

7 LE POIDS APPARENT

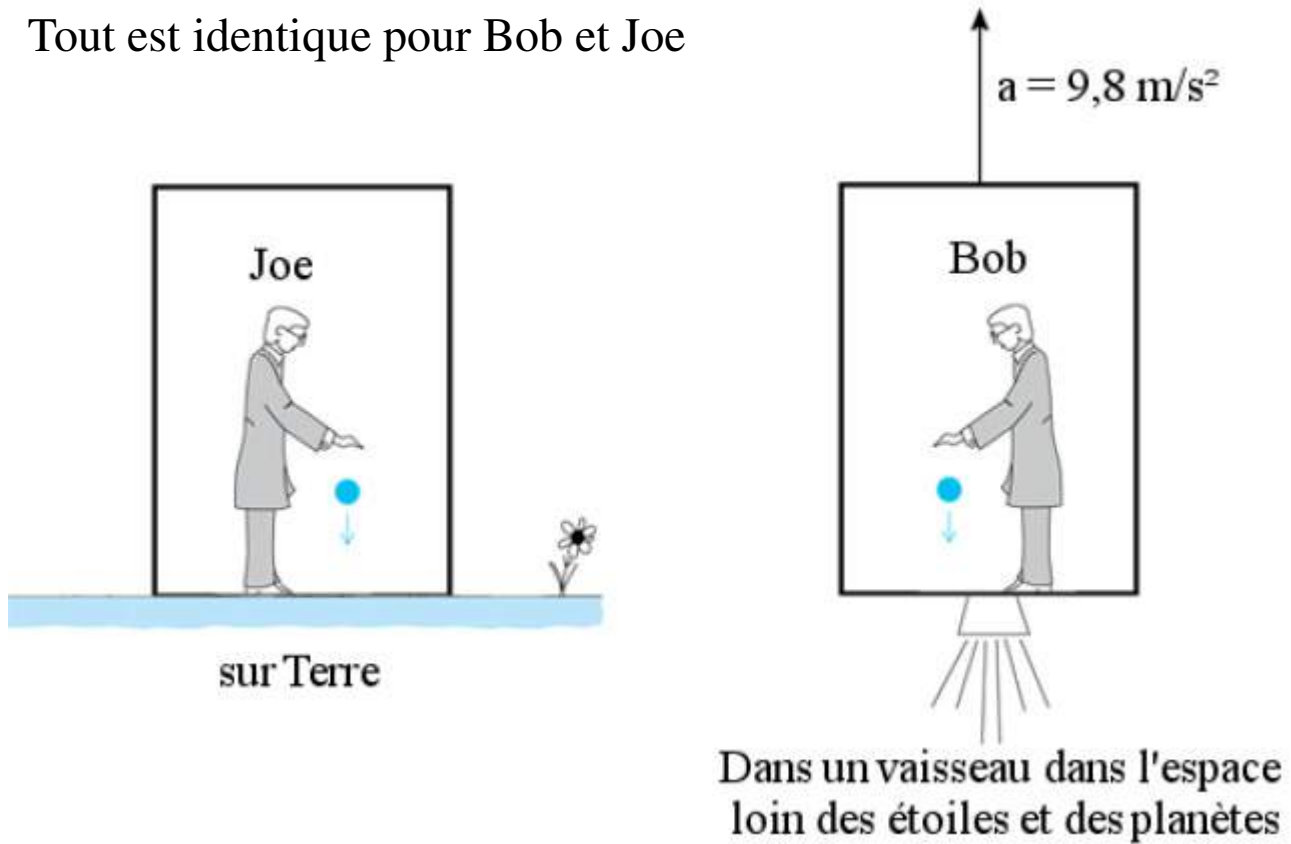
Quels sont le poids apparent (grandeur et direction) et le nombre de g subit par un pilote d'avion de chasse de 70 kg quand il est catapulté d'un porte-avion sachant que l'avion accélère jusqu'à une vitesse de 77 m/s (150 nœuds) sur une distance de 94,5 m (sur le USS Nimitz)?



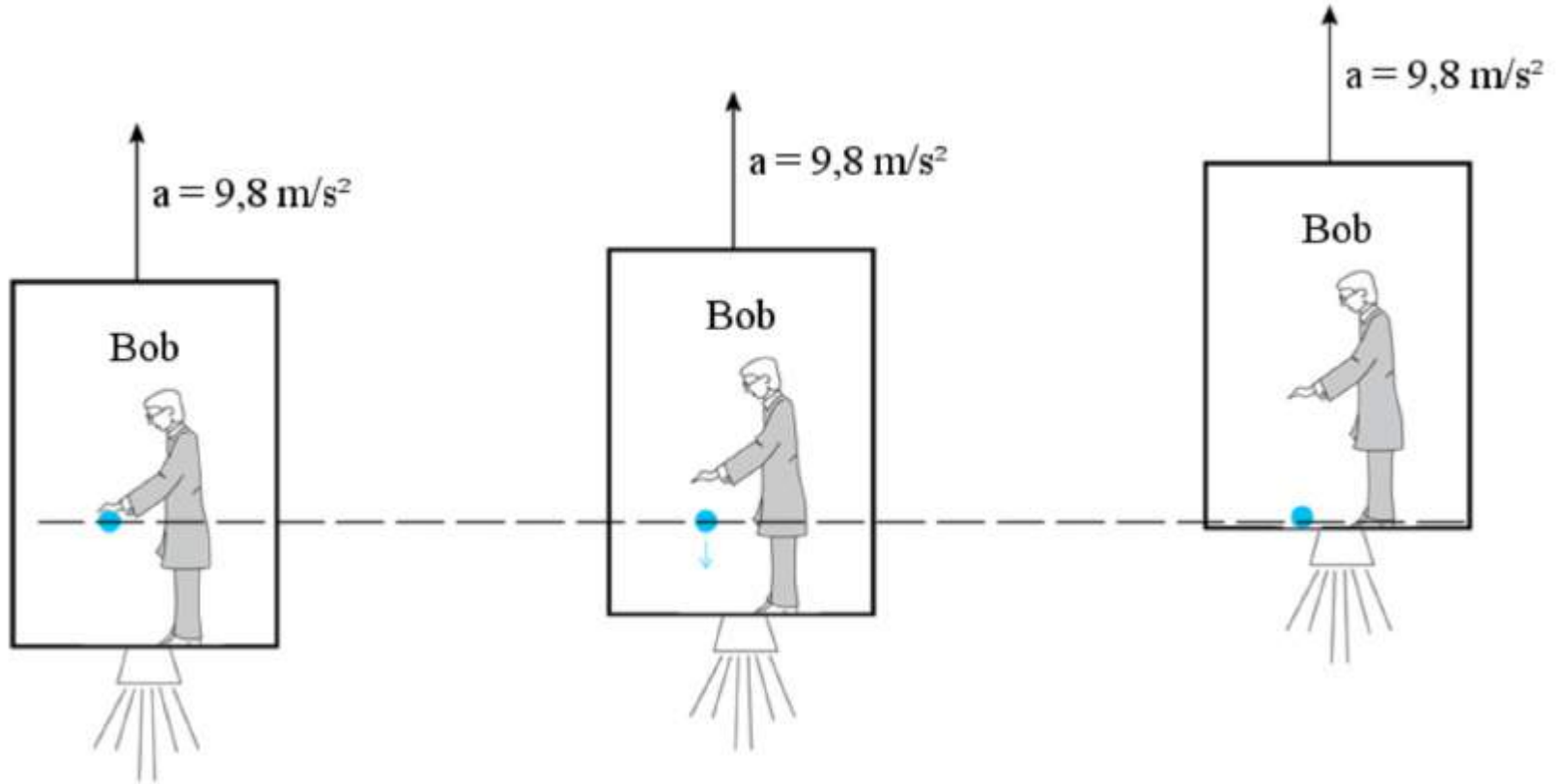
7.1 FORMULE DU POIDS APPARENT

Principe d'équivalence d'Einstein

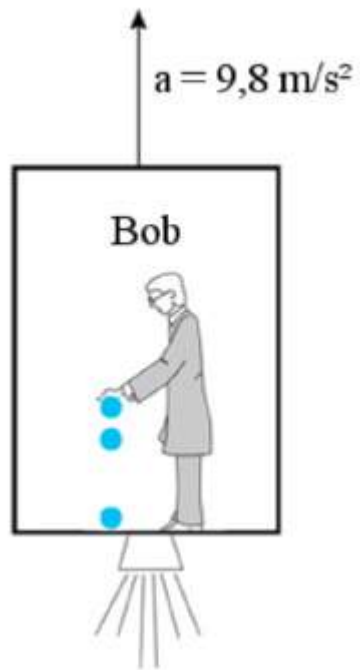
Tout est identique pour Bob et Joe



Bob lâche une balle



Résultat

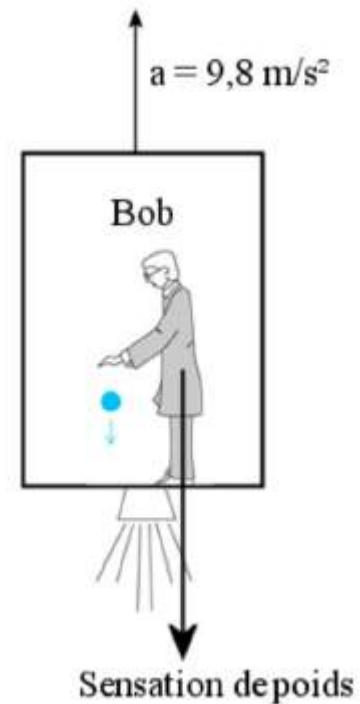


Tout est identique : impossible de distinguer

Aucune expérience ne peut montrer la différence

Si tout est identique
Accélération donne aussi sensation de poids

L'accélération doit donner une sensation de poids égal à ma vers le bas

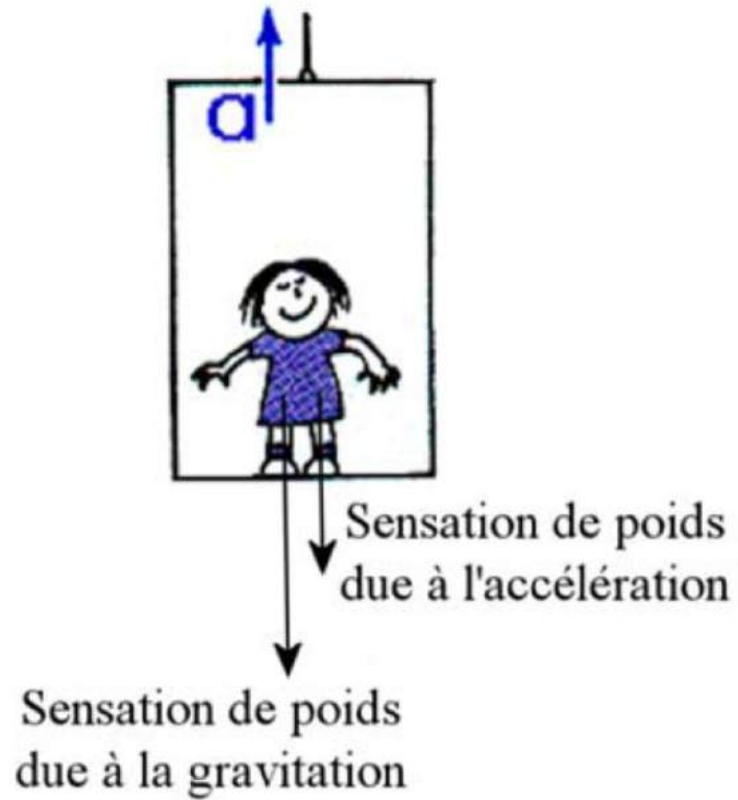


Somme des deux sensations de poids = poids apparent

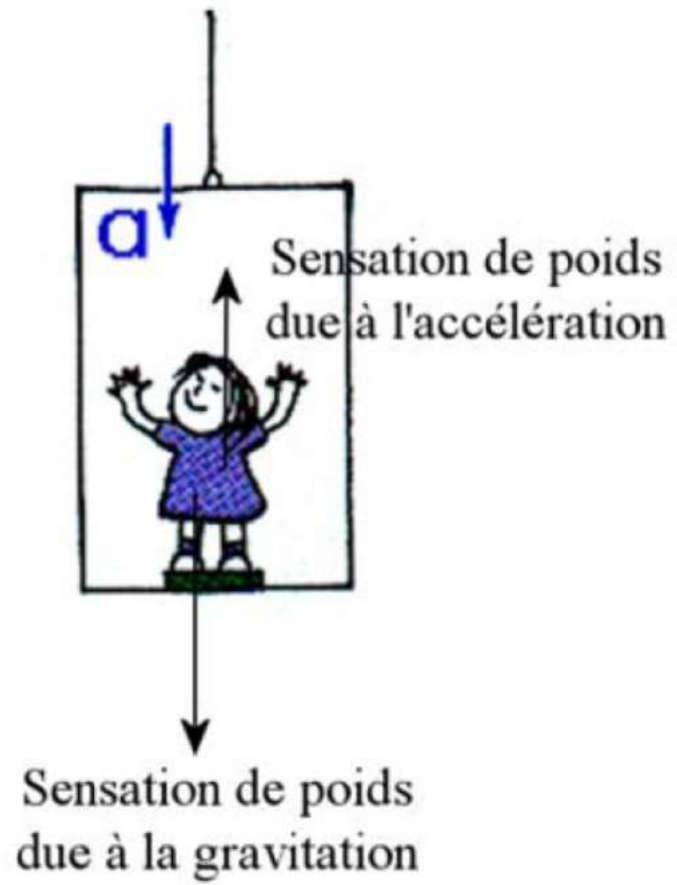
Le poids apparent

$$\vec{P}_{app} = m\vec{g} + (-m\vec{a})$$

Ascenseur qui accélère vers le haut



Ascenseur qui accélère vers le bas



Pour le calcul : travaille avec les composantes

Le poids apparent (en composantes)

$$P_{app\ x} = -ma_x$$

$$P_{app\ y} = -mg - ma_y$$

avec l'axe des x horizontale et l'axe des y vers le haut



Erreur fréquente : Utiliser les mauvais axes avec les composantes du poids apparents

Les équations des composantes obtenues sont faites pour un axe des y vertical pointant vers le haut et un axe des x horizontale.

Une autre formule

$$\vec{P}_{app} = m\vec{g} + (-m\vec{a})$$

$$\vec{P}_{app} = m\vec{g} + \left(-\sum \vec{F}\right)$$

Le poids apparent

$$\vec{P}_{app} = -\left(\sum \vec{F} - m\vec{g}\right)$$

Certains : Force pour supporter objet

Le poids apparent (en composantes)

$$P_{app\ x} = -\sum F_x$$

$$P_{app\ y} = -\sum F_y - mg$$

avec l'axe des x horizontale et l'axe des y vers le haut



Erreur fréquente : Mettre directement des chiffres dans les équations $\vec{P}_{app} = m\vec{g} + (-m\vec{a})$ ou

$$\vec{P}_{app} = -(\sum \vec{F} - m\vec{g})$$

Ces équations sont des équations vectorielles. Ainsi, on obtient rarement la bonne réponse en mettant directement les valeurs de g de a ou de F directement dans ces équations. Il faut plutôt travailler avec les composantes x et y de ces équations.

Dans ascenseur

$$P_{app\ y} = -\sum F_y - mg$$

$$P_{app\ y} = -(-mg + F_N) - mg$$

$$P_{app\ y} = -F_N$$

Donc égal à ce qu'indique un pèse-personne

<http://www.youtube.com/watch?v=z42xuQLkkGQ>

Compare avec poids normal sur Terre

Le nombre de g (n_g)

$$n_g = \frac{|P_{app}|}{P_{\text{reel sur Terre}}} = \frac{|P_{app}|}{m \times 9,8 \frac{m}{s^2}}$$

7.2 LE POIDS APPARENT AVEC DES ACCÉLÉRATIONS EN LIGNE DROITE

Quels sont le poids apparent et le nombre de g subit par une personne de 60 kg dans un ascenseur...

a) qui monte à vitesse constante?

$$P_{app\ y} = -mg - ma_y$$

$$P_{app\ y} = -mg$$

$$= -60\text{kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -588\text{N}$$

$$n_g = \frac{588\text{N}}{588\text{N}} = 1$$

Quels sont le poids apparent et le nombre de g subit par une personne de 60 kg dans un ascenseur...

b) qui accélère vers le haut avec une accélération de 2 m/s^2 ?

$$\begin{aligned}P_{app\ y} &= -mg - ma_y \\ &= -60\text{kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 60\text{kg} \times 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ &= -708\text{N}\end{aligned}$$

$$n_g = \frac{708\text{N}}{588\text{N}} = 1,204$$

Quels sont le poids apparent et le nombre de g subit par une personne de 60 kg dans un ascenseur...

c) qui accélère vers le bas avec une accélération de 2 m/s^2 ?

$$\begin{aligned}P_{app\ y} &= -mg - ma_y \\ &= -60\text{kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 60\text{kg} \times \left(-2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \\ &= -468\text{N}\end{aligned}$$

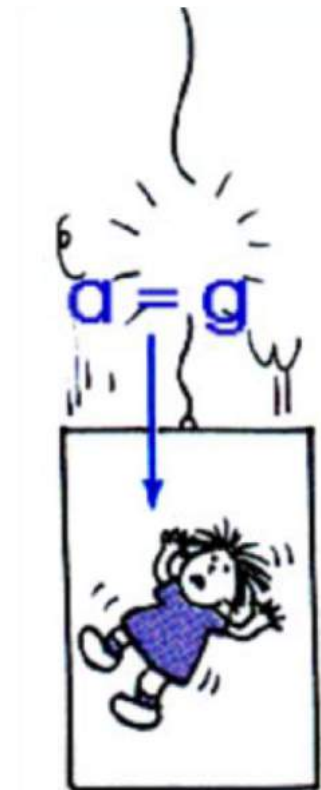
$$n_g = \frac{468\text{N}}{588\text{N}} = 0,796$$

Quels sont le poids apparent et le nombre de g subit par une personne de 60 kg dans un ascenseur...

d) qui accélère vers le bas avec une accélération de $9,8 \text{ m/s}^2$?

$$\begin{aligned} P_{app\ y} &= -mg - ma_y \\ &= -60\text{kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 60\text{kg} \times (-9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \\ &= 0\text{N} \end{aligned}$$

$$n_g = \frac{0\text{N}}{588\text{N}} = 0$$



Quels sont le poids apparent et le nombre de g subit par une personne de 60 kg dans un ascenseur...

e) qui accélère vers le bas avec une accélération de 15 m/s^2 ?

$$\begin{aligned} P_{app\ y} &= -mg - ma_y \\ &= -60\text{kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 60\text{kg} \times (-15 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \\ &= 312\text{N} \end{aligned}$$

$$n_g = \frac{312\text{N}}{588\text{N}} = 0,531$$

Corde pour tirer ascenseur vers bas

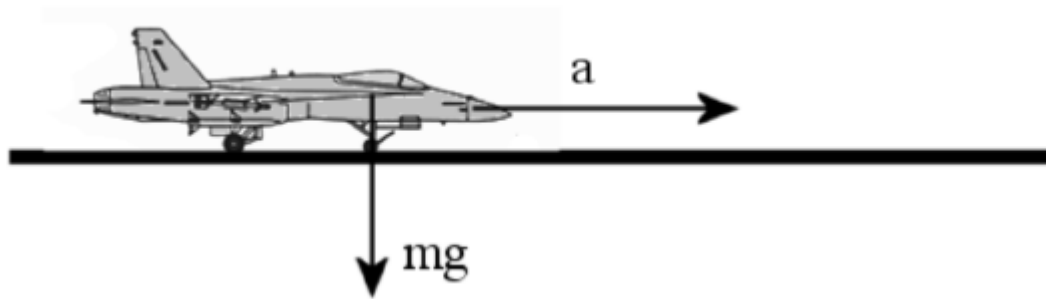


Quel est le nombre de g subit par une personne dans une fusée au décollage si l'accélération de la fusée est de 6 m/s^2 vers le haut?

$$P_{app\ y} = -mg - ma_y = -m(g + a_y)$$

$$\begin{aligned}n_g &= \frac{|P_{app}|}{mg} \\&= \frac{|-m(g + a)|}{mg} \\&= \frac{|-(g + a)|}{g} \\&= \frac{(9,8 \frac{m}{s^2} + 6 \frac{m}{s^2})}{9,8 \frac{m}{s^2}} \\&= 1,61\end{aligned}$$

Quels sont le poids apparent (grandeur et direction) et le nombre de g subit par un pilote d'avion de chasse de 70 kg quand il est catapulté d'un porte-avion sachant que, lors du catapultage, l'avion accélère jusqu'à une vitesse de 77 m/s (150 nœuds) sur une distance de 94,5 m (sur le USS Nimitz)?



$$P_{app\ x} = -ma_x$$

$$P_{app\ y} = -mg$$

$$2a_x(x - x_0) = v^2 - v_0^2$$

$$2a_x(94,5m - 0m) = (77m/s)^2 - 0$$

$$a_x = 31,4 \frac{m}{s^2}$$

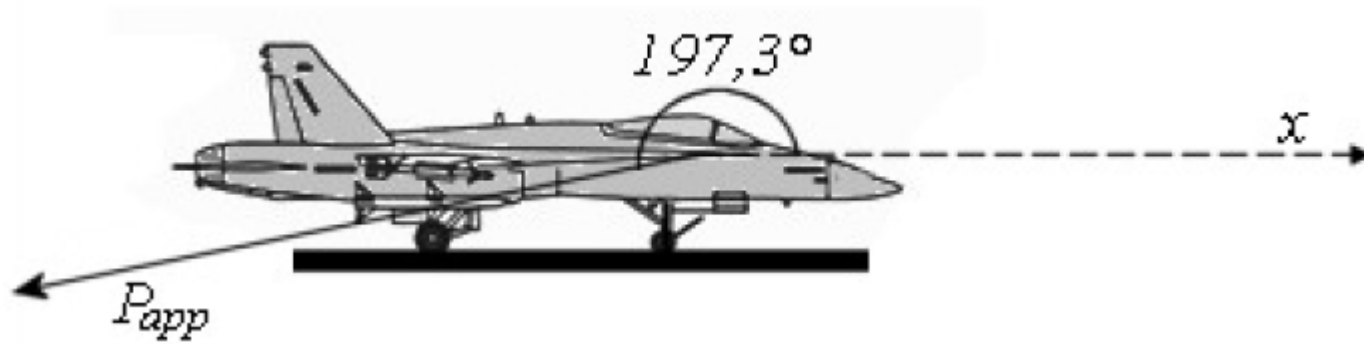
$$P_{app\ x} = -ma_x = -70kg \times 31,4 \frac{m}{s^2} = -2198N$$

$$P_{app\ y} = -mg = -70kg \times 9,8 \frac{m}{s^2} = -686N$$

$$P_{app} = \sqrt{P_{app\ x}^2 + P_{app\ y}^2} = 2302N$$

$$\theta = \arctan \frac{P_{app\ y}}{P_{app\ x}} = 197,3^\circ$$

$$P_{app} = 2302N \quad \theta = 197,3^\circ$$



$$\begin{aligned} n_g &= \frac{P_{app}}{mg} \\ &= \frac{2302N}{686N} = 3,36 \end{aligned}$$

Pilotes doivent s'entraîner pour résister à plusieurs g dans virage

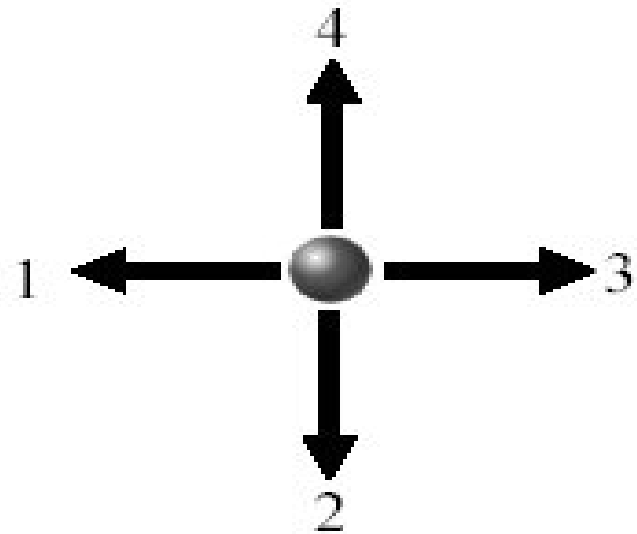
Sang dans les jambes : pas bon

Pilote à 9 g pendant 10 s

<http://www.youtube.com/watch?v=jKNDhEdHoBc>

<http://www.youtube.com/watch?v=dUkUC8QWa8g>

Dans quelle direction doit accélérer un objet pour que son poids apparent soit inférieur à son poids ?



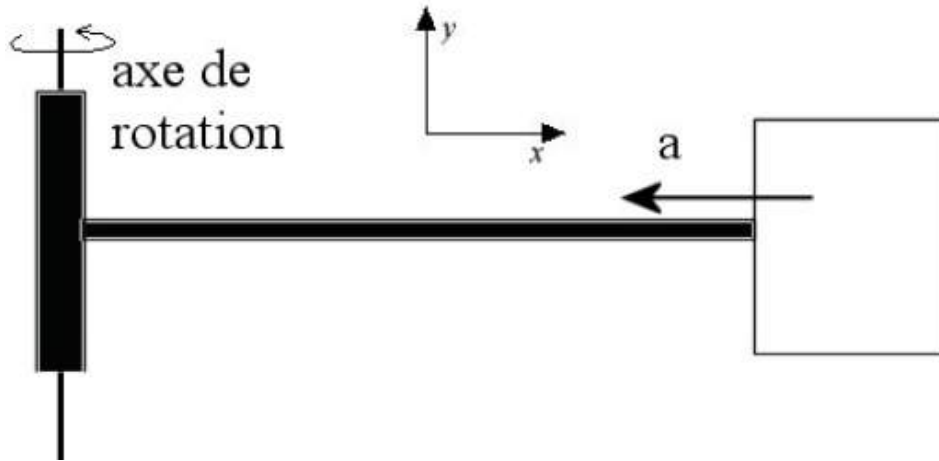
- a) Vers la gauche (1)
- b) Vers le bas (2)
- c) Vers la droite (3)
- d) Vers le haut (4)
- e) Toutes les directions sauf (4)
- f) Aucune, le poids apparent est toujours supérieur au poids.
- g) Toutes, le poids apparent est toujours inférieur au poids

7.3 LE POIDS APPARENT LORS DE MOUVEMENTS CIRCULAIRES

Centrifugeuse

<http://www.youtube.com/watch?v=sG6PPWxjgu0>

Une centrifugeuse ayant un rayon de 5 m fait un tour en 1,5 seconde. Quel est le nombre de g subit par la personne dans la centrifugeuse?



$$P_{app} = \sqrt{(mg)^2 + (ma_x)^2}$$

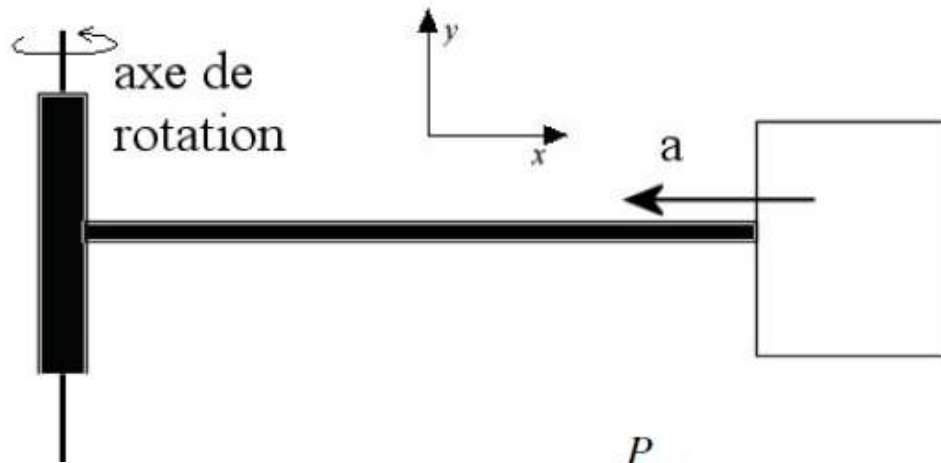
$$\begin{aligned} a_x &= -\frac{4\pi^2 r}{T^2} \\ &= -\frac{4\pi^2 5m}{(1,5s)^2} \\ &= -87,73 \frac{m}{s^2} \end{aligned}$$

$$P_{app\ x} = -ma_x$$

$$P_{app\ y} = -mg$$

$$\begin{aligned} n_g &= \frac{P_{app}}{mg} \\ &= \frac{\sqrt{(mg)^2 + (ma_x)^2}}{mg} \\ &= \frac{\sqrt{m^2 g^2 + m^2 a_x^2}}{mg} \\ &= \frac{\sqrt{m^2 (g^2 + a_x^2)}}{mg} \\ &= \frac{\cancel{m} \sqrt{g^2 + a_x^2}}{\cancel{m} g} \end{aligned}$$

Une centrifugeuse ayant un rayon de 5 m fait un tour en 1,5 seconde. Quel est le nombre de g subit par la personne dans la centrifugeuse?



$$\begin{aligned}n_g &= \frac{P_{app}}{mg} \\&= \frac{m\sqrt{g^2 + a_x^2}}{mg} \\&= \frac{\sqrt{(9,8 \frac{m}{s^2})^2 + (87,73 \frac{m}{s^2})^2}}{9,8 \frac{m}{s^2}} \\&= 9,01\end{aligned}$$

Quel est le nombre de g subit par une personne à l'équateur?

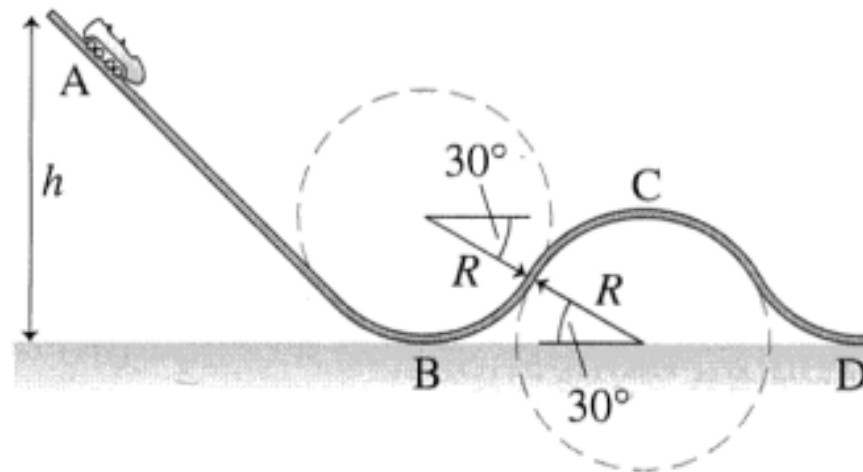
$$P_{app\ y} = -mg - ma$$

$$\begin{aligned} a_y &= -\frac{4\pi^2 r}{T^2} \\ &= -\frac{4\pi^2 (6,38 \times 10^6\ m)}{(86400\ s)^2} \\ &= -0,03374\ \frac{m}{s^2} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} n_g &= \frac{|P_{app}|}{mg} \\ &= \frac{|-mg - ma_y|}{mg} \\ &= \frac{|-g - a_y|}{g} \\ &= \frac{|(-9,8\ \frac{m}{s^2} - -0,03374\ \frac{m}{s^2})|}{9,8\ \frac{m}{s^2}} \\ &= 0,9965 \end{aligned}$$

Un charriot de montagnes russes se déplace sur une piste sans friction dont la forme est montrée sur la figure. Parmi les trois positions A, B et C, à quel endroit le poids apparent des personnes dans le charriot est-il le plus grand ?



- a) A
- b) B
- c) C
- d) Il est le même partout

7.4 L'IMPESANTEUR

Si l'effet de l'accélération annule l'effet dû à la gravitation, alors le poids apparent est nul

On a alors impesanteur ou apesanteur

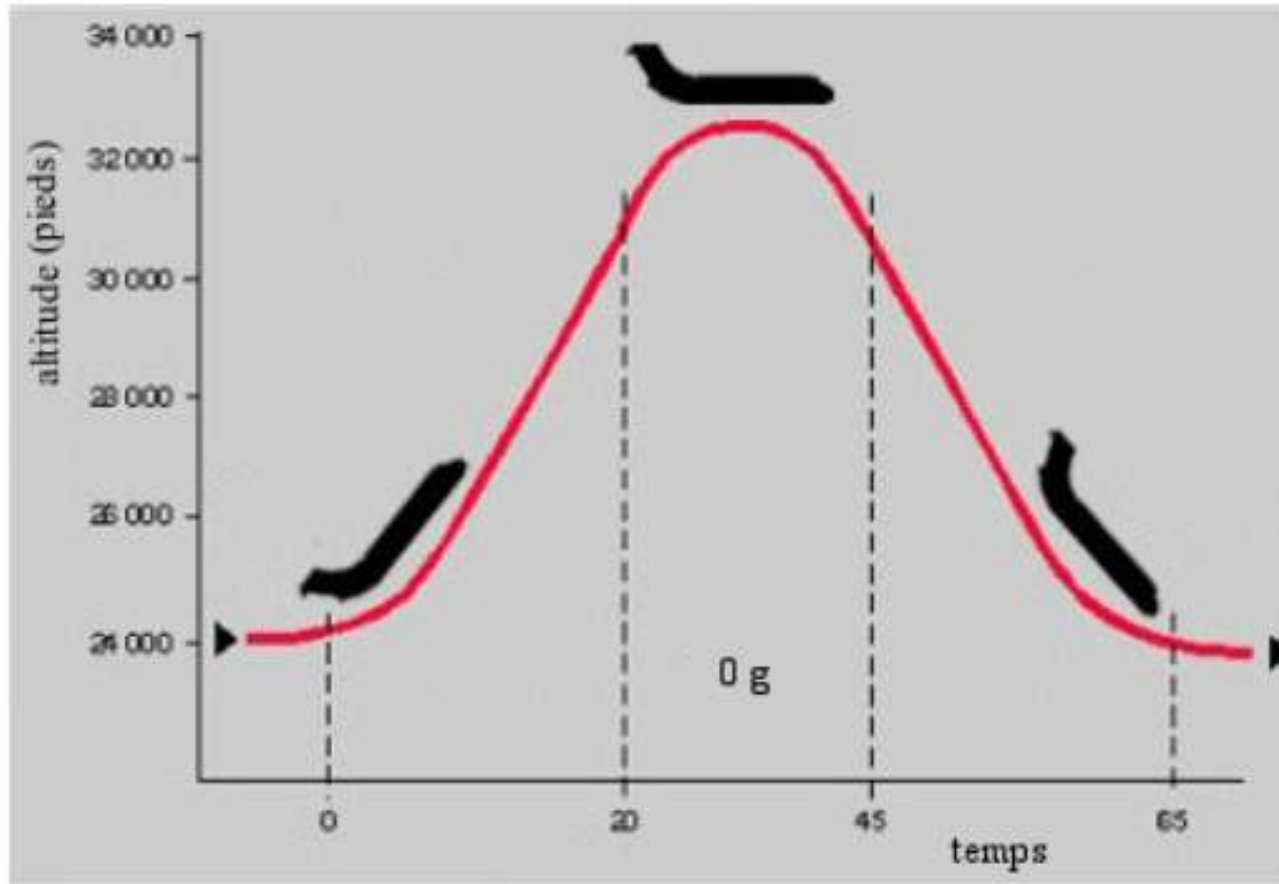
Arrive quand gravitation est la seule force qui agit
chute libre

C'est le cas dans la station spatiale.



Erreur fréquente : Penser que la force de gravitation sur les astronautes en orbite est nulle.

Pas nécessaire d'aller dans station spatiale ou ascenseur dont la corde a cassé



Impesanteur

<http://www.youtube.com/watch?v=Lhu198E8z2U>

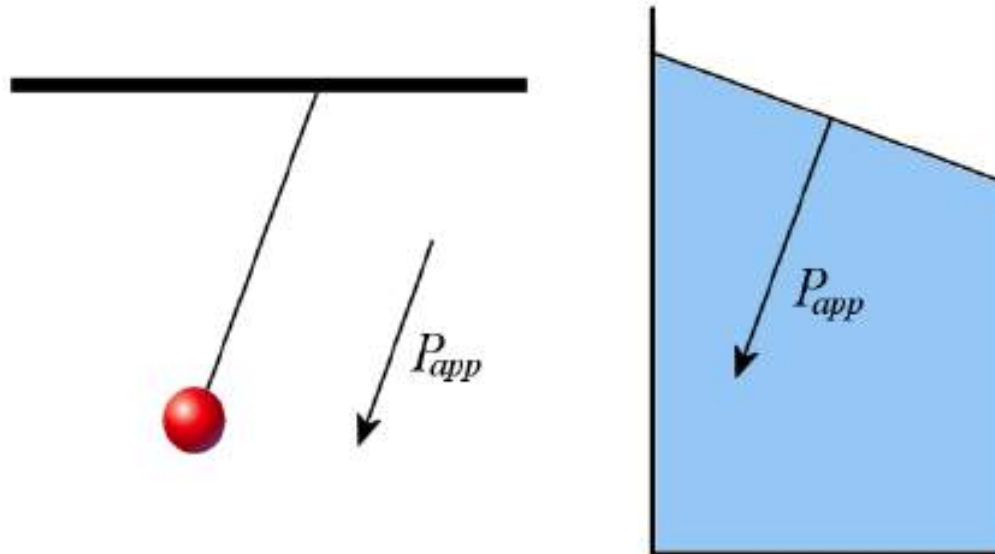
<http://www.youtube.com/watch?v=pH2TCEiYwKs>

<http://www.youtube.com/watch?v=CtnXWwzn368>

7.5 LA DIRECTION DU POIDS APPARENT

1 – Les objets suspendus s'alignent avec la direction du poids apparent.

2 – La surface des liquides est perpendiculaire à la direction du poids apparent.



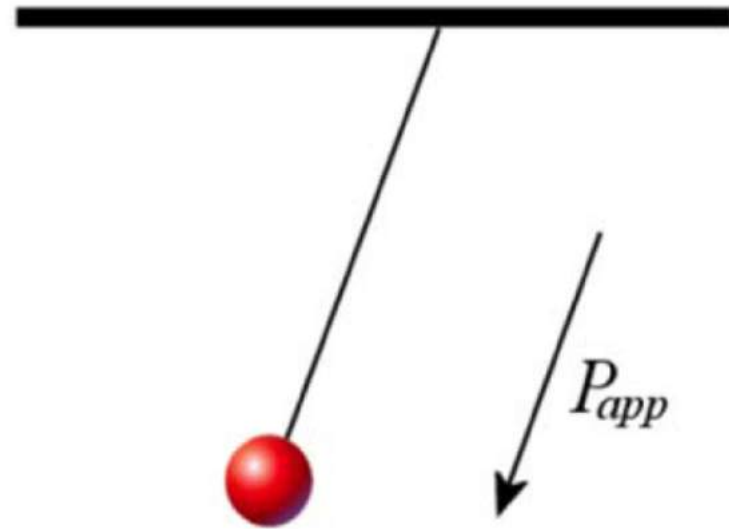
<http://www.youtube.com/watch?v=yOFERQMtGNM>

Preuve pour le pendule

$$\vec{P}_{app} = -(\sum \vec{F} - m\vec{g})$$

$$\vec{P}_{app} = -\vec{T}$$

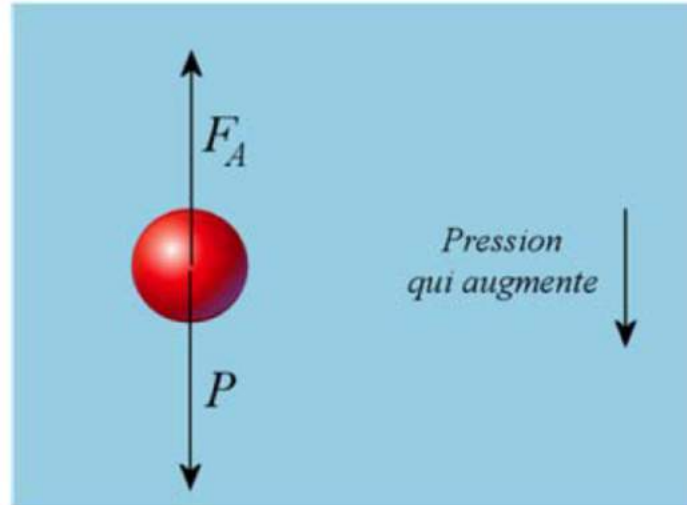
Donc opposé à corde



Preuve pour la surface des liquides

Dans un liquide qui n'accélère pas

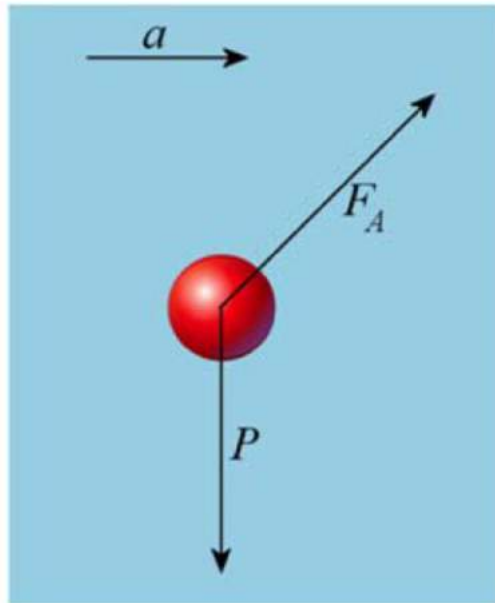
$$\vec{F}_A = -m\vec{g} = -\vec{P}$$



Surface est ligne

Surface horizontale

Dans un liquide qui accélère



Archimède est seule force qui peut accélérer objet

$$m\vec{g} + \vec{F}_A = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_A = -(m\vec{g} - m\vec{a})$$

$$\vec{F}_A = -\vec{P}_{app}$$

Archimède opposée à Papp

Compare

$$\frac{F_A \text{ avec accélération}}{F_A \text{ sans accélération}} = \frac{P_{app}}{P} = n_g$$

Poussée d'Archimède (F_A), version améliorée

1) Grandeur de la force

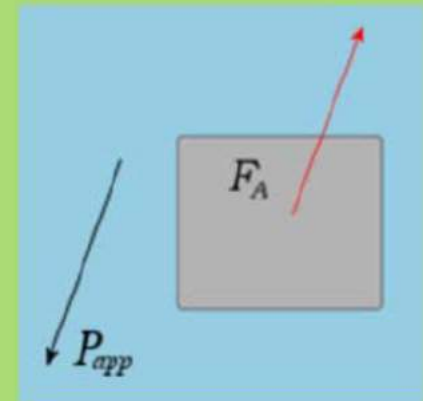
$$F_A = \rho n_g \cdot 9,8 \frac{N}{kg} \cdot V_f$$

où ρ est la masse volumique du fluide
 n_g est le nombre de g subit par l'objet
et V_f est le volume que l'objet occupe dans le fluide.

2) Direction de la force

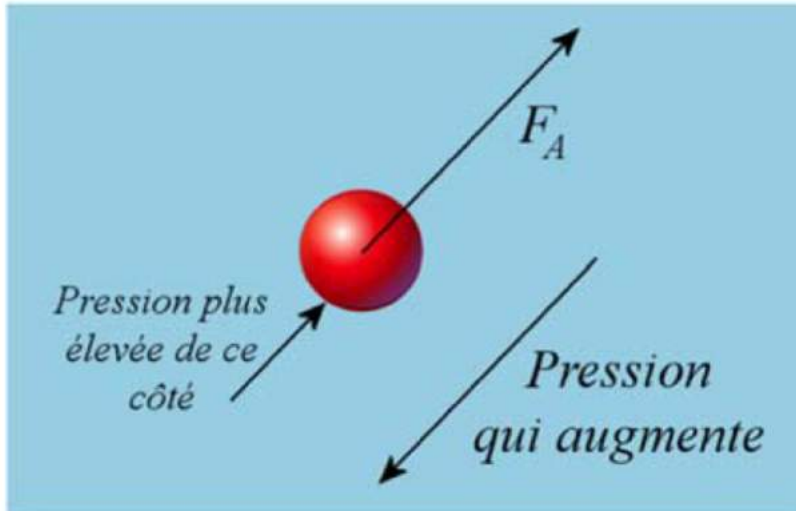
dans la direction opposée au poids apparent

www.boundless.com/physics/fluids/density-and-pressure/pressure/

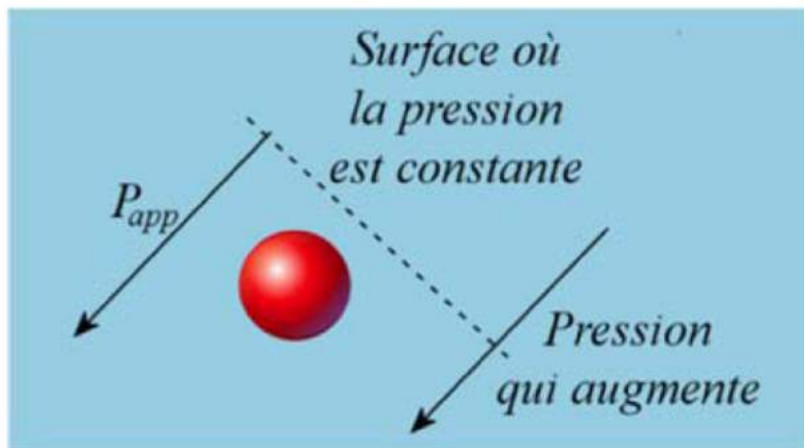


3) Point d'application de la force

Répartie partout sur la surface de la partie de l'objet qui est dans le fluide.
(Ici, on peut se contenter de mettre le point d'application au centre de la partie de l'objet qui est dans le fluide.)



Augmentation pression, opposée à Archimède

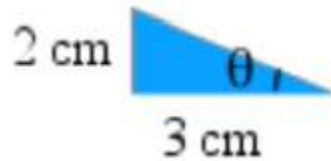
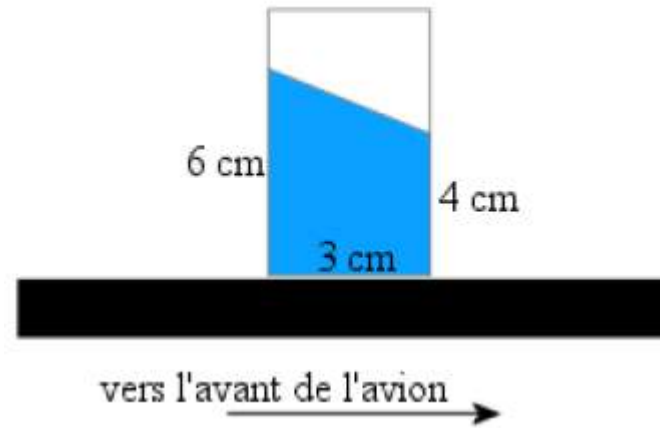


Ligne pression constante perpendiculaire à augmentation de pression

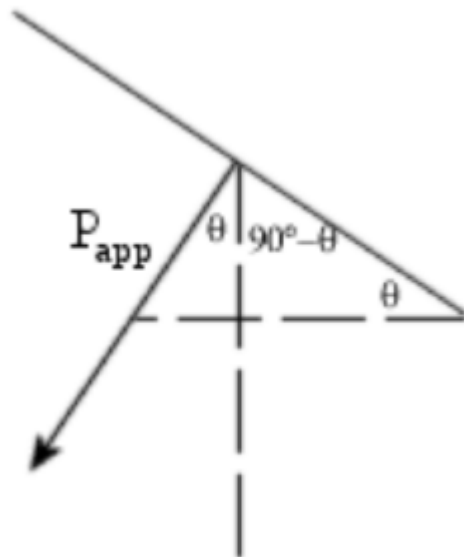
Surface suit une telle ligne

Conclusion Surface perpendiculaire à P_{app}

Un verre d'eau est solidement fixé sur une table dans un avion qui décolle. Si la surface de l'eau est orientée comme sur la figure, quelle est l'accélération de l'avion?



$$\theta = \arctan \frac{2}{3} = 33,7^\circ$$



$$P_{app\ x} = -ma_x$$

$$P_{app\ y} = -mg$$

$$\tan \theta = \frac{P_{app\ y}}{P_{app\ x}}$$

$$\tan \theta = \frac{-mg}{-ma_x}$$

$$\tan(-123,7^\circ) = \frac{9,8 \frac{m}{s^2}}{a_x}$$

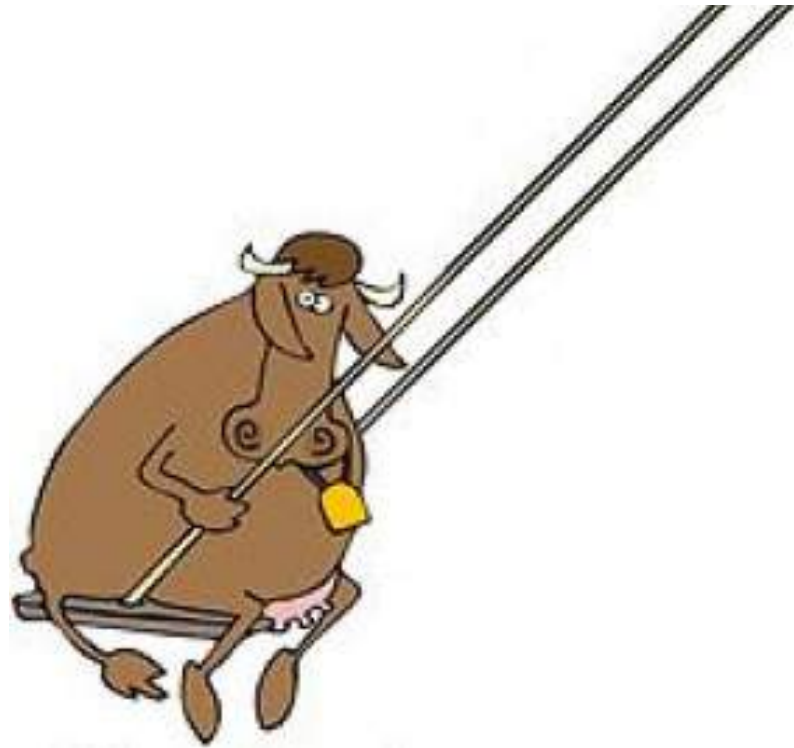
$$a_x = 6,53 \frac{m}{s^2}$$

Dans quelle direction est le poids apparent sur cette vache qui se balance s'il n'y a pas de friction de l'air?

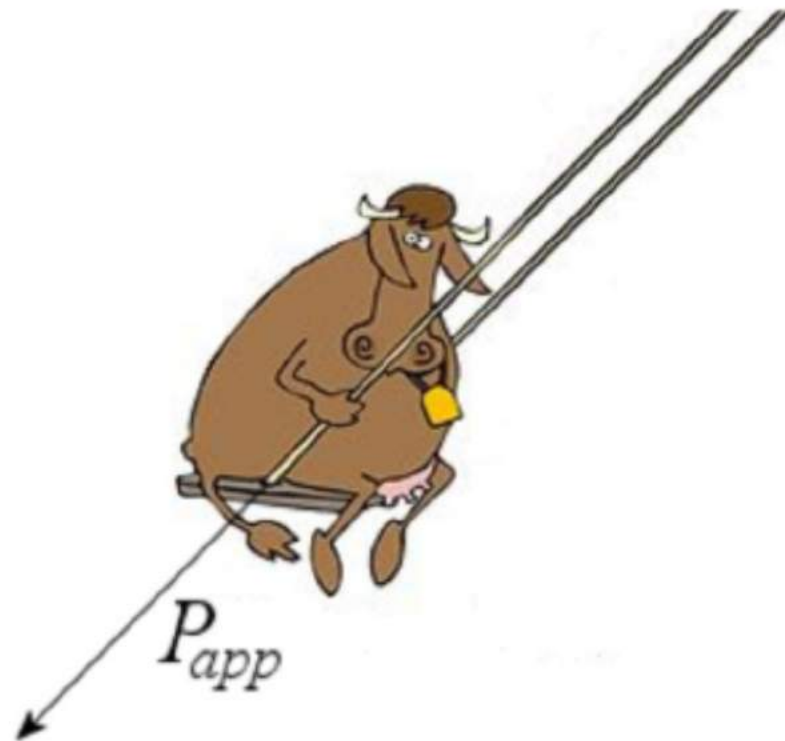
$$\vec{P}_{app} = -(\sum \vec{F} - m\vec{g})$$

$$\vec{P}_{app} = -(\sum \vec{F} - m\vec{g})$$

$$\vec{P}_{app} = -\vec{T}$$



Dans quelle direction est le poids apparent sur cette vache qui se balance s'il n'y a pas de friction de l'air?



7.6 LE NOMBRE DE g MAXIMUM QUE PEUT SUPPORTER L'ÊTRE HUMAIN

Sans entrainement : peut aller jusqu'à 3 à 4 g

Manque de sang au cerveau et épuisement musculaire pour se maintenir

Max montagne russe : 4 g vers le bas 0,5 g vers le haut

Si fait activités avec plus de 4 g : entrainement

Pilote F1 : jusqu'à 5 g = difficile

Perte de conscience vers 10 g

Pilote doivent aller jusqu'à 9 g pendant 10 s : beaucoup d'entraînement

Mais jusqu'où peut-on aller ?

Tests de John Stapp

http://www.youtube.com/watch?v=3UEYxf4fl_A

Survit à 46,2 g
Sang dans les yeux

Peut aller plus loin si très bref
Accident Ok à 50 g,

Kenny Bräck a survécu à 214 g

<http://www.youtube.com/watch?v=Hy8fgGil1WA>