettre le glaçon à une force supplémentaire qui modifie son mouvement. En dehors de ce cas, le glaçon peut être considéré comme pseudosolide, avec une très bonne approximation, les forces qui s'appliquent sur lui se compensent, et du coup selon le principe d'inertie, sa trajectoire sera rectiligne uniforme. En pratique, les frottements ne sont pas négligeables, donc le mouvement sera rectiligne et décéléré.

R2 Pour maximiser le temps de chute, il faut maximiser le frottement de l'air, par exemple en écartant les bras et les jambes, à la manière d'un écureuil volant.



R3 Pour se maintenir hors du sable mouvant, il faut comme lors d'une chute dans l'air présenter une grande surface, pour maximiser la réaction normale du support. Le sable mouvant s'apparente plus à un liquide qu'à un solide, il faut donc, dans la mesure du possible, garder la tête hors du sable.

R4 Il s'agit d'une application du principe d'inertie : tant que les passagers ne sont pas soumis à une force qui modifie leur mouvement (en s'accrochant aux barres par exemple), ils continuent le mouvement façon rectiligne et uniforme par rapport au sol extérieur, indépendamment du sol intérieur du bus !

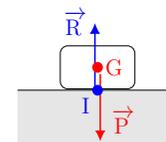
R5 Si le voilier est en mouvement rectiligne uniforme, c'est donc, d'après la réciproque du principe d'inertie, qu'il est soumis à des forces qui se compensent. Il en est de même du boulet qui appartient au voilier, même lâché depuis le haut du mât. Le boulet persiste dans son mouvement rectiligne uniforme, exactement comme le voilier, donc tombera à la base du mât : réponse (b). Il s'agit d'un exemple historiquement utilisé par GALILÉE dans ses explications sur le principe d'inertie.

R6 En théorie, une fois les volatiles en train de voler, elles s'appuient sur l'air et non sur le camion, donc le camion se trouve allégé du poids des oiseaux. En pratique, ce poids est très certainement négligeable par rapport à celui du camion chargé de toutes les caisses, sans même dire qu'il est peu probable que les oiseaux voyagent dans des caisses suffisamment grandes pour pouvoir tous s'envoler.

R7 La pièce va glisser selon un mouvement rectiligne décéléré sur l'une de ses faces. Le mouvement sera rectiligne dès lors que la table est parfaitement lisse et horizontale ; il sera décéléré, car les frottements de la table sur la pièce ne sont pas négligeables.

R8 Un corps immobile posé sur une table est, d'après le principe d'inertie, soumis à des forces qui se compensent : son poids, direction verticale, sens vers le bas, point d'application en son centre de gravité G, valeur $P = mg$; la réaction du support, c'est-à-dire la force de la table sur le corps, direction verticale, sens vers le haut, point d'application le centre I de la surface de contact entre le corps et la table, valeur $R = P$.

Un schéma est requis. En pratique, on décale très légèrement les vecteurs forces réaction du support \vec{R} et poids \vec{P} , afin de mieux apprécier leurs points d'application et longueurs respectives.



Un corps en mouvement rectiligne uniforme est lui aussi, d'après le principe d'inertie, soumis à des forces qui se compensent. C'est d'ailleurs exactement les mêmes forces, puisque la réalisation d'un tel mouvement rectiligne uniforme suppose l'absence de toute force de frottement non compensée.

R9 Lors du démarrage de l'ascenseur vers le haut, on passe brusquement d'un état d'immobilité où toutes les forces sont compensées, à une accélération vers le haut. Cette accélération doit être transmise au carter tenu en main, donc pendant une fraction de seconde, il paraîtra plus lourd, la main lui appliquant soudainement une force non compensée qui l'emporte vers le haut.

R10 D'après la réciproque du Principe d'inertie, la luge est soumise à des forces se compensent si elle est en mouvement rectiligne uniforme ou si elle est immobile. Donc lors de la deuxième et la quatrième étape du mouvement.

R11 L'explication du mouvement de la Lune

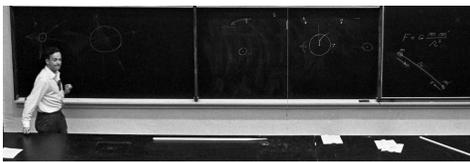
a. La Lune est soumise à la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre. N'étant soumise à aucune autre force, en particulier en l'absence de frottement puisque la Lune est dans le vide, on

peut donc dire qu'elle est en chute libre, c'est-à-dire soumise uniquement à son poids.

- b. Comme expliqué en cours, la Lune est animée d'une vitesse telle qu'elle est satellisée autour de la Terre.

Remarque

Le fameux cours de FEYNMAN est disponible en ligne : https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_07.html pour le chapitre traitant de la gravitation.



R12 La propulsion par réaction

L'expérience de TSIOLKOVSKI est une illustration de la propulsion par respect de la loi de l'action et de la réaction pour un système isolé.

Initialement, la barque et son contenu sont immobiles. Si un passager utilise sa force musculaire pour jeter une masse vers l'arrière, avec une certaine vitesse, une certaine force est appliquée à la masse par le passager. Et d'après le principe de l'action et de la réaction, le passager et la barque vont être soumis à une force égale et opposée. La barque va se mettre en mouvement dans le sens opposé dans lequel on a jeté les cailloux.

Pour une barque, il est plus simple de ramer, ou même d'utiliser une hélice ou une voile ; l'intérêt de cette propulsion « par réaction » est de ne pas nécessiter de milieu matériel sur lequel « prendre appui » (comme l'eau pour les rames ou l'hélice) et donc de fonctionner... dans le vide interstellaire !

R13 L'impesanteur

Le point commun entre la station spatiale internationale, l'Airbus « zéro G » et l'ascenseur spécial de l'institut de Brême est d'être tous en chute libre, c'est-à-dire un mouvement soumis uniquement au poids (ou attraction de la Terre) ; autrement dit, les frottements sont soit négligeables, soit annulés par une autre force.

Un autre point commun entre ces trois systèmes est d'être relativement proches du sol, et donc soumis à une intensité de la pesanteur quasiment identique. L'intensité de la pesanteur vaut $9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ à Brême

(relativement proche de Paris à l'échelle du globe terrestre), et l'on peut supposer qu'elle a la même valeur dans l'Airbus, qui ne dépasse pas la dizaine de kilomètres d'altitude et effectue ses vols autour de Toulouse. Quant à la station spatiale internationale, à $h = 330 \text{ km}$ d'altitude, on peut calculer que l'intensité de la pesanteur vaut encore $8,9 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$, donc proche de sa valeur au sol :

$$g = \mathcal{G} \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

$$g = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,98 \times 10^{24}}{((6380 + 330) \times 10^3)^2}$$

$$g = 8,9 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$$

Pourtant, l'on constate expérimentalement l'existence d'une « impesanteur » ou « apesanteur » (littéralement, une « absence de poids ») de seulement quelques millièmes de g :

Système	Gravité
Au sol	1,0 $\times g$
Formule 1 (freinage)	6,6 $\times g$
Airbus Zéro G	0,02 $\times g$
ISS	0,000 003 $\times g$
Brême	0,000 001 $\times g$



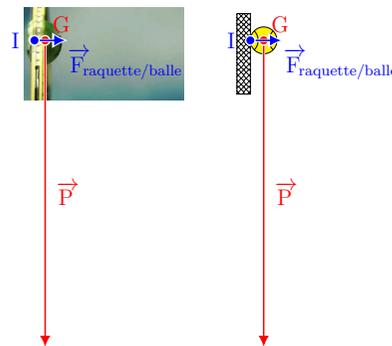
Dans un système en chute libre, on constate ainsi l'absence de forces appliquées, d'où ce fameux « flottement » caractéristique de l'impesanteur. En effet, malgré la présence de la force gravitationnelle due à la Terre, subie par le système entier, aucune force nette ne s'applique sur les corps placés à l'intérieur du système, car il est en chute libre.

Correction des questions de cours

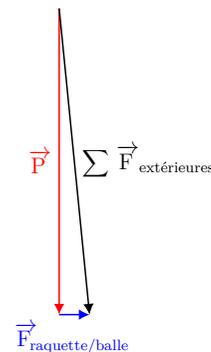
- a. Bilan de forces appliquées sur la balle :

- son poids \vec{P} ou attraction gravitationnelle exercée par la Terre,
 - direction : verticale ;
 - sens : vers le bas ;
 - point d'application : G ;
 - valeur : $P = mg = 0,058 \times 9,8 = 0,57 \text{ N}$.
- la force de contact $\vec{F}_{\text{raquette/balle}}$ exercée par la raquette sur la balle,
 - direction : horizontale (sauf s'il s'agit d'un service à la cuillère!) ;
 - sens : vers le filet, *a priori* ;
 - point d'application : I, centre de la surface de contact entre la raquette et la balle ;
 - valeur : $F = 5,7 \text{ N}$, donnée dans l'énoncé.

- b. Forces : échelle de 1 cm pour 1 N.



- c. On effectue l'addition vectorielle des deux forces auxquelles la balle de tennis est soumise. Pour cela, on translate la force exercée par la raquette sur la balle à l'extrémité du vecteur poids :



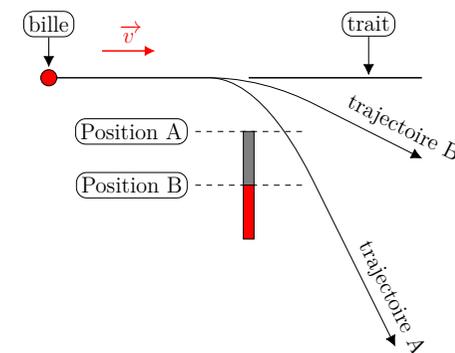
La force résultante (ou simplement « la résultante ») est construite en reliant l'origine de la première force avec l'extrémité de la dernière. On la note $\sum \vec{F}_{\text{extérieures}}$, « somme des forces extérieures » appliquées au système (ici, la balle de tennis).

- d. Dans les trois cas, l'on exerce une force ; de contact dans les deux premiers cas, à distance dans le troisième.
- e. Dans ce cas simple, comme l'indique le titre de la sous-section, on ne s'intéresse qu'à la valeur de la vitesse ; cette valeur peut être augmentée, diminuée, ou même réduite à zéro par l'application d'une force.

- f. En l'absence d'aimant, la bille a une trajectoire rectiligne, donc selon le trait.

- g. Avec l'aimant en position B, la bille s'écarte faiblement de sa trajectoire, étant attirée par l'aimant. Elle s'écarte plus franchement avec l'aimant en position A, car ce dernier est plus proche.

À proximité de l'aimant, la bille a une trajectoire parabolique (et elle peut même se coller brusquement à l'aimant).



- h. Dans les trois expériences, c'est la masse qui varie.

- i. Plus la masse est importante, plus il est difficile de mettre en mouvement un objet, ou de l'arrêter.