Physique-chimie chapitre 9
Actions et forces – Séance 3

Compétences

Voici les compétences que vous devez acquérir à l'issue de ce cours :

- Savoir écrire l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle ;
- Définir le poids d'un corps et savoir écrire son expression vectorielle.

3 Des exemples de forces (suite du cours)

3.1 La force d'interaction gravitationnelle (fin)

Rappel : on a étudié précédemment l'interaction gravitationnelle entre deux objets A et B, de masses respectives m_{A} et m_{B}, distants d'une distance $d = \mathrm{AB}$.

On a vu en particulier que les norme des deux forces ont même valeur, donnée par la formule :

$$\mathrm{F}_{\mathrm{A/B}} = \mathrm{F}_{\mathrm{B/A}} = \mathrm{G} \times \frac{m_{\mathrm{A}} \times m_{\mathrm{B}}}{d^2} \qquad (1)$$

On a aussi vu que les deux vecteurs forces sont de même direction et de sens opposés :

$$\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{A/B}} = -\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{B/A}} \qquad (2)$$

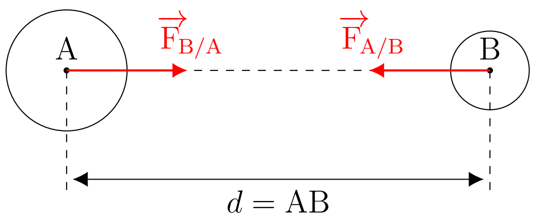
Remarque

L'expression (2) précédente, qui porte le nom de « principe des actions réciproques », permet d'écrire :

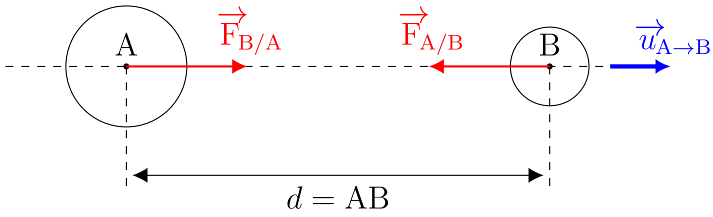
$$\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{A/B}} + \overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{B/A}} = \overrightarrow{0}$$

ce qui s'interprète par le fait que le système entier {A+B} ne subit aucune force (vecteur nul $\overrightarrow{0}$).

On a représenté les deux vecteurs forces par des segments fléchés, correctement positionnés sur le schéma typique de la situation :



On va maintenant ajouter un élément au schéma : un **vecteur unitaire** $\overrightarrow{u}_{\mathrm{A\to B}}$, que je rajoute à droite :



✍ Dans votre cours, rajoutez le vecteur unitaire $\overrightarrow{u}_{\mathrm{A\to B}}$ sur le schéma typique de situation déjà réalisé.

Ce vecteur unitaire a pour caractéristiques :

- une norme ou valeur égale à 1, comme son nom l'indique ;
- une direction, celle de la droite (AB) ;
- un sens, de A vers B.

Remarque

Ce vecteur unitaire peut être placé n'importe où sur la droite (AB), on ne le place pas forcément à l'origine d'un repère, comme l'on fait en mathématiques avec les vecteurs unitaires de base $\overrightarrow{i}$ et $\overrightarrow{j}$ d'un repère.

Avec ce vecteur unitaire, on peut donner une formule vectorielle de l'interaction gravitationnelle, qui complète la norme donnée par l'équation (1).

✍ Tentez de trouver par vous-même l'expression du vecteur force $\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{A/B}}$!

$$\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{A/B}} = -\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{B/A}} = -\mathrm{G}\frac{m_{\mathrm{A}}m_{\mathrm{B}}}{d^2}\overrightarrow{u}_{\mathrm{A\to B}} \qquad (3)$$

Si vous observez attentivement l'expression vectorielle (3), vous devez comprendre qu'elle combine l'expression de la norme (1) et le principe des actions réciproques (2) (j'ai aussi ôté tous les signes multiplicatifs, car sinon c'est lourd à écrire !).

Observez aussi le signe « moins » qui est apparu dans la formule vectorielle (3) : il est nécessaire, afin de tenir compte du *sens* des vecteurs forces et du vecteur unitaire sur le schéma.

✍ Tentez maintenant de trouver par vous-même l'expression du vecteur force $\overrightarrow{F}_{B/A}$.

$$\overrightarrow{F}_{B/A} = -\overrightarrow{F}_{A/B} = G\frac{m_A m_B}{d^2}\,\overrightarrow{u}_{A\to B} \qquad (4)$$

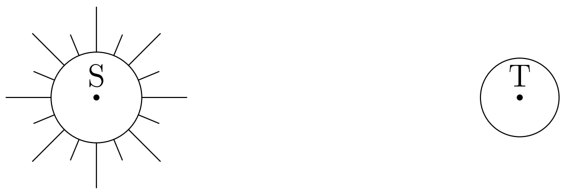
Vous avez trouvé seul ? Félicitations !

Exemple

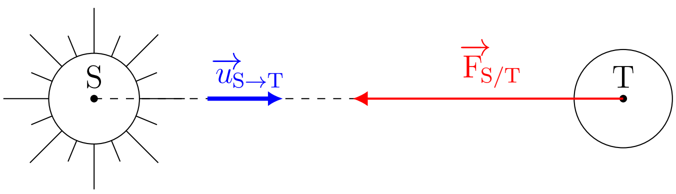
Soit $\overrightarrow{u}_{S\to T}$ un vecteur unitaire, de direction la droite (ST), de sens du Soleil S vers la Terre T.

Trouvez l'expression vectorielle et dessinez le vecteur unitaire $\overrightarrow{u}_{S\to T}$ et la force $\overrightarrow{F}_{S/T}$ exercée par le Soleil sur la Terre.

On pourra utiliser la norme trouvée dans le cours précédent, et on dessinera le vecteur force avec l'échelle de 1 cm pour 10^{22} N.



On avait trouvé $F_{S/T} = F_{T/S} = 3{,}58\times10^{22}$ N *pour la norme. Avec l'échelle pro*
donc tracer un vecteur de 3,58 cm *de longueur, appliqué en* S, *dirigé de* S *vers* T :



L'ex

$$\overrightarrow{F}_{S/T} = -G\frac{M_S M_T}{d^2}\,\overrightarrow{u}_{S\to T}$$

Remarque

La figure est à l'échelle. On remarquera que j'ai placé le vecteur unitaire un peu où j'ai envie, et je le fais toujours d'1 cm de longueur, peu importe l'échelle. Pour lui, l'important, c'est le sens.

3.2 Le poids d'un objet

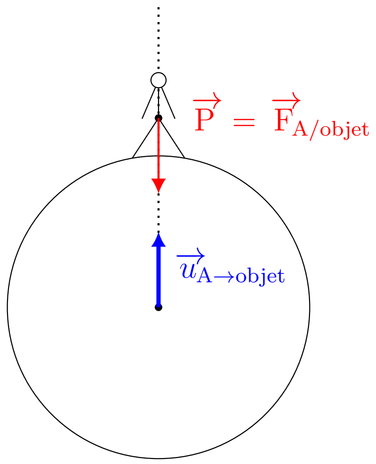
Définition

Le poids $\overrightarrow{P}$ *d'un ob*
astre A *e*
tion gravitationnelle exercée par cet astre A *sur cet ob*

$$\overrightarrow{P} = \overrightarrow{F}_{A/objet} = -G\frac{m_A m_{objet}}{R_A^2}\,\overrightarrow{u}_{A\to objet}$$

Dans cette expression, R_A est le rayon de l'astre, car la distance entre l'objet et la surface de l'astre (= l'altitude de l'objet) est négligeable devant R_A.

Remarquez bien le signe « moins » dans l'expression, qui provient du choix d'un vecteur unitaire $\overrightarrow{u}_{A\to objet}$ selon la verticale du lieu sur l'astre, et dirigé vers le haut :



La valeur du poids de l'objet sur l'astre A est (la même expression que ci-dessus, mais sans signe, car une norme est toujours positive, et sans vecteur) :

$$P = F_{A/objet} = G\frac{m_A m_{objet}}{R_A^2}$$

Définition

La valeur du poids P *d'un ob*
face d'un astre A *sur laquelle règne une intensité de la pe* g_A *e*

$$P = m_{objet} \times g_A$$

Unités :

P poids en newton (N) ;

m_{objet} masse de l'objet en kilogramme (kg) ;

g_{A} intensité de la pesanteur, en newton par kilogramme ($\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$).

On peut maintenant comparer les deux expressions de la valeur ou norme P du poids, en écrivant en couleur les parties des expressions qui différentes :

$$\begin{cases} \text{P} = \text{G}\dfrac{m_{\text{A}} m_{\text{objet}}}{\text{R}_{\text{A}}^2} \\ \text{P} = m_{\text{objet}} g_{\text{A}} \end{cases}$$

Par *identification* entre ces deux formules, on en déduit l'égalité des expressions écrites en couleur :

$$g_{\text{A}} = \text{G}\frac{m_{\text{A}}}{\text{R}_{\text{A}}^2} \qquad (5)$$

Unités :

g_{A} l'intensité de la pesanteur de l'astre A à sa surface, en newton par kilogramme ($\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$) ;

G la constante de gravitation universelle, en newton mètre-carré par kilogramme carré (Nkg^2/m^2, n'est pas à mémoriser) ;

m_{A} la masse de l'astre A, en kilogramme (kg) ;

R_{A} le rayon de l'astre A, en mètre (m).

L'équation (5) montre que l'intensité de la pesanteur à la surface d'un astre A quelqu'il soit ne dépend que de la masse de l'astre m_{A} et de son rayon R_{A}.

Exemple

Voici quelques valeurs de l'intensité de la pesanteur pour différents astres :

- $g_{\text{Terre}} = 9{,}8\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$
- $g_{\text{Lune}} = 1{,}6\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$
- $g_{\text{Mars}} = 3{,}7\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$

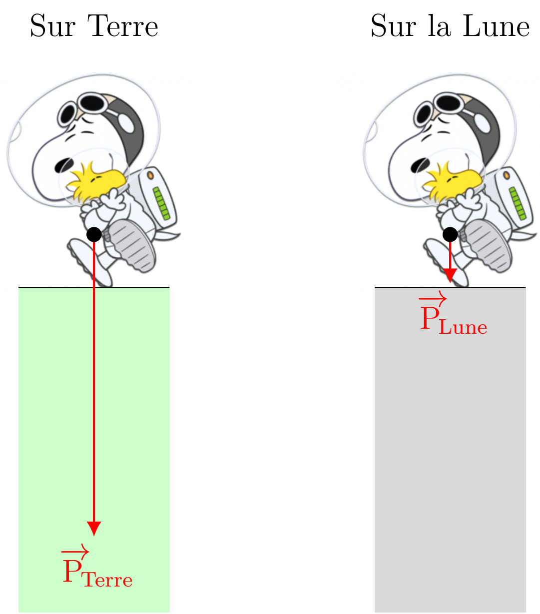
Définition

L'intensité de la pe

d'un astre ne dé

Pour conclure, on constate que la valeur du poids P dépend à la fois de la masse de l'objet et de l'astre sur lequel il se trouve.

Exemple



La masse de l'astronaute est la même sur Terre et sur la Lune, mais la valeur de son poids est différente, puisque $g_{\text{T}} \neq g_{\text{L}}$.

Pour terminer, maintenant que l'on a donné la *valeur* du poids, on va donner son expression *vectorielle* .

Définition

Le poids $\overrightarrow{\text{P}}$ *d'un sy* *m e*

$$\overrightarrow{\text{P}} = m\,\overrightarrow{g}$$

où $\overrightarrow{g}$ *e*

teur sur l'astre où se trouve le sy

il e

Définition

$\overrightarrow{\text{P}}$ *et* $\overrightarrow{g}$ *ont la même direction (la verticale du lieu) et le même sens (vers le bas).*

Il

tème.

That's all Folks !

✍ **Exercices de la séance 9.3 – N° 12, 17, 22 et 26 p. 187 à 190.**

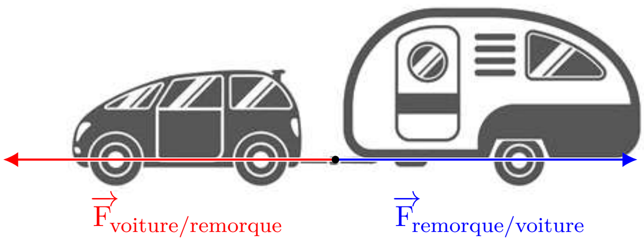
Correction des exercices du chapitre 9 (début)

9.1 N° 14 p. 187 – Actions réciproques

Principe des actions réciproques : la force exercée par la voiture sur la remorque, horizontale, vers la gauche, au niveau du crochet d'attelage, et de valeur inconnue, est « égale et opposée » à la force exercée par la remorque sur la voiture, horizontale, vers la droite, au niveau du crochet d'attelage, de valeur inconnue.

$$\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\text{voiture/remorque}} = -\,\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\text{remorque/voiture}}$$

Avez-vous vu que j'ai donné les quatre caractéristiques des forces dans mon texte ?



9.2 N° 16 p. 187 – Exemples de forces

a. Écrivons la valeur de la force d'interaction gravitationnelle, issue du cours (1) :

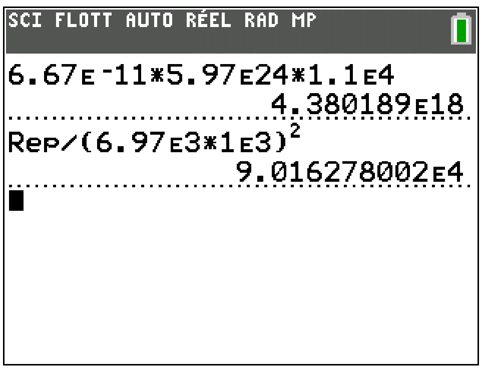
$$\mathrm{F}_{\mathrm{A/B}} = \mathrm{F}_{\mathrm{B/A}} = \mathrm{G} \times \frac{m_{\mathrm{A}} \times m_{\mathrm{B}}}{d^2}$$

Adaptons cette formule avec les notations de l'énoncé (important) :

$$\mathrm{F}_{\mathrm{H/T}} = \mathrm{F}_{\mathrm{T/H}} = \mathrm{G} \times \frac{m_{\mathrm{T}} \times m_{\mathrm{H}}}{d^2}$$

Application numérique : ne pas oublier de convertir la distance des kilomètres aux mètres :

$$\mathrm{F}_{\mathrm{T/H}} = 6{,}67\times10^{-11} \times \frac{5{,}97\times10^{24} \times 1{,}1\times10^{4}}{(6{,}97\times10^{3} \times 10^{3})^{2}}$$



$$\mathrm{F}_{\mathrm{T/H}} = 9{,}0\times10^{4}\ \mathrm{N}$$

Remarque : le calcul a été fait en deux fois, afin que vous puissiez voir le détail.

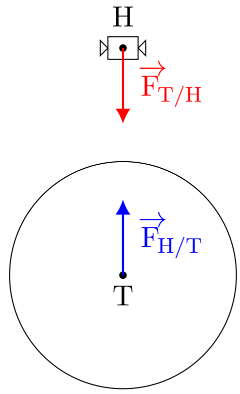
b. Quatre caractéristiques pour la force exercée par la Terre sur Hubble $\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{T/H}}$:

— direction : verticale ;
— sens : vers le bas ;
— valeur $\mathrm{F}_{\mathrm{T/H}} = 9{,}0\times10^{4}$ N ;
— point d'application : H.

Quatre caractéristiques pour la force exercée par Hubble sur la Terre $\overrightarrow{\mathrm{F}}_{\mathrm{H/T}}$:

— direction : verticale ;
— sens : vers le haut ;
— valeur $\mathrm{F}_{\mathrm{H/T}} = 9{,}0\times10^{4}$ N ;
— point d'application : T.

c. L'échelle proposée impose que le vecteur force soit d'une longueur d'1 cm.



9.3 N° 24 p.188 – Représentation de forces

a. La formule donnant la valeur de l'interaction gravitationnelle entre deux corps A et B de masses m_{A} et m_{B} séparés par une distance d est (1) :

$$\mathrm{F}_{\mathrm{A/B}} = \mathrm{F}_{\mathrm{B/A}} = \mathrm{G} \times \frac{m_{\mathrm{A}} \times m_{\mathrm{B}}}{d^2}$$

On constate sur cette expression que si la distance d est doublée, la force est divisée par quatre (à cause du carré dans d^2 : $2^2 = 4$). Inversement, si la distance d est divisée par deux, la force est multipliée par quatre. Sur les figures 1, 2 et 3, on peut mesurer la longueur des vecteurs forces : respectivement 0,4 cm, 0,8 cm et 1,6 cm. Il n'y a un facteur quatre qu'entre la première et la troisième valeur : 1,6/0,4 = 4. Il faut donc choisir le schéma 3.

b. Si l'on veut, avec la distance de la situation 3, avoir la même valeur de la force que dans la situation 1, il faut diviser le produit des masses par quatre. Donc, par exemple, diviser chaque masse par deux.